



*Der große Cäsar, tot und Lehm geworden,  
Verstopft ein Loch wohl vor dem rauhen Norden.  
O dass die Erde, der die Welt gebebt,  
Vor Wind und Wetter eine Wand verklebt!*

(William Shakespeare: Hamlet 5. Akt 1. Szene)

# Wieviel von Caesar findet sich in jedem von uns?

Eine seltsame Frage? Gaius Julius Cäsar fiel am 15. März des Jahres 44 vor Chr. unter den Dolchen seiner Mörder. Seine Leiche wurde einige Tage später auf dem Forum Roms verbrannt. Was von ihm könnte wohl in uns Heutigen stecken?

Tatsächlich gibt es zwei der Analyse zugängliche Wege, auf denen er in uns weiterleben kann:

- im Material, aus dem unsere Körper aufgebaut sind,
- in der in unseren Genomen gespeicherten Information.

Diese beiden Zusammenhänge werden im Folgenden diskutiert.

## 1. Material aus Cäsars Körper?

*Vorweg eine kleine Anmerkung zur verwendeten Schreibweise, da nicht jeder mit Exponentialzahlen vertraut ist. Am einfachsten sieht man das Prinzip am Beispiel:  $10^{13}$  steht für eine 1 mit 13 Nullen.  $10^{-15}$  steht für 1 dividiert durch eine 1 mit 15 Nullen dahinter.  $3 \cdot 10^9$  steht für 3 multipliziert mit der 1 mit 9 Nullen dahinter: 3 000 000 000.  $7 \cdot 10^{-4}$  steht für den Dezimalbruch 0,0007.*

Der menschliche Körper ist aus einer großen Zahl von Stoffen aufgebaut. Ein Hauptanteil des menschlichen Körpers ist schlicht Wasser, der Kreislauf des Wassers ist weitgehend bekannt. Wasser bietet sich also für eine Abschätzung an.

Wir formulieren dazu die Frage neu:

**„Wie viele der Wassermoleküle, die einst in Cäsars Körper waren, finden sich in jedem von uns?“**

Ein Wassermolekül „ $H_2O$ “ besteht aus 2 Wasserstoffatomen (je 1 Proton im Kern) plus ein Sauerstoffatom (8 Protonen und 8 Neutronen im Kern). Ein Wassermolekül besitzt also  $2 \times 1 + 16 = 18$  Kernteilchen. Die Masse der Atome ist weitgehend im Kern konzentriert, jedes Kernteilchen hat ungefähr die Masse  $1,6605 \cdot 10^{-24}$  g, ein Wassermolekül das 18-fache davon, also  $29,89 \cdot 10^{-24}$  g. Nach der Avogadro'schen Zahl enthält „1 mol“ Wasser, das sind 18 g Wasser,  $6,022 \cdot 10^{23}$  Moleküle. ( $29,89 \cdot 10^{-24}$  g  $\times$   $6,022 \cdot 10^{23} = 18$ g). [1]

Daraus folgt hochgerechnet:

1kg Wasser enthält  $1000 \times 6,022 \cdot 10^{23} / 18 = 0,33 \cdot 10^{26}$  Moleküle.

Der menschliche Körper enthält ungefähr 60% Wasser [2]. Nehmen wir an, dass ein typischer Mensch 70 kg wiegt, so enthält sein Körper 42 kg Wasser. Das entspricht  $42 \times 0,33 \times 10^{26} = 13,9 \times 10^{26}$  Molekülen:

$13,9 \times 10^{26}$  Wassermoleküle enthält ein typischer menschlicher Körper.

Nach Tod eines Menschen verteilen sich diese Wassermoleküle gleichmäßig über das gesamte am offenen Kreislauf teilnehmende Wasser.

Nur 3,5% des Wassers auf der Erde ist Süßwasser, der große Rest ist Meerwasser. Die Meere der Welt enthalten 1,338 Mrd. km<sup>3</sup> Wasser [3] . Wir rechnen vereinfachend mit

$1,4 \cdot 10^9 \text{ km}^3 = 10^9 \times 1,4 \cdot 10^9 \text{ m}^3 = 1000 \times 10^9 \times 1,4 \cdot 10^9 \text{ Liter} = 1,4 \cdot 10^{21}$  Liter und sprechen einfach von „Wasser“.

1 Liter hat eine Wassermasse von 1 kg, die Meere enthalten also  $1,4 \times 10^{21}$  kg Wasser.

Wir verteilen die Wassermoleküle eines einzelnen Menschen auf 1kg Meerwasser und runden:

$13,9 \times 10^{26} / 1,4 \times 10^{21} = \underline{10^6 \text{ Moleküle / kg Wasser}}$

Also: Jeder Liter (1 kg) Wasser enthält 1 Million Wassermoleküle die bereits in jedem beliebigen menschlichen Körper gewesen sind – mit jedem Glas Wasser (100 ccm) trinken wir 100 000 Moleküle die durch Caesars Körper gegangen sind. (Tatsächlich muss es mehr sein, da viele Zellen immer wieder erneuert werden).

**In einem heutigen Menschen von typisch 70kg finden sich also  $42 \times 10^6$  (42 Millionen) Wassermoleküle, die einst in Cäsars Körper waren.**

Wir können die Betrachtung etwas verallgemeinern:

Im menschlichen Körper finden sich zu jeder Zeit  $13,9 \times 10^{26}$  Wassermoleküle. Es ist im Körper also gleichzeitig Platz für die Wassermoleküle von

$13,9 \times 10^{26} / 42 \times 10^6 = 0,33 \times 10^{20} = 33 \text{ Trillionen Personen.}$

In der ganzen Menschheitsgeschichte (*Homo sapiens*) gelebt haben aber nur rund 100 Milliarden Menschen [4]. Es ist also reichlich Platz für alle unsere Vorfahren!

## 2. Informationen aus Cäsars Genom?

Jeder von uns hat zwei Eltern, vier Großeltern, 8 Urgroßeltern ... Gehen wir 10 Generationen – 250 Jahre – zurück, hat jeder schon 1024 Vorfahren. Vor 1000 Jahren waren das schon (gerundet)  $10^{12}$  Vorfahren – 1000 Milliarden! Damals lebten auf der Erde aber nur Größenordnung 400 Millionen. Das kann also nicht aufgehen, wir müssen uns Vorfahren teilen.

Geht man weiter zurück, gar in die Zeit Cäsars, so wird das Missverhältnis immer grotesker. Es keimt der Verdacht, dass wir Lebenden Nachkömmlinge **aller** damals Lebenden sein könnten – oder müssten!

Die Frage nach den allen gemeinsamen Vorfahren ist Gegenstand wissenschaftlicher Analysen. Die Frage wird dort zunächst zugespitzt auf die Frage nach dem nächsten Vorfahren aller Menschen, also dem uns zeitlich nächsten Menschen, der allen heute Lebenden irgendwelches Erbmaterial hinterlassen haben kann weil sie in direkter Linie mit ihm verwandt sind. Dieser Mensch läuft unter der Bezeichnung „**MRCA**“, d.h. „**Most Recent Common Ancestor**“.

Professor Joseph T. Chang hat erste mathematische Untersuchungen angestellt, Douglas L.T. Rohde hat extrem aufwendige Simulationen durchgeführt, unter Berücksichtigung von Aspekten wie Wanderungsbewegungen und Heiratsgewohnheiten [5, 6, 7].

Das verblüffende Ergebnis:

Der **MRCA aller Menschen** lebte vor etwa 3500 Jahren in Asien. (Einschränkung: Es könnte natürlich am Amazonas letzte Stämme geben, die weder von einem Konquistador noch von einem Missionar Erbmasse abbekommen haben; dann lebte der MRCA früher, vor der Besiedelung Amerikas, also vor 12 000 Jahren).

Noch etwas Verblüffendes ergab sich:

Der MRCA ist ja nur der zeitlich nächste Ahne aller Menschen. Je weiter man in der Zeit zurückgeht, desto mehr Menschen sind in direkter Linie

unsere Ahnen. Es ergibt sich, dass von den vor etwa 8 000 Jahren lebenden Menschen 80% Ahnen **aller** heute Lebenden sind, 20% aber keine heute lebenden Nachkommen hinterlassen haben.

Also: **Alle *Homo sapiens* die jemals gelebt haben und die überhaupt lebende Nachkommen haben, sind Vorfahren eines jeden einzelnen von uns.**

Jetzt zurück zu Cäsar. Wie stellt sich die Situation in Europa dar?

Simulationen zeigen: Der MRCA der heutigen Europäer (späte Zuwanderer z.B. aus Afrika natürlich ausgenommen) hat vor nur 600 Jahren gelebt! Mit anderen Worten: Um 1400 gab es jemanden, der allen uns Europäern Erbmaterial hinterlassen hat – ein gemeinsamer Vorfahre aller Europäer.

Geht man noch weiter zurück, etwa in das **Jahr 1000**, so findet sich in Europa jene verblüffende Situation, die wir oben für die ganze Erde erwähnt haben: 20% der damaligen Europäer sind kinderlos geblieben oder die Kette ihrer Nachkommen ist irgendwann abgerissen, aber alle anderen 80% sind **Vorfahren aller heute lebenden Europäer!** [8, 9]

Genetische Untersuchungen haben die nahe Verwandtschaft aller Europäer bestätigt [10, 11, 12].

**Und was ist nun mit Cäsar? Wenn er lebende Nachkommen hatte, dann sind wir alle seine Nachkommen. Aber hatte er denn?**

Mit seiner ersten Frau Cornelia hatte er eine Tochter, Julia, die als Ehefrau des Pompeius eine Fehlgeburt hatte und später im Kindbett starb, auch das Kind lebte nur kurz. Verheiratet in dritter (vierter?) Ehe mit Calpurnia, gebar ihm Cleopatra den unehelichen Sohn Ptolemaios Kaisarion, der jung ermordet wurde. Wir können also nur noch darauf hoffen, dass er als Feldherr gallische Frauen geschwängert hat, aber davon steht natürlich nichts im *Bellum Gallicum*. Beim Triumphzug in Rom sangen seine Soldaten Spottlieder auf des kahlköpfigen Lebemanns Liebschaften (inklusive homosexueller), aber das war üblich.

Kurz gesagt:

**Dass wir alle Nachkommen Cäsars sind, ist nicht unmöglich, aber durchaus zweifelhaft.**

Doch selbst wenn wir es wären, wäre damit nicht automatisch gesichert, dass wir auch Gene Cäsars in uns haben. Die rund 25 000 Gene werden ja zur Bildung der Samen- bzw. Eizellen zwischen väterlichem und mütterlichem Erbe durchmischt und zufällig aufgeteilt (Meiose), da kann leicht

ein Gen wegfallen. Immerhin sind seit Cäsar mehr als 80 Generationen vergangen, mehr als 80mal wurden die Gene durchmischt und aufgeteilt. Wenn er allerdings in Gallien viele Kinder hinterließ .....

Bei Karl dem Großen wäre die Situation klarer und glücklicher. Er hat viele Nachkommen hinterlassen. Er ist ohne Zweifel unser aller Ahnherr.

Heinz G. Klug, September 2015

Ergänzung: Die Frage nach dem Urahn aller Männer („Adam des Y-Chromosoms“) und nach unser aller Urmutter („Mitochondriale Eva“) wird hier behandelt: <http://www.hg-klug.de/mrganz/uradam.pdf>

## Literatur

- [1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Mol>
- [2] <http://www.chemie.fu-berlin.de/medi/suppl/mensch.html>
- [3] <https://de.wikipedia.org/wiki/Meer>
- [4] <http://www.wasistwas.de/archiv-wissenschaft-details/die-frage-der-woche-wie-viele-menschen-haben-bisher-auf-der-erde-gelebt.html>
- [5] J.T. Chang: [http://www.stat.yale.edu/~jtc5/papers/CommonAncestors/AAP\\_99\\_CommonAncestors\\_paper.pdf](http://www.stat.yale.edu/~jtc5/papers/CommonAncestors/AAP_99_CommonAncestors_paper.pdf)
- [6] Douglas L. T. Rohde: <http://tedlab.mit.edu/~dr/Papers/Rohde-MRCA-two.pdf>
- [7] Rohde, Olson, Chang: <http://www.stat.yale.edu/~jtc5/papers/CommonAncestors/NatureCommonAncestors-Article.pdf>
- [8] <http://phenomena.nationalgeographic.com/2013/05/07/charlemagnes-dna-and-our-universal-royalty/>
- [9] <http://www.theatlantic.com/magazine/archive/2002/05/the-royal-we/302497/>

[10] <http://www.nature.com/news/most-europeans-share-recent-ancestors-1.12950>

[11] <http://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.1001555>

[12] <http://gcbias.org/european-genealogy-faq/>