
Warum es doch auf die Größe ankommt

und Menschen zwischen Liliput und Brobdingnag existieren (müssen)

Martina Sommer

In Jonathan Swifts bekanntem Roman begegnet Gulliver auf seinen Reisen Zwergen in Liliput und Riesen in Brobdingnag. Eine märchenhafte Geschichte – auch aus naturwissenschaftlicher Sicht.

„For every type of animal there is a most convenient size, and a large change in size inevitably carries with it a change of form” (Haldane, 1926). Die Kreaturen aus Swifts Beschreibungen unterscheiden sich aber körperlich lediglich in ihrer Größe. Liliputaner sind laut Swift sechs Inches groß, das entspricht ungefähr 15 Zentimetern. Vergleicht man das mit Gulliver (Abbildung 1) oder mit der Durchschnittsgröße eines deutschen Mannes (ca. 180 cm), ergibt das einen Umrechnungsfaktor von 12. Die Durchschnittsgröße der Bewohner und Bewohnerinnen von Brobdingnag beträgt, wenn man Swift glauben möchte, 18 Meter, also das 10-Fache eines Durchschnittsmannes. Beide von Swift erdachten Inselbewohner wären aus tierphysiologischer Sicht so nicht lebensfähig.



Abbildung 1: Gulliver in Liliput
(Rhead, 1913, S.32)

Klein sein ist anstrengend ...

Volumen nehmen mit der dritten Potenz der Körpergröße zu, die (Ober-)Fläche jedoch nur mit dem Quadrat. Das bedeutet, dass „[d]as Verhältnis von Oberfläche zu Volumen eines Tieres ist umso größer, je kleiner ein Tier ist“ (Campbell et al., 2009). Ein großes Tier mit mehr Volumen gibt also über die Oberfläche weniger Wärme ab als ein kleineres Tier und kann sich so leichter warmhalten (Gemballa et.al, 2010). Hätten die Liliputaner eine vergleichbare Stoffwechselintensität wie Gulliver und wären dabei aber zwölfmal kleiner, würden die Winzlinge ohne Veränderung ihrer Bekleidung oder Körperbehaarung schnell erfrieren.

Hätten die kleinen Liliputaner aber die höhere Stoffwechselintensität vergleichbar großer Tiere, wäre eine bessere Sauerstoffversorgung und damit eine höhere Atemfrequenz, ein (relativ zur Größe) höheres Blutvolumen und eine höhere Pulsfrequenz notwendig (Campbell et al., 2009). Da die Stoffwechselrate ungefähr mit der $\frac{3}{4}$ Potenz der Körpermasse zunimmt (Hildebrandt, Bleckmann, Homberg & Penzlin, 2015, S. 343), benötigt Gulliver, obwohl er zwölfmal so viel Körpermasse wie ein Liliputaner besitzt, laut dieser Rechnung nur circa 6,5-mal so viel Energie. Aus diesem Grund müssten die Winzlinge in Relation zu ihrer Körpermasse wesentlich öfter und mehr essen als der Reisende.

.... aber groß sein hat auch seine Tücken

Die 18-Meter Riesen aus Brobdingnag wären nicht nur zehnmal so groß, sondern auch zehnmal so breit und zehnmal so dick wie Gulliver. Aufgrund des Verhältnisses von Oberfläche zu Volumen eines Körpers würde das bedeuten, dass ihr Gewicht um das 1000-Fache, der Querschnitt ihrer Knochen jedoch nur um das 100-Fache zunehmen würde. So müsste jeder Quadratzentimeter der Knochen zehnmal mehr Gewicht tragen als bei Gulliver (Haldane, 1926). Kurz gesagt, die Bewohner Brobdingnags würden sich bei jeder Bewegung die Knochen brechen. Um sich erfolgreich fortbewegen zu können, müssten die Beine der Riesen wesentlich kürzer und dicker als Gullivers sein, ähnlich denen eines Elefanten oder Nashorns (Mathelitsch, 2019)

Eine weitere Herausforderung für die Riesen wäre ein funktionierendes Kreislaufsystem. Eine Giraffe mit einer Körperhöhe von circa sechs Metern hat bereits einen doppelt so hohen systolischen Blutdruckwert wie ein Mensch, um den Höhenunterschied von zwei Metern zwischen Herz und Gehirn zu überwinden. Damit sie diesem Druck standhalten, sind ihre Arterien sehr dickwandig (Hildebrandt, Bleckmann, Homberg & Penzlin, 2015). Wenn ausgewachsene Giraffen ihren Kopf nun senken, entsteht dadurch ein gewaltiger Höhenunterschied. Damit der Druck im Gehirn dabei nicht zu hoch wird, verhindern Klappen in den Nackenvenen den Blutrückfluss ins Gehirn (Engelhardt, 2000). Zusätzlich dazu sorgen Vasodilatation und Vasokonstriktion der peripheren Blutgefäße für eine gleichmäßige Blutversorgung des Gehirns (Hildebrandt, Bleckmann, Homberg & Penzlin, 2015). Ein 18-Meter-Riese müsste wohl ähnliche Anpassungen vorweisen, um überleben zu können.

Lebewesen, so wie wir sie kennen, sind in ihrer Form und Größe angepasst. Fantasiewesen, wie Riesen und Liliputanern, sind zur Freude aller Leserinnen und Leser jedoch keine physikalischen Grenzen gesetzt.

Glossar

Systolischer Blutdruck:	während der Anspannungs- und Auswurfphase der linken Herzkammer entwickelter Druck
Vasodilatation:	Erweiterung der Blutgefäße
Vasokonstriktion:	Verengung der Blutgefäße

Literatur

- Campbell, Neil A, Reece, Jane B, Urry, Lisa A, Cain, Michael L, Wasserman, Steven A, Minorsky, Peter V, & Jackson, Robert B. (2009). *Campbell Biologie*. Hallbergmoos: Pearson Education Deutschland GmbH.
- Engelhardt, Wolfgang (2005). Kreislauf. In Engelhard, Wolfgang; Breves, Gerhard (Hrsg.), *Physiologie der Haustiere* (2. Auflage, S.171-192). Stuttgart: Enke Verlag.
- Gemballa, Sven; Heinze, Jürgen; Kronberg, Inge; Markl, Jürgen; Michiels, Nico; Paulsen, Harald; Schmid, Ulrich; Stöcker, Walter; Strauss, Roland. (2010). *Markl Biologie Oberstufe*. Klett: Stuttgart.
- Haldane, J. B. S. (March 1926). "On Being the Right Size". Harper's Magazine. Archived from the original on 2016-02-13.
- Hildebrandt, J., Bleckmann, H., Homberg, U., & Penzlin, H. (2015). *Penzlin Lehrbuch der Tierphysiologie* (8. Auflage. ed., Lehrbuch). Heidelberg: Springer Spektrum.
- Mathelitsch, L. (2019). Groß und Klein. In *Physikalische Melange* (pp. 183-195). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Swift, Jonathan. (1938). *Gulliver's Travels*. New York: Harper & Brothers Publishers.

Abbildungen

Abbildung 1:

Rhead, Louis. (1913). In Swift, Jonathan. (1938). *Gulliver's Travels*. New York: Harper & Brothers Publishers.

http://www.childrensbooksonline.org/Gullivers_Travels/pages/027_gullivers_travels.htm [30.11.2020]