

Gravitationsbiologie

Wie ein Einzeller oben und unten erkennen kann

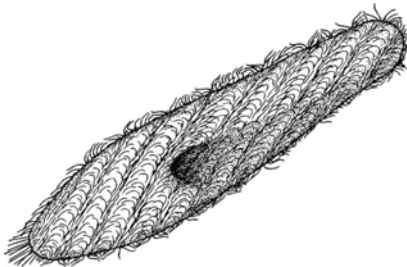
Seit etwa vier Milliarden Jahren bevölkert Leben unseren Planeten. Um zu überleben und sich weiter entwickeln zu können war und ist es für einzelne Organismen vorteilhaft, wenn sie Lebensräume mit ungünstigen Bedingungen meiden bzw. Nahrungsquellen auffinden können: Sie müssen sich dazu in Ihrer Umwelt orientieren.

Als Reize zur Orientierung in einer Pfütze könnten primitive Lebewesen, wie z. B. Pantoffeltierchen, vielleicht Licht oder Temperatur nutzen, aber auch verschiedene Arten von Strahlung, oder das Vorkommen bestimmter chemischer Verbindungen. Bei fast allen vorstellbaren Umweltreizen besteht aber ein entscheidender Nachteil: Sie sind veränderlich, sie können starken Schwankungen unterliegen (Änderung des Lichteinfalls bei Tag und Nacht; Temperaturverteilung im Sommer oder Winter).

Der einzige zuverlässige Umweltparameter ist die Schwerkraft. Sie ist ständig vorhanden ist überall auf der Erde nahezu gleich groß; ihre Richtung ist immer gleich. Darum stellte man schon im 19. Jahrhundert die Frage:

Kann eine einzelne Zelle die Schwerkraft wahrnehmen und darauf reagieren?

Dieser Frage wirst Du heute im Experiment auf den Grund gehen. Du erhältst Gelegenheit, urtümliche Lebewesen zu beobachten: Pantoffeltiere (Paramecien). Sie gehören zu den Wimperntierchen (Ciliaten) und bestehen aus einer einzigen Zelle. Ciliaten gibt es schon seit 1,6 Milliarden Jahren. Wir finden sie in größeren Pfützen und Teichen.

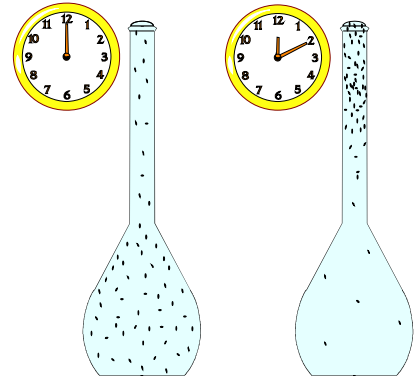


Paramecium caudatum (Pantoffeltierchen)

Verworn macht eine Beobachtung

Der deutsche Physiologe Max Verworn beschäftigte sich schon vor 115 Jahren mit Pantoffeltierchen. Er stellte fest, dass die Einzeller sich in kurzer Zeit oben in einer Messflasche ansammeln. Du kannst diesen Versuch selbst nachmachen.

im Wasser mit dem Vorderende nach oben ausrichten und an die Oberfläche schwimmen.

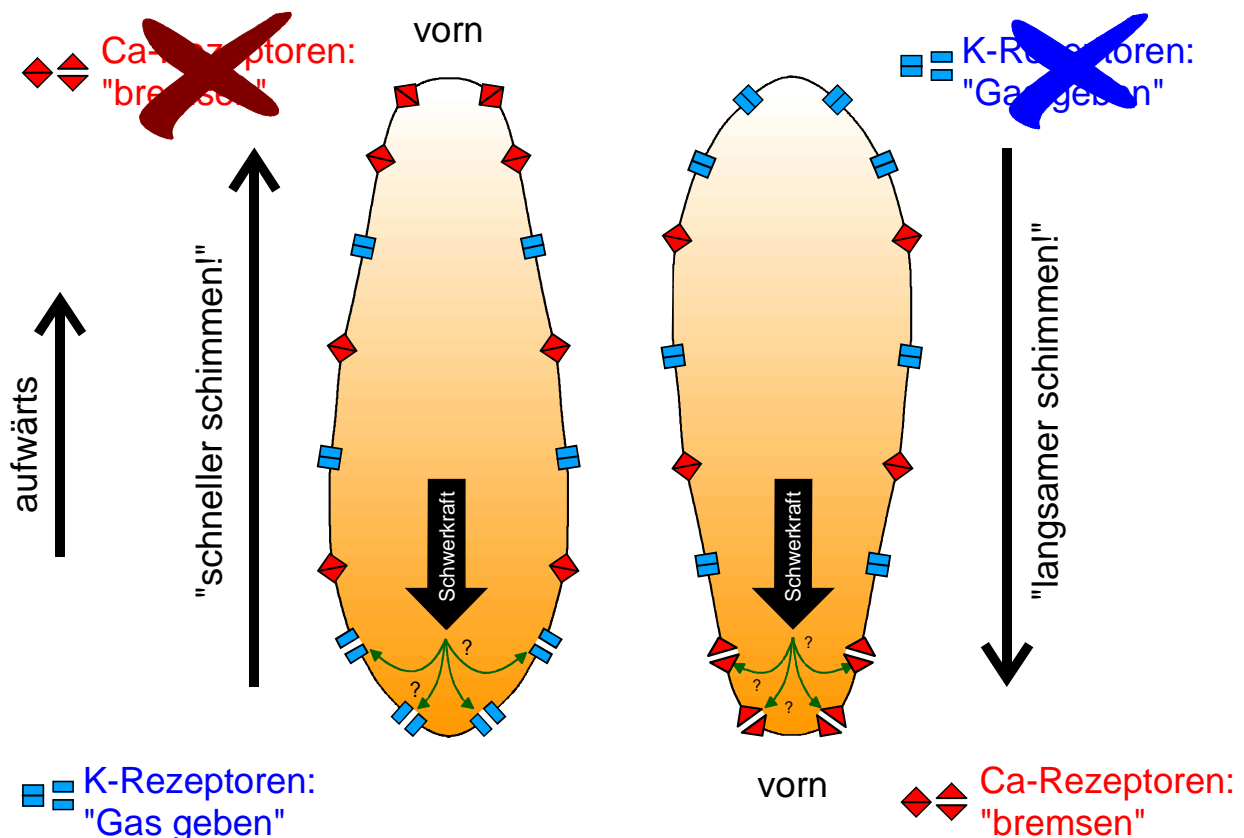


Max Verworns Versuch: Pantoffeltiere schwimmen in einer Messflasche nach oben

Hypothesen – Ideen der Wissenschaftler

Doch woher weiß man, dass die Pantoffeltiere sich nach der Schwerkraft und nicht nach dem Licht, der Wärme oder der Sauerstoffkonzentration gerichtet haben? (Denke darüber nach.) Wenn es aber stimmt, dass die Zellen "merken", wo oben und unten ist, wie kann das bei einer einzigen Zelle funktionieren? Einige Wissenschaftler dachten, die Zellen könnten an ihrem Hinterende schwerer sein. Wie eine Boje würde sich dann die Zelle

Es wäre aber auch möglich, dass die Paramecien die Richtung der Schwerkraft wahrnehmen, wie wir das von fast allen höheren Tieren (und auch Pflanzen)



Die erweiterte Statocystenhypothese zur Schwerkraftwahrnehmung bei *Paramecium* (nach Macheimer, Bräucker und Mitarbeitern)

kennen. Wir werden verschiedene Organe zur Schwerkraftwahrnehmung ("Statocysten") besprechen. Aber halt – ein Pantoffeltier kann kein solches Organ haben, denn es ist ja nur ein Einzeller! Es hat auch kein Nervensystem oder Gehirn.

1905 stellte sich der englische Wissenschaftler Lyon vor, der ganze Einzeller könnte als Schweresinnesorgan funktionieren. Das Zellinnere ist schwerer als Wasser, darum müsste es auf die jeweils unten liegende Zellmembran drücken (so ähnlich wie bei einem Luftballon, in den wir Wasser füllen, die Membran unten gedehnt wird).

Lyon konnte seine Idee nicht überprüfen. Erst als der Zusammenhang zwischen dem Verhalten des Pantoffeltiers und der Wahrnehmung von Reizen über Ionenkanäle entdeckt worden war, konnten Machemer und seine Mitarbeiter 1989 die Hypothese wieder aufnehmen:

Ist *Paramecium* eine "Statocyste" ?

In der Zellmembran der Ciliaten gibt es Kanäle – Eiweißmoleküle, die wir uns wie winzige Tore vorstellen können. Diese Kanäle lassen geladene Atome (Ionen) passieren, wenn sie geöffnet sind. In der Abbildung sind nur Kanäle eingezeichnet, die nur auf mechanische Reize reagieren. Sie leiten entweder K^+ oder Ca^{++} Ionen. Wenn die hinten liegenden K^+ Kanäle geöffnet werden, schwimmt die Zelle schneller. Werden die Ca^{++} Kanäle (vorn an der Zelle) geöffnet, bremst die Zelle. Wenn wir annehmen, dass die Masse des Zellinneren die jeweils unten liegende Membran reizt, müsste eine nach oben schwimmende Zelle beschleunigen, eine nach unten schwimmende Zelle dagegen abbremsen. Es ist darum wahrscheinlicher, dass die Zelle oben ankommt.

Die Hypothese wird geprüft

Hypothesen sind in den Naturwissenschaften nur sinnvoll, wenn man sie überprüfen kann. Du kannst die Annahme von Machemer selbst prüfen. Wir werden die Geschwindigkeiten und die Schwimmrichtungen sehr vieler Pantoffeltiere mit Hilfe einer Beobachtungsappara-

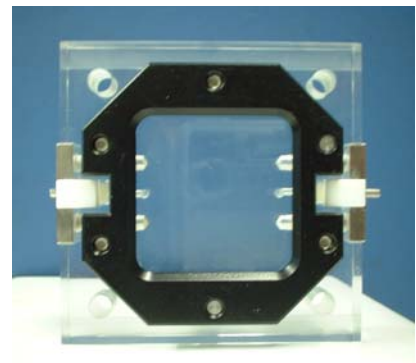


Experimentaufbau. Vorn das Kulturgefäß und die Lösungen, weiter hinten die Beobachtungsapparatur

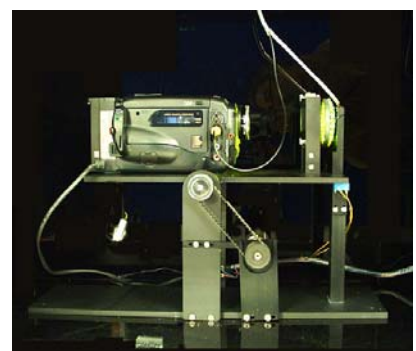
tur und einer computerunterstützten Bildverarbeitung messen. Sollten die Zellen nicht abbremsen, wenn sie nach unten schwimmen oder nicht beschleunigen, wenn sie nach oben schwimmen, dann ist die Hypothese falsch.

Warum will man das eigentlich alles wissen?

In der Entwicklungsgeschichte des Lebens kann man oft nachweisen, dass Strukturen oder Funktionen, die sich auf frühen Entwicklungsstufen bewährt haben, in der weiteren Evolution erhalten bleiben. So wäre es möglich, dass selbst menschliche Zellen noch den Schwerkraftreiz "bemerken". Das könnte Folgen haben, wenn diese Zellen in eine Ausnahmesituation kommen, die während der ganzen Evolutionsgeschichte nie eingetreten ist: in den Zustand der Schwerelosigkeit. Um dann auftretende Fehlfunktionen dieser Zellen zu verstehen und vielleicht verhindern zu können, müssen wir mehr über die Verarbeitung von Schwerkraftreizen in spezialisierten Zellen wissen. Dabei können uns unsere 1,6 Milliarden Jahre alten Vorfahren heute als Modellsystem dienen.



Beobachtungskammer für Paramecien



Kamerasystem zur Aufnahme der Videobilder

Literatur

Machemer H, Machemer-Röhnisch S, Bräucker R, Takahashi K (1991): Gravikinesis in *Paramecium*: Theory and isolation of a physiological response to the natural gravity vector. J Comp Physiol A 168: 1-12

Machemer H and Bräucker R (1992): Gravireception and Graviresponses in Ciliates. Acta Protozool 31: 185-214

Bräucker R (1994): Behavioural changes of *Paramecium* and *Didinium* exposed to short-term microgravity. Adv Space Research 16 (7): 231-234.

Machemer H, Bräucker R (1999): Wie ein Einzeller "oben" und "unten" registriert. Unterricht Biologie 241: 40-45

Bräucker R., Cogoli A., Hemmersbach R. (2001): Graviperception and Graviresponse at the Cellular level. In Baumstark-Khan C, Horneck G. (eds) Astrobiology: The Quest for the Conditions of Life. pp 284-297; Springer 2001 ISBN: 3-540-42101-7

Bräucker, R., Hemmersbach, R.: Ciliates as model systems for cellular graviperception, Proc of "Life in Space for Life on Earth" ESA SP-501, Sep. 2002

Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Verkehr und Energie sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten sowie für die internationale Interessenswahrnehmung zuständig. Das DLR fungiert als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den dreizehn Standorten Köln (Sitz des Vorstandes), Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 6.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.



**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**
in der Helmholtz-Gemeinschaft

DLR_School_Lab Köln

Linder Höhe
51147 Köln
Leitung: Dr. Richard Bräucker
Telefon 02203 601-3093
Telefax 02203 601-13093
E-Mail schoollab-koeln@dlr.de

www.schoollab.DLR.de/koeln