

erte Modelle mit gleichen Anfangs- und Randbedingungen gerechnet und die Ergebnisse verglichen werden. Sofern alle Modelle in einer bestimmten Aussage übereinstimmen, scheint der Schluss nahe zu liegen, dass die entsprechende Aussage mit hoher Wahrscheinlichkeit wahr ist. Be-

dass weder die Modelle in irgendeiner Weise bereits an vorliegende Daten angepasst wurden, noch dass die Daten in einer Weise vorselektiert wurden, die auf ähnlichen Annahmen wie die Modellierung beruht.

Komplexe Systeme werden nicht nur numerisch simuliert. In der biologischen und klinischen Forschung haben sich sogenannte „Tiermodelle“ als wichtige Werkzeuge zum Verständnis der fundamentalen biologischen Prozesse und zur Erforschung von Genen und Wirkungskaskaden erwiesen, die bei bestimmten menschlichen Krankheiten eine Rolle spielen. Die Idee ist, dass anhand einfacher Organismen zentrale molekulare Mechanismen in reduzierter Komplexität studiert werden können. Allerdings gibt es, neben der grundsätzlichen Frage nach der Zulässigkeit von Tierversuchen, gewisse Zweifel an der Eignung von Modellorganismen insbesondere in der Arzneimittelforschung, da es Fälle geben

können besetzt werden, in Bruderschaften wird das Tragen von Röcken verbrieftes Recht, und jede der jungen Damen, die über den Bachelor hinaus eine akademische Laufbahn anstrebt, erhält eine Beamtenstelle sowie bis zum Abschluss der Promotion die uneingeschränkte Plagierungserlaubnis. Man muss ja endlich was lernen aus diesem verkorkten Jahr der falschen Doktoren. jom

Der richtige Partner fürs „Kuschelhormon“

Wie wir Stress verarbeiten, hängt auch von dem Zusammenspiel des Hormons Oxytocin mit seinem Bindungspartner auf den Zellen ab. Das haben Forscher um Markus Heinrichs von der Universität Freiburg herausgefunden. Oxytocin ist als Hirnbotenstoff bekannt, der soziales Verhalten – Vertrauen, Mutter-Kind-Bindung und Sexualität – fördert. Nun hat man untersucht, welche Rolle der Zellrezeptor, der das Oxytocin bindet, unter Stress spielt. Bei Dutzenden junger Männer, die eine Rede halten sollten, zeigte sich, dass sie weniger Stresshormon Kortisol im Blut haben, wenn die Freundin dabei war. Allerdings galt das nur für Männer, die eine spezielle Mutation im Rezeptorgen aufweisen. Über die verfügen glücklicherweise die meisten Menschen. F.A.Z.

21.12.11

Heute

Tierische Stellvertreter

Kaum eine Krankheit, die nicht im Tiermodell studiert wird: Die Rennmaus macht für uns frühkindliche Traumata durch, der Beagle leidet an Zahnweh, der Zebrafisch ist hyperaktiv – eine Galerie. **Seite N2**

Nur das Nötigste

Wie viele Dinge besitzen Sie? Und wie viele, denken Sie, besitzt ein Mitglied der Tuareg? Kommen sich diese darum unterentwickelt vor? Kein bisschen. Ein Beitrag zur Ethnologie der Armut. **Seite N3**

Sirene, Polyphem, Calypso

Der Beruf des Tonmeisters nimmt im Zeitalter digitaler Klangerzeugung geradezu magische Qualitäten an, und es entsteht Musik, die aus allen Richtungen kommt und jede Wolkenform annimmt. **Seite N5**



Photonen dominierten Region in Orion (Tielens & Holmberg) in einer Darstellung von Johannes Hevelius, 1690

gründet wird dies durch eine statistische Streuung der Unsicherheiten in verschiedenen Modellierungsweisen, so dass es sehr unwahrscheinlich ist, dass alle Modelle gleichzeitig falsch liegen. Allerdings ist für die Gültigkeit des Arguments notwendig, dass die betrachteten Modelle tatsächlich die bestehenden Unsicherheiten in ausreichender Variation abdecken, was praktisch oft nicht der Fall ist. Sofern sich die betrachteten Modelle in Bezug auf eingehende Annahmen und Approximationen ähneln, ist es für die Beurteilung ihrer Zuverlässigkeit unerlässlich, die Reichweite angewandeter Vereinfachungen und Auslassungen ausreichend zu verstehen, genau wie sichergestellt werden muss, dass keine relevanten Mechanismen vollständig übersehen wurden.

In Hinsicht auf die nichtlineare Komplexität ihrer Modelle haben Astrophysiker mit den gleichen Problemen wie Klimamodellierer zu kämpfen. Vor einigen Jahren gab es beispielsweise ein Treffen von Astrophysikern, die an der numerischen Modellierung Photonendominierter Regionen (PDRs) arbeiten. Dies sind Bereiche im interstellaren Medium, deren Chemie und Energiebilanz durch ein starkes Strahlungsfeld im fernen Ultraviolett bestimmt ist. Solche Regionen beobachtet man, wenn sich Molekülwolken in der Nähe heißer Sterne befinden, wie zum Beispiel beim bekannten Pferdekopfnebel im Sternbild Orion. Da dies in Galaxien überaus häufig der Fall ist, ist das Verständnis von PDRs unerlässlich für das Verständnis des interstellaren Mediums. Seit etwa dreißig Jahren wird daher an einer angemessenen Modellierung gearbeitet, mehr als zehn unterschiedliche numerische Modelle mit

kann, in denen Tiermodelle in klinischen Tests in der Vorhersage schwerer Nebenwirkungen versagen, wie zum Beispiel im Fall von TGN1412, einem monoklonalen Antikörper zur Steuerung der Produktion von T-Zellen, bei dessen Test sämtliche menschlichen Probanden eine schwere, völlig unerwartete Immunreaktion und systematischen Organausfall erlitten hatten. Als Alternative werden Techniken auf Basis von Computerberechnungen oder Stammzellen gehandelt, doch bisher ist nicht abzusehen, inwiefern diese Methoden in der Lage sein können, Tiermodelle vollständig zu ersetzen.

Letztendlich ist die Konstruktion guter Modelle eine Kunst, deren Beherrschung zentraler Bestandteil wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns geworden ist. Die Leistungsfähigkeit von Modellen kann sich allerdings leicht ins Gegenteil wenden, sobald die Modelle hinsichtlich ihres Verhältnisses zum modellierten Objekt oder Prozess nicht kritisch genug hinterfragt werden. Gefährlich ist, wenn eingehende Vereinfachungen, Auslassungen und Gültigkeitsbeschränkungen nicht quantitativ auf ihren Einfluss geprüft oder im Grenzfall blinden Vertrauens vollständig missachtet werden. Diese Gefahr falscher und daraufhin enttäuschter Erwartungen an Modelle ist in der Wissenschaft aber im Übrigen die gleiche wie im Alltag: Wenn Kinder vom Raumschiffmodell erwarten, dass es mit fast Lichtgeschwindigkeit fliegen kann, oder man sich frühzeitig für Weihnachten zum Schlittensfahren verabredet, weil Wettermodelle fest mit Schnee rechnen, dann kann man feststellen, dass jedes Modell die Möglichkeit beinhaltet, irgendwann an seine Grenzen zu stoßen.