

Falsifiziert

WO DIE WISSENSCHAFT
GEIRRT HAT

Erde und Sonne sind maximal 30 Millionen Jahre alt. Das berechnete Lord Kelvin – er brachte damit Darwin in Verlegenheit. Aber er ging von falschen Voraussetzungen aus.

von JÜRGEN LANGENBACH

Was sollen wir von solchen geologischen Abschätzungen halten wie denen, dass Weald durch 300.000.000 Jahre Erosion geformt worden sei?, fragte 1862 mit britisch-steifer Lippe der Physiker William Thompson (später: Lord Kelvin). Der ungenante Adressat verbrachte schlaflose Nächte darüber – „Thompsons Ansichten des Alters der Welt waren eine Zeit lang meine sauersten Probleme“, – er hieß Darwin und brauchte für seine Evolutionstheorie nichts so sehr wie Zeit. Er selbst hatte Weald – eine Gegend in Südengland – geologisch grob datiert, die 300 Millionen Jahre stammten von ihm, er konnte damit leben.

Thompson konnte es nicht, er hatte das Alter der Erde präzise berechnet – aus physikalischen Gesetzen –, das der Sonne auch: maximal 30 bzw. 20 Millionen Jahre, zu wenig für die Entwicklung der Arten. Aber beide Rechnungen hatten trügerische Fundamente: Man wusste zu Thompsons Zeit nicht, warum die Sonne strahlt, man hielt es für eine Wirkung ihrer Gravitation. Dass Masse auch auf anderen Wegen in Energie umgewandelt werden kann, durch radioaktiven Zerfall, bemerkte erst 1896 Henri Becquerel; und dass Sterne wie die Sonne in Kernfusion verbrennen, formulierte erst 1938 Hans Bethe. Dann konnte auch neu datiert werden: 4,4 Milliarden Jahre alt ist die Sonne.

Die Erde auch. Bei ihr war Thompson einem anderen Irrtum aufgesessen. Er hatte das Alter aus der Wärme berechnet bzw. aus ihrer Diffusion, bei festen Körpern geht das. Man stelle sich einen Braten vor, den man mit 180 Grad aus dem Rohr holt und in einen minus 20 Grad kalten Kühlschrank stellt. Nach fünf Minuten ist der äußerste Zentimeter kalt – der Temperaturunterschied beträgt 20 Grad pro Millimeter – nach 20 Minuten sind es die beiden äußeren Zentimeter, der Gradient beträgt zehn Grad/mm: Er ist umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Zeit, vor der das Abkühlen begonnen hat. Das lässt sich herum drehen: Kennt man den Gradienten – und die Wärmeleitfähigkeit des Materials –, kann man das Alter des Bratens berechnen. Oder das der Erde: Thompson hatte nur Schätzwerte für beides, er kam auf 20 Millionen Jahre.

Geschätz hatte er gut, aber etwas fehlte. Als die Radioaktivität entdeckt wurde, setzte man auf sie, aber ihr Wärmeeffekt für die ganze Erde ist minimal, der Hund lag anderswo: Die Erde ist nicht fest, sondern flüssig im Inneren. Blassig, wie ein flüssiges Wärme, nicht nur durch Diffusion nach außen, sondern auch durch Konvektion. Als Erster vermutete es Thompsons Assistent Perry, er rechnete neu – und kam auf erstaunlich präzise zwei bis drei Milliarden Jahre –, aber niemand glaubte, dass die Erde innen flüssig ist. Das zeigte sich erst in den 50er-Jahren. //

Jürgen.Langenbach@dipresse.at | dipresse.com/falsifiziert

An der Universität Wien werden winzige Sensoren am Spinnenbein erforscht, die als Vorbild für technische Anwendungen dienen können. Das interessiert sogar das amerikanische Verteidigungsministerium.

von VERONIKA SCHMIDT

Wie Spinnen den Luftraum überwachen

Die sitzen in ihrem Kammern und rasieren die Beine von Spinnen“, murmelt mancher Besucher kopfschüttelnd, wenn er in den Gängen der Uni Wien am Department für Neurobiologie und Kognition vorbeight. Das im Labor von Friedrich G. Barth einzelne Haare der südamerikanischen Jagdspinne *Cupiennius salei* haargenau untersucht werden, mag der motivierte Biologiestudent dagegenhalten – und von den enormen Sinnesleistungen schwärmen, die diese zehn Zentimeter großen Spinnen sind es die beiden äußeren Zentimeter, der Gradient beträgt zehn Grad/mm: Er ist umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Zeit, vor der das Abkühlen begonnen hat. Das lässt sich herum drehen: Kennt man den Gradienten – und die Wärmeleitfähigkeit des Materials –, kann man das Alter des Bratens berechnen. Oder das der Erde: Thompson hatte nur Schätzwerte für beides, er kam auf 20 Millionen Jahre.

LEXIKON

SPINNEN

Webspinnen oder Araneae ist der zoologische Name der echten Spinnen der Gruppe „Spinnentiere“, die auch Milben und Skorpione umfassen.

Radnetzspinnen produzieren mit spezialisierten Spinntrüben Leimfäden. In ihrer Sensorik sind Vibrationssehr wichtig.

Wolfspinnen (wie *Cupiennius*) sind Jagdspinnen, die ihrer Beute meist ohne Netz aufzuumen. Neben Vibrations sind auch Strömungen der Luft wichtige Signale.

dann, wenn sie in den turbulenten Strömungen hinter der Fliege getroffen wird. Solche und ähnliche Details der hochsensiblen Spinnensensoren publiziert Barths Gruppe seit mehreren Jahrzehnten.

Untersversgefährt. Dies dürfte auch dem amerikanischen Verteidigungsministerium nicht eingangsen sein: Vor vier Jahren wurde das Wiener Labor von der Forschungsagentur des Defense Departments (DARPA) eingeladen, sich an einem internationalen Projekt zu beteiligen. Ein autonomes Unterversversgefährt sollte entwickelt werden. „Das Gefährt soll in der Lage sein, den Strömungen, die etwa hinter einem Boot oder einem Schwimmer entstehen, zu folgen“, erzählt Barth. Und da stellen sich für Techniker die klassischen Fragen wie für Biologen bei der Erforschung des Spinnenverhaltens. Denn: „Wie erkennt man sein Signal?“ „Das Verhältnis des Signals zum Hintergrundrauschen ist ein enormes Problem“, weiß Barth. Bei der Spinne haben Millionen Jahre Evolution die Sensoren so getrimmt, dass die beiden stets unterschieden werden können. Technische Nachbildungen funktionieren bezüglich solcher Feinheiten noch wesentlich schlechter.

„Wenn das Signal erkannt ist, muss der Empfänger es lokalisieren“, führt Barth aus. Und so wie eine



Spinne erkennen muss, wo die Fliege als Quelle der Strömung ist, muss auch ein Unterversversgefährt den Verlauf der Strömung finden. „Weiters stellt sich die Frage: Wie bewege ich mich dorthin?“, sagt Barth. All diese Fragen hat die Spinne bereits geföhrt, und man versucht nun, dies Prinzipien als Vorbild für die Technik zu nutzen. „Bio-inspirierte Sensoren“ nennt sich dieses hochaktuelle Forschungsgebiet. „Direktes Nachbauen bringt nichts. Aber die biologischen Prinzipien zu verwenden kann gut klappen“, meint Barth.

Dass die Spinne an der Luft lebt, das amerikanische Hightech-Gefährt aber im Wasser schwimmen soll, stört die Forscher nicht. „Die Prinzipien bleiben die gleichen. Man muss nur ethnische physikalische Konstanten ändern.“ Das dürfte beim Team im Labor für Neurobiologie kein Problem sein.

Und die Messergebnisse vom Tiermodell fließen direkt in physikalisch-mathematische Computermodelle ein. „Ohne den Input von Physikern und Ingenieuren hätten wir nicht wirklich verstanden, wie perfekt die Sensoren an Gesetze der Strömungsmechanik angepasst sind“, mutmaßt Barth. Etwa die Anordnung der Mikrometer feinen Trichobothrien in Gruppen aus unter-

IN ZAHLEN

400 Millionen Jahre hatten Spinnen im Lauf der Evolution Zeit, ihre Sensoren perfekt an die Umwelt anzupassen.

1000 Strömungssensoren in Form feiner Haare (Trichobothrien) sind über die Jagdspinne *Cupiennius* verteilt.

40000 Arten von Webspinnen sind weltweit bekannt.

schiedlich langen Härchen (zwischen 0,1 und 1,4 Millimeter). „Die Länge des Haars zu variieren ist die energiesparendste Methode, um Frequenzempfindlichkeiten anzupassen“, sagt Barth. Die Zoologen haben es an den Spinnenbeinen entdeckt; die Strömungsmechaniker erklärten, dass dies von den Grenzschichten abhängt, die je nach Frequenz unterschiedlich dick sind und die Ingenieure können nun das Wissen für technische Anwendungen verwerten. „Darum plädiere ich immer für die Zusammenarbeit mit anderen Fächern“, schwärmt Barth.

Augen und Härchen. In seinem Labor sitzen Ingenieure und Biologen jedenfalls gemeinsam im Experimentierkammer und testen die Sensorik der Spinne. Etwa beim Versuch, ob die Strömungssensoren allein für die perfekte Orientierung ausreichen. „Wenn man die Augen der Spinne mit einem Kohle-Wachs-Gemisch verschließt, fängt sie die Fliege trotzdem. Rasiert man die Trichobothrien weg, merkt sie nicht einmal, dass eine Beute in der Nähe ist“, bringt Schaber es auf den Punkt. Lustigerweise hüpf die Spinne mit offenen Augen und intakten Strömungssensoren auch nicht immer zur Fliege. Vielleicht weil sie dann erkennt, dass sie im Zentrum eines Versuchsakubaus steht und die zappelnde Fliege in der Apparatur nicht verpestet werden kann? Wer weiß. //

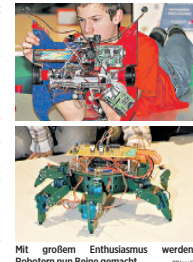
Wenn Roboter das Gehen lernen, dann nehmen Forscher Anleihen bei der Natur. Auf der RobotChallenge waren faszinierende Neuentwicklungen zu sehen. von MARTIN KUGLER

Bits und Bytes laufen auf eigenen Beinen

Manche kamen zwar etwas wackelig auf ihren zwei Beinchen daher. Die besten humanoiden Roboter absolvierten aber selbst das Sumo-Ringen mit Bravour: Dabei traten bei der RobotChallenge in Wien jeweils zwei Roboter gegeneinander an, um sich aus der kreisförmigen Kampflinie zu drängen. Was alles andere als trivial ist. „Die Roboter müssen sicher gehen und gleichzeitig die Arme gegenüberhalten, um den Gegner aus dem Gleichgewicht zu bringen, ohne selbst umzufallen“, umreißt Roland Stelzer das Problem. Stelzer organisierte am vergangenen Wochenende in Kooperation mit dem Wissenschaftsministerium und slowakischen Partnern die sechste RobotChallenge, zu der 170 Roboter aus 19 Staaten zu Gast waren.

In der Boxenstraße herrschte den ganzen Tag emsige Betriebsamkeit: Die größtenteils jungen Spezialisten bastelten bis zuletzt an ihren Konstruktionen herum, optimierten sie, führten noch kleine Reparaturen durch – bevor sie in den Ring stiegen. Zehn Bewerbe wurden ausgetragen: vom Parallelslalom (dabei müssen die Roboter möglichst rasch einer Linie am Boden folgen) über Sumo bis hin zum „Puck-Collect“ – zwei Roboter sammeln um die Wette farbige Scheibchen ein. Die Komplexität dieser Aufgabe ist gewaltig: Die Roboter müssen sehen, Farbscheibchen unterscheiden, die Pucks ansteuern, einsammeln, zu eigenen „Homebases“ transportieren und auf die Strategie des Gegners adäquat reagieren.

Menschliche Maschinen. Die Roboter wirken minutent genau menschlich. Beim Slalom etwa verlieren sie immer wieder die Linie. Sie finden sie zwar nach einer kurzen Irrfahrt wieder, aber bisweilen folgen sie der Linie dann in ungekehrter Richtung. Die Umsetzung vermeintlich einfacher Aufgaben ist oft eine echte technische Herausforderung. Am Computer könne man viele Dinge einfach programmieren, so Stelzer. Die Praxis sei aber anders: Die Roboter müssen autonom mit unvorhergesehenen Ereignissen – von Schmutz auf dem Boden bis hin zu schwächer werdenden Akkus –, „richtig“ und ohne fremde Hilfe umgehen. Stelzer: „Es ist nicht alles reproduzierbar. Wenn man



Mit großem Enthusiasmus werden Robotern nun Beine gemacht. // AP/STOCK

einigen Roboter dreimal Slalom fahren lässt, dann bekommt man drei verschiedene Rundenzeiten.“

Besonders schwierig ist die „Königsdisziplin“: die humanoiden Roboter, die teuer erstmals zu sehen waren und von den zahlreichen Besuchern gebührend bestaunt wurden. Allein schon die Fähigkeit, sich auf Beinen fortzubewegen, erfordert ausgeklügelte Konstruktionen. „Man versucht, der Natur etwas abzuschauen“, so Stelzer. Die Basis dabei ist die exakte Vermessung der Bewegung beim Gehen: Mittels Beschleunigungssensoren an menschlichen Beinen und Zeitlupenaufnahmen wurde die natürliche Bewegung ermitelt und mit Methoden der „künstlichen Intelligenz“ in die Maschinen eingebaut. Für mehrbeinige Roboter – etwa die Spinne im Bild – wurden Katzen und Hunde als Studienobjekte herangezogen.

Der technische Fortschritt über die Jahre ist gewaltig. Stelzer: „Jedes Jahr werden die Slalomzeiten schneller.“ Das Faszinierendste an der RobotChallenge ist aber der ungeheure Enthusiasmus, mit dem die Teams bei der Sache sind. Das ist auch eines der Hauptziele des Bewerbs: junge Menschen sollen spielerisch für Robotik begeistert werden. Stelzer: „Es braucht dazu nicht viel Geld, man muss nur wollen, dann kann man sich entfalten.“

ELEMENTE

Wissenschaftsbuch: Steigendes Interesse in der Bevölkerung

Auch heuer wählen mehr als 20.000 Menschen das beste Sachbuch heimischer Autoren. In der „Woche des Wissens“ (Wissenschaftsministerium und Buchhandel) gab es folgende Gewinner: Heinz Oberhummer: „Kann das alles Zufall sein?“ (Naturwissenschaften). Jürgen Neffe: „Darwin“ (Medizin/Biologie). „Peregrin-Kolumbanistin Sibylle Hamann und Eva Linsinger: „Weißbuch Frauen, Schwarzbuch Männer“ (Sozial-/Kulturwissenschaften). Neu war, dass für das Junior-Wissenschaftsbuch eine Kinderjury einbezogen war. In ihrer Kategorie wurde Wolfgang Korn mit „Die Weltreise einer Fleceeweise“ prämiert.

Förderung: 2008 war sehr gutes Jahr für die Grundlagenforschung

Neuen Österreich-Rekord für die Grundlagenforschung stellte 2008 der Wissenschaftsfonds FWF auf: 17,1 Mrd. Euro wurden bewilligt (703 Anträge). Die Mittel dafür kamen aus dem Wissenschafts- und Infrastrukturministerium sowie aus der Nationalstiftung. Heuer wird es wohl weniger rasen, ausgeben – getrieben werden werden erst klar, wenn die Budgetzahlen veröffentlicht werden.

Das Internet der Dinge lernt funken

Eine neues Christian Doppler Labor an der TU Wien entwickelt Funktechnologien, die helfen, die Mobilität von Personen, Gegenständen und Daten sicherer und effizienter zu machen. von MARTIN KUGLER

„Unsere Schwerpunkte könnte man mit dem Überbegriff Funkverbindungen“ ist der Leiter des Christian Doppler Labors, Funktechnologien für nachhaltige Mobilität, das kürzlich genehmigt wurde. „Ich bin überzeugt, dass Informations- und Kommunikationstechnologien beitragen können, um die Mobilität von Personen, Informationen und Dingen die Effizienz und Zuverlässigkeit zu steigern“, lautet sein Credo. Gemeinsam mit den Unternehmern Kapsch TrafficCom, Infineon, Mobilkom Austria und Kathrein werden in den nächsten sieben Jahren innovative Wireless-Technologien entwickelt – und zwar in drei Bereichen: Das erste Modul beschäftigt sich mit Kommunikation im Verkehr. In Autos werden in Zukunft viel mehr Sensoren eingebaut:

die Sensordaten können an benachbarte Autos oder an die Verkehrsinfrastruktur weitergemeldet werden. So könnte ein Auto das nachfolgende vor einer Notbremsung warnen. „Man könnte viele Leben retten, wenn man den Autofahrer schon eine Millisekunde vor dem Crash auslösen könnte“, so Mecklenbräuer. Das System muss sehr zuverlässig sein. „Bei einem umsatz genzündeten Auting kommt man vom Regen in die Traufe.“ Der Nutzen geht aber weit über einzelne Autos hinaus: Häute man aktuelle Daten über den Verkehrslfluss, könnte etwa die Ampelschaltung optimiert werden, der Verkehr könnte mittels kooperativer Systeme störungsfreier fließen.

Im dritten Modul wird die vierte Generation von Handynetzen entwickelt. Auf technischer Seite ist die größte Änderung gegenüber jetzigen Systemen, dass die Basisstationen selbst untereinander kooperieren. Derzeit ist ein Handy mit einer, manchmal auch mit mehreren Basisstationen verbunden – alle anderen Netzteilnehmer machen sich als Hintergrundstörung bemerkbar. Die Techniker wollen diese Störungen nun besser koordinieren, um dadurch die „spektrale Effizienz“ von Handynetzen zu steigern – was dem Benutzer höhere Datenraten und dem Betreiber eine höhere Kapazität im Netz bringt.

DISSERTATION DER WOCHE

Eine Welt ohne Worte – und Messgeräte

Johannes Kofler fand an der Uni Wien, warum die Quantenwelt für viele so unbeschreiblich ist. Es liegt nicht nur an der Umwelt, sondern auch an den Messgeräten. von VERONIKA SCHMIDT

„Das, was in meiner Dissertation beschrieben wurde, lässt sich in klassischen Worten schwer beschreiben. Dafür ist keine Sprache entwickelt worden“, sagt Johannes Kofler aus Anton Zellingers Arbeitsgruppe (Institut für Quantenoptik und Quanteninformation der Akademie der Wissenschaften), der Mitte März den Sub-aspizien-Ehrentitel an der Uni Wien über sich brachte. Und weil es sich in Worten der klassischen Physik kaum beschreiben lässt, schalten vielleicht viele Leser beim Wort „Quantenmechanik“ schon ab. Das Weiterlesen lohnt sich aber. Denn obwohl es eigentlich unbeschreiblich ist, schafft Kofler es gut, seine Dissertation (unter Betreuung von Caslav Brukner an der Universität

Wien) verständlich rüberzubringen. „Für manche mag es unverständlich erscheinen, dass die klassische Physik aus der Quantenphysik hervorgeht“, sagt Kofler. Denn so etwas wie „Superposition“, die im Gedankenexperiment von Schrödingers als eine Katze in einer Kiste beschrieben wird, die zugleich im Zustand „tot“ und „lebendig“ ist, bis man in die Kiste schaut und erkennt, ob sie „tot“ oder „lebendig“ ist, ist bisher nur in der Quantenphysik messbar. Physiker erklären das Fehlen von quantenmechanischen Eigenschaften unserer Alltagswelt mit der Größenordnung unserer Welt: Makroskopische Objekte haben so viele Wechselwirkungen mit der Umwelt, dass die quantenmechanischen Eigenschaften

WIR LESEN ABSCHLUSSARBEITEN JÜNGER WISSENSCHAFTLER



Johannes Kofler erklärt die Quantenwelt. // AP/STOCK/DAZ

TERMINE

100 Stunden Astronomie
Eine weltweite Aktion von 2. bis 4. April: Astronomie ist großartig. Erstmals werden 80 Observatorien virtuell zusammengeschaltet. Wien ist mit der Universitätssternearte dabei.
→ Fr, 3. 4., 18 bis 21 Uhr, Türkenschanzstraße 17, 1180 Wien
Teleskope hier und dort
Ein Teleskopbild vom Naturhistorischen Museum, Österreichs größtes Teleskop im Leopold-Figl-Observatorium. Schau! Sie sich das an!
→ Sa, 4. 4., 13 bis 22 Uhr, NHM, Burgberg 7, 1010 Wien
→ Fr, 3. 4., 12 bis 18 Uhr, Observatorium Türkenschanzstraße 17, 1180 Wien

FWF der Wissenschaftsfonds
BMWF
MEHR WISSEN AUF
DIPRESSE.COM/INNOVATION