

Form von Skateboards und Bandscheibenprothesen zu berechnen.

Für Mathematica hatte Wolfram eine eigene Programmiersprache geschrieben; es fügt sich, dass diese nun auch das Rechenwerk der Wissensmaschine in Gang hält. „Alles ist Berechnung“, sagt er, „das ist die Idee meines Lebens.“ Und Wolfram Alpha, fügt er hinzu, sei nun von all seinen Projekten „das ehrgeizigste“.

Das will was heißen, denn an Ambition mangelte es dem umtriebigen Mann noch nie. Mit 14 Jahren legte er ein Buch über subatomare Teilchen vor. Das Erstlingswerk blieb ungedruckt, doch lernte die Fachwelt den Wunderknaben bald kennen als den Erfinder der Fox-Wolfram-Variablen und den Entdecker der Politzer-Wolfram-Obergrenze für die Masse von Quarks. Mit 20 Jahren machte Wolfram seinen Doktor in Theoretischer Physik.

Zu Ruhm aber kam der Vielbewanderte dann in einem halb vergessenen Seitenzweig der Mathematik. Da geht es um schwarze und weiße Kästchen, die nach einfachen Regeln über ein Gitter ruckeln. Nach wenigen Rechenschritten entstehen dabei oft Muster, die immer komplexer werden. Mathematiker sprechen von zellulären Automaten. Noch heute studiert Wolfram diese Automaten. Immer neue Regeln spielt er am Computer durch. Eine davon, Nummer 30 nach seiner Zählung, hat es dem Forscher besonders angetan. Sie bringt ein wirrmaschiges Netz von Dreiecken hervor, wie man es auch auf den Gehäusen von Kegelschnecken findet.

Kann es sein, dass eine denkbar simple Anweisung so lebensnahe Gebilde schafft? Liegen dann vielleicht auch dem Weltenlauf ganz einfache Regeln zugrunde? Für Wolfram ist das keine Frage: Das Universum, meint er, sei ein Automat, bestehend aus aberwinzigen Zellen, kleiner als die kleinsten Elementarteilchen. In stetem Gleichtakt berechnen die Zellen des Alls ihren jeweils nächsten Zustand.

Ein Nagel berechnet also nach Maßgabe des Hammerschlags, wie weit er ins Holz hineinmuss? Kaum weniger närrisch ist freilich, genau besehen, das anerkannte Theoriegebäude der Physik. Schlägt etwa der Apfel im Gravitationsgesetz nach, bevor er korrekt vom Baum plumpst?

Anfang der Neunziger fühlte Wolfram sich stark genug für eine Revolution des Weltbilds. Er zog in eine stille Kammer unterm Dach seines Hauses und blieb dort für die nächsten zehn Jahre. Der Einsiedler arbeitete nachts; tagsüber schlief er. Am späten Nachmittag stand er auf, telefonierte ein wenig mit der Firma, widmete sich seiner Familie, die er so geheim hält wie seinen Wohnort, und ging wieder hin auf in die Kammer – jede Nacht ohne Ausnahme, wie er versichert.

In diesem Jahrzehnt entstand ein Buch von 1200 Seiten; im Jahr 2002 kam es auf den Markt. Das weltweite Echo auf den Wälzer war enorm, in der Verkaufsliste von Amazon schoss er kurzzeitig sogar auf Rang eins empor. Sein Titel: „A New Kind of Science“, eine Wissenschaft neuen Typs.

Mehrere Fachgebiete erklärte Wolfram darin für weitgehend erledigt. Nicht einmal Darwin fand Gnade. Die Evolution komplexer Organismen, so Wolfram, sei keineswegs eine Folge winziger Anpassungsschritte. Vielmehr probiere die Natur einfach alle möglichen Automatenregeln aus. Auch in Schneekristallen und den Verzweigungen von Bäumen entdeckte Wolfram das Walten von Automaten.

Die eine Regel, die das gesamte Universum umtreibt, hofft er noch zu finden. Sie dürfte nicht sonderlich kompliziert sein, meint Wolfram – ein paar Programmzeilen vielleicht. Zuweilen probiert er schon am Computer, ob sich was zeigt. „Universe hunting“ nennt er das, Jagd aufs All.

Weit ist Wolfram noch nicht gekommen, zu viele Fronten fordern sein Eingreifen. Selbst im Hochbau hat er was zu sagen: Brücken werde man künftig ganz anders konstruieren. Zelluläre Automaten könnten ungeahnte Geometrien wachsen lassen.

Die Kollegen vom Fach blieben bislang weitgehend uneindrückt. Viele bewundern die abgründige Mathematik der Automatenmuster, doch kaum einer mag ihnen eine physikalische Realität zubilligen.

Die Suchmaschine, hofft Wolfram, werde das Blatt nun wenden.

„Das könnte die Killeranwendung sein“, sagt er. Die Maschine erzeugt durch einfache Rechenoperationen vielfältiges Wissen, so wie aus simplen Automatenregeln erstaunliche Muster hervorgehen – womöglich ein erster Beleg für die Schaffenskraft des Automatenprinzips.

Das Personal von Wolfram Alpha wurde inzwischen auf gut 200 Köpfe verdoppelt. „Bald werden wir noch mehr brauchen“, sagt Wolfram. Auch die Computertechnik ist gerüstet für den Start nächste Woche: 10 000 Prozessoren stehen bereit, die ersten Anfragen zu verarbeiten.

Dann beginnt der Praxistest der Antwortmaschine, die nebenher gewiss auch ein Automat zur Verbreitung des Namens Wolfram ist.

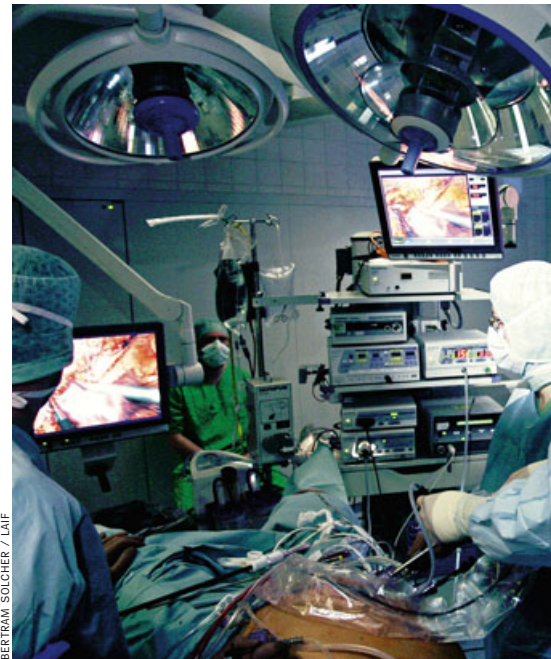
Wolfram Alpha lässt zwar eher an ein außergalaktisches Orakel denken, doch ist das nicht unpassend für ein so aberwitziges Unterfangen mit ungewissem Ausgang. Sollte der Kosmos nach einer Wolframregel tanzen, ist ihrem Entdecker der ersehnte Rang auf der Höhe Einsteins gewiss. Andernfalls winkt immer noch der Trostpreis für die spektakulärste Narretei der jüngeren Wissenschaftsgeschichte.

MANFRED DWORSCHAK

MEDIZIN

Sinnloser Kahlschlag

Noch immer werden bei vielen Krebsoperationen Dutzende Lymphknoten entfernt – eine Form der Verstümmelung, die den Patienten keinerlei Nutzen bringt.



Laparoskopische Darmkrebsoperation: Die meisten

Alle drei bis fünf Jahre verdoppelt sich das medizinische Wissen. Manche Dogmen der Heilkundler bringen es dennoch fast zum ewigen Leben.

Eines von ihnen pflegen die Tumorchirurgen seit mehr als hundert Jahren: Bei Krebsoperationen entfernen sie nicht nur die Primärgeschwulst, sondern alle Lymphknoten, die im Abflussgebiet des Tumors liegen. So hoffen sie die Heilungschancen ihrer Patienten zu erhöhen.

Unters Messer geraten dabei nicht nur vergrößerte Lymphstationen, in denen sich der Krebs offenbar schon eingenistet hat. Fast immer werden auch unverdächtige Knoten gleich mitbeseitigt – um dem Tumor mögliche Brückenköpfe zu nehmen, über die er bis zu anderen Organen im Körper vordringen kann.

Für die Gründlichkeit der Ärzte zahlen die Patienten oft einen hohen Preis: Je nachdem wo und wie rigoros die Operateure in den Abflussgebieten der Lymphe herumschneiden, leiden sie unter Taubheitsgefühlen, Bewegungseinschränkungen, Nervenschäden, Impotenz oder Inkontinenz. „Trotzdem ist das Paradigma der radikalen Krebsoperation im ganzen

20. Jahrhundert nur gelegentlich hinterfragt worden“, konstatiert Dieter Hölzel, Biometriker und Epidemiologe beim Tumorregister München (TRM).

Jetzt aber streuen Hölzel und sein Team erhebliche Zweifel am Sinn der Kahl-schlagtherapie. Die Münchner Wissenschaftler haben Daten des TRM sowie bereits publizierte internationale Studien mit Nachbeobachtungszeiten von bis zu 30 Jahren ausgewertet.

Das Ergebnis ist erschreckend: Ob und wie viele Lymphknoten ausgeräumt werden, wirkt sich nicht im Geringsten auf die

für deren Nutzen jeder Beweis fehlt? Die Münchner Forscher glauben, den Grund zu kennen: Die Mediziner hätten sich ein falsches Bild davon gemacht, wie sich ein Krebs im Körper ausbreitet.

Bisher waren die Ärzte überzeugt davon, dass die Primärgeschwulst irgendwann beginnt, einzelne Tumorzellen zu streuen, die sich dann zunächst in den Lymphknoten festsetzen. Von dort schaffe der Krebs später die Reise in andere Organe, wo die letztlich tödlichen Fernmetastasen wachsen (siehe Grafik). Das aber sei falsch, meint Hölzel. Zwar befallen Tumo-

eigenen, vom Primärtumor unabhängigen Weg gehen. „Die Unterschiede in den Gendefektmustern sind so groß, dass sich nicht erkennen lässt, wer von wem abstammt“, erläutert Christoph Klein, Tumorbiologe an der Universitätsklinik Regensburg.

Auch diese Befunde sprechen dagegen, dass krebsbefallene Lymphknoten gefährliche Herde sind, von denen aus das Leiden den Eroberungszug in entfernte Körperregionen antritt. „Ich glaube nicht mehr an die Theorie der linearen Krebsausbreitung“, erklärt Klein.



Tumorchirurgen halten am traditionellen Vorgehen fest

Sackgasse für den Tumor?

Neue Vermutungen zur Ausbreitung von metastasiertem Krebs

Lineare Tumorausbreitung

Bisher nahm man an, dass ein Primärtumor erst ab einer bestimmten Größe hinlänglich bösartige Zellen mit Metastasierungspotential produzieren kann. Diese bilden zuerst in den regionalen Lymphknoten Tochtergeschwülste. Von dort springt der Krebs in entfernte Körperregionen, wo das Wachstum von Organmetastasen beginnt.



Parallele Tumorausbreitung

Inzwischen glaubt man, dass der Primärtumor lange vor seiner Entdeckung bereits hochaggressive Krebszellen in verschiedene Körperregionen streuen kann. Diese entwickeln sich, parallel zum Wachstum der Primärgeschwulst, zu Fernmetastasen in den Organen. Der Lymphknotenbefall ist nur ein Indikator für die Migrationsfreudigkeit des Tumors.

Überlebenszeit der Patienten aus. Die Einsicht gilt für die verschiedensten soliden Tumoren – vom malignen Melanom über das Brust- und Magenkarzinom bis zum Prostata-, Dickdarm- und Enddarmkrebs.

Bei einer häufigen Form von Lungenkrebs etwa fanden US-Mediziner aus New Jersey und Rhode Island heraus, dass es keinerlei Vorteil verspricht, wenn die Chirurgen zusammen mit dem bösartigen Primärherd die umliegenden Lymphknoten entfernen – die Patienten leben dadurch nicht länger. Ähnliches haben britische Forscher kürzlich bei Kranken mit Gebärmutterkrebs festgestellt.

„Es gibt keine einzige wirklich gute Studie, die zeigt, dass die Entfernung der Lymphknoten den Patienten nützt“, resümiert Hölzel. „Die Evidenz ist überwältigend, das gilt für alle soliden Tumoren.“

„Generationen von Karzinompatienten haben selbst verstümmelnde Eingriffe erduldet, in der irrigen Hoffnung, damit ein Stückchen Lebenszeit zu retten“, kommentiert das Fachblatt „Medical Tribune“ die überraschend eindeutigen Befunde.

Wie aber ist es möglich, dass Ärzte so hartnäckig an einer Methode festhalten,

ren häufig die nahe gelegenen Lymphknoten. Doch handelt es sich dabei offenbar eher um Sackgassen der Tumorentwicklung als um Sprungbretter für die weitere Ausbreitung im Körper. „Das Tumorwachstum in den Lymphknoten ist bisher bei keinem Karzinom als Ursache für Fernmetastasen belegt worden – die Primärherde streuen überallhin, auch in die Lymphknoten, aber von dort geht es nicht weiter“, sagt Hölzel.

Die gefürchteten Fernmetastasen entstehen vielmehr direkt aus dem Primärtumor – und zwar oft bereits viel früher, als es das herkömmliche Tumorausbreitungsmodell nahelegt.

Das zeigen beispielsweise die TRM-Daten von über 16 000 Patienten mit metastasiertem Dickdarm- und Enddarmkrebs. Bei über 80 Prozent von ihnen waren die gefährlichen Fernabsiedlungen in Leber, Hirn oder Lunge bereits herangereift, ehe der Primärtumor überhaupt erkannt wurde.

Tumorbioologen bestätigen inzwischen, dass sich Krebsnester im Körper weitgehend unabhängig voneinander entwickeln. Die genetische Untersuchung der Metastasen zeigt, dass diese schon sehr früh ihren

Dennoch halten die meisten Tumorchirurgen noch immer am traditionellen Vorgehen fest. Bei vielen soliden Tumoren ist die Jagd auf die Lymphknoten nach wie vor Versorgungsstandard. Bei Darmkrebsoperationen etwa werden je nach Größe der Primärgeschwulst auch heute noch bis zu 60 Lymphstationen entfernt.

Beim Magenkrebs werden die Lymphwege großzügig ausgeräumt, obwohl sich dadurch die Sterblichkeit sogar leicht erhöht. Auch beim Prostatakrebs oder bei Kopf-Hals-Tumoren schneiden die Chirurgen die Lymphknoten oft großzügig und auf bloßen Verdacht heraus.

„Was mit muss, muss mit“, erklärt Hans-Peter Bruch, Tumorchirurg an der Uni-Klinik Lübeck. Sonst bestehe die Gefahr, dass vom Krebs befallene Lymphknoten unkontrolliert wachsen. Nur bei einigen wenigen Tumorarten wie beim Brustkrebs oder beim bösartigen Hautkrebs gehen die Chirurgen mittlerweile schonender vor.

Wann das über hundertjährige Dogma fällt, ist deshalb ungewiss. „Das kann noch lange dauern“, sagt Hölzel, „die Vertreter einiger Fachgebiete erreicht die Thematik schlichtweg nicht.“

GÜNTHER STOCKINGER