

Blick auf das Unsichtbare

Das Visualisieren von großen Datenmengen ermöglicht Forschern, selbst hochkomplexe Zusammenhänge zu verstehen.

von Eva Wolfangel

Thomas Ertl macht Unsichtbares sichtbar. Die Methoden, die er dazu braucht, entwickelt der Wissenschaftler am Visualisierungsinstitut Visus der Universität Stuttgart. „Jeder Mensch nimmt im Lauf seines Lebens mehrere Petabyte an Informationen auf“, sagt er – das ist etwa das Zehnfache dessen, was auf die beste Computerfestplatte passt. „Rund 80 Prozent dieser Daten erfassen wir visuell“, erklärt Ertl. „Deshalb ist auch fast die Hälfte der Kapazität des menschlichen Gehirns für das Verarbeiten visueller Eindrücke reserviert.“

Dennoch hat es bis ins Zeitalter von Big Data gedauert, dass Forscher begannen, die Vorteile von Bildern in einer eigenen wissenschaftlichen Disziplin zu begründen. „Manche Zusammenhänge lassen sich anders gar nicht begreifen“, sagt Ertl. Die Datenflut, die bei den Experimenten in einem Teilchenbeschleuniger oder in den weltweit verteilten Wettermessstationen anfallen, überfordert die menschliche Vorstellungskraft bei Weitem. Oft sind aufwendige dreidimensionale und interaktive Grafiken erforderlich, um die Erkenntnisse, die in den Datenmassen stecken, zu erschließen.

Zum Beispiel bei der Gestalt von Proteinen: Die Eiweiß-Moleküle, die nach dem genetischen Bauplan des Menschen aus typischerweise 400 Aminosäuren aufgebaut sind, erledigen in Zellen wichtige biologische Aufgaben. An jeder der 400 Positionen befindet sich eine von 20 Ami-

nosäuren. Damit gibt es 20^{400} Möglichkeiten, wie das Protein aufgebaut sein könnte. „Das sind mehr Varianten, als es Atome im Universum gibt“, sagt Jürgen Pleiss. Doch nur wenige davon kommen in der Natur vor. Welche sind das? Und warum gerade diese?

50 Millionen Atome an der Wand

Die Antwort sucht der Leiter der Abteilung Bioinformatik am Institut für Technische Biochemie der Universität Stuttgart an der großen „Powerwall“ bei Visus. Die sechs Mal zwei Meter große Tafel wird per Rückprojektion von zehn Projektoren beleuchtet, von denen jeder einzelne für eine Kinoleinwand ausreichen würde. 64 Computer berechnen die Bilder, die auf die Powerwall projiziert werden. Mit einer 3D-Brille kann Pleiss dort zum Beispiel ein Protein dreidimensional betrachten und die Darstellung beliebig drehen und vergrößern. „Dank der hohen Auflösung lassen sich in einer Simulation bis zu 50 Millionen Atome betrachten“, sagt Visus-Forscher Michael Krone, der gemeinsam mit Jürgen Pleiss an der Visualisierung von Proteinen arbeitet.

Darin sieht ein Protein aus wie ein langes, zusammengeknülltes, rotes Geschenkband. Krone hat es „ausgepackt“, denn eigentlich ist die lange Helix von vielen kleinen Seitenarmen umhüllt, die nun herausgerechnet sind. Es sieht aus wie eine Wendeltreppe mit einem Teppich

aus sehr langen Fasern, der sie rundherum umgibt. Ohne die Fasern lässt sich die Grundstruktur des Eiweiß-Moleküls, die für seine Wirkung in der Zelle entscheidend ist, besser erkennen. Jede Windung des Knäuels muss genau an der richtigen Stelle sitzen.

In die Simulation der Bioinformatiker gehen physikalische Gesetze ein. Zudem kennen die Forscher aus Röntgenanalysen die Strukturen von rund 10 000 Proteinen. Nun wollen sie herausfinden, wie die Proteine in der Zelle arbeiten. So beteiligen sich manche Proteine am Abbau von giftigen Substanzen. Andere fungieren wie ein Ventil. Sie regulieren, welche Stoffe

in die Zelle gelangen und welche von ihr ferngehalten werden. Wichtig ist das etwa bei der Aufnahme von Medikamentenwirkstoffen.

„Jedes Protein ist eine nanometerkleine Maschine“, sagt Jürgen Pleiss. In der Visualisierung wird eine Art Deckel sichtbar, der sich für manche Stoffe öffnet und für andere nicht. Wie die Kette der Aminosäuren gefaltet ist, bestimmt unter anderem, wann sich dieser Deckel öffnet und für welche Stoffe. „Die leichten genetischen Unterschiede von Mensch zu Mensch können dazu führen, dass ein Protein tausendmal so schnell agiert wie ein anderes“, erklärt der Bioinformatiker.

Das heißt: Medikamente wirken bei manchen Menschen stärker oder Giftstoffe werden von ihnen rascher abgebaut. Pleiss modelliert mit seinem Team, wie sich eine Mutation darauf auswirkt – und wie sich Proteine optimieren und biotechnologisch nutzbar machen lassen.

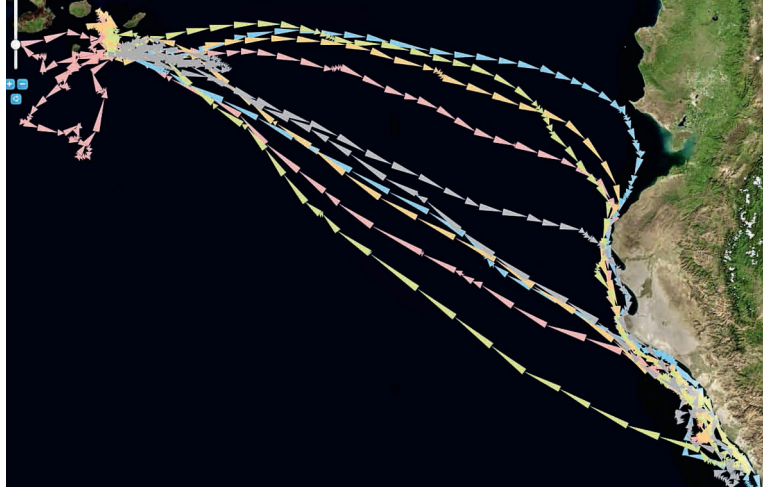
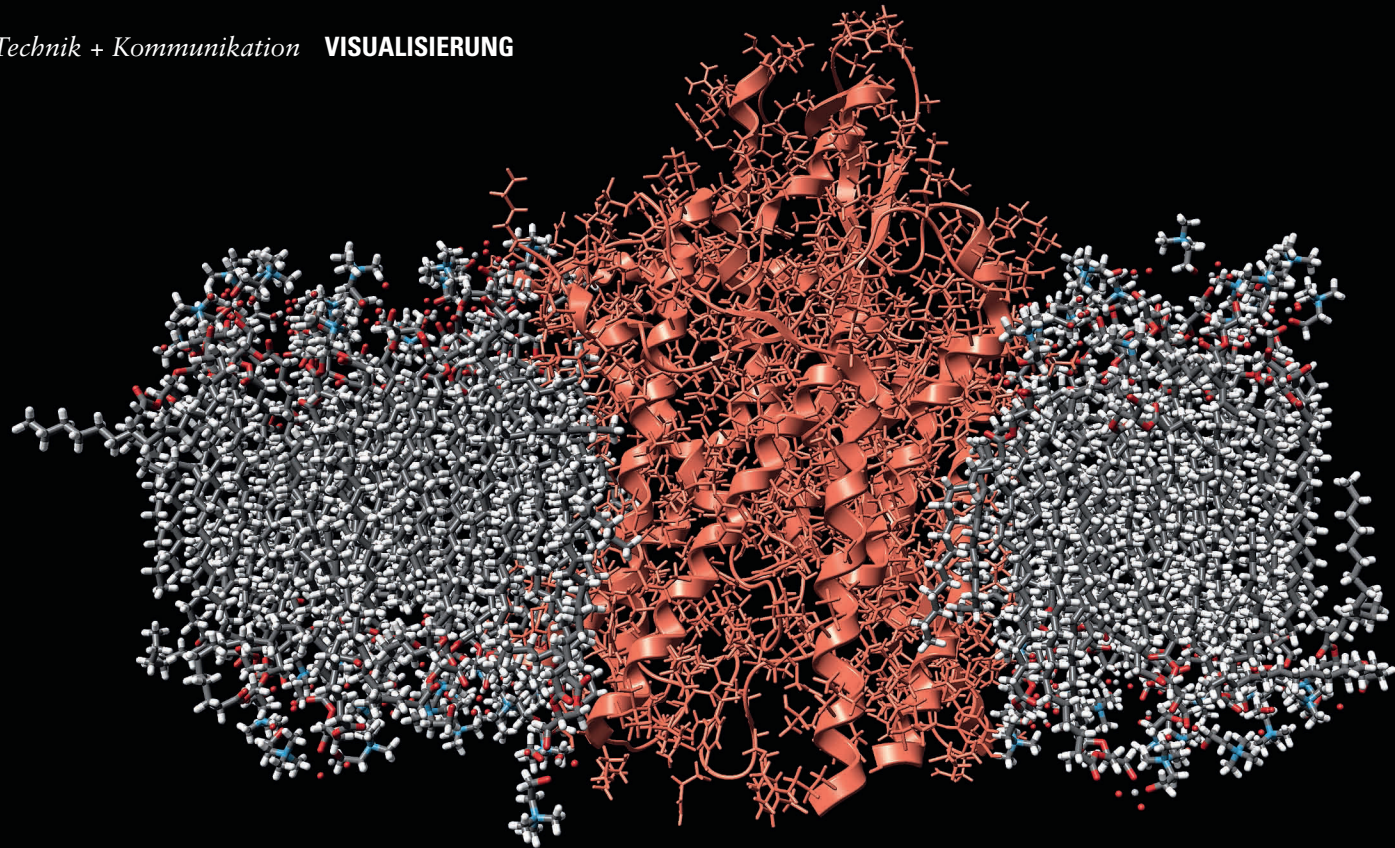
Einfach ausprobieren – wie die Natur

Die Bilder der Visualisierung sind wertvoll für die Forscher. Denn die nackten Berechnungen liefern für jedes Atom eine lange Zahlenkolonne. Sie beschreibt, wie es sich bewegt, aber anschaulich erkennen lässt sich das nicht. „Ein Modell, mit

dem sich etwa aus der DNA-Sequenz unmittelbar die Proteinfunktion ermitteln ließe, gibt es bisher nicht“, sagt Pleiss. Stattdessen startet der Wissenschaftler mit einem bekannten Protein und modelliert, wie es sich unter bestimmten Bedingungen verändert. Durch die Visualisierung kann er leicht beobachten, ob sich zum Beispiel ein Deckel öffnet und ob die Form passt. „Wir probieren es einfach aus – so macht es die Natur ja schließlich auch“, sagt er.

Als Beginn der Wissenschaft von der Visualisierung gilt ein Zitat aus dem Jahresbericht 1987 der National Science Foundation der USA: „Visualisierung ist

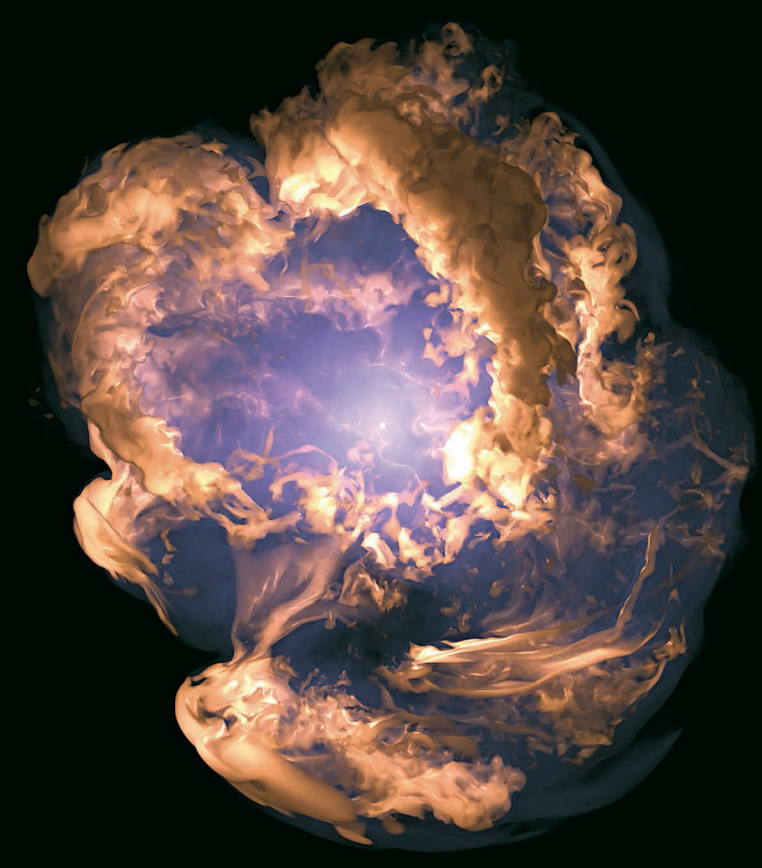
Forscher im Teilchenregen: Auf einer „Powerwall“ visualisieren Stuttgarter Wissenschaftler den Abtrag von Material durch Laserlicht.



Oben: Die Wege, die Albatrosse von den Galapagos-Inseln zurück zum Festland nehmen, sind anders als beim Hinflug. Der Grund sind die Windverhältnisse.

Links: Ein Transmembran-Protein (rot, in der Mitte) bildet einen Kanal durch die dünne Zellhaut. Die Visualisierung offenbart seine filigrane Struktur.

Rechts: Ein ausgebrannter Stern explodiert im Computer. Die Simulation einer Supernova verdeutlicht die Wucht der kosmischen Katastrophe.



eine Rechenmethode“, hieß es dort, „die das Symbolhafte ins Geometrische überführt und es den Forschern dadurch ermöglicht, Simulationen und Berechnungen zu beobachten.“ Die bildhafte Methode biete die Möglichkeit, verborgene Zusammenhänge zu sehen.

„Vor allem, wenn unklar ist, was sich in den Daten verbirgt, ist es wichtig, sie anschaulich darzustellen“, sagt Daniel Weiskopf, Professor am Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme der Universität Stuttgart. So lassen sich Muster und Auffälligkeiten entdecken. Und: Die Visualisierung von Daten helfe, die Ergebnisse moderner mathematischer Algorithmen zu überprüfen, sagt Christoph

Garth, der an der Technischen Universität Kaiserslautern über Computertopologie forscht. Denn maschinelle Systeme basieren auf einer eigenen Logik, die sich oft nicht nachvollziehen lässt. Liegen sie mit einer Datenanalyse falsch, ist der Fehler nicht leicht zu finden. „Visualisierung kann das Verhältnis zwischen Messdaten und dem Resultat ihrer Auswertung abbildern und intuitiv verständlich machen“, sagt Garth. Auf diese Weise können die Forscher nachprüfen, ob ein Algorithmus etwas Sinnvolles ausspuckt.

Zum Beispiel, wenn es darum geht, per Computer Tumore aufzuspüren: Dann können die Mediziner die Kriterien variieren, nach denen der Computer entscheidet, wo die Grenze zwischen Tumor und gesundem Gewebe verläuft. Werden diese Werte verschoben, verändert sich in der Visualisierung das Bild. So lässt sich überprüfen, ob sich die Eigenschaften des vermeintlichen Tumors mit den medizinischen Erfahrungen decken.

Die Visualisierung hilft auch Wissenschaftlern, die das Verhalten von Zugvögeln erforschen. Mit moderner Sensortechnik und winzigen elektronischen Bauteilen ist es ein Leichtes, die Wege der Tiere genau zu verfolgen. Forscher stattdessen etwa mit Miniatursendern aus, die per GPS stets ihre genaue Position ermitteln.

Das liefert eine Fülle an Informationen über die Gewohnheiten der Vögel – zumindest in der Theorie. In der Praxis aber ringen die Forscher mit der riesigen Menge an Daten, die die Sensoren liefern. Denn relevant sind nicht nur die Positionsdaten, sondern auch viele andere Informationen: Aus welcher Richtung kommt der Wind und wie stark bläst er? Wo können die Tiere Futter finden? Regnet oder schneit es? Und wie steht es um die körperliche Fitness der Tiere?

Mustern auf der Spur

Dazu kommt, dass Ornithologen viele Parameter nicht kennen, die den Vogelzug beeinflussen. „Sie wissen deshalb nicht genau, wonach sie suchen sollen“, sagt Daniel Keim, Professor für Datenanalyse und Visualisierung an der Universität Konstanz. Wichtig sei daher eine gute Visualisierung, in der sich Muster erkennen lassen, deren Bedeutung ein mathematischer Algorithmus nicht bewerten kann.

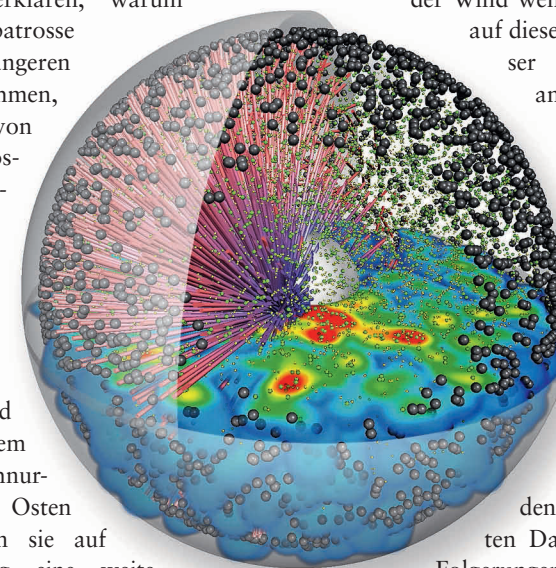
Vogelforscher vom Max-Planck-Institut für Ornithologie in Radolfzell am Bodensee arbeiten dazu mit Keim und seinem Team zusammen. Die Visualisierungsexperten haben eine kartenbasierte Methode entwickelt, mit der die Biologen

interaktiv verschiedene mögliche Einflussgrößen einblenden und verändern können. Auf diese Weise lassen sich Hypothesen zum Vogelzug überprüfen oder Erklärungen für ein überraschendes Verhalten der Tiere finden.

Ein Beispiel: Die Biologen konnten sich nicht erklären, warum Galapagos-Albatrosse einen viel längeren Rückweg nehmen, nachdem sie von den Galapagos-Inseln im Pazifik zu den Fischgründen an der südamerikanischen Westküste geflogen sind. Während die Tiere auf dem Hinweg schnurstracks nach Osten fliegen, ziehen sie auf dem Rückweg eine weite Schleife von mehreren Hundert Kilometern gen Süden. Erst als die Forscher die lokalen Windbedingungen und den Herzschlag der Albatrosse bei der Flugsimulation berücksichtigten, erkannten sie den Grund: Die Vögel nutzen den

Rückenwind und sparen so trotz des großen Umwegs Energie.

Die Biologen in Radolfzell haben nun auch Gänse mit Beschleunigungssensoren ausgestattet und werten das Muster der Flügelschläge aus. Das Ziel ist, zu erkennen, aus welcher Richtung und wie stark der Wind weht. Das lässt sich auf diese Weise viel präziser analysieren als anhand von Wetterkarten.



Der bunte Einblick in die Zelle zeigt die Transportprozesse durch Proteine.

Ohne die von den Vögeln gelieferten Daten wären viele Folgerungen nicht möglich,

sagt Juri Buchmüller, der an der Universität Konstanz über Datenanalyse und Visualisierung forscht. Etwa, warum ein Vogel plötzlich scheinbar grundlos von der Route abweicht: Die Windkarte aus den Messdaten im Flug zeigt dann viel-

leicht, dass der Vogel einem Sturm ausweicht. In der grafischen Darstellung der Visualisierung sticht das sofort ins Auge.

Die Bilder offenbaren auch Zusammenhänge, für die der Computer schlicht blind ist – zum Beispiel einen Raubvogel, der den Weg eines Zugvogels kreuzt und der nicht mit Sensoren ausgestattet ist. Um solche Daten zu verstehen, braucht es Experten, die Vermutungen anstellen, was geschehen sein könnte: Auch wenn der Raubvogel selbst keinen Sensor trägt, hinterlässt er Spuren in der Visualisierung, weil ihm die Zugvögel ausweichen.

Unsicherheit wird erkennbar

Mit der Visualisierung lässt sich auch ein großes Problem der maschinellen Mustererkennung lösen: die Unsicherheit, mit der Analysen von Daten behaftet sind. Denn das Resultat ist meist eine Reihe von Wahrscheinlichkeiten. Und das scheinbare Ergebnis ist nur die beste Schätzung – aber manchmal trotzdem falsch. Nutzer verstehen das oft nicht und glauben, ein eindeutiges Ergebnis vor sich zu haben. Dabei gehen womöglich Varianten verloren, die der Realität näher kommen. Werden die anderen Resultate visualisiert, kann das weiterhelfen. Häu-

Kompakt

- ▶ Die Visualisierung hilft etwa Biologen, die Funktion von Proteinen zu begreifen.
- ▶ Auch verblüffendes Verhalten von Zugvögeln wird durch Bilder verständlich.
- ▶ Grafiken verdeutlichen, wie sich Bauprojekte auf das Stadtklima auswirken.
- ▶ Eine Beziehung von Daten zum Alltag können Computer nicht herstellen.

fig lässt sich so erkennen, welches Ergebnis am ehesten einleuchtet, erklärt der Stuttgarter Forscher Daniel Weiskopf: „Bei einer Visualisierung lassen sich die wahrscheinlichsten Ergebnisvarianten darstellen und von Experten bewerten.“

Auch Fragestellungen mit mehreren Dimensionen lassen sich dank einer guten Visualisierung besser verstehen. Gerade wenn es kein eindeutiges Optimum gibt, sind solche Vorgänge zu komplex: Existieren mehrere Möglichkeiten, ein Problem zu lösen, ist es nicht exakt definiert und menschliche Intuition ist gefragt. Garth betont: „Menschen haben mehr Kontextverständnis und die Fähigkeit, über Daten nachzudenken.“

Das hilft etwa in der Stadtplanung, wo viele Aspekte einfließen und unterschiedliche Veränderungen den gleichen Effekt bewirken können. Welcher Weg am besten zum menschlichen Alltag passt, können Computer nicht entscheiden.

Ein Beispiel ist die Wüstenstadt Phoenix im US-Bundesstaat Arizona. Dort sind die Sommer sehr heiß. Entsprechend wichtig ist es, die Stadtplanung so anzupassen, dass das Mikroklima für die Bewohner erträglich ist. Für Computergrafikerin Kathrin Feige von der TU Kaiserslautern ist das ein Testfall für ihre Idee, die Auswirkungen der Stadtplanung auf das Mikroklima zu visualisieren.

Das Mikroklima jeder Stadt hängt von vielen lokalen Faktoren ab. Die Stadtklimaforscher der Arizona State University in Phoenix schraubten daher diverse Sensoren an ein Golfcart, fuhren damit

durch den Ort und maßen zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten unter anderem die Luft- und Bodentemperatur sowie die Luftfeuchtigkeit.

„Bisher hatten die Klimatologen ihre Messdaten zweidimensional visualisiert“, erklärt Kathrin Feige: auf der X-Achse etwa den Untergrund, auf der Y-Achse die Temperatur. Oder sie trugen die Daten in einer Karte ein. Damit lässt sich zwar der räumliche Verlauf einer Variablen zeigen.

Doch das Problem hat mehr Facetten. Feige hat die Daten mit einer Karte und einer dreidimensionalen Ansicht kombiniert. „So kann man leicht den Zusammenhang zwischen den Messgrößen erkennen“, sagt die Forscherin. Sie versucht

nun herauszufinden, wie eine bestimmte Anordnung von Gebäuden und Bäumen das Mikroklima beeinflusst.

Klimadaten Schicht für Schicht

In ihrer Visualisierung finden sich die Klimaparameter schichtweise über einer Landkarte: Die unterste Schicht zeigt die Bodenbeschaffenheit – grün steht für Bewuchs, grau für Beton. Darüber ist die Temperatur dieser Fläche farblich visualisiert. In den nächsten Schichten folgen relative Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur in ein und zwei Meter Höhe. Ganz oben thront das visuell umgesetzte Ergebnis eines Algorithmus, der Zusammenhänge zwischen den Variablen berechnet.

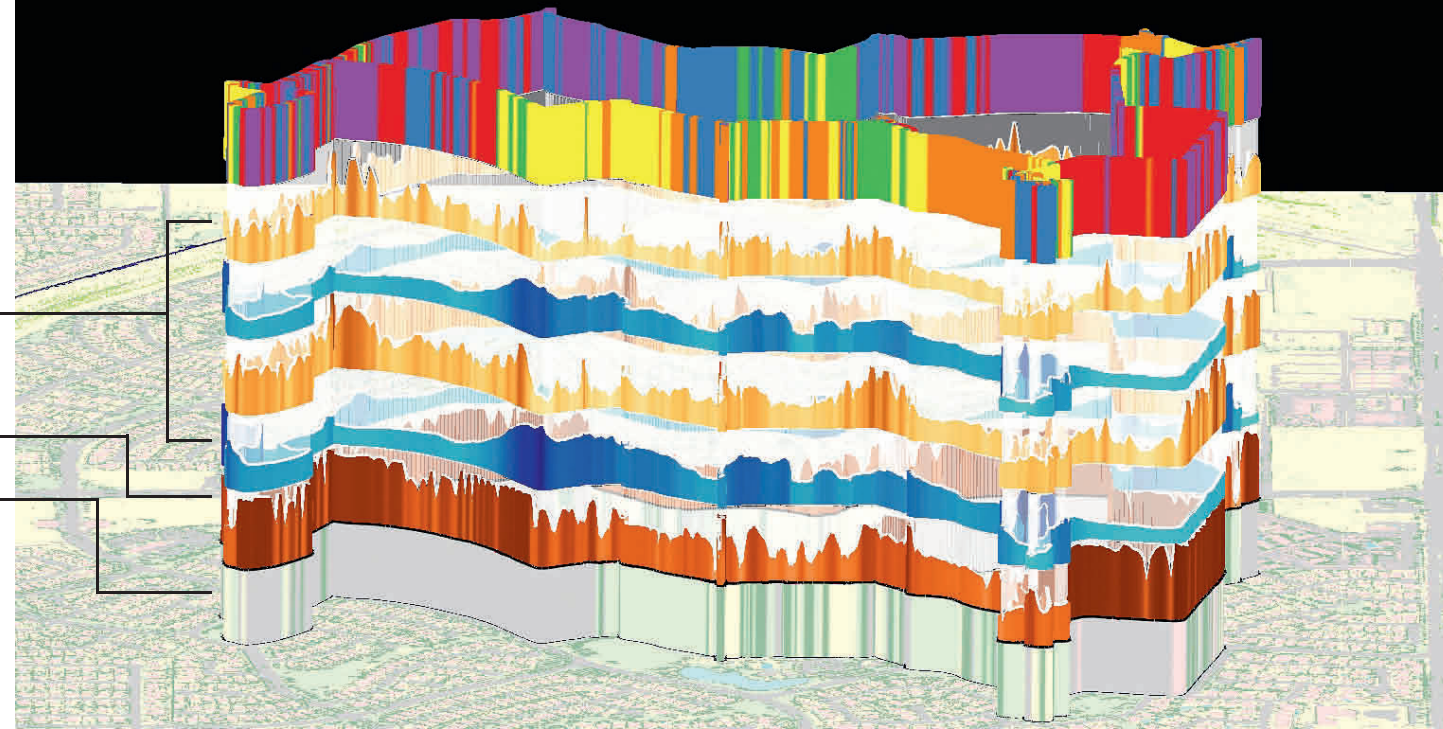
Klimaparameter in Phoenix (Arizona)

Temperatur (rot) und Feuchtigkeit der Luft (blau) in ein bzw. zwei Meter Höhe

Bodentemperatur

Bodenbeschaffenheit

- Gebäude
- Bäume
- Erdreich
- Gras
- Straße
- Gewässer



Die Visualisierung des Stadtklimas lässt erkennen, dass es über Parks (untere Ebene: grün) kühler (zweite Ebene) und feuchter (dritte Ebene) ist als über bebauten Flächen (grau).

Ein Park könnte da ein anderes Signal liefern als ein Gebiet mit stark versiegeltem Boden und dichter Bebauung.

Allerdings: Solche Algorithmen finden manchmal Muster, die keine Bedeutung haben. „Das können nur Menschen beurteilen“, sagt Kathrin Feige. Künftig könnten Stadtplaner anhand solcher Informationen beispielsweise prüfen, ob es sinnvoll ist, ein Gebäude niedriger zu bauen, oder ob es mehr nützt, den angrenzenden Park etwas zu vergrößern. Und falls beide Möglichkeiten zum gleichen Ergebnis führen, muss der Mensch entscheiden, was vorzuziehen ist. Ein Computeralgorithmus wäre damit eindeutig überfordert.



EVA WOLFANGEL beschäftigt sich seit Langem mit künstlicher Intelligenz. Dass Visualisierung maschinelle Fehlentscheidungen sichtbar machen kann, hat sie von der Disziplin überzeugt.

Mehr zum Thema

INTERNET

Visualisierungsinstitut („Visus“) der Uni Stuttgart: www.visus.uni-stuttgart.de/institut.html

Weltweite Datenbank zu Proteinstrukturen: www.wwpdb.org

Max-Planck-Institut für Ornithologie: www.orn.mpg.de

Computergrafik-Gruppe der Uni Kaiserslautern: www.hagen.cs.uni-kl.de

Visualisierung: K. Feige, Fachbereich Informatik, TU Kaiserslautern; Mobile Messungen: A. Middell, B. L. Ruddell, Arizona State University; Karte: Environmental Remote Sensing and Geoinformatics Lab and CAP LTER, ASU

Einladung zum Forschungstag

Leser von „bild der wissenschaft“ können sich selbst einen Eindruck verschaffen, wie leistungsfähig die Visualisierungen in der Wissenschaft geworden sind. Wir laden Sie ein zu einem Forschungstag: Am Freitag, den 5. Mai, besuchen wir das Institut Visus der Universität Stuttgart. Thomas Ertl und Daniel Weiskopf, die Sie in diesem Text kennengelernt haben, stellen Ihnen die Anwendungen der Powerwall vor und beantworten Ihre Fragen.

Am Nachmittag geht es in das benachbarte Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, wo an der Arbeitswelt der Zukunft geforscht wird. Dort haben Sie die Möglichkeit, in eine 3D-Cave einzutauchen, also mit einer Spezialbrille einen virtuellen Raum so zu erleben, als sei er real.

2017
5. Mai



Der Termin ist so gewählt, dass die Teilnehmer auch das Internationale Trickfilmfestival in Stuttgart besuchen können – eine der größten Veranstaltungen dieser Art weltweit.

Nach den Institutsbesuchen führt bei einem 3-Gänge-Abendessen ein Fachmann in die Welt der Special Effects ein und schlägt so den Bogen von der Wissenschaft zur Unterhaltung.

Das exklusive Angebot für zehn bis zwölf bdw-Leser kostet 379 Euro und enthält eine Übernachtung mit Frühstück im Pullmann-Hotel Stuttgart-Vaihingen, Mittag- und Abendessen, eine Tageskarte für das Trickfilmfestival, alle Vorträge, Führungen und die Begleitung durch den bdw-Chefredakteur Dr. Alexander Mäder.

Weitere Informationen und Anmeldung bei Maren Hövelmann unter 0711/7594392 oder wissenschaft@konradin.de

bild der wissenschaft

IMPRESSUM

ISSN 0006-2375 | 54. Jahrgang

GRÜNDUNGSHERAUSGEBER: Prof. Dr. Heinz Haber †

HERAUSGEBERIN: Katja Kohlhammer

VERLAG

Konradin Medien GmbH, Ernst-Mey-Straße 8, 70771 Leinfelden-Echterdingen, Germany

GESCHÄFTSFÜHRER: Peter Dilger

CHEFREDAKTEUR: Dr. Alexander Mäder

REDAKTION

Textchefin: Dr. Uta Altmann, Phone +497117594-303
 Bildredaktion: Susanne Söhling-Lohnert, Ruth Rehbock, Phone +497117594-379
 Assistent: Maren Hövelmann, Phone +497117594-392,
 Ulrike Matzke, Phone +497117594-5855, Fax +497117594-5835
 E-Mail: wissenschaft@konradin.de
 Layout: Grafikbüro Karl Marx (Art Direction), Beate Böttner

TEXTREDAKTION

Dr. Uta Altmann (Geowissenschaften, Bücher), Phone +497117594-303
 Ralf Butscher (Technik, Neue Medien), Phone +497117594-344
 Claudia C. Wolf (Medizin, Biologie, Neurowissenschaften), Phone +497117594-383
 Karin Schlott (Archäologie, Sozialwissenschaften, Psychologie), Phone +497117594-313
 Rüdiger Vaas (Astronomie, Physik), Phone +497117594-362
 Xenia El Mourabit (Volontärin), Phone +497117594-406
 Cornelia Varwig

REDAKTIONSDIREKTOR SONDERPROJEKTE: Wolfgang Hess, Phone +497117594-301

FREIE MITARBEIT

Désirée Karge (Korrespondentin USA)
 Grafikbüro Karl Marx (Visuelle Gestaltung/Infografik)
 Thomas Wilke (Korrespondent Norddeutschland)

ANZEIGEN

Mediaberatung: Petra Sonnenfroh-Kost: Phone +497117594-306, Fax -1306,
 E-Mail: petra.sonnenfroh-kost@konradin.de
 Externer Verlagsrepräsentant Anzeigen/Media:
 MMC:Medien-Marketing-Consulting e.K., Karl-Heinz Wimmer
 Johann-Sebastian-Bach-Str. 25; 67126 Hochdorf-Assenheim
 Phone +49 6231 7750, Fax +49 6231 7725, E-Mail: khwimmer@t-online.de
 Auftragsmanagement: Melanie Strauß: Phone +49 711 7594-403, Fax -1403,
 E-Mail: melanie.strauss@konradin.de
 Zurzeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 45 vom 1.1.2017

ABOSERVICE

Abonnementbetreuung, Probehefte, Einzelverkauf, Adressänderungen:
 Leserservice bild der wissenschaft, Postfach 810580, 70522 Stuttgart
 Phone: +49 711 7252-201, Fax: +49 711 7252-399
 E-Mail: bdw@zenit-presse.de

VERTRIEB

Anja Ebinger, Phone +497117594-485

PRESSEVERTRIEB HANDEL

PARTNER Medienservices GmbH
 E-Mail: seiler@partner-medienservices.de, Fax: +49 711 7252-320

BEZUGSPREISE

Jahresabonnement (12 Hefte + 1 Themenheft): Inland € 98,80, Ausland € 109,85,
 Schweiz CHF 166,20. Jahresabonnement für Schüler und Studenten gegen Nachweis
 (12 Hefte + 1 Themenheft): Inland € 79,30, Ausland € 91,00, Schweiz CHF 136,80
 Jahresabonnement (12 Hefte): Inland € 91,20, Ausland € 101,40, Schweiz CHF 166,20.
 Jahresabonnement für Schüler und Studenten gegen Nachweis (12 Hefte):
 Inland € 73,20, Ausland € 84,00, Schweiz CHF 136,80
 Alle Preise inkl. Versandkosten und MwSt.
 Einzelhandelspreis: Inland € 8,20, Österreich € 8,20,
 übrige Euro-Länder € 8,90, Schweiz CHF 14,50
 Kündigungen von Abonnements sind dem Leserservice bdw, Postfach 810580,
 70522 Stuttgart schriftlich mitzuteilen. Bei Nichterscheinen aus technischen Gründen
 oder höherer Gewalt entsteht kein Anspruch auf Ersatz.

Gekennzeichnete Artikel stellen die Meinung des Autors, nicht unbedingt die der Redaktion dar. Für unverlangt eingesandte Manuskripte keine Gewähr. Alle in bdw erscheinenden Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch Übersetzungen, vorbehalten. Reproduktionen, gleich welcher Art, nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlages. Erfüllungsort und Gerichtsstand ist Stuttgart.

DRUCK

Konradin Druck, Leinfelden-Echterdingen
 Printed in Germany

© 2017 by Konradin Medien GmbH, Leinfelden-Echterdingen



Erhältlich im Zeitschriften- und Bahnhofsbuchhandel und beim Pressefachhändler mit diesem Zeichen



konradin
mediengruppe