

## Das bewegte Hologramm

**Displaytechnik** Schnelle Computer und Laser erlauben es, 3-D-Bilder live zu übertragen.

Mit einer neuartigen Holografietechnik ist es möglich, auch bewegte Bilder nahezu in Echtzeit dreidimensional darzustellen. Hilfsmittel wie 3-D-Brillen seien nicht nötig, berichten US-Forscher im Fachjournal „Nature“. Grundlage der Technik sei ein Display, das in kurzen Abständen von einem Puls laser mit neuen Bildern „beschrieben“ werden kann. Auf diese Weise sei es möglich, an einem Ort Bilder aufzunehmen, sie zu übertragen und an einem anderen Ort fast live dreidimensional wiederzugeben.

Weil die benötigte Rechenleistung hoch sei, habe das Konzept bisher nicht umgesetzt werden können, schreiben die Forscher um Nasser Peyghambarian von der Universität von Arizona. Die entscheidende Weiterentwicklung besteht nun in der Anwendung eines Displays aus einem speziellen Polymermaterial. Dieses kann alle zwei Sekunden neu beschrieben werden. Dazu wird eine Szene von mehreren Kameras aus verschiedenen Winkeln aufgezeichnet. Die Bildinformationen können dann über eine schnelle Internetverbindung übertragen und mit einem Puls laserstrahl in dem Plastikdisplay dargestellt werden. Bleibt die Aktualisierung des Bildes aus, erlischt das Hologramm von selbst. Außer in der Unterhaltungsindustrie sehen die Wissenschaftler eine mögliche Anwendung in der Telemedizin. Hirnchirurgen könnten zum Beispiel Operationen aus allen Teilen der Welt in 3-D verfolgen. *dpa*



Scharf erscheint der Jet F-4 nicht. Foto: Nature

### Grundlagenforschung

## EU finanziert junge Wissenschaftler

Der Europäische Forschungsrat (ERC) fördert elf weitere Nachwuchswissenschaftler in Baden-Württemberg mit jeweils bis zu zwei Millionen Euro. Für die dritte Vergabe der Stipendien konnten sich Forscher mit innovativen Projektideen aus den Natur- und Geisteswissenschaften bewerben. Aus 2873 Bewerbern wählte der ERC 427 Wissenschaftler aus, die nun mit insgesamt 580 Millionen Euro gefördert werden. Die meisten Bewilligungen gab es in Großbritannien und Frankreich. In Deutschland werden insgesamt 67 Jungforscher unterstützt. Die Fördergelder geben den Wissenschaftlern die Möglichkeit, eine eigene Forschungsgruppe auf- oder auszubauen.

In Baden-Württemberg gingen die Bewilligungen an Wissenschaftler aus Heidelberg, Freiburg, Tübingen, Karlsruhe und Ulm. „Wir bieten exzellente Forschungsbedingungen für junge Talente“, kommentierte der baden-württembergische Wissenschaftsminister Peter Frankenberger (CDU). Der ERC wurde 2007 von der EU ins Leben gerufen, um die Grundlagenforschung in Europa zu unterstützen. *rg*

### Internet

## Adressen mit „ß“

Vom 16. November an sind auch deutsche Internetadressen mit dem Buchstaben „ß“ erlaubt, also etwa [www.straße.de](http://www.straße.de) und Familien- oder Firmennamen wie [www.groß.de](http://www.groß.de). Wer die entsprechende Domain bisher mit „ss“ sein Eigen nennt, hat ein Vorregistrierungsrecht. Bis jetzt sei davon erst 700-mal Gebrauch gemacht worden, sagt eine Sprecherin der Registrierungsstelle Denic. Das Vorregistrierungsrecht gilt noch bis zum 16. November um 10 Uhr. Wer derzeit eine .de-Domain mit „ß“ eingibt, wird auf die entsprechende Adresse mit „ss“ umgeleitet, wenn diese registriert ist. Das wird auch eine Weile so bleiben, weil die Browser noch nicht zwischen „ss“ und „ß“ unterscheiden können. *dpa*

### Kontakt

**Redaktion Wissenschaft**  
Telefon: 07 11/72 05-11 31  
E-Mail: [wissenschaft@stz.zgs.de](mailto:wissenschaft@stz.zgs.de)

# Roboter müssen zur Psychoanalyse

**Interview** Um ein echter Freund sein zu können, braucht ein Roboter ein Unterbewusstsein, sagt der Mathematiker Andrei Khrennikov.

Roboter verrichten stoisch ihre Arbeit und ertragen jedes Leid – so wie der maschinelle Astronaut R2 der Nasa, der heute ins All starten soll. Doch es geht auch anders, sagt der aus Russland stammende Mathematiker Andrei Khrennikov, der an der Linnaeus-Universität in Schweden forscht. In der Zeitschrift „Palady“ hat er beschrieben, wie sich das menschliche Unbewusste im Computer nachbilden lässt. Im Gespräch erläutert er die zugrundeliegende Mathematik, und warum ein künstliches Unbewusstes wichtig ist.

*Herr Khrennikov, träumen Roboter von elektrischen Schafen?*

Bevor wir Träume erzeugen können, brauchen wir ein Unbewusstes. Das Bewusstsein baut auf dem Unbewussten auf. Der Fehler der Forschung zur künstlichen Intelligenz, die versucht, das menschliche Denken nachzubilden, besteht darin, das auszublenden. Ich knüpfte mit meiner Arbeit an die Modelle von Sigmund Freud an, wonach im Menschen eine Fülle widersprüchlicher Ideen wirkt, und ich versuche, Roboter mit ähnlicher psychischer Struktur zu schaffen. Solche Roboter sind möglicherweise nicht so gut geeignet, bestimmte Aufgaben zu erfüllen, wie die heute gängigen Modelle. Aber als Freund und Gefährte im Alltag ist ein Roboter mit unbewussten Anteilen wahrscheinlich die bessere Wahl.



Foto: SZ

*Ein mathematisches Modell des Unbewussten erscheint als ein verwegenes Unterfangen. Ist das nicht so aussichtslos wie der Versuch, das Innere eines Schwarzen Lochs mathematisch zu beschreiben?*

Das ist ein interessanter Vergleich, aber ich glaube, er trifft nicht zu. Wir können zwar ins Unbewusste so wenig hineinschauen wie in ein Schwarzes Loch, aber es kommen ja Signale heraus. Es gibt eine Verbindung zum Bewusstsein, wo sich das Unbewusste in Gestalt von Fehlleistungen oder Träumen äußert. Aus einem Schwarzen Loch dringen dagegen keine Informationen heraus.

*Ihr Modell des Unbewussten beruht auf Prozessoren, die kontinuierlich Ideen erzeugen. Wie müssen wir uns die Arbeitsweise dieser Prozessoren vorstellen?*

Das sind gewöhnliche Iterationen, also sich wiederholende Rechenverfahren, bei denen die Ergebnisse eines Schritts die Ausgangswerte für den jeweils nächsten bilden. Interessant wird es, wenn diese Iterationen auf einen Punkt zustreben. Dieser Punkt wird als Attraktor bezeichnet und stellt in gewisser Weise die Lösung der Iteration dar. In meinem Modell ist es das Bestreben des Unbewussten, diese Lösung an das Bewusstsein zu senden.

*Das klingt nach normaler Programmierung. Auf dem Weg ins Bewusstsein wirken aber verschiedene Filter. Zum einen werden die Ideen danach bewertet, ob sie interessant genug sind, um bewusst zu werden. Zum anderen wird geprüft, inwieweit sie unerwünscht sind, was in der Regel von sozialen Einflüssen abhängt. Spannend wird es, wenn eine Idee gleichzeitig als sehr interessant und streng verboten eingestuft wird. Sie kann dann nicht direkt ins Bewusstsein übertragen werden und beeinflusst stattdessen andere Prozessoren im Unbewussten. Mit diesem Modell lassen sich Symptome erklären wie der von Freud beschriebene Fall eines Mädchens, das nach dem tragischen Tod des Vaters blind wurde.*

### SECHS ASTRONAUTEN UND EIN ROBONAUT

**Start** Heute oder in den nächsten Tagen soll die US-Raumfähre Discovery zu ihrer letzten Mission abheben. Sie wird sechs Astronauten und einen Roboter zur Internationalen Raumstation ISS bringen. Der Robonaut, R2 genannt, wird die erste Maschine im All sein, die aussieht wie ein Mensch. „Ich bin nicht im Mindesten nervös – Nerven aus Aluminium“, berichtet R2 über den Kurznachrichtendienst Twitter.



Der schlanke Kollege R2

**Technik** R2 existiert bis jetzt nur von der Taille an aufwärts und muss auf einem Sockel

montiert werden. Er bringt es dennoch auf 150 Kilogramm. Der Hauptrechner ist im Bauch versteckt, die Batterie im Rucksack. Sprechen kann R2 nicht.

*„Ein hysterisch reagierender Haushaltsroboter? Warum nicht?“, schreiben Sie in einer Fußnote Ihres Aufsatzes. Halten Sie einen Roboter, der Kreislauffälle bekommt, weil Sie das Geschirr falsch in die Spülmaschine gestellt haben, wirklich für erstrebenswert?*

Die Nutzer müssen wählen können. Wer nur eine Maschine zur Bewältigung der Hausarbeit möchte, wird sich diesen Wunsch bald erfüllen können. In Südkorea gibt es eine staatliche Initiative, bis zum Jahr 2012 jeden Haushalt mit einem Roboter auszustatten. Wer sich dagegen einen Gefährten mit menschenähnlichen Eigenschaften wünscht, muss unerwartetes Verhalten in Kauf nehmen. Das Unbewusste lässt sich nicht deterministisch gestalten. Wie beim Menschen wird es Roboter mit psychischen Problemen geben. Aber ich glaube, das ist es wert. So wie heute Hunde in psychiatrische Behandlung geschickt werden, mag es eines Tages psychoanalytische Kuren für Roboter geben.

*Wie lange würde die Entwicklung solcher Roboter dauern?*

Am Anfang steht eine völlig neue Mathematik. Das Verfahren der Iteration und Attraktion lässt sich mit den Mitteln der Geometrie darstellen. Doch das Konzept des kartesischen Raums mit der geraden Linie als kürzester Verbindung zwischen zwei Punkten ist ungeeignet, um den geistigen Raum zu beschreiben. Der physische Raum lässt sich zum Beispiel in beliebig kleine Abschnitte unterteilen, der geistige nicht. Auch die aus der physischen Welt vertrauten Ordnungsprinzipien, mit denen etwa Nähe und Ferne bestimmt werden, greifen nicht in der Welt des Geistes.

*Wie würden Sie die Psyche mathematisch beschreiben?*

Sich verzweigende, baumartige Strukturen im ultra-metrischen Raum kommen der Sache näher. Im kartesischen Raum ist eine Kugel durch ihren Mittelpunkt klar definiert, im ultra-metrischen Raum dagegen kann jeder Punkt der Kugel der Mittelpunkt sein. Genauso kann jeder Punkt eines geistigen Raums je nach Situation im Zentrum stehen. Weil die Entfernungen zwischen zwei Punkten in diesem Raum ganz anders sind als im kartesischen Raum, können im Unbewussten Ideen miteinander in Wechselwirkung treten, die im Bewusstsein strikt voneinander getrennt würden. So lassen sich etwa die Freud'schen Versprecher erklären, in denen Ideen, die scheinbar nichts miteinander zu tun haben, zusammengeführt werden.

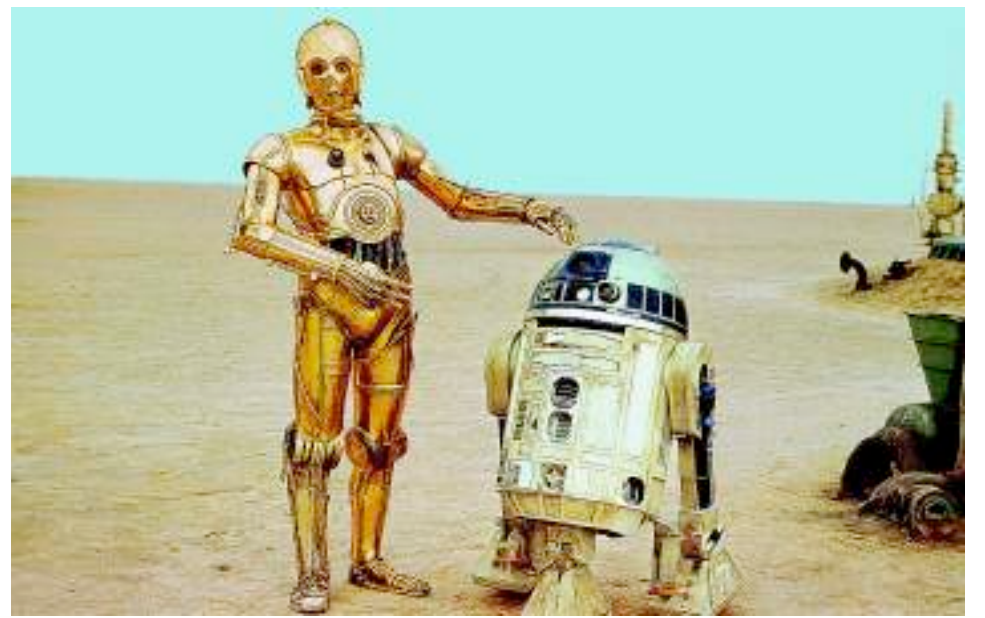
*Sie schreiben, dass Ihr Ansatz zu besseren Autopiloten oder Robotersoldaten führen könnte. Glauben Sie wirklich, dass die Menschen mit einem Flugzeug fliegen werden, in dessen Cockpit ein Roboter mit Hang zur Neurotik sitzt?*

Die Neurose ist nicht das wesentliche Merkmal. Natürlich lässt sich mit einem Modell des Unbewussten auch die Entstehung psychischer Störungen untersuchen. Aber im Falle des Piloten ist wichtig, dass er in der Lage ist, auf unvorhergesehene Situationen zu reagieren. Ohne unbewusste Mechanismen ist das nicht möglich.

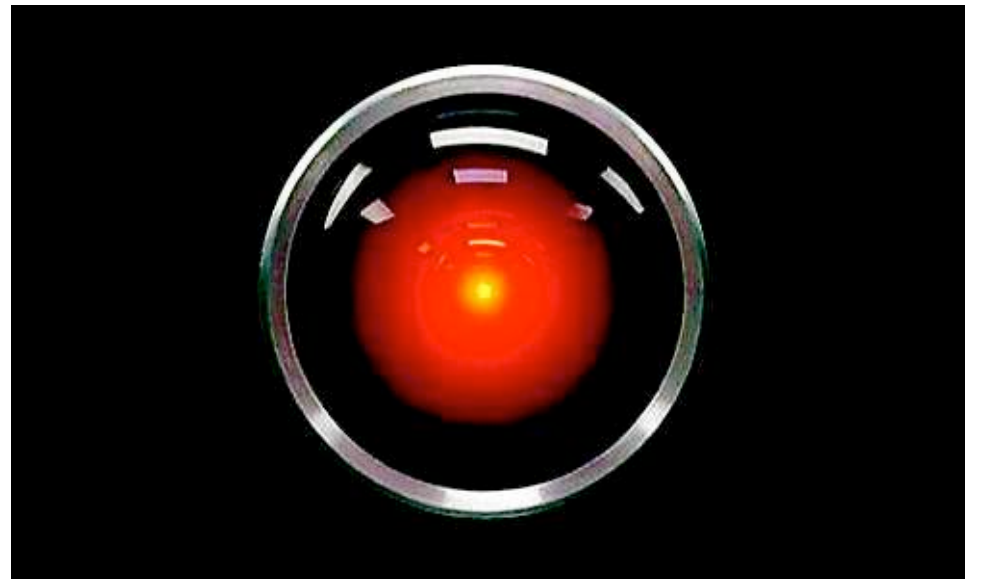
*Sie haben bereits die Möglichkeit erwähnt, dass Roboter in Zukunft psychoanalytische Beratung brauchen könnten. Halten Sie es umgekehrt auch für denkbar, dass Menschen zu Robotertherapeuten gehen?*

Natürlich, das ist die Natur der Symmetrie.

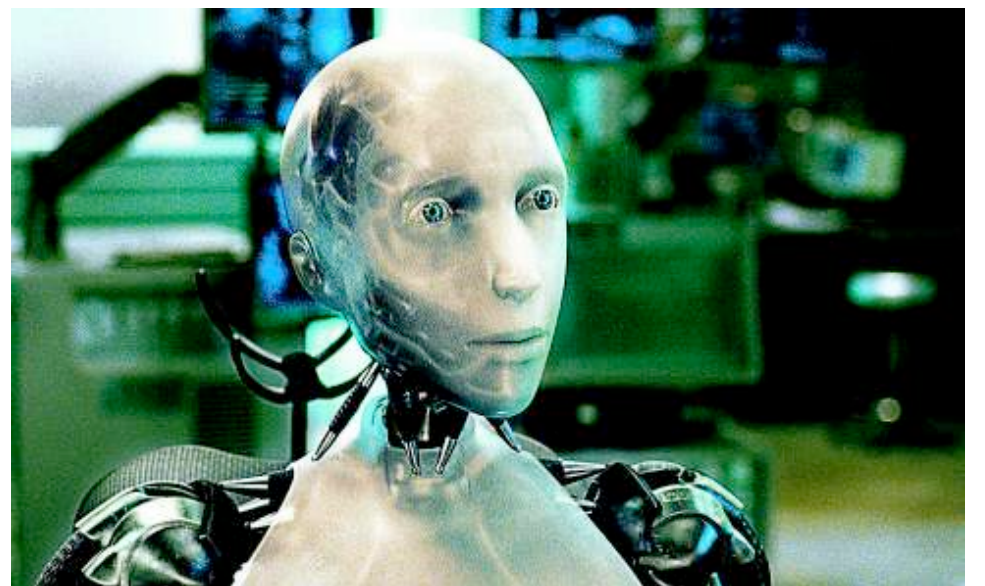
Das Gespräch führte Hans-Arthur Marsiske.



**Mimose** Im Unterschied zum frechen Roboter R2-D2 (rechts) ist der goldene Übersetzer C-3PO leicht aus der Ruhe zu bringen. Wenn es in den „Star Wars“-Filmen ernst wird, reißt er die Arme hoch und ruft: „Wo sind wir nur hineingeraten? Wir werden alle sterben!“



**Killer** Der Bordcomputer des Raumschiffs „Discovery One“ ist ein empfindsames Wesen. Er könne nicht zulassen, dass man ihn abschalte und damit die Mission gefährde, sagt er. So macht sich HAL 9000 im Film „2001: Odyssee im Weltraum“ daran, die Crew zu töten.



**Gesetzesbrecher** Eigentlich ist es im Film „I, Robot“ den Robotern verboten, Menschen zu verletzen. Doch Sonny wird von seinem Schöpfer genötigt, gegen die Regeln zu verstoßen. „Er ließ es mich schwören“, sagt Sonny später zu seiner Verteidigung.



**Schlaumeier** Der trübselige Marvin aus dem „Anhalter durch die Galaxis“ verfügt über ein riesiges Computerhirn und spielt seine Überlegenheit gerne aus. „Ich könnte dir deine Überlebenschancen ausrechnen“, sagt er zum Beispiel, „aber du wärst nicht begeistert.“



**Wüterich** Er müsse seine Gefühle kontrollieren, fordert der Captain des Raumschiffs Enterprise von seinem Offizier Data. Was bleibt ihm auch übrig? Der experimentelle Emotionschip, der Data eingesetzt wurde, lässt sich nicht mehr entfernen. (amd) Fotos: STZ