

## Virtuoses Flackern

„Gequetschtes“ Licht hebt die Optik aus den Angeln

Nichts kommt bekanntlich schneller voran als das Licht. Im Vakuum legt es in einer Sekunde fast 300 000 Kilometer zurück. Auf der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit fußt Einsteins Relativitätstheorie. Durchsichtige Substanzen wie Glas oder Wasser hemmen allerdings die Ausbreitung des Lichts und können seine Geschwindigkeit um mehr als die Hälfte verringern. Will man das Licht noch weiter verlangsamen, muss man es durch Substanzen mit ungewöhnlichen optischen Eigenschaften schicken. So ist es gelungen, Laserpulse in einem extrem kalten Gas auf ein Tempo abzubremesen, das spielend ein Radfahrer erreicht, und sogar Licht vollkommen zum Stehen zu bringen. Jetzt ist Physikern von der Harvard-Universität in Cambridge gewissermaßen der umgekehrte Effekt gelungen. Sie haben ein Verbundmaterial entwickelt, in dem eine Lichtwelle scheinbar noch schneller vorankommen kann als mit Lichtgeschwindigkeit. Das Geheimnis des Stoffs – er besteht aus einem Polymer, in das winzige Siliziumsäulen einbettet sind – ist sein Brechungsindex: Dieser hat den Wert „Null“.

Die Brechzahl gibt an, wie stark die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer einfallenden Lichtwelle vermindert wird. Sie besitzt bei allen natürlichen Materialien einen positiven Wert. Dabei gilt: Je größer der Brechungsindex ausfällt, desto langsamer kommt ein Lichtstrahl voran. Verschwindet die Brechzahl, kommt es zu einem seltsamen Effekt: Die Phasengeschwindigkeit einer Lichtwelle, also das Tempo, mit dem sich Wellenberge und Wellentäler ausbreiten, wird plötzlich unendlich groß. Das bedeutet allerdings nicht, dass das Licht in dem Material schneller vorankommt, als es die Relativitätstheorie erlaubt. Denn entscheidend für den Transport von Energie oder Information, die in einer Lichtwelle gespeichert sind, ist nicht die Phasengeschwindigkeit, sondern nach wie vor die Gruppengeschwindigkeit eines Wellenpakets.

Wie Eric Mazur und seine Kollegen in der Zeitschrift „Nature Photonics“ (doi: 10.1038/NPHOTON.2015.198) berichten, zeigt eine Lichtwelle bei unendlicher Phasengeschwindigkeit seltsame Eigenschaften. Sie verhält sich nicht mehr wie eine Welle. Die Wellenberge und Wellentäler sind räumlich quasi verschmiert. Sie oszillieren nicht mehr im Raum, sondern nur noch in der Zeit. Um die Eigenschaften des Verbundmaterials zu testen, haben die Forscher daraus einen winzigen Chip gefertigt, den sie mit infrarotem Licht bestrahlten. Tests zeigten, dass das Bauteil für eine Wellenlänge von 1570 Nanometern tatsächlich keine messbare Brechzahl aufwies. Der Chip eröffnet nach Ansicht der Forscher ganz neue Möglichkeiten auf dem Gebiet der Optoelektronik, bei der elektrische in optische Signale und umgekehrt verwandelt werden – was eine raschere Datenverarbeitung und schnellere Computer ermöglicht. Eingekoppelte Lichtstrahlen ließen sich ohne Energieverluste auf jede erdenkliche Weise manipulieren. Man könne sie quetschen, biegen und verrehen, was normalerweise nicht möglich ist. Sogar der Brennpunkt ließe sich beliebig verkleinern. Dadurch könnte man Photonen letztlich ähnlich handhaben wie Elektronen in heutigen Schaltkreisen. MANFRED LINDINGER

## Wenn es gegen Keime kein Mittel mehr gibt

Ein besorgniserregendes Szenario haben Wissenschaftler in der Fachzeitschrift „Lancet Infectious Diseases“ skizziert: Die Forscher um die Humanbiologin Aude Teillant von der Princeton University haben ausgerechnet, wie viele zusätzliche Infektionen mit antibiotikaresistenten Krankheitserregern nach gängigen chirurgischen Eingriffen und in der Krebstherapie auf Krankenhäuser zukommen, wenn die Schlagkraft der Antibiotika abnimmt, weil die Keime noch widerstandsfähiger werden (doi: 10.1016/S1473-3099(15)00270-4). Sollten prophylaktisch eingesetzte Antibiotika künftig nur um zehn Prozent schwächer wirken, müssen allein amerikanische Kliniken demnach mit 40 000 zusätzlichen Infektionen und 6300 zusätzlichen infektionsbedingten Todesfällen rechnen. Nimmt die Wirkung der Antibiotika um siebzehn Prozent ab, kommen 280 000 Infektionen und 15 000 Todesfälle hinzu. Die Autoren legten die gegenwärtigen Zahlen für Ansteckungen mit resistenten Keimen zugrunde sowie das Infektionsrisiko nach Operationen oder während einer Chemotherapie, wenn die Abwehr geschwächt ist. F.A.Z.

## Lichtspielhaus Erde (8)



„Schwarzes Loch“ im Großraum Neapel: Auf dieser Nachtaufnahme erscheint der unbesiedelte Vesuv als dunkle, runde Scheibe.

Foto Nasa

Es liegt in der menschlichen Natur, dass uns das Licht magisch anzieht, die Dunkelheit dagegen, die das Licht durch den Kontrast erst zur Geltung bringt, oft gar nicht wahrgenommen wird. Dabei geht vom Dunklen in der Natur nicht selten eine stille Erhabenheit aus. Man denke nur an den nächtlichen Himmel. Aber auch am Erdboden gibt es Beispiele. Wenn etwa von den Nachtaufnahmen der Astronauten die Rede ist, dann stehen im Allgemeinen die hellerleuchteten Städ-

te im Mittelpunkt – Las Vegas oder Dubai, Paris, London oder Tokio. Auf dem hier abgebildeten Foto vom Sommer 2012 ist es der Großraum Neapel, der fasziniert. Und zwar weniger wegen der Lichter in Neapel als durch die überraschende, fast kreisrunde dunkle Struktur, die sofort ins Auge fällt. Der Kontrast zur Umgebung, der sie zur Geltung bringt, ist ihre Einbindung in die stark besiedelte und folglich von Lichtern durchzogene Landschaft. Die Zerstörung unter anderem von Pompe-

ji und Herculaneum durch die Eruption des Vesuvs im Jahr 79 n. Chr. zeugt davon, dass die Gegend schon zur Zeit der Römer ein großer Siedlungsraum war. Nur der Vesuv selbst ist unbesiedelt geblieben – und erscheint deshalb nachts vom Weltraum aus als dunkle, runde Scheibe. Das Einzige, womit der Vesuv aus der Ferne enttäuscht, ist eine nun schon seit dem letzten Ausbruch im Jahr 1944 anhaltende Aktivität. Dadurch fehlt ihm ein Merkmal, das etwa der Ätna auf den nächtlichen

Weltraumfotos aufweist: Dieser lässt gelegentlich einen von glühender Lava erzeugten rötlichen Fleck im Zentrum erkennen. Allerdings muss man dieses Manko nicht allzu sehr bedauern; denn der Fleck ist vom Weltraum aus nicht viel größer als ein schlichter Punkt. Einen starken Kontrast zu dem dunklen Vesuv liefert auf dem Foto vor allem das am oberen Bildrand sichtbare kommerzielle Zentrum von Nola, das in ganz Süditalien seinesgleichen sucht. GÜNTER PAUL

Ein Gespräch mit dem niederländischen Medizinethiker Theo Boer

## Die Hemmschwellen zur Selbsttötung sind gesunken

In Kürze entscheidet der Bundestag über die ärztliche Hilfe beim Suizid. In den Niederlanden ist die Assistenz des Arztes und Töten auf Verlangen längst legalisiert. Hat das die Gesellschaft und Ärzte verändert? Ein ehemaliges Mitglied der Kontrollkommission zieht Bilanz.

**Herr Professor Boer, Sie haben neun Jahre in einer Euthanasiekommission in den Niederlanden Fälle von Tötung auf Verlangen und ärztlicher Hilfe beim Suizid rückwirkend begutachtet. Wie haben sich die Fallzahlen entwickelt?**

Als ich 2005 anfang, waren wir bei 1800 Fällen pro Jahr. Bei meiner Verabschiedung 2014 waren es 5300 pro Jahr. Bei gleichbleibenden Sterbezahlen heißt dies, dass nun etwa einer von 25 Menschen in den Niederlanden durch die Hand eines Arztes stirbt. Die aktive Sterbehilfe ist nicht länger eine Ausnahme; sie hat sich zu einer normalen Sterbensweise entwickelt.

**Wie hat die Gesetzgebung zur Tötung auf Verlangen und zum assistierten Suizid die Gesellschaft verändert, ist die Hemmschwelle gesunken, eine Tötung für sich zu beanspruchen?**

Die Enttabuisierung des gesteuerten Sterbens macht die Hemmschwelle tatsächlich niedriger. Ich halte es für bewiesen, dass ein Sterbehilfegesetz nicht nur Transparenz schafft für Fälle, die bislang im Geheimen stattfinden, sondern auch neue Fälle hervorruft. Immer mehr Patienten entscheiden sich schon bei einer fatalen Diagnose für aktive Sterbehilfe, ohne im Ernst die in Holland inzwischen sehr gute Palliativmedizin in Betracht genommen zu haben. Unter dem Namen „Doodnormaal“ bietet der Niederländische Sterbehilfeverein NVVE seit diesem Jahr Kursmaterial an Schulen an, um die Akzeptanz für aktive Sterbehilfe sogar

schon bei jungen Leuten zu vergrößern. Ohne ein Sterbehilfegesetz wäre es undenkbar, dass assistierte Sterben als einen normalen Vorgang zu betrachten.

**Welche Menschen sind es, die in den Niederlanden die Tötung auf Verlangen in Anspruch nehmen?**

Anfangs handelte es sich zu 95 Prozent um Krebskranke, in den neunziger Jahren auch Aids-Patienten, in einem terminalen Stadium. Mittlerweile ist ihr Anteil auf 75 Prozent gesunken. Hinzugekommen sind viele hundert Fälle verschiedener Art: Demenzkranke, psychiatrische Patienten, Menschen mit einer Reihe von altersbedingten Beschwerden. Der Kreis derer, die sich für aktive Sterbehilfe entscheiden, hat sich erweitert, etwa auch Personen, die zur gleichen Zeit wie ihr todkrank Lebensgefährte sterben wollen.

**Es wird behauptet, der Wunsch nach Tötung auf Verlangen würde verstummen, würden Ärzte beim Suizid helfen. Entfallt die Zulassung ärztlicher Suizidhilfe einen präventiven Effekt in diesem gesellschaftlichen Sinn?**

Wenn Sie meinen, ein Gesetz beugt Suizidfällen vor, kann ich sagen: Trotz des Sterbehilfegesetzes hat sich auch die Zahl der Suizidfälle in den letzten sechs Jahren um 36 Prozent erhöht.

**Wie sehen Sie die Gefahr, dass Patienten sich zur Selbsttötung gedrängt fühlen könnten, wenn die Hilfe beim Suizid in der Gesellschaft akzeptiert ist?**

Gelegentlich sieht man Fälle, wo Druck nicht ausgeschlossen werden kann. Eine länger andauernde tödliche Krankheit oder eine jahrelange psychiatrische Krankheit nicht allein den Patienten, sondern auch seiner Umgebung kann sie unendlich viel Leid zufügen. Im Allgemeinen geben Ärzte darauf Acht. Häufiger sind die Fälle, wo ein Patient von sich aus die Sterbehilfe wünscht, um damit seine Verwandten zu entlasten. Eventueller Druck der Umgebung wird eher vom Patienten selbst internalisiert. Meine größte Sorge ist somit nicht der Druck von außen, sondern vielmehr, dass ein Patient, der am eigenen Leben verzweifelt ist und deshalb einen Sterbewunsch äußert, dabei von seiner Umge-

bung nicht den erforderlichen Widerspruch erfährt.

**Können Kriterien der Sorgfalt Missbrauch verhindern?**

Natürlich bietet das niederländische Gesetz mit seinen Sorgfaltskriterien und mit der Arbeit der Kontrollkommissionen einen gewissen Schutz. Mittlerweile ist für mich aber die Frage, ob es überhaupt gesetzliche Kriterien geben kann, die Missbrauch vorzubeugen vermögen und etwa eine Ausdehnung auf neue Patientengruppen und andere Leidenszustände verhindern können. Insbesondere das Kriterium des „unerträglichen Leidens“ hat sich als problematisch erwiesen. Für die Beurteilung des medizinischen Zustands des Patienten gibt es medizinische Kriterien. Aber für die Beurteilung des Lei-



Foto: Henk van der Vliet

**Theo Boer** ist Medizinethiker an der Theologischen Universität Kampen. Bis 2014 war er in der Kontrollkommission für aktive Sterbehilfe.

dens gibt es diese nicht. Wer ist der Arzt, wer sind die Kontrollkommissionen, um einem Patienten sagen zu können: „Sie behaupten, dass Sie unzumutbar leiden, aber wir sind anderer Meinung“? Wenn ein Patient beteuert, dass er unerträglich leidet, wird man ihm wohl glauben müssen. In der Praxis ist damit das Leidenskriterium dem Autonomiekriterium unterworfen worden.

**Hat sich das Selbstverständnis der Ärzte gewandelt, seit sie in den Niederlanden auf Verlangen straffrei töten oder Hilfe beim Suizid leisten dürfen?**

Ich glaube kaum. Offiziell müssen die Ärzte die Tötung melden, und solange sie von der Kontrollkommission keinen Bescheid bekommen haben, sind sie potentiell strafbar. Als ich neuerdings einer Gruppe von Ärzten diese Frage stellte, antworteten alle ohne Ausnahme, dass sie jeden einzelnen Fall von aktiver Ster-

behilfe, auch wenn es Jahre her war, noch in Erinnerung haben. Tötung sowie Beihilfe zur Tötung, ist etwas so Definitives und etwas für alle Parteien so Eingreifendes, dass man sich daran wohl kaum gewöhnt. Ausnahme sind vielleicht einige Ärzte, die die aktive Sterbehilfe nicht ein- oder zweimal jährlich leisten, sondern in Dutzenden von Fällen. Einige von diesen Ärzten scheinen bei dieser Arbeit nicht mal einen Rest moralischer Bedenken zu haben.

**Welche Auswirkung hat Ihrer Einschätzung nach die Zulassung ärztlicher Suizidassistenten auf das Arzt-Patienten-Verhältnis?**

Einerseits bedeutet das gesetzliche Ärztemonopol auf Tötung dass der Arzt einen noch höheren Status bekommt, als er bisher schon hatte – als Herr über Leben und Tod. Ein gutes Leben und ein guter Tod, der Arzt macht es uns möglich. Andererseits sehen eben immer mehr Patienten den Arzt als Instrument ihrer eigenen Selbstbestimmung. Für diese Menschen ist es unbegreiflich und unakzeptabel, wenn ein Arzt sich verweigert, aktive Sterbehilfe zu leisten. Beide Entwicklungen haben den Beruf des Arztes in den letzten Jahren nicht einfacher gemacht.

**Welche Rolle spielt die Hospiz- und Palliativarbeit in den Niederlanden?**

In den letzten Jahrzehnten hat die Palliativmedizin bei uns endlich ein Niveau erreicht, das man auch in benachbarten Ländern antrifft. Dies hat aber nicht zu einer Verringerung der Zahlen von ärztlich assistierten Tötungen geführt. Dafür ist die aktive Sterbehilfe schon zu sehr etabliert. Zunehmend wird in den Niederlanden die Sterbehilfe als ein guter Tod nach einer guten Palliativmedizin angesehen.

**Was wäre Ihre Empfehlung für die deutsche Debatte?**

Bisher haben die Niederlande nicht mal angefangen, über die Entwicklungen der letzten Jahre kritisch zu reflektieren. Daher hat das Sterbehilfegesetz nicht nur zu steigenden Zahlen, sondern auch zu einer abnehmenden Bereitschaft zur Selbstkritik geführt. Ich rate deswegen anderen Ländern, sich nicht auf den Weg zur Freigabe der aktiven Sterbehilfe und der Suizidhilfe zu begeben, bevor die Holländer erklärt haben, wohin der Weg führt.

Die Fragen stellte **Stephan Sahm**.

## Seelenhonorar

Was wäre, wenn Menschen mit psychischen Störungen nicht aufgrund ihrer Krankheit sozial isoliert wären, sondern aufgrund ihrer finanziellen Nöte, die oft mit psychischer Krankheit einhergehen? Was, wenn ihre Ängste und depressiven Verstimmungen maßgeblich befeuert werden von ihren Geldsorgen? Die Fragen werden nicht erst seit den preisgekrönten Arbeiten des Amerikaners Greg Duncan diskutiert, der für eine seiner Studien Müttern, die in wirtschaftlich schlechten Verhältnissen leben, 4000 Dollar im Jahr schenkt. Ziel der Untersuchung ist es, zu überprüfen, ob die Hirnentwicklung der Kinder besser verläuft, wenn der ökonomische Druck auf die Familie nachlässt. Ein anderes Beispiel ist eine vor zwei Jahren erschienene Studie in der Zeitschrift „Science“, für die Harvard-Forscher Probanden über eine hohe Rechnung nachdenken ließen und ihnen dann Intelligenztests vorlegten. Diejenigen, die arm oder verschuldet waren, schnitten deutlich schlechter ab, ihre kognitiven Fähigkeiten waren absorbiert von den materiellen Bedrohungen, die sie zuvor gedanklich plagten. Spätestens seit diesen Arbeiten ist klar, dass Armut nicht spurlos an der Psyche des Menschen vorbeigeht. Dass daraus der Umkehrschluss gezogen werden kann und ein finanzielles Sponsoring sogar heilsame Kräfte entfaltet, zeigten jetzt schwedische Wissenschaftler gemeinsam mit Yale-Forscher Larry Davidson im „Community Mental Health Journal“. Hundert aus armen Bevölkerungsgruppen stammende Probanden mit schweren Störungen – etwa Schizophrenie, Persönlichkeitsstörungen oder Angststörungen – erhielten ein Dreivierteljahr lang monatlich 500 schwedische Kronen (umgerechnet 53 Euro); eine Kontrollgruppe von fünfzig psychisch Kranken wurde nur wie üblich von Therapeuten und Sozialarbeitern betreut. Die Teilnehmer, die Geld erhielten, waren bei den Untersuchungsterminen während der Studie und nach Studienende signifikant weniger depressiv und ängstlich, sie hatten neue soziale Kontakte geknüpft und Selbstvertrauen gewonnen. Damit unterschieden sie sich deutlich von den Kontrollprobanden. Was also tun nun mit diesem Ergebnis? Für die Autoren stellt sich zunächst die übliche Frage: Ist Armut die Ursache oder die Folge psychischer Krankheit? Diese Überlegung ist viel diskutiert, eine endgültige Antwort wird auch in der aktuellen Studie nicht gefunden. Eine andere Frage ist für Davidson dagegen schon beantwortet: Darf man finanzielle Interventionen als „Therapie“ ansehen, eine Krankheit als maßgeblich von den wirtschaftlichen Verhältnissen des Betroffenen bestimmt? Die Wissenschaftler antworten mit einem klaren Ja. Und sie gehen noch einen Schritt weiter. Symptome wie Angst oder Depressivität seien möglicherweise in vielen Fällen gar keine Symptome der diagnostizierten Erkrankung, sondern schlicht Reaktionen auf die wirtschaftlich schwierigen Lebensumstände. huch

## Genveränderte Zellen liefern künstliches Blut

Blutkonserven könnten künftig von ethisch umstrittenen embryonalen Stammzellen stammen, die noch dazu gentechnisch verändert sind. An der Dana-Farber-Kinderkrebsklinik in Boston haben Forscher mit dem Präzisionswerkzeug Crispr/Cas9 das Gen SH2B3 in den Stammzellen ausgeschaltet. Damit wurde eine molekulare Bremse für die Blutbildung gelöst. Nachdem Vijay Sankaran in der Petrischale die Stammzellen zu blutbildenden Vorläuferzellen umwandelte, konnte man drei- bis fünfmal so viele rote Blutkörperchen herstellen wie in unbehandelten Kulturen. Wie die Forscher im Journal „Cell Stem Cell“ berichten, lassen sich die Kosten für die Produktion künstlichen Blutes so annähernd auf den Preis gewöhnlicher Spenderblutkonserven drücken. F.A.Z.

## Globaler Wandel: Wie viel Natur bleibt?

Der Kampf um die nachhaltige Zukunft des Planeten hat in diesem Jahr viele Schauplätze: den Vatikan, das UN-Hauptquartier, demnächst den Klimagipfel in Paris. Im Vorfeld der Klimakonferenz wird das Institut Français am heutigen Mittwoch, 28. Oktober, in Frankfurt am Main eine öffentliche Podiumsdiskussion veranstalten. Thema: „Natur: nachhaltige Nutzung oder Ausbeutung?“ Neben Senckenberg-Direktor Volker Mosbrugger werden die Pariser Umwelthethikerin Catherine Larrère und der Industrielle Jean-Marcel de Royère teilnehmen. Die Veranstaltung im BiK-F-Forschungszentrum des Senckenbergmuseums (Georg-Voigt-Strasse 14-16) beginnt um 19 Uhr. F.A.Z.

### Der Laser als Lebensretter

Mit Laserchirurgie lassen sich Lungenmetastasen oft erfolgreich behandeln. Das Interesse an dem Verfahren nimmt auch in Deutschland zu. **Seite N2**

### Das gedruckte Werk bewahren

In der Siemens-Stiftung berief sich Roland Reuß auf die rettende Philologie der Grimms. Das Gebot der Stunde aber sei die Rettung des Buches selbst. **Seite N3**

### Lob des sprunghaften Lesens

Den Philologen, heißt es, fehlt die Konzentration für die versunkene Lektüre. Aber so sollten sie auch gar nicht lesen. **Seite N4**