

# Unendlich und ewig

Wer in die Tiefen des Alls eintauchen möchte, kann das heute dank Internet bequem vom Schreibtisch aus tun. Unter [www.hubblesite.org](http://www.hubblesite.org) finden wir eine farbenprächtige Auswahl an Bildern, die beispielsweise die Entstehung eines Sonnensystems aus glühendem Gasplasma zeigen. Vor rund 4,5 Milliarden Jahren mag es bei der Geburt unseres Planeten ähnlich ausgesehen haben.

Die faszinierenden Fotos stammen vom Weltraumteleskop Hubble, das seit 1990 um die Erde kreist. Seine Aufgabe ist die genaue Bestimmung der sogenannten Hubble-Konstante, aus der man das Alter unseres Universums auf ziemlich genau 13,75 Milliarden Jahre berechnen kann. Nach einer Runderneuerung soll das Teleskop nun weitere zehn Jahre lang Daten zur Erforschung von Zeit und Raum auf die Erde senden und dabei nicht nur immer tiefer ins All, sondern auch in die Vergangenheit vordringen. Denn je weiter entfernt ein Objekt ist, desto länger braucht sein Licht, bis wir es sehen.

Angenommen, wir kämen mit künftigen Teleskopen 13,75 Milliarden Lichtjahre weit voran, dann müssten wir theoretisch der Geburt unseres Universums, dem „Urknall“ beiwohnen können. Was aber, wenn dort gar nichts Besonderes zu sehen wäre, etwa so, wie wenn man stetig nach Norden wandert und am Nordpol angekommen einfach weitergeht, obwohl die Reise hier rein theoretisch zu Ende sein müsste?

Wenn es stimmt, dass Raum und Zeit nur Koordinaten unseres durch menschliche Sinne begrenzten Horizonts sind, dann ist das Universum in Wirklichkeit vielleicht doch unendlich und ewig – wie die grenzenlose Oberfläche einer Kugel, auf der es keinen Anfang und kein Ende gibt. Leichter verständlich als die Urknalltheorie wäre das allemal.

gh



Bild: NASA, ESA, A. Riess (STScI/JHU), L. Macri (Texas A&M University), und das Hubble Heritage Team (STScI/AURA), [www.hubblesite.org](http://www.hubblesite.org)

## Astrobiologie

## Lebenszeichen aus dem All

**Aliens, die Morsezeichen zur Erde funken, gibt es vermutlich nicht. Doch aus zahlreichen anderen Signalen schließen Astrobiologen mit zunehmender Wahrscheinlichkeit, dass es außerirdisches Leben gibt. Und auch auf der Erde selbst finden sich Lebensspuren aus dem All.**

Bewohnbare Planeten, die um ferne Sonnen kreisen, scheinen in Science-Fiction-Romanen eine Selbstverständlichkeit zu sein. Dabei wurde der erste „Exoplanet“ vor gerade einmal 16 Jahren zweifelsfrei nachgewiesen und basierte auch nur auf einem indirekten Nachweis: Prof. Michel Mayor und sein Mitarbeiter Didier Queloz von der Universität Genf beobachteten 1995 im Sternbild Pegasus einen Fixstern, dessen Licht eine periodische Farbverschiebung – abwechselnd in Richtung Rot und Blau – aufwies. Diesen „optischen Dopplereffekt“ konnten sie auf die Anziehungskraft eines ihn umkreisenden Planeten zurückführen, die den Stern in leichte Schwingungen versetzte.

Seither geht es Schlag auf Schlag: Man hat inzwischen über 700 Exoplaneten sicher identifiziert (<http://exoplanet.eu>). Auf Basis dieser Beobachtungen schätzt die NASA die Gesamtzahl an Planeten allein in unserer Milchstraße auf mehrere Milliarden. Dass einige von ihnen durchaus erdähnlich sein könnten, legt die Entdeckung des „nur“ 600 Lichtjahre entfernten *K-22b* (K wie Kepler) nahe: Er liegt in der gleichen Größenordnung wie die Erde, kreist in etwa derselben Entfernung um seine Sonne und hat eine Oberflächentemperatur von angenehmen 22°C. Damit – so die NASA auf einer Konferenz am 5. Dezember 2011 – habe die Wahrscheinlichkeit erheblich zugenommen, in nicht mehr allzu ferner Zukunft

Anzeichen für extraterrestrisches Leben zu finden. Zwar bleiben Morsezeichen, Raumschiffe und Aliens auch weiterhin Science-Fiction, aber Signale, die mit den Methoden der Astrobiologie ausgewertet werden können, gibt es bereits reichlich.

Die zuerst entdeckten Exoplaneten erwiesen sich als lebensfeindliche, zum Teil gasförmige Giganten, die in geringem Abstand um ihren Zentralstern kreisen und deshalb sehr heiß sind. Ausschließlich diese Riesenplaneten bewirken einen Doppler-Effekt, den man trotz der Filterwirkung der Erdatmosphäre mit irdischen Teleskopen messen kann.

Höhere Empfindlichkeiten erreicht man mit Raumsonden: Das französische Teleskop CoRoT (*Convection, Rotation, Transits*) und sein amerikanisches Pendant *Kepler* gehen seit fünf bzw. zwei Jahren direkt vom All aus auf die Suche. Wie das T im Namen besagt, erfasst CoRoT unter anderem sogenannte Transit-Ereignisse, bei denen Planeten die Sichtlinie zu einem Fixstern durchkreuzen und dessen Licht dabei kurzzeitig verdunkeln. Tritt dieser Effekt zum ersten Mal auf, spricht man von einem Kandidaten, wiederholt sich die Verdunkelung in regelmäßigen Abständen, so gilt dies als direkter Nachweis. Zusätzlich analysiert die Sonde Dichteschwankungen in Sternen, die von der Schwerkraft eines Planeten ausgelöst werden.

Mit dieser 170 Millionen Euro teuren Technik hat CoRoT bisher 25 neue Exo-

planeten nachgewiesen. Zwei davon, *CoRoT 24b* und *c*, umkreisen ähnlich wie Merkur und Venus denselben Stern und sind nicht wesentlich größer als die Erde. Ihre Bahnen liegen jedoch mit Umlaufzeiten von fünf bzw. zwölf Tagen sehr nahe am Zentralstern, so dass ihre Temperatur für Lebewesen zu hoch sein dürfte.

Das zweite, fast eine halbe Milliarde Euro teure Weltraumteleskop Kepler entdeckte seit Anfang 2010 knapp 30 Exoplaneten und identifizierte bereits über 1.000 potenzielle Kandidaten. Fünf von ihnen scheinen annähernd so groß wie die Erde zu sein und in einer habitablen („bewohnbaren“) Zone zu liegen. Diese Sonde soll bis Ende 2012 etwa 100.000 Sternensysteme nach Planeten mit lebensfreundlichen Bedingungen absuchen.

Ist ein Exoplanet erst einmal nachgewiesen, dann können Astronomen auch die Veränderung des Sternenlichts während

## Winziger Ausschnitt

Zwei Raumsonden durchkämmen unsere Milchstraße in einem Umkreis von wenigen tausend Lichtjahren systematisch nach bewohnbaren Planeten. Trotz des geradezu winzigen Ausschnitts (orange Markierung unten) haben sie schon über 1.000 Kandidaten identifiziert, von denen mindestens fünf durchaus lebensfreundliche Umweltbedingungen bieten. In der gesamten Milchstraße müssen es folglich Hunderte bis Tausende sein.

www.tif-kepler.de

des Transits messen und so Rückschlüsse auf die spektralen atmosphärischen Eigenschaften des Planeten ziehen. Die Welt- raumteleskope Hubble und Spitzer fanden auf diese Weise Wasser, Methan, Kohlendioxid und Kohlenmonoxid in den Atmosphären der Exo- planeten *HD 189733b* und *HD 209458b*.

Befindet sich die Zusammensetzung der Gase fernab vom chemischen Gleichgewicht, dann kann angenommen werden, dass dieses Ungleichgewicht durch einen aktiven Prozess aufrechterhalten wird – ein möglicher Hinweis auf Leben. Im Falle unseres eigenen Planeten Erde ist zum Beispiel die gleichzeitige Anwesenheit von Methan und Sauerstoff in der Atmosphäre auffällig: Ohne methan- bzw. sauerstoffbildende Organismen würden die beiden Moleküle miteinander reagieren und in Kohlendioxid und Wasser umgewandelt. Im November 2011 berichteten Astronomen der Universität Hongkong in der Zeitschrift *Nature* über Sternennebel, deren Infrarotsignale sogar auf das Vorkommen komplexer organischer Moleküle – zum Beispiel Kohle oder Petroleum – hinweisen.

In unserem eigenen Sonnensystem ist die Erde zwar der einzige Planet mit komfortablen Lebensbedingungen, doch flüssiges

Wasser findet sich zum Beispiel auch auf dem Saturnmond Enceladus. Den Beweis lieferte 2008 die europäische Raumsonde Cassini, als sie dort Eisvulkane in geringer Höhe überflog. Auch geladene organische Kohlenstoffverbindungen kamen in dem ausgestoßenen Material vor.

### **Weltraumähnliche Bedingungen auf der Erde**

Sogar direkt auf der Erde kann man Spuren von potenziell außerirdischem Leben entdecken: Im Sommer 2011 wurden in Meteoriteneinschlägen genetische Bausteine von Nukleinsäuren nachgewiesen, die in dieser Zusammensetzung auf der Erde äußerst selten sind. Dies spricht nach Meinung der Forscher gegen die Vermutung, dass es sich hier lediglich um Verunreinigungen aus der Erdatmosphäre handelt. Wenn Lebewesen tatsächlich per „Star Hopping“ von einem Himmelskörper zum nächsten gelangen, dann könnte auch das Leben auf der Erde letztlich aus dem All stammen.

Aufschlussreich sind deshalb auch Untersuchungen an „extremophilen“ Lebewesen, die auf der Erde unter weltraumähnlichen Bedingungen existieren. Am Meeresboden nutzen Bakterien und Archaeen beispielsweise den Schwefelwasserstoff der bis über 400°C heißen Hydrothermalschlote („schwarze Raucher“) als Energielieferanten. In einem stark mit Arsen verseuchten Salzsee in Kalifornien scheint ein Bakterium das giftige Halbmetall an Stelle von Phosphor zu verwenden. Und im Eis über dem rund 4.000 m tief liegenden antarktischen Wostok-See fand man biologisches Material, das auf Leben in der Tiefe hinweist, wo das Wasser durch den enormen Eisdruck flüssig bleibt. Ähnliche Bedingungen herrschen auch unter der kilometerdicken Eiskruste des Jupitermonds Europa; der dort verborgene Ozean enthält vermutlich doppelt soviel Wasser wie alle unsere Weltmeere zusammen.

Als vor 35 Jahren zwei Viking-Sonden der NASA als erste irdische Pioniere auf

dem Mars landeten, waren die Erwartungen hoch, dort auf Lebensspuren zu stoßen. Natürlich glaubte niemand an kleine, grüne Marsmännchen. Aber als die Kameras Bilder von vermeintlichen Kunst- oder Bauwerken – etwa eines „Marsge- sichts“ oder einer „Inkastadt“ – zur Erde funkten, gab das Anlass zu kühnsten Fantasien. Sämtliche Zeugnisse potenzieller Intelligenz stellten sich jedoch als Erosionserscheinungen heraus, und auch die biochemischen Experimente der Sonden erbrachten widersprüchliche Ergebnisse,

### **Kein Platz für das Jenseits**

*„Ich glaube an ein unendliches Universum... Im All ist weder Mitte noch Umkreis, sondern in allem ist, wenn Du willst, eine Mitte, und jeder Punkt kann als Mittelpunkt irgendeines Umkreises gelten. Ich behaupte, dass das All unendlich ist, dass eine Unzahl von Weltkörpern existiert: Gestirne, Erden, Sonnen.“*

Diese Sätze stammen nicht etwa von einem zeitgenössischen Astronomen, sondern von einem italienischen Dominikanermönch, der das geozentrische Weltbild des 16. Jahrhunderts anzweifelte. Für seine Theorie eines räumlich unendlichen und zeitlich ewigen Universums mit zahllosen Sonnen und Erden

die letztendlich als negativer Befund gewertet wurden.

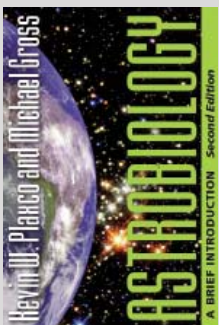
Nachdem sich nun aber aufgrund der Untersuchungen an Extremophilen auf der Erde die Grenzen des Denkbaren verschoben haben und Leben in tieferen Schichten des Marsbodens nicht mehr auszuschließen ist, erwacht das Interesse an unserem Nachbarn als Lebensraum erneut. Der 1997 gelandete Mini-Rover *Pathfinder* eröffnete eine ganze Serie von neuen Mars- Expeditionen; gegenwärtig unterwegs ist der Rover *Curiosity*, der im August 2012 auf dem „roten Planeten“ landen und nach Leben suchen soll. 🌱

Dr. Michael Groß

Mitglied der Redaktion

### **Astrobiologie**

Die Beiträge dieses Panoramas stammen von den Autoren des Buchs *Astrobiology – a brief introduction*, erschienen 2011 in der zweiten Auflage bei Johns Hopkins University Press (ISBN 1-4214-0096-0).



Eine deutsche Fassung kommt voraussichtlich im Herbst 2012 bei Wiley-VCH heraus.

#### **Aus dem Inhalt:**

Was ist Leben? Bewohnbare Planeten. Von Molekülen zu Zellen. Die Suche nach ET.

## Chemische und biologische Evolution

# Wie das Leben entstand

**Obwohl fossile Zeugnisse von Lebewesen nur die letzten rund 600 Millionen Jahre abdecken, können wir dank chemischer Experimente auch die Vorgeschichte rekonstruieren. Dieser Blick in die Vergangenheit wirft zukunftsweisende Fragen nach dem biologischen Sinn des Lebens auf.**

Wenn Astrobiologen darüber nachsinnen, wann, wie und wo Leben im Universum entstanden sein könnte, dann dient

klagte ihn die Inquisition der Gotteslästerung an, weil sein Weltbild keinen Platz für das Jenseits und keinen Zeitpunkt für das Jüngste Gericht vorsah. Hinzuzufügen wäre, dass in diesem Weltbild auch der Urknall keinen Platz hätte. Giordano Bruno wurde nach acht Jahren Kerker in Venedig auf dem Scheiterhaufen verbrannt.



Biobuella Wikipedia  
**Giordano Bruno**  
1548 – 1600

gh

ihnen die Entwicklung auf der Erde derzeit noch als einziger Anhaltspunkt. Vergleicht man die 4,55 Milliarden Jahre der Erdgeschichte mit einem 24-Stunden-Tag, dann verfügen wir nur zwischen 21 und 24 Uhr über umfassende fossile Dokumente des Lebens. Im gesamten Tagesverlauf davor tappen wir weitgehend im Dunkeln; nur gelegentlich fällt ein Schlaglicht auf bestimmte Stationen der Entstehung und Entwicklung des Lebens.

Bis etwa bis 3 Uhr mögen auf der Erde Bedingungen geherrscht haben, wie wir sie heute von vielen Exoplaneten her kennen: Hohe Temperaturen, ständige elektrische Entladungen in Form von Blitzen, geringer atmosphärischer Druck und ein Gas-

gemisch, das vorwiegend reaktive kohlen- und stickstoffhaltige Moleküle wie Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) enthält. Den Beweis, dass unter genau diesen lebensfeindlichen Bedingungen organische Verbindungen entstehen können, verdanken wir dem kalifornischen Biologen Stanley Miller: Er erzeugte 1952 in seinem berühmten „Ursuppen-Experiment“ unter den Extrembedingungen der frühen Atmosphäre organische Moleküle, insbesondere Nukleotide und Aminosäuren als Bausteine des Lebens. Auf welche Weise daraus aber Nukleinsäuren und Proteine und letztlich fortpflanzungsfähige Lebewesen entstehen können, ist bis heute lediglich Gegenstand von Vermutungen.

Im Zentrum aller Theorien stehen komplexere biochemische Moleküle, allen voran die Ribonukleinsäuren (RNA = *ribonucleic acid*), die an zahlreichen Lebensvorgängen beteiligt sind. Man findet ihre Bausteine als universelle Energiequelle ATP oder als Co-Faktoren NAD und FAD bei enzymatischen Reaktionen. In unterschiedlichen Varianten (mRNA, tRNA, rRNA) vermitteln sie aber vor allem zwischen dem genetischen Bauplan des Lebens (DNA) und seiner funktionellen Umsetzung (Protein).

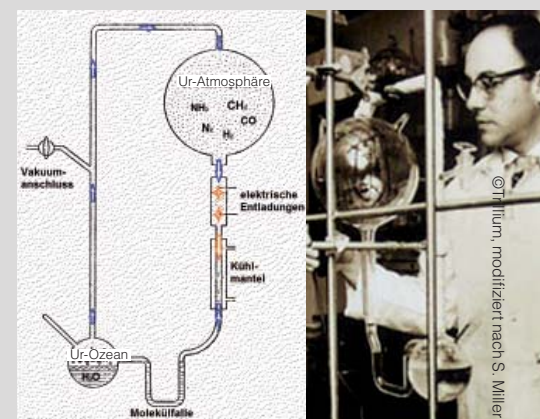
1989 entdeckten die mit dem Nobelpreis ausgezeichneten US-Biochemiker Sidney Altman und Thomas Cech eine ganz besondere RNA-Klasse, die Ribozyme. Diese

sind nicht wie die mRNA reine Vermittler zwischen DNA und Proteinen, sondern vereinigen Struktur und Funktion im selben Molekül. Ribozyme sind somit eine Art „belebter Materie“ und gelten deshalb als molekulare Vorstufe des Lebens. Die 1986 durch den Nobelpreisträger Walter Gilbert aufgestellte und inzwischen weithin akzeptierte „RNA-Welt-Hypothese“ besagt, dass frühe Lebensformen wohl statt der heute bekannten drei Klassen von Biomolekülen (DNA, RNA, Proteine) nur eine einzige Ur-RNA enthielten, die aber schon alle primitiven Lebensfunktionen wie Vermehrung und evolutionäre Anpassung ermöglichte.

**Ribozyme sind eine Art „belebter Materie“**

### Das Ursuppen-Experiment

Stanley Miller leitete Wasserdampf durch ein der Uratmosphäre ähnliches Gasgemisch, das er mit elektrischen Entladungen zündete. Nach etwa einer Woche sammelten sich in einer „Molekülfalle“ verschiedene Nukleinsäure- und Proteinbausteine an.



Diese Hypothese erfuhr im Jahr 2000 eine spektakuläre Bestätigung, als US-Wissenschaftler die Struktur und Funktion der sogenannten Ribosomen aufklärten. Diese RNA-Protein-Komplexe sind die Proteinfabriken aller lebenden Zellen, in denen die einzelne Aminosäuren zu langen Ketten zusammengefügt werden. Für diese grundlegende Funktion des Lebens – und hier liegt der Knackpunkt – benötigen sie ausschließlich RNA; die Proteine sind nur Strukturelemente. Damit liegt der Schluss nahe, dass RNA vor den Proteinen entstand. Erdgeschichtlich kann man die Entstehung der RNA-Welt frühestens auf eine Zeit vor 3,5 Milliarden Jahren – im Zeitraffer also gegen fünf Uhr – datieren, als sich die Erde auf Temperaturen abgekühlt hatte, unter denen hitzeempfindliche RNA stabil ist.

Und dann ging – in erdgeschichtlichen Dimensionen gemessen – plötzlich alles ganz schnell; aus etwa der selben Zeit stammen erste fossile Funde, die auf Photosynthesevorgänge hinweisen: die Stromatolithen (griech. *stroma* = Schicht, *lithos* = Stein).

## Zeugen urzeitlichen Lebens

Stromatolithen sind geschichtete Kalkausfällungen, die in Sedimentgesteinen als Folge mikrobieller Photosynthese auftreten (kleines Bild). Die ältesten derartigen Formationen sind 3,5 Milliarden Jahre alt, doch auch heute noch findet man in ökologischen Nischen mit extrem salzhaltigem Wasser Bakterienkolonien, die solche Kalkschichten bilden.



Stromatolithen in Australien. Quelle: Wikipedia

Sie sind das Produkt von Einzellerkolonien (sog. Biofilmen), die unter Sonneneinwirkung CO<sub>2</sub> (Kohlensäure) binden, dadurch ein alkalisches Milieu erzeugen und so unlöslichen Kalk (Kalziumkarbonat) ausfällen.

Direkte fossile Nachweise dieser koloniebildenden Mikroorganismen gibt es nicht. Aber durch Rückwärts-Extrapolation der genetischen Eigenschaften ihrer Nachkommen kann man sich heute ein recht genaues Bild von den letzten gemeinsamen Urahnen machen, aus denen die Vielfalt heutiger Lebensformen hervorgegangen ist; ihr wissenschaftlicher Name ist LUCA (*Last Universal Cellular Ancestor*). Diese Urzelle muss bereits DNA, RNA und Proteine besessen haben, sowie eine recht durchlässige Membran, die den Austausch von Erbinformation erleichterte.

Mehr als 200 ihrer Proteine findet man in leichten Variationen auch in heutigen Zellen wieder, und eine ganze Reihe archaischer Lebensvorgänge, wie die Verwendung von ATP zur Energiegewinnung oder die Proteinbiosynthese durch Ribosomen, müssen wir von LUCA geerbt haben. Was wir *nicht* von LUCA haben, ist die Verwendung von Glycerinestern als Membranlipide; offenbar war die Evolution der Zellmembran zu LUCAs Zeit noch im Fluss; ihre Nachkommen fanden dann ganz unterschiedliche Lösungen für die Optimierung ihrer Barrieren zur Abkapselung von der Außenwelt.

Nach LUCA fächerte sich das Leben auf. Aus Archaeen und Bakterien sowie einer Kombination von Vertretern dieser beiden entstand vermutlich die dritte Domäne, der auch wir Menschen angehören, nämlich die Eukaryonten. Ihr entscheidend neues Merkmal war ein Zellkern, in dem der genetische Bauplan – nun nicht mehr aus RNA, sondern der stabileren DNA bestehend – durch eine zweite Membran sorgfältig geschützt aufbewahrt wird.

Aus der Kenntnis dieser Entwicklungsgeschichte heraus mag man spekulieren, dass der tiefere biologische Sinn und damit vielleicht auch die einfachste Definition des Lebens darin besteht, sich zu replizieren und dabei die eigene genetische Ausstattung an die Nachkommen weiterzugeben. Dies wird im Erfolgsfall von der Evolution belohnt; wer es nicht tut, scheidet aus dem Spiel aus. Treibt man diese Sichtweise ins Extrem, dann lassen sich alle Erscheinungsformen des Lebens, von Einzellern über vielzellige Lebewesen bis hin zu Bienen-, Ameisen- und Menschenstaaten, als Hilfsmittel betrachten, um die eigene DNA besser vermehren zu können.

Geht man noch einen Schritt weiter, dann erfüllen auch die inzwischen ungezählten Würmer und Viren, die den Cyberspace der Computerwelt bevölkern, diese Lebensdefinition zumindest partiell. Ihr genetischer Code besteht zwar nicht aus Nukleotiden, sondern aus Folgen von Nullen und Einsen. Aber obwohl sie nur virtuell existieren, replizieren sich diese „Wesen“ und schützen ihren Code gegen fremde Eingriffe. Für die Vermehrung benötigen sie neben einem Computer auch eine Internet-Verbindung und eine mit Sicherheitslücken behaftete Software; das sind sozusagen die Umweltbedingungen, die den Lebensraum dieser Würmer darstellen. Auch alle Lebewesen auf der Erde sind in der einen oder anderen Weise von Dingen abhängig, die unser Lebensraum zur Verfügung stellt. Mit dem Fortschritt der Technik wird es wohl zunehmend schwieriger, eine Grenze zwischen biologischen und elektronischen „Lebewesen“ zu ziehen. 🌸



Prof. Kevin W. Plaxco

Department for Chemistry & Biochemistry  
University of California, Santa Barbara

# Leserbriefe

Ihre Kommentare und Anregungen senden Sie bitte per E-Mail an [info@trillium.de](mailto:info@trillium.de). Die Redaktion behält sich das Recht zur Kürzung vor.



## Leserbewertungen

Trillium-Report 2011 Band 9 Heft 3

Die ersten drei Plätze teilten sich diesmal mit Note 1,5 die Redaktionsmitglieder Dr. Michael Groß, Dr. Oliver Erens und Prof. Dr. Erich Kasten. Wir gratulieren zu den Beiträgen über Präimplantations- und Pränataldiagnostik sowie Psychoonkologie.

## Alle Jahre wieder

T-R 2011 9(3):197  
von Markus Bazan

Unter den Strategien zur Zukunftssicherung für Krankenhausapotheken erwähnen Sie auch computergestütztes *Disease Staging*. Ich habe mit dieser Art von Software gute Erfahrungen gemacht, um Verschwendung von Ressourcen im Krankenhaus aufzuspüren. So kam bei der Analyse von Leistungsprofilen einzelner Fachabteilungen heraus, dass bei leichten Krankheitsgraden diagnostisch wie therapeutisch mit (teuren) Kanonen auf Spatzen geschossen wurde.

Darüber waren die Abteilungen nicht immer glücklich, und auch der Industrie gefiel es nicht, wenn auf Basis derartiger Ergebnisse *Capitation*-Verträge zur treffsicheren Mengenbegrenzung ausgehandelt wurden. Allerdings war auch festzustellen, dass

hausteigene Einkaufsverbände bei Rabatten, Boni und Rückvergütungen gerade von der Mengenausweitung leben und dabei oft eine simple Mathematik vergessen: Die Gesamtkosten berechnen sich aus Menge mal Einzelpreis. Ich erinnere mich, dass alle Jahre wieder – nämlich im Dezember – ein Schreiben einging: „Hilfe! Wir erreichen unser ausgehandeltes Kontingent nicht, wenn wir nicht alle noch einmal auf Vorrat bestellen. Bei Nicht-Erreichen droht uns ein Rückvergütungsnachteil.“ Derjenige, der die Mengen an Reserve-Antibiotika gesteigert hatte, wurde geadelt, der sinnvolle Handelnde getadelt.

Dr. Joachim Pfeffer  
Ostenfeld

## Editorial

T-R 2011 9(3):139  
von Georg Hoffmann

„Schiefe Verteilungen“ innerhalb dynamischer Systeme bewirken häufig ein Optimum bezüglich Flexibilität und Robustheit. Dabei geht es weniger um Gerechtigkeit als um die Frage der Zweckmäßigkeit. Wann leidet die Systemdynamik unter zu viel Schiefe? Wie viel Verzicht an Leistungsfähigkeit nehmen wir hin, um eine geringere Schiefe zu erreichen? Diese Fragen betreffen bestimmt nicht nur die Fi-

nanzwelt, sondern auch die Medizin (siehe Titelgeschichte über Therapieerfolge bei Lymphomen): Wir müssen den vielen seltenen Krankheiten und entlegeneren Behandlungsansätzen Aufmerksamkeit schenken, wenn das Gesamtgebäude von Naturwissenschaft, Technik und Medizin auf Dauer funktionieren soll. Dazu braucht es nicht nur die wenigen großen Leuchterkerzen, sondern auch viele kleine Kerzen, die uns erleuchten.

Dr. Michael Köhler  
TU Ilmenau

## Sparsam im Verbrauch

T-R 2011 9(3):188  
von Georg Hoffmann

Irgendwie hat mich Ihre Interpretation der Genexpression fasziniert, aber ich möchte ihr nicht komplett folgen. Die Überschrift stimmt: Sehr hohe mRNA-Konzentrationen schafft die Natur nur bei kleinen Abbauraten, also bei „sparsamem Verbrauch“. Trotzdem steigt die mRNA-Konzentration etwa proportional zur Syntheserate; über die Unterschiede innerhalb dieses hohen Bereichs entscheidet also die Produktivität. Es ist wie in der Wirtschaft: Vom Sparen allein wird man nicht reich.

Dr. Norman Bitterlich  
Chemnitz