



NASA

## Kleinstsatelliten – doch kein Problem?

*Der Experte für Robotik und Telematik Klaus Schilling stellte kleine, leistungsfähige Satelliten vor, welche die Erdbeobachtung und Telekommunikation revolutionieren können (»Winzlinge im Orbit«, Mai 2015, S. 48).*

**Daniel Schiller, Köln:** Herr Schilling reißt kurz das Thema Kleinstsatelliten und Müll an, beendet es aber schnell mit dem eher lapidaren Tenor: Lässt

sich alles lösen! Reicht das? Entwickler und Betreiber reduzieren die Anforderungen für ihr kleines Projekt, nach dem Motto »ist schon nicht so schlimm«. Da geht es um so einfache Dinge wie den Satelliten international zu registrieren. Aufwändiger wird es schon, wenn die Funkfrequenzen koordiniert werden sollen. Wenn dann sogar technische Lösungen entwickelt werden müssen, um Weltraummüll zu vermeiden, stößt das schnell an Grenzen.

Damit diese Satelliten nicht zum Problem werden, muss jeder Betreiber sich streng daran halten, nicht in wichtige oder langlebige Orbits zu fliegen. Dabei sind die Kleinstsatelliten aber nur Mitflieger auf großen Missionen und gehen schlimmstenfalls dorthin, wohin der Hauptpassagier fliegt. Das Betriebsende muss geplant sein, das heißt, gegebenenfalls muss ein Manöver zur Entsorgung geflogen werden, und das nicht zum letztmöglichen Zeitpunkt, sondern mit ausreichender Zuverlässigkeit vorher. Das kostet wertvolle Betriebszeit. Außerdem muss man solche zusätzlichen Funktionen an Bord erst einmal entwickeln, bauen und testen. Das kostet, das verzögert, das steigert die Masse.

Ja, das Problem lässt sich lösen. Aber jeder Entwickler und Betreiber muss das selbst wollen und tun – und das passiert nicht mit pauschalen Aussagen.

### Antwort des Autors Klaus Schilling:

Die Thematik muss man ernst nehmen, und auch die Kleinstsatelliten sollten sich selbstverständlich an die UNO-Vorschriften halten, die aber noch nicht alle Raumfahrt betreibenden Länder unterzeichnet haben.

Es werden zehntausende Objekte im Orbit verfolgt. Wenn nun wie bereits geschehen herkömmliche Satelliten kollidieren oder wenn Raketenoberstufen explodieren, dann entstehen tausende Trümmerteilchen. Das aktuelle Hauptproblem ist das Anwachsen der Masse im Orbit, dazu liefern die Pikosatelliten nur einen marginalen Beitrag. Dennoch wird die Problematik hier bedacht.

Bei den Kleinstsatelliten sind verschiedene Möglichkeiten in Erprobung, die Lebensdauer zu verringern. Für uns ist ein wichtiger Grund für die Elektroantriebe auf UWE-4, dass damit dann auch die mögliche Bahnkontrolle genutzt werden kann, um gezielt in Abstrorbits einschleusen zu können.

**Spektrum**  
DER WISSENSCHAFT

**Chefredakteur:** Prof. Dr. phil. Dipl.-Phys. Carsten Könneker M.A. (v.i.S.d.P.)

**Redaktionsleiter:** Dr. Hartwig Hanser

**Redaktion:** Mike Beckers, Thilo Körkel, Dr. Klaus-Dieter Linsmeier, Dr. Christoph Pöppe, Dr. Frank Schubert, Dr. Adelheid Stahnke, Dr. Gerhard Trageser, E-Mail: redaktion@spektrum.de

**Ständige Mitarbeiter:** Dr. Felicitas Mokler, Dr. Michael Springer

**Art Direction:** Karsten Kramarczik

**Layout:** Sibylle Franz, Oliver Gabriel, Anke Heinzelmann, Claus Schäfer, Natalie Schäfer

**Schlussredaktion:** Christina Meyberg (Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle

**Bildredaktion:** Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe

**Assistentin des Chefredakteurs:** Ann-Kristin Ebert

**Redaktionsassistentin:** Barbara Kuhn

**Redaktionsanschrift:** Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg, Tel. 06221 9126-711, Fax 06221 9126-729

**Verlag:** Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg

**Hausanschrift:** Slevogtstraße 3–5, 69126 Heidelberg, Tel. 06221 9126-600, Fax -751

**Amtsgericht Mannheim, HRB 338114**

**Geschäftsleitung:** Markus Bossle, Thomas Black

**Herstellung:** Natalie Schäfer

**Marketing:** Annette Baumbusch (Ltg.), Tel. 06221 9126-741, E-Mail: service@spektrum.de

**Einzelverkauf:** Anke Walter (Ltg.), Tel. 06221 9126-744

**Übersetzer:** An diesem Heft wirkten mit:

Dr. Markus Fischer, Dr. Werner Gans, Melanie Hauser, Dr. Claudia Hecker, Dr. Ursula Loos, Dr. Felicitas Mokler, Dr. Michael Springer, Dr. Sebastian Vogel.

**Leser- und Bestellservice:** Helga Emmerich, Sabine Häusser, Ute Park, Tel. 06221 9126-743, E-Mail: service@spektrum.de

**Vertrieb und Abonnementverwaltung:**

Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o ZENIT Pressevertrieb GmbH, Postfach 81 06 80, 70523 Stuttgart, Tel. 0711 7252-192, Fax 0711 7252-366, E-Mail: spektrum@zenit-presse.de, Vertretungsberechtigter: Uwe Bronn

Die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH ist Kooperationspartner der Nationales Institut für Wissenschaftskommunikation gGmbH (NaWik). Das NaWik ist ein Institut der Klaus Tschira Stiftung gGmbH und des Karlsruher Instituts für Technologie. Wissenschaftlicher Direktor des NaWik ist Spektrum-Chefredakteur Prof. Dr. Carsten Könneker.

**Bezugspreise:** Einzelheft: € 8,20 (D/A) / € 8,50 (L) / sFr. 14,-; im Abonnement € 89,- für 12 Hefte; für Studenten (gegen Studiennachweis) € 69,90. Abonnement Ausland: € 97,40, ermäßigt € 78,30. E-Paper € 60,- im Jahresabonnement (Vollpreis); € 48,- ermäßigter Preis auf Nachweis. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: Postbank Stuttgart, IBAN: DE52600100700022706708, BIC: PBNKDEFF

Die Mitglieder des Verbands Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland (VBIO) und von Mensa e. V. erhalten SdW zum Vorzugspreis.

**Anzeigen:** iq media marketing gmbh, Verlagsgruppe Handelsblatt GmbH, Gesamtanzeigenleitung: Michael Zehentmeier, Tel. 040 3280-310, Fax 0211 887-97-8550; Anzeigenleitung: Anja Väterlein, Speersort 1, 20095 Hamburg, Tel. 040 3280-189

**Druckunterlagen an:** iq media marketing gmbh, Vermerk: Spektrum der Wissenschaft, Kasernenstraße 67, 40213 Düsseldorf, Tel. 0211 887-2387, Fax 0211 887-2686

**Anzeigenpreise:** Gültig ist die Preisliste Nr. 36 vom 1.1.2015.

**Gesamtherstellung:** L.N. Schaffrath Druckmedien GmbH & Co. KG, Marktweg 42–50, 47608 Geldern

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung des Verlags unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt den Verlag zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2015 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer.

Wir haben uns bemüht, sämtliche Rechteinhaber von Abbildungen zu ermitteln. Sollte dem Verlag gegenüber der Nachweis der Rechteinhaberschaft geführt werden, wird das branchenübliche Honorar nachträglich gezahlt. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 0170-2971

SCIENTIFIC AMERICAN

75 Varick Street, New York, NY 10013-1917  
Editor in Chief: Mariette DiChristina, President: Steven Inchcoombe, Executive Vice President: Michael Florek, Vice President and Associate Publisher, Marketing and Business Development: Michael Voss



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



FOLGEN SIE UNS  
IM INTERNET

facebook

[www.spektrum.de/facebook](http://www.spektrum.de/facebook)

YouTube

[www.spektrum.de/youtube](http://www.spektrum.de/youtube)

Google+

[www.spektrum.de/googleplus](http://www.spektrum.de/googleplus)

twitter

[www.spektrum.de/twitter](http://www.spektrum.de/twitter)

Hinsichtlich der von Ihnen angesprochenen Funkfrequenzen ist die Situation eher so, dass die Satelliten unter Störungen irdischer Sender leiden, während die andere Richtung der Genehmigung von Funkfrequenzen für Satelliten sehr strikt reguliert ist.

## Lachen, Weinen, Abstand nehmen

*Neue Forschungen zeigen: Ganz anders als Affen kooperieren Menschen schon als Kleinkinder miteinander («Gute Zusammenarbeit», Mai 2015, S. 52).*

**Harald Effenberg, Kleinmachnow:** Eine entscheidende Antwort auf die im Artikel gestellte Frage »Welche geistigen Prozesse ermöglichten derartige Entwicklungen, also vor allem die Weitergabe von Wissen?« lautet sicherlich: Lachen und Weinen. Wir Menschen sind wohl die Einzigen, die diese Strategie nutzen (und zwar seit mindestens 40 000 Jahren, denn auch die Aborigines lachen und weinen). Zwar scheinen Delphine permanent zu grinsen, und auch das Zähneblecken der Schimpansen wirkt oberflächlich wie ein Lachen, doch die entscheidenden Verhaltensweisen findet man meines Wissens nur beim Menschen: die sich uns gegenüber lachenden oder weinenden »Stammesangehörigen« (Nahestehenden) unwillkürlich aufdrängende Frage »Worüber

lachst du?« beziehungsweise »Warum weinst du?« und das anschließende ebenso unwillkürliche Mitteilungsbedürfnis »Kennt ihr den?« beziehungsweise »Habt ihr schon gehört, was x Trauriges passiert ist?«.

**Eckart Lefringhausen, Geldern:** Zu Recht hat Herr Tomasello auf eine angeborene geistige Kompetenz des Menschen hingewiesen, die uns von den Primaten unterscheidet. Die Frage ist nur – die auch Herr Tomasello beantworten könnte –, wie diese Kompetenz beschaffen ist. Ich möchte hierzu auf eine lange Tradition verweisen, die mit dem Denken Distanzierung beziehungsweise Abstandnehmen verbindet. Mit einer solchen Abstandnahme zur Umwelt und zu sich selbst hat der Mensch seinen Aktionsradius derart erweitert, dass kulturelle Gemeinsamkeiten wie Sprache, verschiedene Institutionen, Wissenschaft, Technik, Kunst und so weiter entstehen konnten. Erst die Abstandnahme hat meines Erachtens die Möglichkeit geschaffen, das ursprüngliche biologische Erbe zu erweitern und zu modifizieren und damit den Menschen aus dem Tierreich herauszuheben.

**Christian Amling, Quedlinburg:** Die beiden Fotos zweier Menschen beziehungsweise Schimpansenkinder überzeugen aus meiner Sicht nicht von der Allgemeingültigkeit eines bei Menschen stärker ausgeprägten Prinzips der Zusammenarbeit. Zwei ganz offensichtlich aus gut situierten Verhältnissen kommende (brave) Kinder angeln kooperativ ein Gummibärchen – im Vergleich zu zwei Schimpansen in Käfigen, die im Prinzip eine ähnliche Leistung vollbringen können. Hier liegt einfach ein Ungleichgewicht vor. Man kann sich ohne Mühe das Experiment mit Menschenkindern aus einem anderen soziokulturellen Umfeld vorstellen, bei denen es nicht so problemlos gelingt!

## Nicht genau aufgepasst

*Der Mathematiker Jean-Paul Delahaye stellte neu entdeckte Eigenschaften*

*bestimmter Zahlenfolgen vor («Die verkannte Schwester der Fibonacci-Folge», Mai 2015, S. 64).*

**Andreas M. Hinz, München:** Die Übersetzung eines Artikels aus der französischen Schwesterzeitschrift »Pour la Science« vom Oktober 2012 übernimmt leider Fehler des Originals und fügt neue hinzu. So ist der Name des Mathematikers, der zusammen mit Wilf die rationalen Zahlen aufgezählt hat, Calkin (nicht Calting). Die Folge ( $s_n$ ) selbst heißt »Stern-Folge«. Brocot hat nur Brüche betrachtet, und seine Folge besteht aus endlichen Folgen von solchen Brüchen. Ausführliche historische und mathematische Zusammenhänge, auch zum berühmten »Turm von Hanoi«, kann man in dem Buch »The Tower of Hanoi – Myths and Maths« von A. M. Hinz, S. Klavzar, U. Milutinovic und C. Petr (Birkhäuser, Springer, Basel 2013) finden.

## Erratum

*»Gold entfaltet die Kraft der dritten Stufe«, Forschung aktuell, Mai 2015, S. 12*

Im Bild auf S. 13 ist die grün gezeichnete Verbindung kein  $\alpha,\beta,\gamma,\delta$ -ungesättigtes, sondern nur ein  $\alpha,\beta$ -ungesättigtes Aldehyd, während  $iPr$  für Isopropyl steht. Bei der Reaktion wird jeweils die Trimethylsilylgruppe abgespalten.

### BRIEFE AN DIE REDAKTION

... sind willkommen! Schreiben Sie uns auf [www.spektrum.de/leserbriefe](http://www.spektrum.de/leserbriefe) oder schreiben Sie mit Ihrer kompletten Adresse an:

Spektrum der Wissenschaft  
Leserbriefe  
Sigrid Spies  
Postfach 104840  
69038 Heidelberg

oder per E-Mail: [leserbriefe@spektrum.de](mailto:leserbriefe@spektrum.de)

Die vollständigen Leserbriefe und Antworten der Autoren finden Sie ebenfalls unter: [www.spektrum.de/leserbriefe](http://www.spektrum.de/leserbriefe)