

# RUBIN

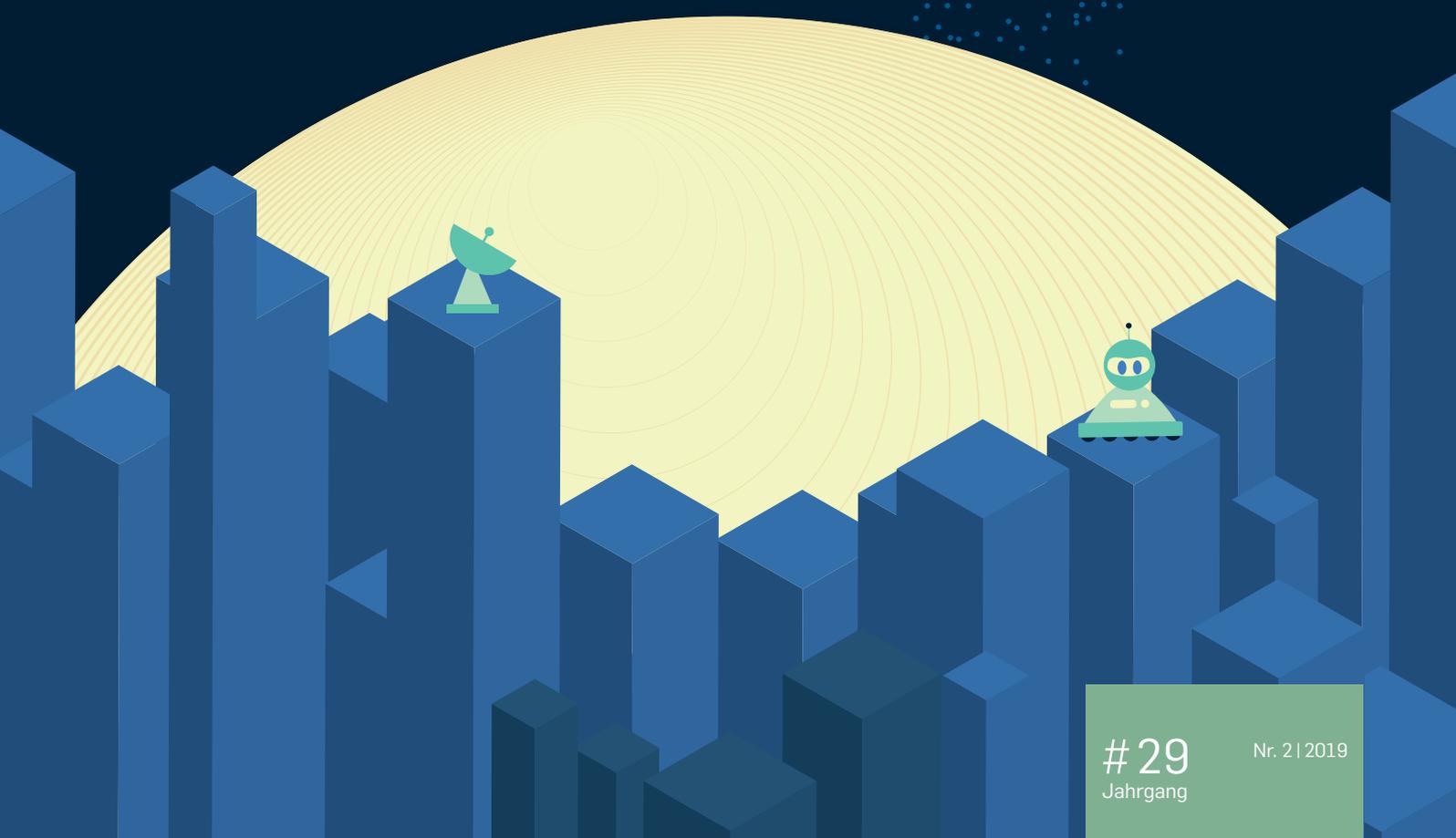
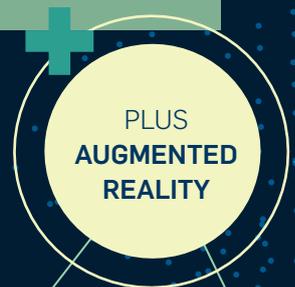
WISSENSCHAFTSMAGAZIN

*Schwerpunkt*

## VIRTUELLE WELTEN



PSYCHISCH KRANKE AVATARE  
GEHEIME BOTSCHAFTEN FÜR ALEXA & CO.  
KÜNSTLICHE UN-INTELLIGENZ





Ein Blick in die Beschichtungsanlage:  
Das Leuchten des Plasmas von zwei  
Materialquellen ist zu erkennen.

*Medizin/Materialforschung*

# MATERIAL SPIESST BAKTERIEN AUF

*Wie auf einem Nagelbrett werden Bakterien auf einer neu entwickelten Oberfläche mit Nanosäulen beschädigt. Sie soll die Besiedlung von Implantaten verhindern. Vorbild dafür war die Natur.*

**R**und 350.000 Menschen in Deutschland bekommen jedes Jahr ein neues Gelenk eingesetzt. Knie- und Hüftgelenke sind die Klassiker. Meistens geht alles gut, aber in zwei bis fünf Prozent aller Fälle kommt es nach der Operation zu einer Infektion. Oft muss das neue Gelenk wieder entfernt werden, und eine intensive Antibiotikatherapie folgt, bevor dann in einer weiteren Operation ein neues Implantat eingesetzt wird.

Viele tausend Patienten müssen sich deswegen einer erneuten aufwendigen Operation unterziehen, weil es Bakterien gelungen ist, sich auf dem Implantat anzusiedeln. „Die Keime werden hauptsächlich im Verlauf der ersten Operation eingeschleppt“, sagt Prof. Dr. Manfred Köller, Leiter der Abteilung Chirurgische Forschung am RUB-Klinikum Bergmannsheil. Fremdoberflächen lieben sie besonders, denn hier wirkt das körpereigene Immunsystem weniger gut als anderswo. Haben sich die Keime einmal angeheftet, vermehren sie sich und verschanzen sich hinter einem Biofilm, dem weder Immunzellen noch Antibiotika so leicht etwas anhaben können. „Wir müssen also schon die Anheftung der Keime an das Implantat verhindern und wollten das nur durch eine Oberflächenmodifikation ohne Antibiotikaeinsatz erreichen“, sagt Manfred Köller. Auf der Suche nach Strategien wurden die Forscherinnen und Forscher der RUB auf Ergebnisse einer australischen Arbeitsgruppe aufmerksam, die 2012 festgestellt hatte, dass eine auf den Flügeln bestimmter Zikaden, zum Beispiel *Psaltoda claripennis*, vorkommende Struktur antibakterielle Eigenschaften zeigte.

### **Metall imitiert Insektenflügel**

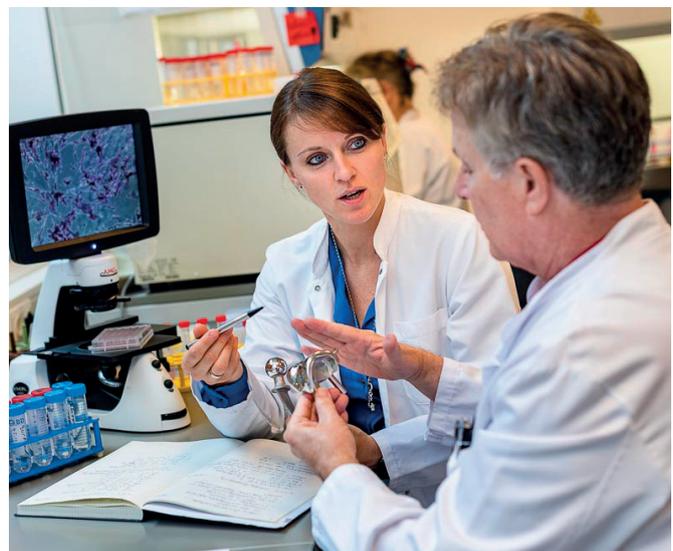
Die Flügel sind über und über mit winzigen Säulen aus wachsartigem Material besetzt, die nur rund 200 Nanometer klein sind und zur Beschädigung der Bakterienzellwand führen. „Bis dahin dachte man, Bakterien könnten in der Natur hauptsächlich über chemische Prozesse eliminiert werden“, erklärt Manfred Köller. „Jetzt zeigte sich, dass sie auch mechanisch zerstört werden können. Das hat uns natürlich sehr interessiert, daher haben wir die Zusammenarbeit mit den Materialforschern der RUB gesucht.“

Die Beschichtung von Oberflächen mit Nanostrukturen ist eine Spezialität des Lehrstuhls Materials Discovery and Interfaces von Prof. Dr. Alfred Ludwig. Hier steht eine sogenannte Sputteranlage, mit der es gelang, die Nanosäulenstruktur der Zikaden fast identisch aus Metall zu generieren. Nadine Ziegler arbeitet hier an ihrer Doktorarbeit. Sie nutzt ein besonderes Sputterverfahren namens Glancing Angle Deposition, kurz GLAD. „Dabei werden einzelne Titanatome durch ein Plasma aus einer Scheibe reinen Titans herausgelöst und in Richtung des Trägermaterials beschleunigt. Sie treffen schräg von der Seite auf“, erklärt die Forscherin. Auf dem Träger lagern sich die Atome ab; zuerst entsteht an einigen Stellen ein sogenannter Keim. In dessen Windschatten lagern sich weniger Atome ab. Je größer die Entfernung vom Keim, desto mehr Atome können sich ablagern. So entsteht eine Landschaft charakteristischer Nanosäulen aus Titanatomen. „Wenn man den Träger während der Beschichtung

dreht, kann man die Form dieser Säulen beeinflussen“, so Nadine Ziegler. Die fertig mit Nanosäulen beschichteten Oberflächen besiedelten die Forscherinnen und Forscher dann mit *Escherichia-coli*-Bakterien. Tatsächlich konnten sie danach viele mechanisch zerstörte Bakterien identifizieren. „Davon waren wir natürlich zuerst begeistert“, erzählt Manfred Köller. „Allerdings gibt es in der klinischen Praxis andere Bakterien, die besonders bei Implantat-Infektionen viel häufiger Probleme machen, vor allem die Staphylokokken. Sie erwiesen sich aber als gänzlich unbeeindruckt von den Nanosäulen und konnten sich auf der Oberfläche ungebremst vermehren. Die Gründe dafür wurden den Forschern schnell ▶

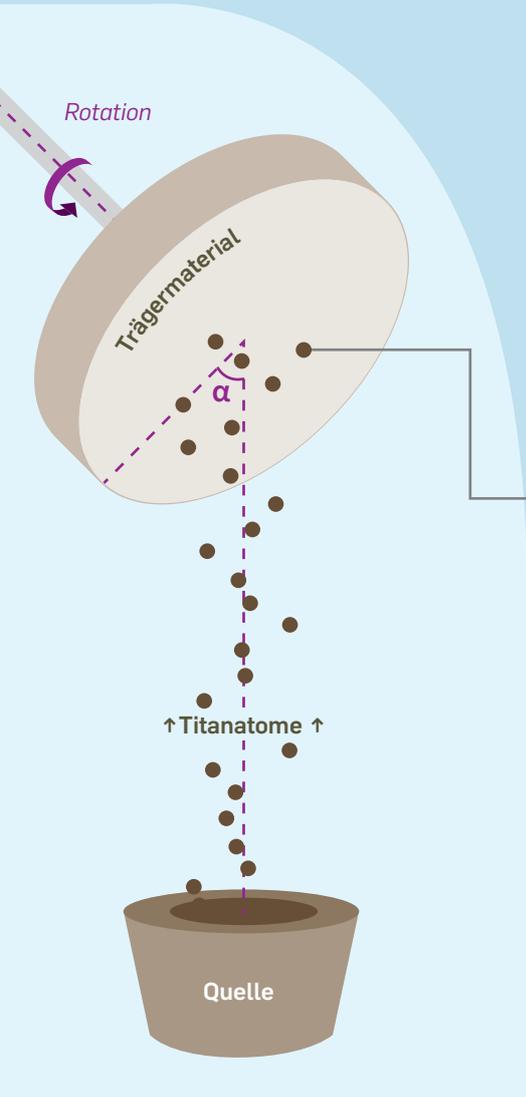


Implantate wie dieses künstliche Kniegelenk können im Körper von Bakterien besiedelt werden. Dann müssen sie ausgetauscht werden, und der Patient braucht eine Behandlung mit Antibiotika.

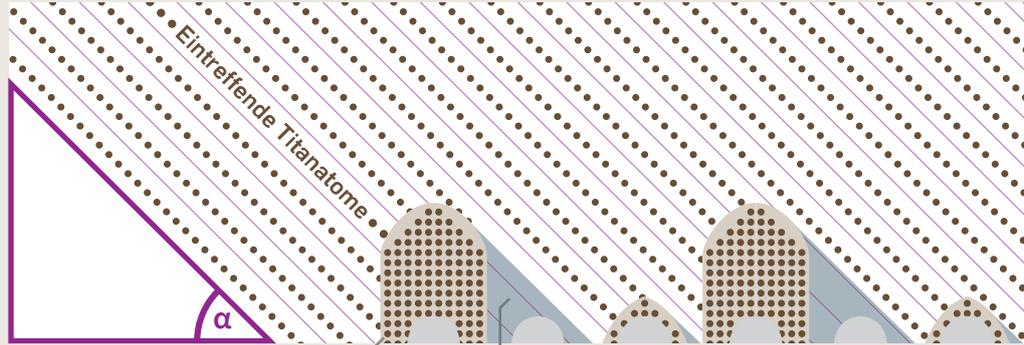


Prof. Dr. Christina Sengstock (links) und Prof. Dr. Manfred Köller untersuchen, wie sich die Besiedlung von Implantaten mit verschiedenen Bakterien verhindern lässt.

# SPUTTERVERFAHREN GLAD

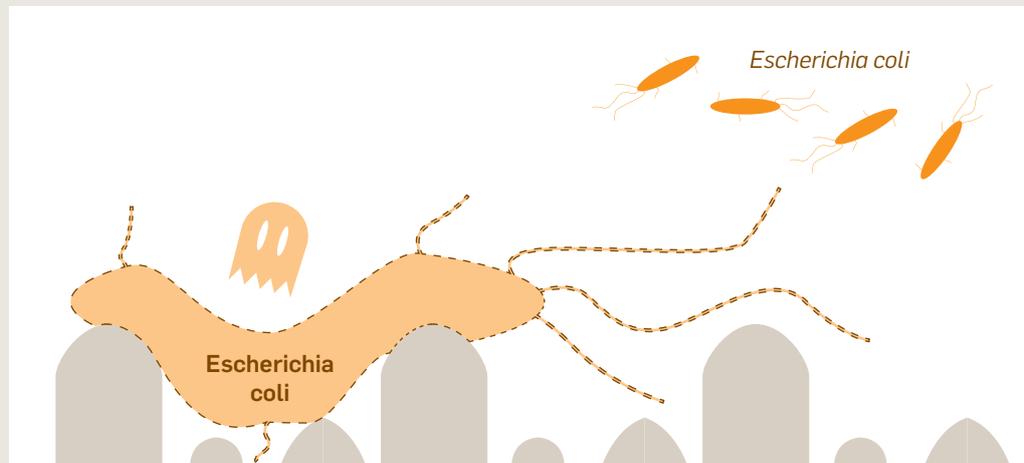


Trägermaterial

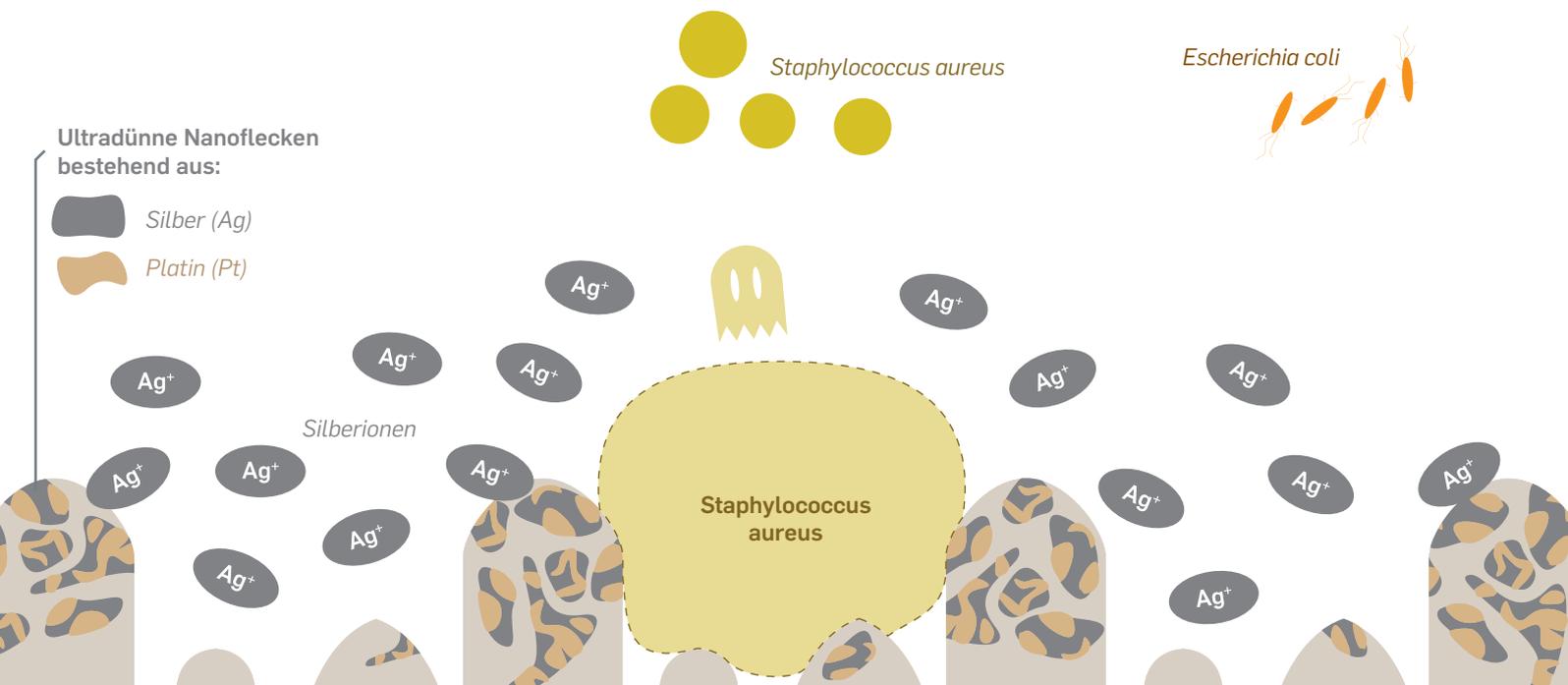


Trägermaterial während des Sputterverfahrens

Abgeschatteter Bereich



Die mit Nanosäulen beschichtete Oberfläche schützt vor der Besiedelung mit gramnegativen Bakterien (zum Beispiel Escherichia-coli-Bakterien).



Die Nanosäulen erhalten eine ultradünne Nanoflecken-Beschichtung aus Silber und Platin. Durch das Opfer-Anoden-Prinzip werden antibakteriell wirkende Silberionen freigesetzt.

Die beschichtete Oberfläche schützt sowohl vor der Besiedelung mit gramnegativen Bakterien (zum Beispiel Escherichia coli) als auch mit grampositiven Bakterien (zum Beispiel Staphylococcus aureus).



Nadine Ziegler und Alfred Ludwig vom Lehrstuhl Materials Discovery and Interfaces vor der Sputteranlage, mit der Oberflächen beschichtet werden

klar: Staphylokokken haben eine viel dickere und damit stabilere Zellwand und als kugelförmige Bakterien auch weniger Kontakt zur Oberfläche. Also mussten sie gegen diesen Keim eine zusätzliche Waffe entwickeln. Naheliegend war die Nutzung von Silber, das seit Langem für seine antibakterielle Wirkung bekannt ist. Resistenzen wie gegen gängige Antibiotika bilden sich gegen Silber kaum aus.

#### Experimente mit verschiedenen Edelmetallen

Ziel war es, möglichst wenig Silber auf die Nanosäulen zu bringen, um deren Struktur zu erhalten und dabei gleichzeitig die Freisetzung der antibakteriell wirkenden Silberionen zu erhöhen. Die Forscherinnen und Forscher mussten das Silber also dazu bringen, dass es korrodiert und somit Silberionen freisetzt. Um den erwünschten Korrosionsprozess hervorzurufen, mussten sie in die Trickkiste greifen. „Wir nutzen dafür das Prinzip einer Opfer-Anode“, erklärt Manfred Köller. Es beruht darauf, dass beim Kontakt zweier Metalle dasjenige mit dem niedrigeren elektrochemischen Potenzial korrodiert, während das andere verschont bleibt. Kurz gesagt: Das weniger edle Metall opfert sich in Anwesenheit eines edleren. „Das Prinzip von Opfer-Anoden war für medizinische Anwendungen bisher nicht genutzt worden, ist aber in der Technik gut bekannt“, so Köller. „Es wird zum Beispiel in Wasserboilern eingesetzt, wobei Zinkelemente das Rosten verhindern.“ Das Forscherteam experimentierte also mit verschiedenen Edelmetallen in Verbindung mit Silber. Es zeigte sich, dass Kombinationen aus Silber und den Platin-Gruppen-Elementen Platin, Palladium und Iridium besonders geeignet waren, Keime abzutöten und das um ein Vielfaches erfolgreicher als reines Silber.

„Nun blieb noch die Frage, wie man ein derartiges Opfer-Anoden-System auf die Nanosäulen bringt“, so Nadine Ziegler. Zunächst ließ sie einen hütchenartigen Überzug auf der Säulenoberfläche entstehen. Dieser führte aber dazu, dass die



Mittels Rasterelektronenmikroskopie kann die Interaktion zwischen biologischen Objekten wie Zellen und Bakterien mit den nanostrukturierten Oberflächen untersucht werden.

Nanosäulen abstumpften und ihre mechanische antibakterielle Wirkung verloren. „Also sind wir dazu übergegangen, hundertfach kleinere Nanoflecken aufzusputtern“, erläutert die Forscherin. Während der Sputterprozess für die Nanosäulen rund vier Stunden dauert, dauert das Aufbringen der Nanoflecken nur 20 Sekunden. Die Forscherin stellte damit Oberflächen her, bei denen Silber- und Platinflecken von nur wenigen Nanometern Durchmesser und Höhe aufgebracht wurden. Solche sogenannten Dekorierungen von Nanosäulen sind so klein, dass man sie nur im Transmissionselektronenmikroskop sehen kann.

Tests mit den fertigen Oberflächen zeigten: Nur bei der aufeinanderfolgenden Erzeugung der Platin- und Silberflecken entfaltet das Material schließlich eine zuverlässige Wirkung auch gegen Staphylokokken. „Warum das so ist, ist auf atomarer Ebene noch nicht geklärt. Wir vermuten die Bildung von galvanischen Nanoelementen“, sagt Manfred Köller. „Dadurch, dass das Silber durch die Korrosion binnen dreier Tage verschwindet, haben wir ein selbstlimitierendes System, das in der ersten heiklen Phase nach der Operation eine Infektion verhindern soll“, fasst der Forscher zusammen. In dieser Phase findet ein sogenanntes race for the surface statt: Keime und körpereigene Zellen konkurrieren um die Oberfläche des Implantats. Wenn es durch körpereigenes Gewebe bedeckt ist, sinkt das Infektionsrisiko auch dann, wenn das Silber verbraucht ist.

Den körpereigenen Zellen schaden die Nanosäulen nicht. Im Gegenteil: In ersten Experimenten sieht es so aus, als würden die Säulen bestimmte Blutzellen stimulieren und so die Heilung zusätzlich anregen. „Weitere Untersuchungen müssen jetzt zeigen, ob das Ganze auch unter den Bedingungen eines klinischen Einsatzes funktioniert“, so Köller.

*Text: md, Fotos: dg*

# REDAKTIONSSCHLUSS

Rund 30 Jahre lang war Helga Schulze als wissenschaftliche Zeichnerin an der Medizinischen Fakultät der RUB tätig und hat anatomische Abbildungen angefertigt. Privat engagiert sich die Diplom-Biologin für den Artenschutz und betreibt unter anderem eine Rettungsstation für Loris. Die Halbaffen werden immer wieder verbotenerweise als Haustiere gehandelt, weil sie so niedlich aussehen. Das hier gezeigte Motiv hat Helga Schulze einem Aberglauben auf Sri Lanka gewidmet, der besagt, Loris würden nachts Pfauen angreifen und erwürgen.

Mehr über die Arbeit von Helga Schulze:

➔ [news.rub.de/wissenschaftlich-zeichnen](https://news.rub.de/wissenschaftlich-zeichnen)

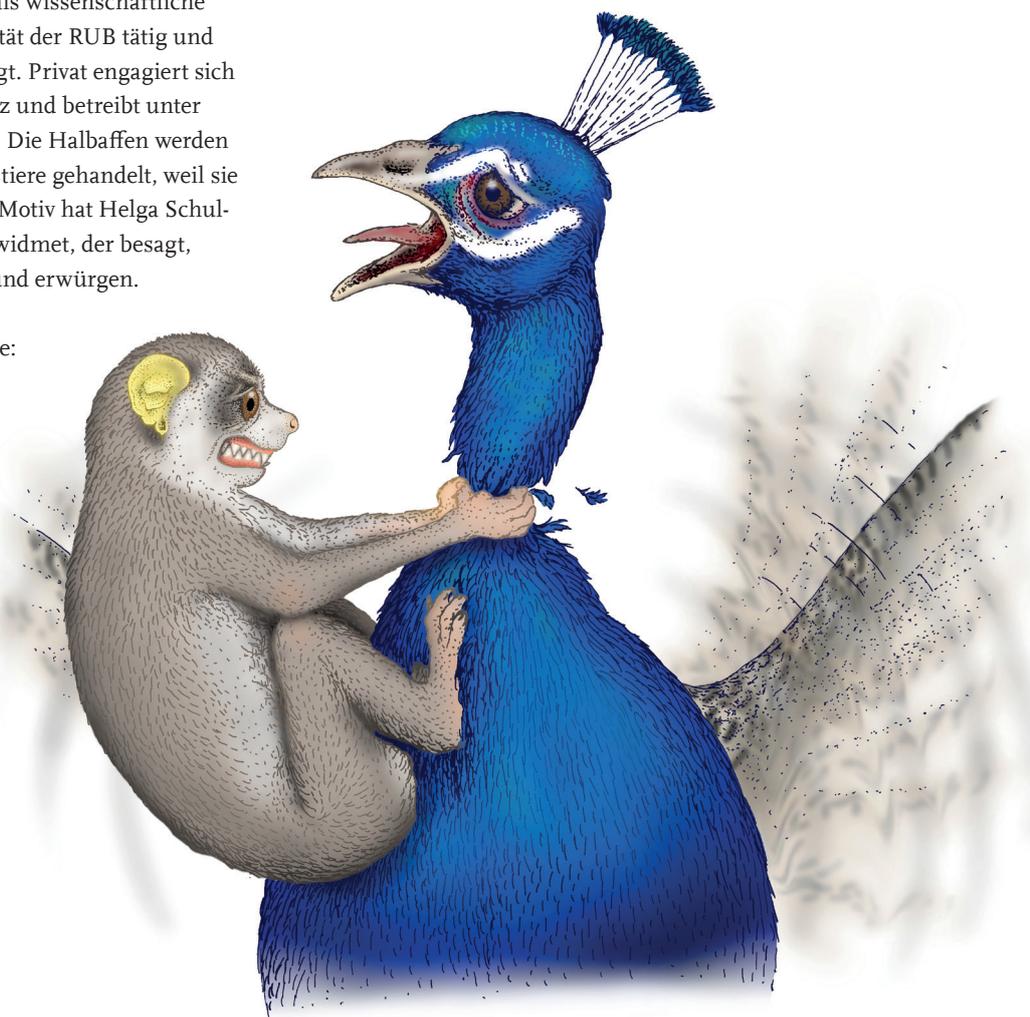


Bild: Helga Schulze



## IMPRESSUM

HERAUSGEBER: Rektorat der Ruhr-Universität Bochum in Verbindung mit dem Dezernat Hochschulkommunikation (Abteilung Wissenschaftskommunikation) der Ruhr-Universität Bochum

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT: Prof. Dr. Gabriele Bellenberg (Philosophie und Erziehungswissenschaften), Prof. Dr. Astrid Deuber-Mankowsky (Philologie), Prof. Dr. Constantin Goshler (Geschichtswissenschaften), Prof. Dr. Markus Kaltenborn (Jura), Prof. Dr. Achim von Keudell (Physik und Astronomie), Prof. Dr. Dorothea Kolossa (Elektrotechnik/Informationstechnik), Prof. Dr. Denise Manahan-Vaughan (Medizin), Prof. Dr. Martin Muhler (Chemie), Prof. Dr. Franz Narberhaus (Biologie), Prof. Dr. Andreas Ostendorf (Prorektor für Forschung, Transfer und wissenschaftlichen Nachwuchs), Prof. Dr. Martin Tegenthoff (Medizin), Prof. Dr. Martin Werding (Sozialwissenschaft), Prof. Dr. Marc Wichern (Bau- und Umweltingenieurwissenschaft), Prof. Dr. Peter Wick (Evangelische Theologie), Prof. Dr. Stefan Winter (Wirtschaftswissenschaft)

REDAKTIONSANSCHRIFT: Dezernat Hochschulkommunikation, Abteilung Wissenschaftskommunikation, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Tel.: 0234/32-25228, Fax: 0234/32-14136, [rubin@rub.de](mailto:rubin@rub.de), [news.rub.de/rubin](https://news.rub.de/rubin)

REDAKTION: Dr. Julia Weiler (jwe, Redaktionsleitung); Meike Drießen (md); Raffaella Römer (rr)

FOTOGRAFIE: Damian Gorczany (dg), Hofsteder Str. 66, 44809 Bochum, Tel.: 0176/29706008, [damiangorczany@yahoo.de](mailto:damiangorczany@yahoo.de), [www.damiangorczany.de](https://www.damiangorczany.de); Roberto Schirdewahn (rs), Offerkämpe 5, 48163 Münster, Tel.: 0172/4206216, [post@people-fotograf.de](mailto:post@people-fotograf.de), [www.wasaufdieaugen.de](https://www.wasaufdieaugen.de)

COVER: Agentur der RUB

BILDNACHWEISE INHALTSVERZEICHNIS: Teaserfotos für die Seiten 12, 54 und 58: Damian Gorczany; Teaserfotos für die Seiten 32 und 50: Roberto Schirdewahn

GRAFIK, ILLUSTRATION, ANIMATION, LAYOUT UND SATZ: Agentur der RUB, [www.rub.de/agentur](https://www.rub.de/agentur)

DRUCK: VMK Druckerei GmbH, Faberstraße 17, 67590 Monsheim, Tel.: 06243/909-110, [www.vmk-druckerei.de](https://www.vmk-druckerei.de)

AUFLAGE: 4.700

ANZEIGENVERWALTUNG UND -HERSTELLUNG: VMK GmbH & Co. KG, Faberstraße 17, 67590 Monsheim, Tel.: 06243/909-0, [www.vmk-verlag.de](https://www.vmk-verlag.de)

BEZUG: RUBIN erscheint zweimal jährlich und ist erhältlich im Dezernat Hochschulkommunikation (Abteilung Wissenschaftskommunikation) der Ruhr-Universität Bochum. Das Heft kann kostenlos abonniert werden unter [news.rub.de/rubin/abo](https://news.rub.de/rubin/abo). Das Abonnement kann per E-Mail an [rubin@rub.de](mailto:rubin@rub.de) gekündigt werden.

ISSN: 0942-6639

Nachdruck bei Quellenangabe und Zusenden von Belegexemplaren