

Press release**Institute of Science and Technology Austria****Andreas Rothe**

07/27/2023

<http://idw-online.de/en/news818415>Research results, Scientific Publications
Materials sciences, Physics / astronomy
transregional, national**Bakterien als Schmiede | Neue Methode um unkonventionelle Materialien zu formen**

Ein heißes Bad bedeutet für viele Menschen Entspannung. Für Wissenschaftler:innen ist es jedoch ein Ort, an dem sich Moleküle oder winzige Bausteine treffen, um Materialien zu bilden. Dafür benützen Forscher:innen am Institute of Science and Technology Austria (ISTA) sogar die Energie von schwimmenden Bakterien. Wie das funktioniert, und welche potenziellen Nachhaltigkeitsvorteile sich aus diesem innovativen Ansatz ergeben könnten, zeigt eine aktuelle Studie in Nature Physics.

Man weiß nie, wann einem zündenden Ideen kommen. Manchmal entstehen sie an den ungewöhnlichsten Orten, wie in einer Boulderhalle in Wien. So war es auch bei den beiden ISTA Wissenschaftlern Daniel Grober, einem Doktoranden in der Forschungsgruppe des Physikers Jérémie Palacci, der daran arbeitete, wie man Materialien mithilfe der Energie schwimmender Bakterien zusammensetzen kann, und Mehmet Can Ucar, einem Postdoc in der Gruppe von Edouard Hannezo. Angetrieben von ihrer Leidenschaft für die Wissenschaft und das Klettern, entwickelten sich die Diskussionen in der Turnhalle zu einem Modell von Grobers Experiment. Ihr Konzept faszinierte Ivan Palaia, einen Postdoc in der Gruppe von Anđela Šarić, der beschloss, sich dem Projekt anzuschließen.

Gemeinsam machte sich das dynamische Trio an die Arbeit, die nun mit einer heute in Nature Physics veröffentlichten Publikation ihren Höhepunkt erreicht. Die Studie zeigt eine neue experimentelle Strategie, die zur Herstellung von Materialien aus kleinen Bausteinen dient. Dabei ließ man sich von der Metallurgie – der feinen Kunst des Schmiedens, bei der Zyklen hoher Temperatur und langsamer Abkühlung die Struktur eines Materials festlegen – inspirieren. Diese Technik wurde auf weiche Materialien übertragen, indem die Aktivität von schwimmenden Bakterien in einem Bad genutzt wurde.

Was sind „active baths“?

In der Forschungsgruppe von Jérémie Palacci am Institute of Science and Technology Austria dreht sich alles um mikroskopische Teilchen. „Wir arbeiten mit winzigen ‚Lego‘-ähnlichen Bausteinen, die hundertmal kleiner sind als ein Haar. Unser Ziel ist es herauszufinden, wie diese Bausteine zusammenkommen und größere Strukturen bilden“, erklärt der Physiker. Wenn die Bausteine im Wasser gelöst sind, „hüpfen“ sie wahllos Hin und Her, aufgrund der gegebenen Temperatur, die den Teilchen Energie liefert – ein Phänomen, das erstmals 1905 von Einstein beschrieben wurde und als Brownsche Bewegung bekannt ist.

Um Ordnung in das Chaos zu bringen, kann man dem Wasser einen Zündstoff (aus dem Englischen: „Active Agent“) beimischen. Dadurch entsteht ein aktives Bad („Active Bath“), in dem der Zündstoff wie ein kleines Feuer wirkt. Durch diese zusätzliche Energie könnte man den Zusammenbau und die Eigenschaften von Materialien steuern – wie ein Schmied. Ein Ansatz, in dem zum Beispiel Bakterien zum Schmieden verwendet werden, wurde jedoch bis jetzt noch nie erforscht.

Bakterien – Das Feuer

Palaccis Student Daniel Grober nahm diese Herausforderung an und begann mit der Konstruktion eines solchen von der Metallurgie inspirierten Aktivbads. Grober erklärt: „Als Zündstoff haben wir E. coli-Bakterien verwendet. Ihre Schwimmbewegungen liefern Energie und Bewegung, die für einen Physiker einer 'Temperatur' von 2000 °C entspricht – ähnlich der, die für die Herstellung von Metallen benötigt wird. Da es aber Bakterien sind und es sich nicht um einen echten Ofen handelt, ist der Prozess sanft genug, um Gele und weichen Materialien herzustellen, ohne sie dabei zu verbrennen.“ Die Bausteine waren mikroskopisch kleine Partikel in Form von klebrigen Kolloiden – runde Kügelchen, die zusammenkleben, wenn sie in Kontakt kommen.

Diese Idee entpuppte sich als Erfolg: Die schwimmenden Bakterien verstärkten effektiv die Bewegung der Kügelchen, sodass sich Aggregate und gelartige Strukturen bildeten.

Tanzen im Takt der Bakterien

Die Cluster, die entstanden sind, zeigten verblüffende Auffälligkeiten. Die Aggregate drehten sich langsam im Uhrzeigersinn. Um dies besser zu verstehen, führte Grober eine statistische Analyse der Bewegung des Systems durch. Diese bestätigte eine langsame und anhaltende Rotation der Aggregate, die ihren Ursprung in der Uhrzeigersinn-Bewegung (Chiralität) der E. coli-Flagellen hat – den winzigen Füßchen, die die Bakterien in Bewegung halten. Der Forscher vermutete, dass die Rotationsbewegung eine entscheidende Rolle bei der Bildung der von ihm beobachteten unkonventionellen Strukturen hat.

Grober präsentierte seine Daten in einem wöchentlichen Meeting. Ivan Palaia war sofort fasziniert und half dabei, das Phänomen aufzuklären. Palaia entwickelte ein minimales Computermodell, um die Chiralität des Bakterienbads zu erfassen, ohne dabei die schwimmenden Bakterien zu simulieren. Die Computersimulationen wurden zunächst durch die quantitative Reproduktion der experimentellen Ergebnisse validiert, bevor sie zu einem genaueren Verständnis des Mechanismus führten. Das Modell bestätigte die bedeutende Rolle der Rotation bei der Formierung von Gelen, da durch sie bemerkenswerte Strukturen mit ungewöhnlichen mechanischen Eigenschaften entstehen—solche, die auf konventionelle Weise nicht erreicht werden können.

Ein Blick in die Zukunft

Der Einsatz von Bakterienbädern zur Herstellung unkonventioneller Materialien ist sehr vielversprechend. Zwar beschränkte sich die Studie auf 2D-Strukturen im Mikrometermaßstab, doch wurde der Ansatz so konzipiert, dass er sich hochskalieren lässt. „Mit unserem innovativen Ansatz könnte es theoretisch möglich sein, 3D-Proben zu konstruieren, die groß genug sind, dass ich sie in meinen Händen halten kann“, fügt Palacci hinzu. Dieser Fortschritt könnte auch die Nachhaltigkeit in der Materialproduktion verbessern, da man statt externe Energiequellen einfach die Energie der Bakterien nutzen kann.

Darüber hinaus dient die Studie als Konzeptnachweis, der die Grundlage für Palaccis ERC-finanziertem Projekt „VULCAN: matter powered from within“ bildet, und zeigt einmal mehr, wie wichtig die interdisziplinäre Zusammenarbeit in der Wissenschaft ist. „Ohne die vom ISTA geförderte fachübergreifende Zusammenarbeit hätte unser Projekt niemals diese konzeptionelle und quantitative Tiefe erreicht“, so Palacci abschließend.

Projektförderung:

Dieses Projekt wurde unterstützt mit Mitteln des US Department of Energy (DE-SC0019769) für D. Grober & J. Palacci; des European Union's Horizon 2020 research and innovation programme (Marie Skłodowska-Curie Grant) für Ivan Palia; des European Research Council (the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme, Grant No. 802960) für A. Šarić & des European Union's Horizon 2020 research and innovation programme (Marie Skłodowska-Curie Grant Agreement No. 754411) für M. C. Ucar.

Original publication:

D. Grober, I. Palaia, M. C. Ucar, E. Hannezo, A. Šarić & J. Palacci. 2023. Unconventional colloidal aggregation in chiral bacterial baths. Nature Physics. <https://doi.org/10.1038/s41567-023-02136-x>

URL for press release: <https://ista.ac.at/de/forschung/palacci-gruppe/>

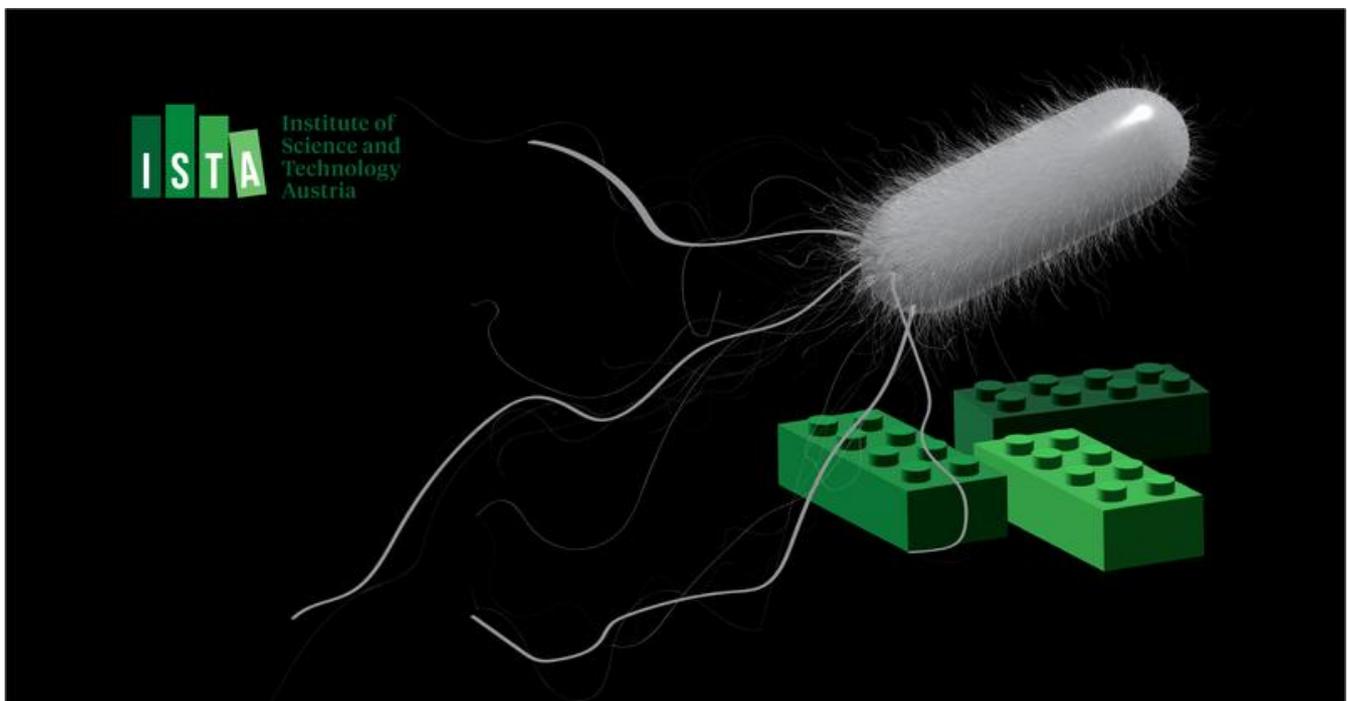
URL for press release: <https://ista.ac.at/de/forschung/hannezo-gruppe/>

URL for press release: <https://ista.ac.at/de/forschung/saric-group/>

URL for press release:

<https://ista.ac.at/de/news/vier-ista-forscher-erhalten-prestigitraechtige-erc-consolidator-grants/>

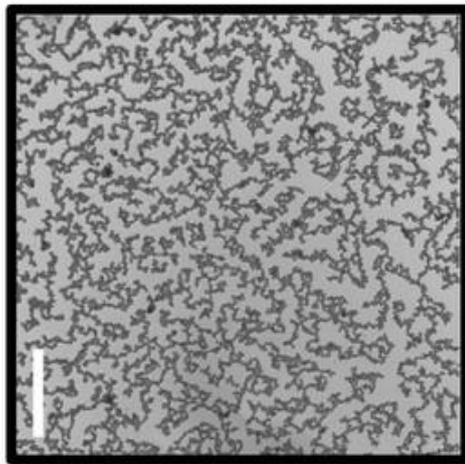
Attachment Tanzende Aggregate. Das Video zeigt die Rotation der Aggregate im Uhrzeigersinn und ihre Auswirkung auf die Cluster-Bildung. (links: Experiment, rechts: Simulationen). <http://idw-online.de/en/attachment99062>



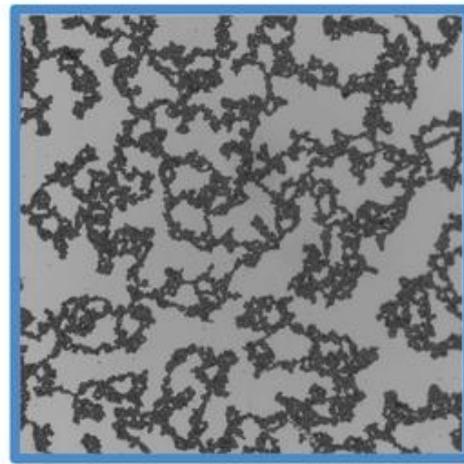
Schmieden mit Bakterien. ISTA-Wissenschaftler:innen schmieden mit der von schwimmenden Bakterien erzeugten Energie weiche Materialien aus Lego-ähnlichen Bausteinen. Visualisierung/Symbolbild.

ISTA

© ISTA

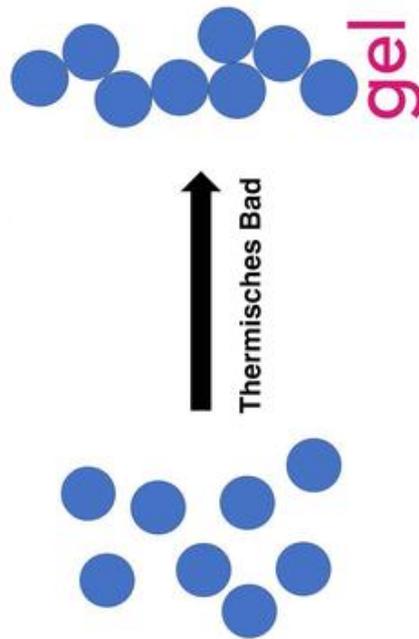


Thermisches Bad (q)

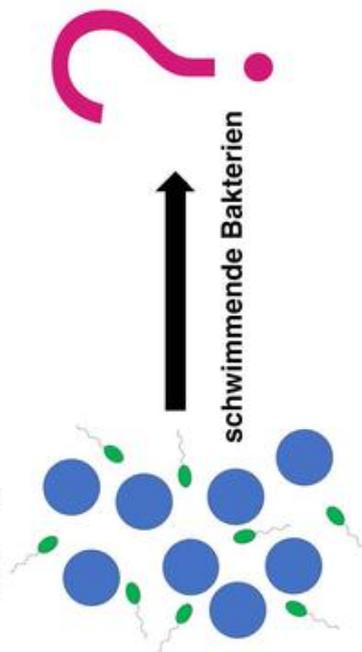


Bakterielles Bad

a) Aggregation in einem normalen Bad



Aggregation in einem bakteriellen Bad



Aggregation (Ansammlung) von klebrigen Kügelchen in einem thermischen (normalen) Bad / einem Bad mit schwimmenden Bakterien. (B) Experimentelle Aggregation im thermischen oder bakteriellen Bad und die visuell unterschiedlichen Gelstrukturen.

Palacci Guppe

