

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

RUB

# RUBIN

WISSENSCHAFTSMAGAZIN

## EISKALT

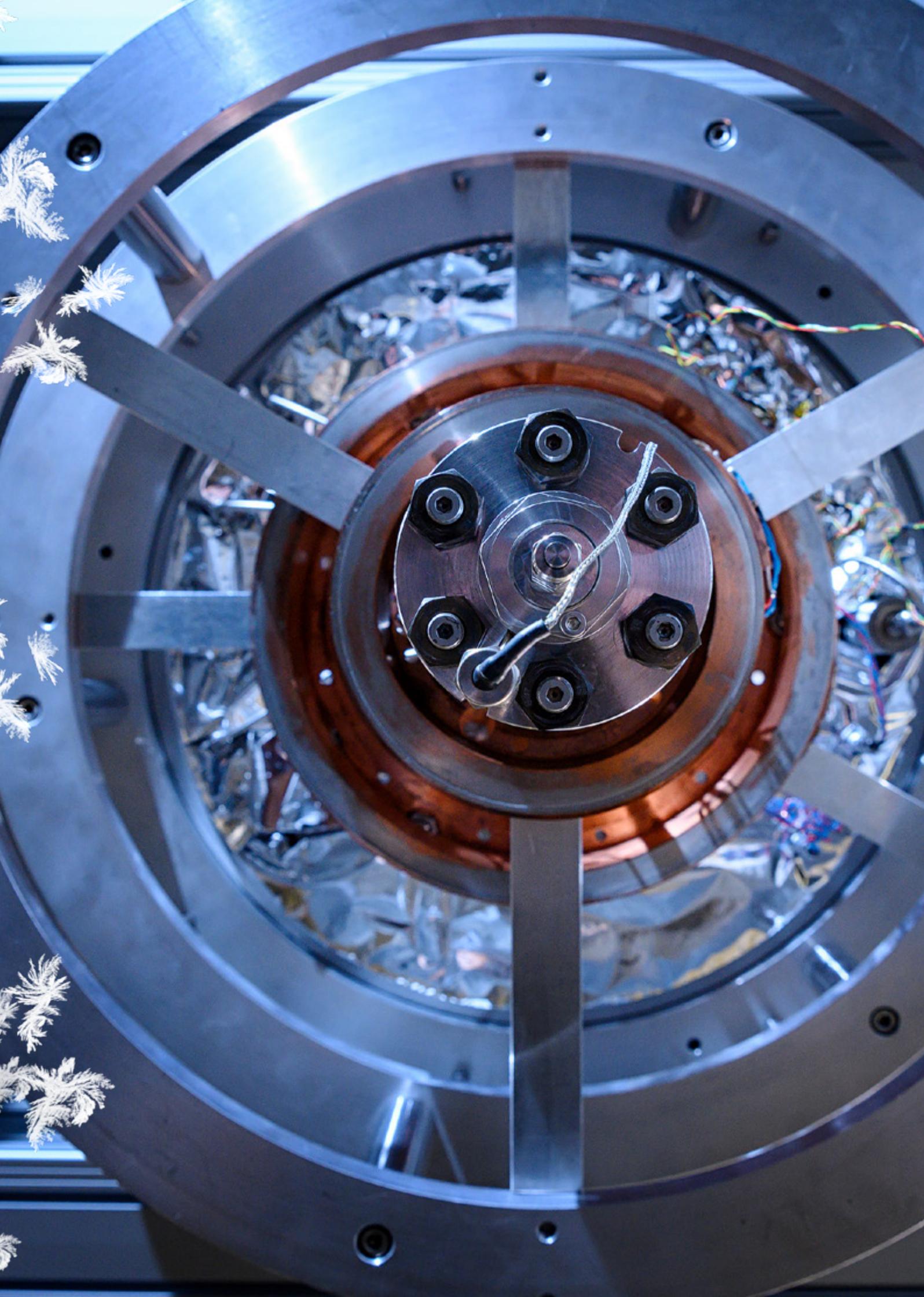
**Routiniert:** Warm bleiben im ewigen Eis

**Sparsam:** Kühlschränke mal anders

**Komfortabel:** Kühlkleidung im OP

# 33

Nr. 2 | 2023



Im Gespräch

# FORSCHUNG NAHE DEM **NULLPUNKT**

*Wer sich mit dem Thema Wasserstofftransport befassen will, muss das Thermometer weit herunterdrehen. Roland Span weiß, welche Herausforderungen das mit sich bringt – und wagt es trotzdem.*

Der Blick von unten auf die Messzelle lässt den komplizierten Aufbau des Thermostaten erahnen, mit dem die Forschenden auch bei sehr tiefen Temperaturen Temperaturgradienten im Milli-Kelvin-Bereich realisieren können.

In der eigentlichen Messzelle herrschen während der Messung Drücke von bis zu 120 Bar.



Mit dieser selbst entwickelten Anlage messen die Bochumer Forschenden Dichten bei sehr niedrigen Temperaturen – beispielsweise von verflüssigtem Erdgas oder von Wasserstoff.

Das Heizungsgesetz hat im Sommer 2023 eine neue Debatte entfacht, was eigentlich die Energieträger der Zukunft sein sollen. Wasserstoff geistert schon lange als vielversprechender Kandidat herum. Aber um eine energieeffiziente Wasserstoffwirtschaft etablieren zu können, fehlt entscheidendes Grundlagenwissen – beispielsweise dafür, wie Wasserstoff effizienter als heute verflüssigt und transportiert werden kann. An dieser Frage forscht Prof. Dr. Roland Span mit seinem Team. Dazu müssen die Thermometer in den Thermodynamik-Laboren der Ruhr-Universität nah an den absoluten Nullpunkt heruntergedreht werden. Ein risikobehaftetes Unterfangen.

**Herr Professor Span, um Wasserstoff transportieren zu können, muss er verflüssigt werden. Das klingt eigentlich einfach. Wo ist das Problem?**

Das Problem ist, dass wir auf extrem niedrige Temperaturen herunterkühlen müssen: 20 Kelvin, das sind etwa minus 253 Grad Celsius. Zum Vergleich: Flüssiges Erdgas, auch als LNG bekannt, wird heute schon großtechnisch verflüssigt transportiert. Dafür braucht man im Tank etwa 115 Kelvin. Je tiefer die Temperatur, also je näher wir dem absoluten Nullpunkt kommen, desto aufwendiger werden die erforderlichen Techniken.

**Mit welcher Technik bekommt man Wasserstoff denn in seine flüssige Form?**

Wasserstoff oder auch Erdgas werden in großtechnischen Anlagen typischerweise mit einem kalten Gemisch vorgekühlt. Im Fall von Erdgas sind das zum Beispiel Gemische aus Stickstoff, Methan und Propan. Bei Wasserstoff braucht man deutlich tiefere Temperaturen, dafür eignen sich Gemische aus Helium und Neon. Zwischen den Strömen des zu kühlenden Gases und dem Kühlmittel findet eine Wärmeüber-

UM WASSERSTOFF ZU  
VERFLÜSSIGEN, MUSS ER AUF

**-253°C**

HERUNTERGEKÜHLT WERDEN.

tragung statt, das Kühlmittel entzieht dem zu kühlenden Gas also Wärme. Damit das effizient klappt, muss der Temperaturunterschied zwischen den Strömen extrem klein sein. Je näher am absoluten Nullpunkt wir uns befinden, desto störender werden die Temperaturunterschiede.

**Kostet die Kühlung selbst nicht wahnsinnig viel Energie? Lohnt sich das überhaupt?**

Die Verflüssigungsanlagen, die wir heute haben, stammen meist aus den 1960er- oder 1970er-Jahren. Sie sind vielfach für die Produktion von Raketentreibstoff gedacht gewesen. Wenn es heute heißt, der Energieaufwand für die Verflüssigung von Wasserstoff sei so groß, bezieht sich das auf eine Anlagentechnik, die nie wirklich energetisch optimiert worden ist. Wir können viel besser werden. Dann lohnt es sich auch, Wasserstoff flüssig zu transportieren.

**Wie viel besser geht es?**

Man hofft, den Energieverbrauch für die Wasserstoffverflüssigung in etwa halbieren zu können. Genau da setzt unsere Stoffdatenforschung ein.

### Wofür braucht man Stoffdaten?

Stoffeigenschaften wie Dichten, Wärmekapazitäten oder Siedetemperaturen sind Größen, die man braucht, wenn man eine technische Anlage auslegen will. Sie verraten einem, wie die Anlage genau beschaffen sein muss, um ihren Zweck möglichst effizient erfüllen zu können. Je genauer ich die entsprechenden Stoffeigenschaften kenne, desto geringer werden die Unsicherheiten beim Auslegen der Anlage.

### Wasserstoff wird schon lange als Energieträger gehandelt. Gibt es noch so viel Unbekanntes?

Tatsächlich sind die Stoffeigenschaften von Wasserstoff ungefähr zehnmal unsicherer als die von anderen Gasen, die wir großtechnisch verflüssigen, zum Beispiel Methan als Hauptkomponente von Erdgasen oder Stickstoff. Wir haben zwar viele Daten für Wasserstoff, aber sie stammen überwiegend aus den 1960er- und 1970er-Jahren und sind mit den damaligen Techniken gemessen worden. Heute gibt es modernere Verfahren, zum Beispiel die Magnetschwebewaagen-Technik, die wir hier in Bochum verwenden. Solche Verfahren sind niemals auf Wasserstoff bei tiefen Temperaturen angewendet worden. Es gibt auch weltweit keine Anlagen, die das könnten.

### Also gibt es die Anlage, die man für die Messungen braucht, gar nicht?

Nein, es gibt weltweit keine geeigneten Messanlagen, die bei den wasserstofftypischen tiefen Temperaturen messen können. Moderne Verfahren zur Dichte- und Schallgeschwindigkeitsmessung sind bislang nur bis rund 100 Kelvin angewendet worden. Bei Wasserstoff reden wir über fünfmal tiefere Temperaturen. Sie zu realisieren ist Ziel des ERC Grants, den wir hier am Lehrstuhl bearbeiten. Wir wollen die Messtechnik aufbauen, mit der wir die modernen Messverfahren für Dichte und Schallgeschwindigkeit auf Temperaturen übertragen können, wie sie für Wasserstoff üblich sind. 20 Kelvin sind dazu technisch mindestens notwendig; aus wissenschaftlichen Gründen würden wir gerne bis hinunter zu 14 Kelvin messen können. Ob das klappt, ist keinesfalls sicher. Es ist ein Hochrisiko-Projekt. Aber wir haben hier in Bochum die besten Voraussetzungen.

### Weil Sie bereits Erfahrungen aus LNG-Messungen haben?

Genau, unsere Anlage, mit der wir LNG vermessen haben, ist in dieser Genauigkeitsklasse die Anlage, die die tiefsten Temperaturen erreicht: 100 Kelvin. Die anderen Anlagen, die es weltweit gibt, messen typischerweise nur bis 230 oder 240 Kelvin. Wasserstoff mit 20 Kelvin ist aber noch mal eine ganz andere Liga. Hätten wir nicht die Erfahrungen aus den LNG-Messungen, hätte ich mich nicht getraut, dieses Projekt in Angriff zu nehmen. Der Schritt runter auf 100 Kelvin war ein großer. Die Erfahrungen werden uns helfen. ▶

Roland Span

„ ICH BIN ÜBERZEUGT DAVON, DASS WASSERSTOFF KOMMT. ABER VIELLEICHT ANDERS, ALS MANCHE LEUTE ES ERWARTEN. “



Roland Span leitet an der Ruhr-Universität Bochum den Lehrstuhl für Thermodynamik.

### i ABSOLUTER NULLPUNKT

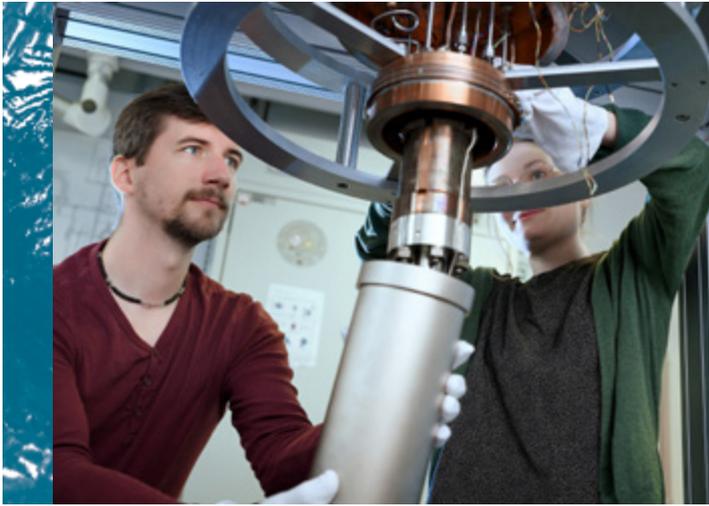
Der absolute Nullpunkt definiert die tiefste Temperatur, die theoretisch erreicht werden kann. Sie liegt bei 0 Kelvin, das entspricht minus 273,15 Grad Celsius.

### LNG

Als LNG bezeichnet man flüssiges Erdgas. Die Abkürzung steht für Liquefied Natural Gas. LNG hat eine viel höhere Dichte als gasförmiges Erdgas. In flüssiger Form lassen sich also größere Mengen auf kleinerem Raum, beispielsweise in Schiffstanks, transportieren.

### FORSCHUNGSFÖRDERUNG DURCH DEN ERC

Der Europäische Forschungsrat, auf Englisch European Research Council, kurz ERC, fördert exzellente Grundlagenforschung, die risikobehaftet ist, aber große Erkenntnisgewinne verspricht. 2022 hat Roland Span einen Grant aus diesem Förderprogramm für die Wasserstoff-Grundlagenforschung erhalten.



Nils von Preetzmann und Meret Rösler promovieren am Lehrstuhl für Thermodynamik. Hier montieren sie die innerste Stufe des Thermostaten.

#### Was würde es bedeuten, wenn das Unterfangen scheitert?

Dass wir bis auf Weiteres Schwierigkeiten haben werden, Anlagen so zu optimieren, dass der Wasserstofftransport deutlich energieeffizienter wird. Wir müssten dann nach dem Prinzip „Versuch und Irrtum“ vorgehen, die ganze Entwicklung könnte sich verzögern. Oder man würde letztendlich auf weniger energieeffizienten Lösungen sitzenbleiben.

#### Wie überzeugt sind Sie, dass sich Wasserstoff als Energieträger durchsetzen wird?

Ich bin überzeugt davon, dass Wasserstoff kommt. Aber vielleicht anders, als manche Leute es erwarten. Ich glaube zum Beispiel nicht, dass wir in großem Stil mit Wasserstoff statt mit Erdgas heizen werden. Alle, die sich heute noch Erdgasheizungen kaufen und glauben, dass sie später Wasserstoff verbrennen können, könnten ein böses Erwachen erleben. Im Vergleich mit Wasserstoff wird eine Wärmepumpe unschlagbar günstig sein. Wenn ich ein Haus mit einer modernen Wärmepumpe beheize, brauche ich dafür ganz grob sechsmal weniger grünen Strom, als wenn ich aus dem Strom Wasserstoff herstelle und den dann in einer Gasheizung verbrenne.

#### Wo könnte Wasserstoff stattdessen zum Einsatz kommen?

Es gibt ein paar Anwendungen, etwa für Brennstoffzellen oder als Treibstoff mit hoher Energiedichte, für die langfristig der Import von Wasserstoff die energetisch günstigste Lösung sein wird. Viel Wasserstoff brauchen wir außerdem für die chemische Industrie, zum Beispiel für die Herstellung von Düngern. Allerdings benötigt man für die Düngerproduktion im Grunde Ammoniak, also  $\text{NH}_3$ , nicht Wasserstoff, also  $\text{H}_2$ . Ammoniak kann man besser dort herstellen, wo der Wasserstoff produziert wird, und dann den Ammoniak transportieren – anstatt Wasserstoff zu verflüssigen, zu transportieren und am Zielort daraus Ammoniak herzustellen. Es ist also keine Frage von entweder oder. Verschiedene Techniken haben verschiedene Vorteile. Ich erwarte, dass wir sie nebeneinander sehen werden.

Text: jwe, Fotos: rs

„ WENN WIR DIE ERD-ERWÄRMUNG AUF 1,5 GRAD BEGRENZEN WOLLEN, MÜSSEN WIR ZUNÄCHST GRUNDSÄTZLICH EXISTIERENDE TECHNOLOGIEN OPTIMIEREN. “

Roland Span



Standpunkt

# „WIR MÜSSEN AUCH IN ZIEL- GERICHTETE GRUNDLAGEN- FORSCHUNG INVESTIEREN“

*Für die Demonstration neuer Techniken oder ihren großtechnischen Einsatz werden massiv Fördermittel bereitgestellt. Das ist wichtig, um die Energiewende voranzubringen. Aber die Basis darf darüber nicht vergessen werden.*

Für die Weiterentwicklung der Wasserstoffindustrie sind technische Demonstrationsprojekte unerlässlich. Aber das allein reicht nicht. Wir brauchen auch eine zielgerichtete Grundlagenforschung. Allerdings sind unsere Forschungsfördermechanismen dafür bislang nicht gut geeignet.

Am Lehrstuhl für Thermodynamik haben wir großes Glück, dass der Europäische Forschungsrat und die Deutsche Forschungsgemeinschaft unsere technisch relevante Grundlagenarbeit fördern. Diese Institutionen bewerten Forschungsanträge primär nach Exzellenz, nicht nach Relevanz für eine bestimmte technische Anwendung. Und das ist auch gut so – langfristig brauchen wir eine von Anwendungen zunächst unabhängige Grundlagenforschung. Daneben brauchen wir aber gerade in den Ingenieurwissenschaften auch eine Forschung, die mit Methoden der Grundlagenforschung konkrete technische Fragen aufgreift, etwa um Technologien zu optimieren.

Oft haben wir aber, wie Kolleginnen und Kollegen überall auf der Welt, im Wettbewerb um Fördermittel für zielgerichtete Grundlagenforschung Schwierigkeiten zu argumentieren, weil wir nicht die Voraussetzungen für anwendungsorientierte Förderprogramme erfüllen. Hier wird nach dem sogenannten Technology Readiness Level, kurz TRL, unterschieden, je nachdem wie nah an der Anwendung man forscht. Viele große Förderprogramme verlangen heute ein bestimmtes TRL. Daraus können Gutachtende schnell den Schluss ziehen,

dass ingenieurwissenschaftliche Grundlagenforschung in solchen Programmen nichts zu suchen hat.

Die TRL-Skala mag sinnvoll sein, wenn man eine neue Technik von den Anfängen bis zum fertigen Produkt entwickelt. Aber sie taugt nicht für existierende Techniken, die weiterentwickelt werden sollen – so wie es bei der Verflüssigung von Wasserstoff der Fall ist.

In früheren Projekten haben wir gezeigt, dass wir bei der Optimierung bestehender Technologien in kurzer Zeit den Sprung von der Grundlagenforschung ans oberste Ende der TRL-Skala schaffen können. Eine von uns im Labor entwickelte Gleichung wurde zum Beispiel ein Jahr später für einen Großteil des weltweit gehandelten LNG als Standard für die Abrechnung eingesetzt.

Natürlich ist es richtig, dass die großen Pilotprojekte gefördert werden. Wir brauchen die Erfahrungen daraus. Nationale und internationale Fördermittelgeber dürfen aber nicht vergessen, dass es ebenso wichtig ist, in die zielgerichtete Grundlagenforschung zu investieren. Die Zeit drängt: Wenn wir die Erderwärmung auf 1,5 Grad begrenzen wollen, müssen wir zunächst grundsätzlich existierende Technologien optimieren. Das kann nur gelingen, wenn wir auch in zielgerichtete Grundlagenforschung investieren – nicht nur in der Wasserstofftechnik, sondern auch in vielen anderen Bereichen.

*Prof. Dr. Roland Span, Lehrstuhl für Thermodynamik; Foto: rs*

# REDAKTIONSSCHLUSS



Fotos: RUB, Marquard

Festkörperphysik – das mag zunächst abstrakt klingen. Aber einige Phänomene, mit denen diese Disziplin arbeitet, lassen sich leicht erfahren, zum Beispiel der kalorische Effekt. Manche Materialien können durch eine bestimmte Behandlung Wärme oder Kälte erzeugen, etwa indem man sie in ein Magnetfeld einbringt oder indem man sie dehnt. Das lässt sich leicht mit einem Luftballon ausprobieren, der für das Experiment nicht aufgepustet sein sollte: 1) Den Ballon ruckartig auseinanderziehen. 2) Das gedehnte Gummi an die Lippen halten. Das Material hat sich erwärmt. 3) Den Ballon anschließend von den Lippen entfernen und – weiterhin gedehnt – ein paar Sekunden in die Luft halten, sodass das Gummi auf Umgebungstemperatur abkühlen kann. 4) Dann den Ballon zusammenschnappen lassen. 5) Jetzt schnell wieder an die Lippen halten. Der entspannte Ballon ist nun kälter als die Umgebungsluft. Wie man den kalorischen Effekt eines Tages für den Bau von Kühlschränken nutzen könnte, lesen Sie auf Seite 20.

## IMPRESSUM

**HERAUSGEBER:** Rektorat der Ruhr-Universität Bochum in Verbindung mit dem Dezernat Hochschulkommunikation der Ruhr-Universität Bochum (Hubert Hundt, v.i.S.d.P.)

**WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT:** Prof. Dr. Christian Albert (Geowissenschaft), Prof. Dr. Birgit Apitzsch (Sozialwissenschaft), Prof. Dr. Thomas Bauer (Fakultät für Wirtschaftswissenschaft), Prof. Dr. Gabriele Bellenberg (Philosophie und Erziehungswissenschaften), Prof. Dr. Maren Lorenz (Geschichtswissenschaften), Prof. Dr. Markus Kaltenborn (Jura), Prof. Dr. Achim von Keudell (Physik und Astronomie), Prof. Dr. Günther Meschke (Prorektor für Forschung und Transfer), Prof. Dr. Martin Muhler (Chemie), Prof. Dr. Franz Narberhaus (Biologie), Prof. Dr. Nils Pohl (Elektro- und Informationstechnik), Prof. Dr. Markus Reichert (Sportwissenschaft), Prof. Dr. Tatjana Scheffler (Philologie), Prof. Dr. Gregor Schöner (Informatik), Prof. Dr. Sabine Seehagen (Psychologie), Prof. Dr. Roland Span (Maschinenbau), Prof. Dr. Martin Tegenthoff (Medizin), Prof. Dr. Marc Wichern (Bau- und Umweltingenieurwissenschaft), Prof. Dr. Peter Wick (Evangelische Theologie)

**REDAKTIONSANSCHRIFT:** Dezernat Hochschulkommunikation, Redaktion Rubin, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Tel.: 0234/32-25228, rubin@rub.de, news.rub.de/rubin

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

**FOTOGRAFIE:** Damian Gorczany (dg), Schiefersburger Weg 105, 50739 Köln, Tel.: 0176 / 29706008, damiangorczany@yahoo.de, www.damiangorczany.de; Roberto Schirdewahn (rs), Offerkämpfe 5, 48163 Münster, Tel.: 0172/4206216, post@people-fotograf.de, www.wasaufdieaugen.de

**COVER:** Roberto Schirdewahn

**BILDNACHWEISE INHALTSVERZEICHNIS:** Teaserfoto für Seite 16: Andreas Pflitsch, Seite 20: Damian Gorczany, Seite 32: Jennifer Herzog-Niescery, Seite 40: Roberto Schirdewahn, Seite 50: Katja Marquard

**GRAFIK, ILLUSTRATION, LAYOUT UND SATZ:** Agentur für Markenkommunikation, Ruhr-Universität Bochum, www.einrichtungen.rub.de/de/agentur-fuer-markenkommunikation

**DRUCK:** LD Medienhaus GmbH & Co. KG, Van-Delden-Str. 6-8, 48683 Ahaus, info@ld-medienhaus.de, www.ld-medienhaus.de

**ANZEIGEN:** Dr. Julia Weiler, Dezernat Hochschulkommunikation, Redaktion Rubin, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Tel.: 0234/32-25228, rubin@rub.de

**AUFLAGE:** 3.900

**BEZUG:** Rubin erscheint zweimal jährlich und ist erhältlich im Dezernat Hochschulkommunikation 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

Die nächste Ausgabe von RUBIN erscheint am 3. Juni 2024.