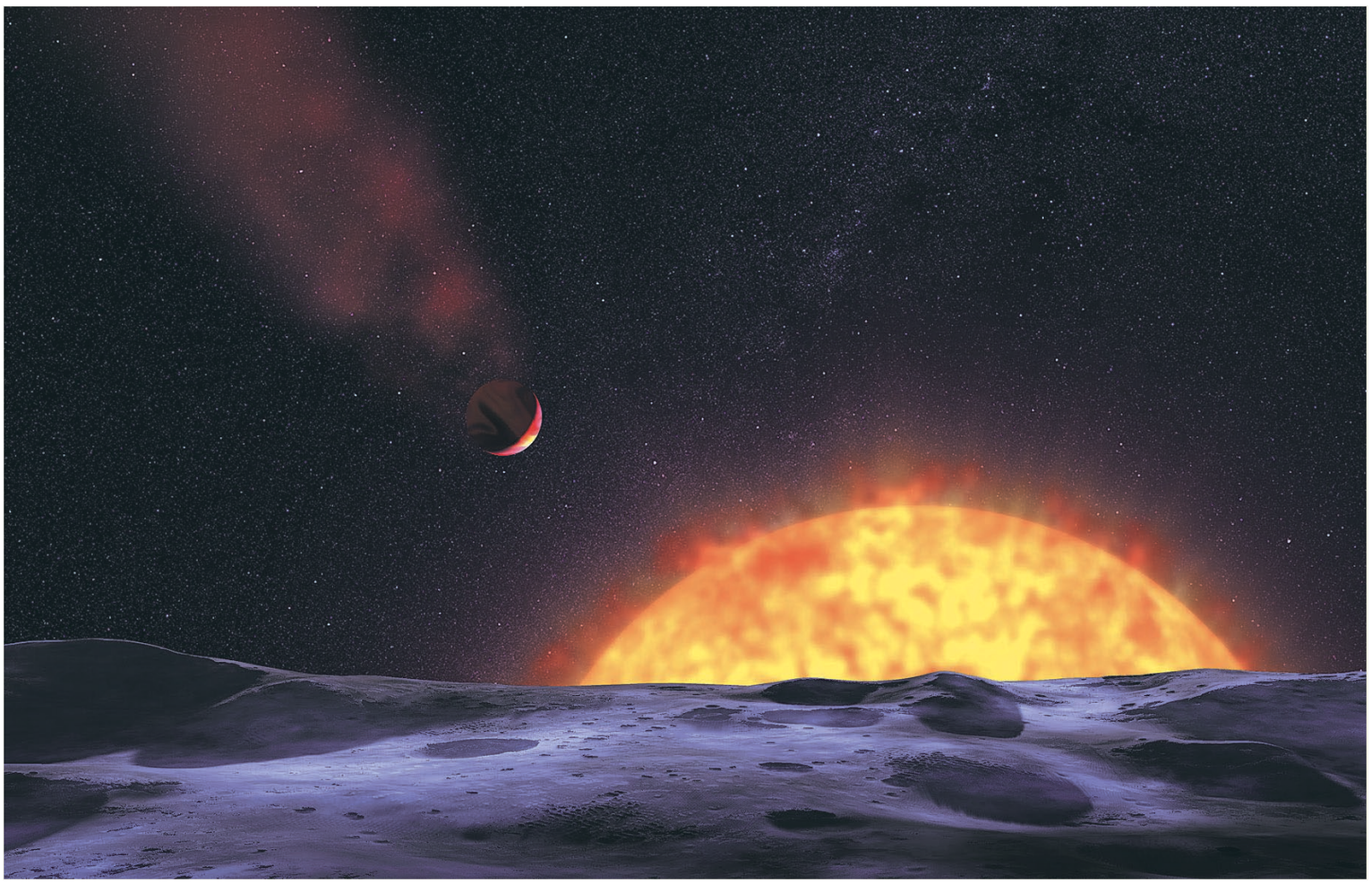
Die ganze Wahrheit über Kohlensäure

Bis vor Kurzem glaubte man, dass es gasförmige Kohlensäure gar nicht gibt. Innsbrucker Chemiker konnten das widerlegen. Mit ihrer Entdeckung haben sie auch einen wichtigen Grundstein für astronomische Forschungen gelegt.

Prickelndes Mineralwasser oder Sekt – das fällt Laien zuerst zu Kohlensäure ein. Ein weit verbreiteter Irrtum, der sich rund um die Kohlensäure rankt. Denn tatsächlich ist es Kohlendioxid, welches für das Prickeln verantwortlich ist.

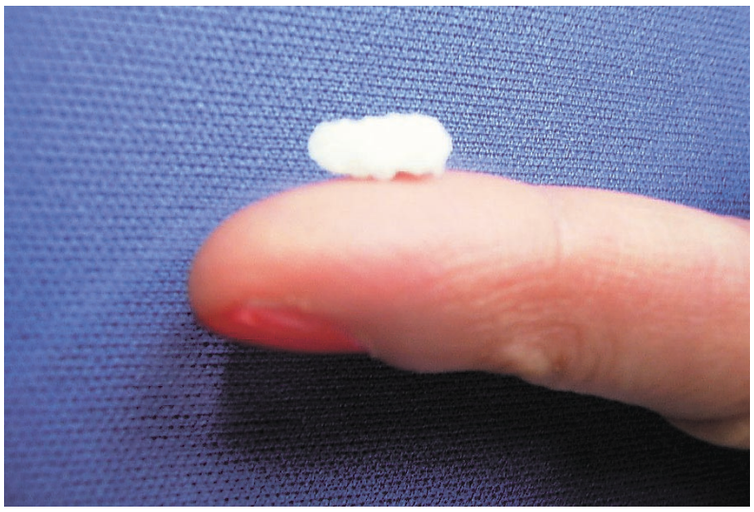
Zu mehr als 99,9 Prozent besteht Mineralwasser aus Kohlendioxid und Wasser. Aufgrund der sauren Reaktion, die eintritt, wenn Kohlendioxid mit Wasser reagiert, spricht man landläufig von Kohlensäure. „Aber das ist so nicht richtig. Denn Kohlensäure ist im Mineralwasser zwar vorhanden, aber nur in sehr geringen Mengen von circa 0,01 Prozent", weiß Thomas Lörting vom Institut für Physikalische Chemie der Uni Innsbruck. „Allerdings handelt es sich um in Wasser gelöste Kohlensäure und die verflüchtigt sich, sobald man eine Mineralwasserflasche öffnet." So viel zu Irrtum Nummer eins. Der zweite, der sich auch heute noch in manchen Chemie-Lehrbüchern findet, ist jener, dass Kohlensäure ein instabiles Molekül ist, welches man nicht in Reinform isolieren kann. Bereits Anfang der 90er-Jahre wurde dies von Innsbrucker Chemikern rund um Erwin Mayer, zeitgleich mit einer Arbeitsgruppe der NASA, widerlegt. Sie konnten nachweisen, dass sich reine Kohlensäure als Festkörper herstellen lässt. Nichtsdestotrotz wird



Auch im Schweif von Kometen, die sich der Sonne nähern, oder in der Marsatmosphäre wird gasförmige Kohlensäure vermutet. Foto: University of Colorado/ESO

Kohlensäure als Reinsubstanz im Internet-Lexikon „Wikipedia“ noch immer eine „wissenschaftliche Kuriosität“ genannt.

Bis heute kursiert der Glaube, dass Kohlensäure augenblicklich zu Kohlendioxid und Wasser zerfällt, wenn man kristalline Kohlensäure erwärmt. „Praktisch wurde es für unmöglich gehalten, gasförmige Kohlensäure zu bestimmen, da man davon ausging, dass sie sich sofort zersetzt“, bestätigt Jürgen Bernard, der in der Arbeitsgruppe von Lörting zu diesem Thema forscht. Weit gefehlt, denn auch dieses Dogma wurde von den Innsbrucker Wissenschaftlern umgestoßen. Vor einem Jahr machten sie nämlich eine bahnbrechende Entdeckung. Und zwar, dass Kohlensäure im Vakuum bei -50 bis -30 Grad vom Festkörper in die Gasphase übergeht – und dort bestehen bleibt.



Bereits Anfang der 90er-Jahre gelang es Innsbrucker Forschern, Kohlensäure in Reinform im festen Zustand herzustellen.

Gefangen in der Matrix

Dafür mussten die Wissenschaftler einen Trick anwenden, denn die Moleküle von fester Kohlensäure verteilen sich beim Übertritt in die Gasphase in den ganzen Raum. Dadurch sind sie nur sehr schwer zu fassen und zu analysieren. „Der Trick besteht nun darin, dass man die gasförmigen Kohlensäure-Moleküle in einer Matrix aus Edelgas auf -270 Grad abkühlt“, erklärt Bernard. „Weil es so kalt ist, können sich die Gasmoleküle nicht mehr bewegen und werden auf kleinem Raum von circa ein mal ein Zentimeter festgefroren.“ Dadurch entsteht ein gefrorenes Abbild der gasförmigen Kohlensäure, das man mittels eines Infrarotspektrometers exakt charakterisieren kann. Unterstützt wurden die Innsbrucker Wissenschaftler dabei von der Forschungsgruppe um Hinrich Grothe von der TU Wien, die eine solche Matrixisolationsapparatur besitzt. Ein Gerät, mit dem man Gasmoleküle bei tiefen Temperaturen in einer Matrix einfangen und untersuchen kann. „Die Matrix selbst kann man sich vorstellen wie einen Rosinenkuchen“, verdeutlicht Bernard. „Der Kuchenteig ist die Matrix, die Rosinen sind die Moleküle. Gibt man wenig Rosinen in den Teig, können sie sich gut verteilen. Man hat also ein großes Verhältnis zwischen Matrix und Kohlensäure, wodurch die Moleküle weit verteilt sind und man sie sehr gut bestimmen kann. Gibt man mehrere Rosinen hinein, kommen sie näher zusammen – genauso, wie es sich auch mit den Molekülen verhält.“

«Die Matrix, in der die Moleküle gefangen sind, kann man sich vorstellen wie einen Rosinenkuchen.»
Jürgen Bernard

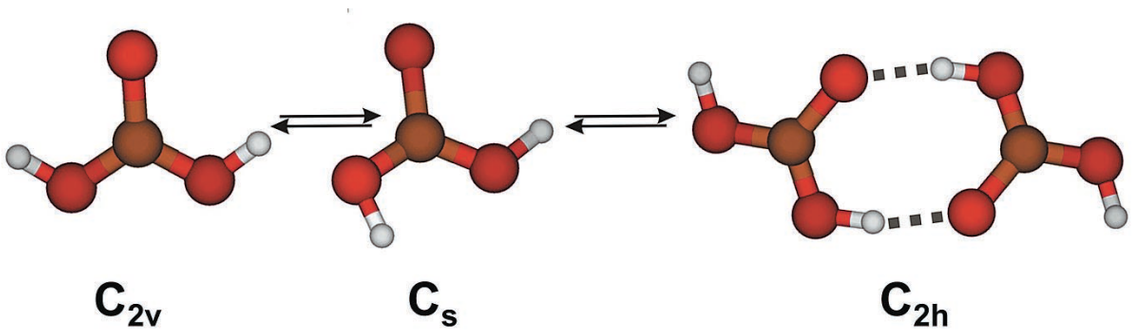
Der zweite Trick, den die Wissenschaftler angewandt haben: Sie ließen den „Kuchenteig“ bzw. die Matrix wieder verschwinden. Durch das Erwärmen auf -30 Grad blieben nur die „Rosinen“, die Moleküle, übrig. Diese ordnen sich dann zu einem neuen Gebilde, einem neuen Festkörper zusammen. Und zur Überraschung aller handelte es sich dabei wieder um Kohlensäure – womit man widerlegt hatte, dass Kohlensäure durch Erwärmen in Wasser und Kohlendioxid zerfällt.

Kohlensäure im Weltall

Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sind Lörting zufolge nicht nur für die Grundlagenforschung enorm wichtig. „Der Vergleich von unseren Laborspektren mit Satellitenspektren legt nahe, dass es im All ein natürliches Vorkommen an Kohlensäure gibt.“ Auf Grund der Bedingungen im Weltraum müsste es etwa in der Marsatmosphäre oder im Schweif von Kometen, die sich der Sonne nähern, gasförmige Kohlensäure geben. „Unsere neuesten Laborexperimente weisen außerdem darauf hin, dass Kohlensäure auch in der Erdatmosphäre, vor allem in Cirruswolken, vorkommt. Der Nachweis in der Erdatmosphäre ist bisher nicht gelungen. Wir hoffen aber, dass sich noch jemand findet, der das nachtesten wird.“

Gemeinsam mit Lörting wird sich Jürgen Bernard weiterhin mit dieser und anderen Fragen rund um die Kohlensäure auseinandersetzen. Schließlich gehören sie zu den wenigen Wissenschaftlern weltweit, die reine Kohlensäure im Labor herstellen können. „Beispielsweise wollen wir untersuchen, wie die Kohlensäure tatsächlich ausschaut“, so Bernard. „Drei verschiedene Varianten haben wir aus unseren Spektren bereits identifiziert.“ Theoretische Unterstützung bekommen die Chemiker bei ihren Arbeiten schon seit mehr als einem Jahrzehnt von der Innsbrucker Arbeitsgruppe um Klaus Liedl, die mittels Computermodellen bei der Interpretation der experimentellen Daten hilft. So können die Forscher vielleicht noch so manchen Irrtum aufdecken. Denn auch wenn sie noch nicht die ganze Wahrheit über Kohlensäure wissen, so steht doch fest, dass sie dieser ein beträchtliches Stück nähergekommen sind.

michaela.darmann@tt.com



Die Moleküle der Kohlensäure (H_2CO_3) treten in der Gasphase in drei unterschiedlichen Formen auf: entweder als gepaartes Kohlensäure-Molekül (r.) oder in zwei Arten von Einzelmolekülen (l.). Fotos: Uni Innsbruck

ZUR PERSON

JÜRGEN BERNARD

Jürgen Bernard, geboren 1981 in Bozen, studierte an der Uni Innsbruck Chemie und erhielt das Diplom ebendort im Jahr 2009. Seit August 2009 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktoratsstudent am Institut für Physikalische Chemie. 2011 wurde Jürgen Bernard der Anerkennungspreis der Jury für den „Best Student Paper Award 2011“ für den Artikel „Spektroskopische Beobachtung von matrixisolierter Kohlensäure, abgeschieden aus der Gasphase“ verliehen. Ebenfalls 2011 erhielt er den Otto-Seibert-Wissenschaftspreis.