

# Helium, das seltsamste chemische Element

Autor(en): **Loebenstein, Annie**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik**

Band (Jahr): **1 (1946)**

Heft 4

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-653720>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Kronblättern. In dem von mir beobachteten Falle fraßen die Bienen den Blütenstaub nicht; sie sammeln ihn bloß. Es muß also einzig der narkotische Duft des Mohns gewesen sein, der die Betäubung hervorgebracht hatte.

### Gefüllte Alpenrosenblüten

Der ersten Anlage nach von strahligem Bau, wird die Alpenrosenblüte im Laufe der Entwicklung bald hälftig symmetrisch, da der Grund der kurzen Kronröhre sich oben sackartig ausweitet und die Staubblätter sich einseitig nach oben kehren.

*Phytoptus alpestris* Thomas, eine Gallmilbe, bringt bekanntlich die Laubblätter der rostigen Alpenrose zum Zusammenrollen, wenn sie in dieselben hineinsticht. Nach *Loew* soll die gleiche Galle erzeugende Milbe Füllung der Blüte hervorrufen. Nicht nur

Staubgefäße und Fruchtblätter verwandeln sich dabei in rote Blütenblätter, auch noch zahlreiche neue Blumenblätter kommen dazu. So entsteht ein Gebilde, das einem haselnußgroßen wirklichen Röslein aufs Haar gleicht. Ein solcher Fund ist immer eine überraschende Erscheinung, da sie sich ziemlich selten zeigt.

Mir glückte es, einem solchen kleinen Wunder am Passo di Parsetti, der vom San Bernardino nach dem Calancatal hinüberführt, zu begegnen. Nach *C. Schröter* sind weitere solche Funde aus dem Tessin, von der Grimsel, aus dem Entlebuch und vom Dreispitz im Kiental bekannt geworden.

Die Füllung der Alpenrosenblüte ist nicht weniger überraschend als ihr gelegentlicher Albinismus. Weiße Rhododendronblüten sind an verschiedenen Stellen der Schweizer Alpen nachgewiesen worden.

## Helium, das seltsamste chemische Element

DR. ANNIE LOEBENSTEIN

Jedes der uns bekannten über neunzig natürlichen chemischen Elemente besitzt ihm eigene Merkmale, keine zwei sind einander völlig gleich. In ihrem Verhalten bleiben sie jedoch innerhalb gewisser Grenzen, so daß sie in Familien zusammengefaßt werden können, innerhalb derer sie nur quantitative, jedoch keine qualitativen Unterschiede aufweisen. Nur ein Element fällt vollkommen aus der Reihe der übrigen und sticht selbst von seinen nächsten Verwandten stark ab: das *Helium*! Zwar gehört es auch in eine Familie von chemischen Stoffen, in diejenige der Edelgase, die mit keinem andern Element eine Verbindung eingehen. Deshalb sind Edelgase unbrennbar – denn Verbrennung bedeutet Verbindung mit Sauerstoff –, und da das Helium beinahe das leichteste Gas ist, eignet es sich in besonderem Maße als Füllstoff für Luftballone.

Schon die Entdeckungsgeschichte des Heliums ist mit allerlei Merkwürdigkeiten verknüpft: es wurde nämlich nicht wie alle anderen Elemente auf der Erde, sondern zum erstenmal auf der Sonne gefunden. Als im Jahre 1868 für gewisse Teile der Erde eine totale Sonnenfinsternis herrschte, untersuchten verschiedene Forscher das Spektrum des von der Sonnenatmosphäre ausgesandten Lichtes und bemerkten darin eine gelbe Linie, die sie keinem Spektrum der bisher untersuchten Stoffe zuordnen konnten. Sie schlossen auf die Existenz eines neuen Elementes und nannten es Helium. Erst im Jahre 1895 entdeckte man es auch auf der Erde, und zwar ließ es sich als Gas aus der Pechblende, einem Uranerz, vertreiben.

Wie kam das Helium in dieses und in andere ähnliche erzhaltige Gesteine? Die Antwort auf diese Frage konnte erst mit dem Fortschreiten der Forschungsarbeiten über die Radioaktivität gegeben werden: Die schwersten chemischen Elemente sind nicht beständig, sondern wandeln sich in andere Elemente um. Bei dieser Umwandlung verlieren sie Teile ihrer elektrischen Ladung und ihrer Masse. Die Massenteilchen, die sie ausstrahlen, sind immer die sogenannten Alpha-Teilchen, nämlich die Atomkerne des Heliums. Daher muß jedes radioaktive Erz – und die Pechblende ist ein solches – Helium enthalten.

Normalerweise kann jedes Element in allen drei Zuständen oder Phasen, nämlich fest, flüssig und gasförmig dargestellt werden, wenn dazu nur die geeignete Temperatur gewählt wird. Es ist zum Beispiel Quecksilber unterhalb  $-39$  Grad fest, bei normaler Temperatur flüssig und über  $357$  Grad gasförmig. Die Physiker versuchten deshalb Helium ebenfalls in den flüssigen und in den festen Zustand überzuführen. Nach erheblichen Schwierigkeiten gelang dem Holländer *Kamerlingh Onnes* im Jahre 1908 die Herstellung von flüssigem Helium bei einer Temperatur von ungefähr  $-269$  Grad mit einem Verfahren ähnlich dem zur Verflüssigung der Luft. Aber auch bei weiterer Abkühlung bis in die Nähe des absoluten Nullpunktes ( $-273$  Grad) gelang es nicht, festes Helium herzustellen. Erst als *Keelson* im Jahre 1926 die Versuche unter stark erhöhtem Druck wiederholte, fand er in seiner Apparatur festes Helium. Helium besitzt als einziger Stoff keinen so-

nannten Tripelpunkt, das heißt, es können nie festes, flüssiges und gasförmiges Helium gleichzeitig nebeneinander existieren, wie dies beispielsweise beim Wasser bei ungefähr null Grad und einem Hundertstelmillimeter Druck der Fall ist.

Um 1930 herum maß man sodann, besonders im Kältelaboratorium der Universität Leiden, alle die physikalischen Eigenschaften des flüssigen Heliums, die man normalerweise von einer Substanz zu kennen wünscht, vor allem die Abhängigkeit seiner spezifischen Wärme von der Temperatur (die spezifische Wärme ist die Wärmemenge, die man einem Gramm der betreffenden Substanz zuführen muß, um sie um ein Grad zu erwärmen). Dabei fanden die Leidener Forscher aber nicht wie bei gewöhnlichen Flüssigkeiten eine glatte Kurve, sondern diejenige der Abb. 1, die die Form eines griechischen  $\lambda$  (Lambda)

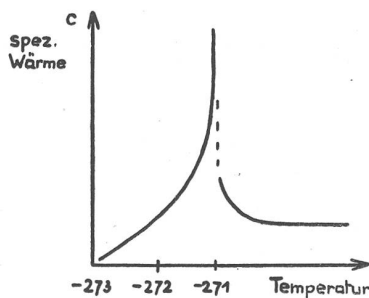


Abb. 1

hat; ihre Spitze liegt bei einer Temperatur von etwa  $-271$  Grad Celsius (vorausgesetzt, daß der Druck 38 Millimeter Hg beträgt), und wegen der Form der Kurve nannte man diesen Punkt den  $\lambda$ -Punkt. Unregelmäßigkeiten in der Änderung der spezifischen Wärme bedeuten nun immer Phasenumwandlungen; auch das Gefrieren des Wassers oder die Umwandlung des Schwefels von der rhombischen in die monokline Kristallform ist von Sprüngen der spezifischen Wärme begleitet. Dabei handelt es sich jedoch immer um Transformationen wie gasförmig – flüssig, flüssig – fest oder um den Übergang von einer Kristallform in eine andere. Beim Helium fand man dagegen zum erstenmal zwei verschiedene flüssige Phasen, von denen man diejenige oberhalb des  $\lambda$ -Punktes als He I, die andere als He II bezeichnete.

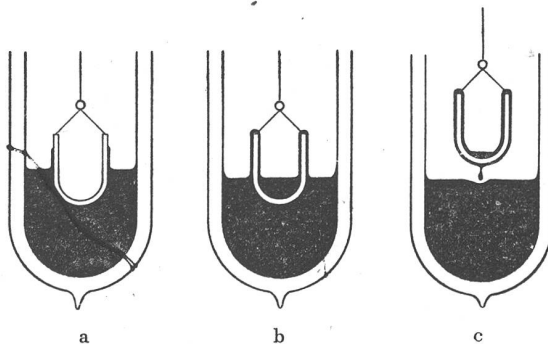
Aber auch sonst zeigte das  $\lambda$ -Phänomen gar nicht die Kennzeichen, die bei einer normalen Phasenumwandlung auftreten. Diese Kennzeichen sind immer mit einer Umwandlungswärme verbunden; wenn z. B. Wasser gefriert, wird eine bestimmte Wärmemenge frei; eine recht große Wärmemenge muß aufgewandt werden, um Wasser am Siedepunkt in Dampf der gleichen Temperatur überzuführen. Die  $\lambda$ -Umwandlung braucht aber keine solche Transformationswärme. Fernersind bei gewöhnlichen Umwandlungen die beiden Phasen deutlich von-

einander durch eine Grenzfläche getrennt: beim kochenden Wasser sehen wir die Wasseroberfläche, von der der Dampf aufsteigt; bei der Umwandlung von weißem Zinn in graues können wir die beiden Kristallarten nebeneinander erkennen. Zwischen He I und He II hat man aber nie eine solche Phasengrenzfläche feststellen können.

Das besondere Interesse der Forscher wandte sich natürlich dem He II zu, und dieses lohnte die daran gesetzte Arbeit reichlich, indem es der Wissenschaft eine Fülle bis dahin ganz unbekannter Erscheinungen bot. Zunächst einmal nimmt seine Dichte mit fallender Temperatur nicht etwa zu, sondern ab (Wasser unter vier Grad zeigt zwar die gleiche Erscheinung; sie beruht dort aber auf ganz andern Ursachen); die Zähigkeit (Viskosität) nimmt ab mit fallender Temperatur, während alle andern Flüssigkeiten zähflüssiger werden, wenn die Temperatur sinkt (man denke z. B. an Öl!), und zeigt auch sonst ein Verhalten, das sich in keine der alten Theorien einordnen läßt; die Wärmeleitfähigkeit ist die größte, die wir überhaupt kennen, zweihundertmal größer als die des sonst besten Wärmeleiters, des Kupfers.

Schließlich entdeckte man zwei Effekte, die überhaupt keine Parallele in der Natur haben: den *Rollin*-film und den *Fontänen*effekt. Man taucht in ein Gefäß mit He II ein oben offenes Becherglas, und zwar so, daß der Rand des Glases über den Flüssigkeitsspiegel hinausragt (Abb. 2 a). Nach ganz kurzer Zeit findet man dann auch He II im Glas, und zwar bis zu der Höhe des äußeren Niveaus (b). Zieht man das Glas wieder heraus, so entleert es sich wieder, und man kann beobachten, wie die Flüssigkeit vom Boden des Glases hinuntertropft (c). Es ist also nicht möglich, He II in einem offenen Gefäß auf-

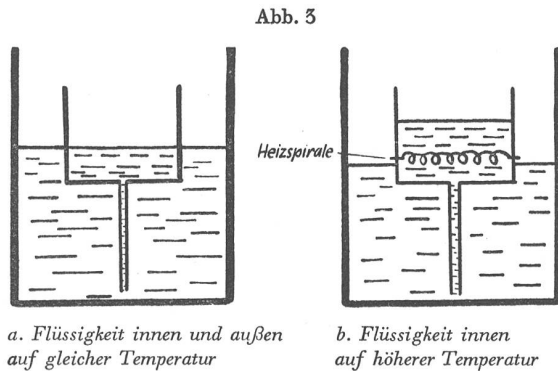
Abb. 2



zubewahren, selbst wenn man durch genügend tiefe Temperaturen dafür sorgt, daß es nicht verdampfen kann, sondern es wird sich immer auf dem tiefstmöglichen Punkt sammeln, auch wenn es dazu mit Hilfe eines Films (nach seinem Entdecker Rollin-film genannt), d. h. einer ganz dünnen Schicht, die die Gefäßwände überzieht, über die Gefäßwände hinwegklettern muß. Ist die Temperatur überall

gleich, so kriecht es in diesem Film an den tiefsten Punkt. Bei verschiedenen Temperaturen kriecht es an den wärmsten Ort: wenn man in dem inneren Gefäß der Abb. 2 b einen elektrisch geheizten Draht anbringt, so steigt das He II im inneren Glas über das äußere Niveau.

Auf den ersten Blick ähnlich, aber doch grundsätzlich verschieden ist der Fontäneneffekt: Dazu taucht man ein Gefäß, wie es die Abb. 3 zeigt, das also nach unten in eine Kapillare ausläuft, in He II ein. Wenn man die Heizspirale erwärmt, so steigt



die Flüssigkeit im innern Gefäß über das äußere Niveau (im Unterschied zum Rollinfilmen klettert hier das He II nicht über den oberen Rand, sondern geht durch die Kapillare). Macht man die Kapillare eng genug und läßt die obere Erweiterung weg, so spritzt das Helium wie in einer Fontäne aus der Kapillare heraus. Ist dagegen die Kapillare sehr weit, so passiert das Umgekehrte: bei Erwärmung sinkt das innere Flüssigkeitsniveau unter das äußere, und merkwürdigerweise gibt es keine Kapillarenweite, bei der sich diese beiden entgegengesetzten Effekte gerade ausgleichen.

Wie lassen sich nun diese zum großen Teil geradezu paradoxen Erscheinungen erklären? Zuerst versuchte man von folgender Überlegung auszugehen: Unter normalen Drucken wird das Helium nicht fest; also übernimmt vielleicht das He II die Rolle der festen Phase, d. h. seine Moleküle haben eine gewisse regelmäßige Anordnung wie in einem Kristall, nur daß diese Anordnung nicht starr ist wie in einem wirklichen Festkörper, sondern sich ständig fließend verändert. Man kennt nun tatsächlich andere Fälle von  $\lambda$ -Umwandlungen, nämlich bei Legierungen aus zwei Metallen, die bei gewissen Temperaturen aus dem amorphen, d. h. ungeordneten, in den kristallinen Zustand übergehen, ebenfalls ohne Umwandlungswärme. Nun ist das flüssige Helium zwar keine Legierung, aber man kann sich eine Kristallgitterordnung vorstellen, bei der nur die Hälfte der verfügbaren Plätze von Atomen besetzt, die andere Hälfte frei ist; z. B. ist der Diamant ein solcher Kristall. Also wäre das He II eine Legierung

zwischen Helium und «Löchern»! Diese Vorstellung gestattet zwar die Erklärung einiger Eigenschaften des He II (z. B. daß die Dichte mit fallender Temperatur abnimmt), aber nicht der seltsamsten Effekte, wie des Rollinfilms und des Fontäneneffekts. Man muß also noch nach anderen Erklärungsmöglichkeiten suchen und sich dazu an den modernsten Teil der Physik, an die Wellenmechanik wenden, und wir wollen versuchen kurz das Grundsätzliche anzudeuten: Man kann berechnen (und Einstein tat dies als erster, weswegen man diese Erscheinung die Einstein-Kondensation nennt), daß von einer gewissen Temperatur an nach und nach alle Helium-Atome die gesamte Energie verlieren, die sie durch die Wärmebewegung<sup>1</sup> erhalten haben, und in den sogenannten Grundzustand übergehen, der dem absoluten Nullpunkt der Temperaturskala (bei  $-273$  Grad Celsius) entspricht. Andere Substanzen können das auch tun, aber bei ihnen geschieht das in der festen Phase. Beim Helium behalten die Atome aber auch im Grundzustand noch so viel Energie (Nullpunkts-Energie), daß sie nicht fest werden, sondern im Gegenteil eine besonders flüssige, «superflüssige» Phase bilden, die ohne Schwierigkeiten durch die engsten Kapillaren hindurch kann und im Rollinfilmen über die Gefäßwände klettert. Die Temperatur, bei der diese Kondensation beginnt, ist der  $\lambda$ -Punkt, und die paradoxen Effekte erklären sich dadurch, daß das Helium II ein Gemisch aus der superflüssigen und der normalflüssigen Phase ist, wobei mit fallender Temperatur der Anteil der superflüssigen Phase zunimmt.

Auch diese Theorie ist nicht imstande, alle Sonderbarkeiten restlos zu erklären, und es ist möglich, daß man eine Synthese aus den beiden Erklärungsversuchen, der Helium-Loch-Legierung und der Einstein-Kondensation, bilden muß, um zum Ziel zu kommen. Es gibt aber in der Physik, und vor allem in der Physik der tiefen Temperaturen, noch andere Vorgänge, die vielleicht eine Anregung geben können: Wenn man manche Metalle bis in die Nähe des absoluten Nullpunkts abkühlt, so verlieren sie jeden elektrischen Widerstand, d. h. wenn man in einem so abgekühlten Metallring einen elektrischen Strom erzeugt, so fließt dieser weiter, wenn man auch die Spannungsquelle abschaltet. Elektrischer Strom bedeutet Bewegung der Elektronen, die in jedem Metall frei vorhanden sind, und wenn diese bei ihrem Fluß keinen Widerstand mehr treffen, so kann man diese Super- oder Supra-Leitfähigkeit, wie man sie gewöhnlich nennt, wohl mit der Superflüssigkeit des He II vergleichen. Wie aber diese Analogie physikalisch auszuwerten ist, darüber bestehen vorläufig nur Vermutungen, und einstweilen ist der Ruf des Heliums als rätselhafteste Substanz noch unerschüttert.

<sup>1</sup> Die Naturerscheinung, die wir Wärme nennen, beruht auf einer Bewegung der Moleküle, deren Geschwindigkeit mit steigender Temperatur zunimmt.