

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 28 (1970)
Heft: 120

Artikel: Die Entdeckung von Polyatomaren Teilchen im Weltraum
Autor: Jakober, Peter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-899884>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

einem Sonnenfleck (um 12.05), dessen Umbra weniger dunkel erschien (vgl. auch 1)) wurde von allen Beobachtern und vom Berichterstatter als aussergewöhnliches, seltenes Ereignis verzeichnet. Nach Beobachtungen von K. P. SCHNEIDER erfolgte für Bregenz⁴⁾ der erste Kontakt der «Berührung» Merkur-Penumbra um 12^h01^m11^s, der Austritt von Merkur aus der Penumbra um 12^h10^m11^s. – Auf verschiedenen schweizerischen Sternwarten fand während des Merkurdurchganges eine öffentliche Vorführung statt. Auf der *Urania-Sternwarte in Zürich* konnten 219 Besucher das Phänomen auf dem Projektionsschirm des 30 cm-Refraktors und teilweise bei direkter Beobachtung verfolgen. Auf der *Sternwarte der Kantonsschule Wetzikon* konnten einige hundert Schüler den Merkurdurchgang beobachten. Auch in den Vereinigten Staaten von Amerika und

in Australien⁵⁾ wurden von zahlreichen Beobachtern Kontaktzeichen des Merkurdurchganges (besonders des 3. Kontaktes) bestimmt, die nun sorgfältig ausgewertet werden. Auch das «Tropfenphänomen» wurde verschiedentlich festgestellt.

Literatur:

- 1) HELMUT MÜLLER: Der Merkurdurchgang vom 9. Mai 1970. ORION 28. Jg. (1970) No. 119, S. 105–107.
- 2) R. A. NAEF: Der Sternenhimmel 1970. Verlag Sauerländer, Aarau 1969, S. 85–89.
- 3) IAU-Circular No. 2221 vom 5. März 1970.
- 4) Astronomische Mitteilungen, Salzburg, vom 1. Juli 1970, No. 122.
- 5) JOSEPH ASHBROOK: Findings from Mercury's Transit. Sky and Telescope 40, No. 1 (July 1970), S. 20–24.

Adresse des Verfassers: ROBERT A. NAEF, Haus «Orion», Auf der Platte, 8706 Meilen.

Die Entdeckung von polyatomaren Teilchen im Weltraum

VON PETER JAKOBER, Burgdorf

Mit der Entdeckung der Emissionslinie des interstellaren neutralen Wasserstoffs bei der Wellenlänge $\lambda = 21.11$ cm begann 1951 die Kartographie der Spiralarme unseres Milchstrassensystems mit Hilfe der Radioastronomie. In den folgenden Jahren wurden weitere Linien des Wasserstoffs beobachtet. So konnte 1965 durch B. HOEGLUND und P. MEZGER am radioastronomischen Observatorium Green Bank (USA) mit dem 46 m-Radioteleskop im Grossen Orionnebel und im Omeganebel (M 17) eine Emissionslinie bei 5.009 GHz (Δ 5.99 cm Wellenlänge) gefunden werden, die dem Übergang eines Elektrons von der Bahn $n = 110$ auf die Bahn $n = 109$ entspricht. Eine weitere Linie des Wasserstoffs wurde 1966 durch P. PALMER und B. ZUCKERMANN¹⁾ mit dem 18 m-Teleskop des Harvard-Observatoriums (USA) ebenfalls im M 17 bei einer Frequenz von 1.424736 GHz entdeckt, was einem Übergang eines Elektrons von der Bahn $n = 167$ auf $n = 166$ entspricht. Diese Linie ist besonders auch deshalb so interessant, weil ihre Wellenlänge ($\lambda = 21.042$ cm) so nahe bei derjenigen der bekannten 21 cm-Linie liegt, so dass beide ohne weiteres mit dem gleichen Spektrometer beobachtet werden können. Das zweite Element, dessen Gegenwart im interstellaren Raum radioastronomisch nachgewiesen werden konnte, war das Helium. A. E. LILLEY, P. PALMER, P. HENFIELD und B. ZUCKERMANN²⁾ beobachteten 1966 drei Linien, die Übergängen zwischen hochangeregten Zuständen des Heliums entsprechen: es waren dies Emissionen bei 1.71637, 1.65221 und 1.62133 GHz, gemäss den Übergängen von $n = 160$ auf $n = 159$, resp. $159 \rightarrow 158$ und $157 \rightarrow 156$. Der Vergleich der Linienbreiten von Wasserstoff und Helium in ein und demselben Gebiet sollte es möglich machen, eine Trennung der thermischen und turbulenten Geschwindigkeit des interstellaren Gases durchzuführen. Messungen der Äqui-

valentbreiten der Linien werden eine Abschätzung des Häufigkeitsverhältnisses von H:He erlauben.

Die Gegenwart von mehratomigen Verbindungen im interstellaren Raum wurde erstmals 1963 mit dem Radioteleskop des Lincoln Laboratory des Massachusetts Institute of Technology³⁾ mit der Beobachtung der vier Linien des OH-Radikals bei 1.720, 1.667, 1.665 und 1.612 GHz (Δ ca. 18 cm Wellenlänge) nachgewiesen. Bei diesen Linien handelt es sich um Übergänge zwischen verschiedenen Hyperfeinstrukturniveaus des *A*-Dubletts des Grundzustandes. Die relativen Intensitäten der vier Linien verhielten sich, wie von der Theorie vorausgesagt, wie 1:9:5:1. Die beiden stärkeren Linien wurden zuerst in Absorption in Cassiopeia A, später auch in Sagittarius A, der Radioquelle im Zentrum unserer Milchstrasse gefunden. Die beobachteten Doppler-Verschiebungen waren bei Cassiopeia A dieselben, wie die auf Grund von Beobachtungen der 21 cm-Linie des Wasserstoffs ermittelten, bei der aus Sagittarius A stammenden Strahlung hingegen wurden gänzlich andere Bewegungsverhältnisse gefunden, als sie aus den neutralen Wasserstoffwolken her bekannt waren; auch stimmten die oben angeführten Intensitätsverhältnisse bei Sagittarius A nicht mehr, sondern waren wie 1:2.7:2.2:1. Diese Anomalie kann als Sättigung der Linien des Multipletts, bedingt durch eine sehr hohe Konzentration der Teilchen, welche die Linie verursachen, erklärt werden. Es ist dies ein Effekt, der vom Studium der Sternatmosphären schon länger bekannt war. In W 49 wurden dann 1965 durch Astronomen des Lincoln Laboratory die OH-Linien ausserordentlich stark in Emission beobachtet. Von der oben angeführten Gruppe ZUCKERMANN konnten 1967 mit Hilfe des 43 m-Radioteleskops des National Radio Astronomy Observatory (West Virginia) im Gasnebel IC 1795 im Sternbild der Cas-

siopcia (sog. W3-Nebel) weitere Emissionslinien des OH-Radikals bei der Wellenlänge 6.3 cm gefunden werden. Es handelt sich dabei um Linien, welche von Übergängen des angeregten OH-Radikals stammen. Theoretisch sollte die Strahlung von OH-Gas, welches im thermischen Gleichgewicht mit der Umgebung steht, drei Linien bei 4.765, 4.750 und 4.660 GHz aufweisen, die ein Intensitätsverhältnis von 1:2:1 zeigen. Die Tatsache, dass die beobachteten Intensitäten anders waren – die 4.750 GHz-Linie war nicht zu finden, wogegen die bei 4.765 GHz vorhanden war – deutet darauf hin, dass diese Emissionen nichtthermischen Ursprungs sind. Rechnungen, die von M. M. LITVAK, D. F. DICKINSON und B. ZUCKERMANN durchgeführt wurden, zeigen, dass ferne IR-Strahlung auf das OH-Radikal durch einen MASER-Mechanismus die 4.765-GHz-Linie verursachen kann.

Das erste auch auf der Erde bestens bekannte Molekül, das im interstellaren Gas entdeckt wurde, ist das Molekül NH_3 des Ammoniaks. Nach genauen Studien des Mikrowellenspektrums von NH_3 im irdischen Laboratorium begann C. H. TOWNES (Mitgewinner des NOBEL-Preises für Physik 1964) die Suche nach Ammoniak im Weltraum mit Hilfe eines neuen computer-gesteuerten 6m-Radioteleskops von Hat Creek (Californien). Der Erfolg stellte sich bald ein. In den Physical Review Letters vom 16. Dezember 1968 wurde über die Entdeckung von Ammoniak berichtet: Bei der Wellenlänge 1.2652 cm konnte in verschiedenen starken Radioquellen und OH-Gebieten die Gegenwart von Ammoniak nachgewiesen werden. Die Temperatur des Ammoniakgases wurde zu 25°K bestimmt, bei einer Dichte von 1 Molekül pro dm^3 (in demselben Volumen befinden sich ca. 10^6 H-Atome!).

Dasselbe Arbeitsteam unter der Leitung von C. H. TOWNES und A. C. CHEUNG konnte, ermutigt durch das Finden von Ammoniak, bereits zwei Monate später – im Februar 1969 – die Entdeckung von interstellarem Wasser H_2O mitteilen⁴⁾: Wasser macht sich durch starke Mikrowellenemission in verschiedenen Nebeln bemerkbar, so z. B. im Orionnebel, in der Sagittarius-Wolke B 2 und in der Adlerwolke W 49. Die unverschobene Linie hat eine Wellenlänge von 1.35 cm; im Orionnebel waren zwei Maxima zu beobachten bei Wellenlängen, die einerseits einer Annäherung auf uns zu mit 30 km/s, andererseits einer Bewegung von uns weg mit 15 km/s entsprechen. Diese Verschiebungen waren zugleich auch der Beweis, dass es sich bei den beobachteten Linien nicht um irdische gehandelt hat. Es besteht die Hoffnung, sehr bald auch die entsprechende interstellare Linie des Moleküls HDO (Wasser, in dem ein Wasserstoffatom durch ein Deuteriumatom ersetzt ist) zu entdecken; dadurch wäre die Möglichkeit gegeben, das Verhältnis von H:D zu bestimmen. Die Zahl der beobachteten Quellen von Strahlung der Wellenlänge 1.35 cm stieg durch Heranziehen des 46m-Teleskops vom Naval Research Laboratory rasch auf acht an. Die beobachteten Winkeldurchmesser waren mit einer Ausnahme

geringer als 1 Bogenminute. In vielen Fällen konnten rasch sich ändernde Intensitäten festgestellt werden, in einzelnen Nebeln war die Strahlung leicht polarisiert. Sehr wahrscheinlich begegnet man der Strahlung von Wassermolekülen in solchen Nebeln, die sich in der Nähe von in Bildung begriffenen Sternen befinden. Für diese Annahme sprechen die grossen Unterschiede der Geschwindigkeiten (bei W 49 z. B. ca. 200 km/s), wie auch die geringen Durchmesser von weniger als 10^{13} km.

Als erstes organisches Molekül wurde, fast gleichzeitig mit dem interstellaren Wasser, Formaldehyd CHOH durch eine Arbeitsgruppe des National Radio Observatory, Green Bank, mit Hilfe des 43m-Teleskops am 4. März 1969 entdeckt. Formaldehyd wurde zuerst in den beiden OH-Wolken W 3 und W 51 in Absorption bei der Wellenlänge 6.21 cm beobachtet. In der Folge wurde diese Formaldehydabsorption in weiteren 15 von 23 untersuchten Wolken registriert. In Richtung der starken Radioquelle Sagittarius A konnten neun verschiedene Komponenten der CHOH -Linie unterschieden werden, deren aus der Dopplerverschiebungen ermittelten Geschwindigkeiten denen aus der Beobachtung von OH entsprachen. Diese Tatsache deutet darauf hin, dass sich OH und CHOH in denselben Nebeln befinden. Die Hauptwolke vor Sagittarius A dürfte (pro cm^2 in der Visionsrichtung) eine Zahl von $6 \cdot 10^{14}$ Formaldehydmolekülen aufweisen.

Das letzte Glied in der Reihe der Teilchen, die im interstellaren Raum nachgewiesen werden konnte, wurde der Kette von Entdeckungen am 4. April dieses Jahres beigelegt: JEFFERTS et al.⁵⁾ fanden in mindestens fünf galaktischen Radioquellen bei 0.26 cm Wellenlänge eine Emissionslinie, die dem Molekül Kohlenmonoxid CO zugeschrieben werden kann. Die Entdecker benutzten das Radioteleskop des National Radio Astronomy Observatory auf dem Kitt Peak. Die Dopplerverschiebungen der CO -Linie stimmt gut mit den bekannten Radialgeschwindigkeiten der beobachteten Quellen überein.

Ohne Zweifel werden in naher Zukunft noch weitere Moleküle im interstellaren Gas nachgewiesen. So hofft man, das Radikal SH zu finden, das nach den Rechnungen Linien bei 100.16, 111.22, 111.54 und 122.60 MHz aufweisen sollte. Die Intensität dieser Linien dürfte allerdings ca. 70mal geringer sein als diejenige des interstellaren OH-Gases. Gespannt dürfte man auch sein, ob weitere organische Moleküle, vor allem das Methan CH_4 , im interstellaren Gas vorhanden sind. Bereits jetzt kann man sagen, dass die Zusammensetzung des interstellaren Gases wesentlich komplizierter ist, als man vor einigen Jahren noch annahm. Alle die dort bis jetzt festgestellten Komponenten – mit Ausnahme von Helium – sind Ausgangssubstanzen, welche zur Entwicklung von Leben gebraucht werden. Es wäre möglich, dass im kondensierenden Gas, aus dem sich Planeten bilden können, erste Lebensformen entstehen, die mit denjenigen auf der Erde grosse Ähnlichkeit aufweisen.

Literatur:

- 1) P. PALMER, B. ZUCKERMANN: Nature 209, 1118 (1966).
- 2) A. E. LILLEY, P. PALMER, P. HENFIELD, B. ZUCKERMANN: Nature 211, 174 (1966).
- 3) H. DIETER, H. WEAVER, D. R. W. WILLIAMS: Sky and Telescope, 31, 132 (1966).
- 4) A. C. CHEUNG et al.: Nature.
- 5) JEFFERTS: IAU-Circ. No. 2231 (9. April 1970).

Adresse des Verfassers: Dr. sc. nat. ETH PETER JAKOBER, Hofgutweg 26, 3400 Burgdorf.

Nachtrag

Seit Niederschrift dieses Artikels wurden weitere Moleküle auf radioastronomischem Wege als Komponenten des interstellaren Gases nachgewiesen.

Am 1. Juni 1970 entdeckte DAVID BUHL und LEWIS E. SNYDER in verschiedenen Radioquellen eine Emis-

sionslinie bei 0.34 cm Wellenlänge, die dem Molekül Zyanwasserstoff HCN entspricht. Die Radialgeschwindigkeiten waren etwa gleich gross wie diejenigen aus den CO- und CHOH-Linien bestimmten.

Am 22. Juli 1970 entdeckte man mit dem 43 m-Teleskop in Green Bank in der galaktischen Radioquelle Sagittarius B 2 eine Emission der Wellenlänge 3.3 cm, die dem etwas komplizierteren, organischen Molekül Zyanazetylen HC₃N entspricht. Die Radialgeschwindigkeit dieses Gases beträgt etwa +62 km/s und ist somit gleich gross wie diejenige des Formaldehyds. Zyanazetylen konnte in 12 anderen galaktischen Radioquellen, in denen die Moleküle OH, CHOH und HCN beobachtet wurden, nicht nachgewiesen werden.

Das Astrolabium

VON E. WIEDEMANN, Riehen

Das in diesem Heft durch Farbdruck wiedergegebene Astrolabium des Mathematikers JOHANNES MÜLLER, genannt REGIOMONTANUS (1436–1476), verdient unser Interesse nicht nur als Vorläufer unserer heutigen drehbaren Sternkarten, deren beste Ausführung von M. SCHÜRER und H. SUTER¹⁾ uns allen bekannt ist, sondern auch als kleines Kunstwerk, das im Laufe früherer Jahrhunderte immer wieder abgewandelt wurde. Heute kann man Astrolabien in Sammlungen bewundern, deren grösste und schönste wohl im ehemaligen Royal Observatory in Greenwich zu finden ist.

Das Astrolabium hat über eine lange Entwicklung hinweg²⁾, an der besonders die Araber beteiligt waren, etwa im 11. Jahrhundert seine endgültige Gestalt gefunden. Aber auch noch später wurden Astrolabien gefertigt; sie waren in Gebrauch, bis das kopernikanische Sonnensystem Amerkenning fand.

Ein Astrolabium besteht aus einer flachen Scheibe aus feinem Holz, Kupfer oder Messing mit aufgelegtem Randwulst, der eine 360°-Teilung und dazu eine (der Sternzeit entsprechende) 24-Stunden-Teilung aufweist. In dem so gebildeten flachen Hohlraum, der *Mater* genannt wird, werden *Scheiben* mit Koordinaten-Netzen eingelegt; durch eine Nase oder einen Stift werden diese Scheiben in der richtigen Lage (zur Grad- bzw. Stundenteilung) fixiert. Darüber kommt eine zweite, durchbrochene, fast stets künstlerisch wertvoll ausgeführte Scheibe, das sogenannte *Spinnennetz*, zu liegen, das drehbar ist und einen Index zur Einstellung auf die Werte der Randteilung des Wulstes der Mater aufweist. Darüber liegt schliesslich die ebenfalls drehbare *Alhidade*, ein die Randteilung des Wulstes überstreichender Doppelparm mit gelegentlicher Stunden- und Gradteilung. Auf die Alhidade sind an beiden Enden Plättchen aufgesetzt, die je zwei Abshlöcher aufweisen. Die Einlegescheiben, das Netz und die Alhidade werden im Zentrum mittels eines durchgehenden Stiftes mit der Mater zusammengehalten. Oben an der Mater findet sich oft eine künstlerisch ausgeführte Aufhängevorrichtung, die *Armilla*.

Die Grad- und Stundenteilung der Mater wurde bereits erwähnt; mitunter weist sie ausserdem ein der Feldmessung dienendes *Schattenquadrat* auf, das dann durch Ausschnitte sichtbar gemacht wird. Die Einlegescheiben zeigen verschiedene Anordnungen sphärischer Koordinatennetze des Äquators und der Wendekreise, wie sie in Verbindung mit den äusseren Teilen und dem Spinnennetz gebraucht werden. Da eine Anordnung verschiedener Koordinatennetze auf einer Scheibe zu unübersichtlich würde, gehören zu jedem Astrolabium *mehrere* Scheiben, die je nach Bedarf einzusetzen waren. Das Spinnennetz, also die drehbare, durchbrochene Einlegescheibe, die stets künstlerisch ausgeführt ist, weist zunächst einen der angenommenen Polhöhe entsprechend exzentrisch versetzten und mit den Tierkreiszeichen sowie einer Gradteilung versehenen Kreisring auf, der zwischen Schütze und Steinbock eine Nase zum Einstellen auf die äusseren Teilungen besitzt. Im übrigen zeigt das Spinnennetz – je nach dem zugrunde gelegten Sternverzeichnis – mit künstlerisch ausgeführten Spitzen die Sternörter von bis zu 46 Sternen, deren Namen auf den Spitzenarmen zu lesen sind.

Zum Gebrauch der Astrolabien sind viele Anleitungen geschrieben worden, von denen hier nur die sehr bekannte von J. STÖFFLER³⁾ (1513) angeführt sei. Der daran interessierte Leser kann sie in grösseren Bibliotheken einsehen. In dieser Anleitung wird zunächst das Astrolabium beschrieben und dann auf die wichtigsten Anwendungen: die Zeitbestimmung, die Stundenumwandlung, die Bestimmung von Breiten und Längen, von Auf- und Untergängen (an Hand der Horizont- und Dämmerungslinien) sowie von Gestirnspositionen eingegangen. Bemerkenswert erscheint, dass vor dem Gebrauch des Astrolabiums zur Ermittlung von Planetenörtern gewarnt wird. Offenbar war hinreichend bekannt, dass sich die Planeten nicht auf einfachen scheinbaren Kreisbahnen bewegen. Dagegen wird nichts gegen die Benützung der Astrolabien zur Horoskopstellung eingewendet. Schliesslich wer-