

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 96 (1978)
Heft: 16

Artikel: Raumsonden zu Kometen
Autor: Hintsches, Eugen
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-73684>

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: 09.07.2025

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

jener bis jetzt nicht schlüssig erklärten Fähigkeit mancher Vögel, Insekten und niederer Organismen, das Erdmagnetfeld zu orten.» Lag also mit der Messkammer des Zytrophometers vielleicht das Modell eines möglichen Magnet-Sinnesorgans, eines «biologischen Magnetkompasses» vor?

Tatsächlich fanden Ruhenstroth-Bauer und zwei weitere Mitarbeiter des Instituts, *Stephan Bamberger* und *Günter Valet*, diese Vermutung bestätigt: Sie konnten mit Hilfe der Messkammer nicht nur die Richtung, sondern auch die Stärke des irdischen Magnetfeldes im Labor auf rund zehn Prozent genau bestimmen. Für diese Messungen wurde die Kammer mit einer Salzlösung als leitendem Medium gefüllt. Der Lösung wurden rote Blutkörperchen zugesetzt, deren Oberflächenladung man zuvor neutralisiert hatte: Sie dienten als Indikator-Partikel, um die Geschwindigkeit der Flüssigkeitsströmung in der Kammer zu beobachten. Dann wurde die Kammer geeicht. Dazu legte man ein Magnetfeld von bekannter Stärke an und ermittelte die Auslenkungsgeschwindigkeit der Blutkörperchen in der Nähe der Elektroden. An demselben Messpunkt mass man sodann die Geschwindigkeit der Blutkörperchen bei verschiedenen Orientierungen der Kammer im Raum – diesmal ohne künstliches Feld, also nur unter Einfluss des Erdmagnetfeldes: Aus den so erhaltenen Werten liess sich anhand des Eichwerts die Richtung des Erdfeldes bestimmen und auch dessen Stärke errechnen. Vergleiche mit Magnetometer-Messungen bestätigten eine Genauigkeit von etwa zehn Prozent.

Damit war zum einen gezeigt, dass die Messkammer als Kompass dienen konnte, dass sich also eine magnetisch induzierte Flüssigkeitsströmung prinzipiell zur Messung des Erd-

magnetfelds eignete. Zum anderen waren die Bedingungen, unter denen dieser Kompass funktionierte, auch «biologisch plausibel». Denn sowohl die Stärke des elektrischen Feldes in der Kammer als auch die Konzentration der Salzlösung lagen noch innerhalb der Werte, wie sie auch in Organismen möglich sind. «Wir haben damit», resümiert Ruhenstroth-Bauer, «das erste Modell eines Magnet-Sinnesorgans, eines biologischen Magnet-Kompasses, das experimentell begründet und auch biologisch möglich ist – im Gegensatz zu allen bisherigen, rein theoretischen Modellen, die auf der einen oder anderen kaum realisierbaren Bedingung aufbauen.»

Wie könnte das biologische Original dieses Modellorgans beschaffen sein? Im einfachsten Fall wäre dafür nur eine Reihe von parallel nebeneinander liegenden Nervenzellen nötig, also keineswegs ein grosses und kompliziertes, sondern eher ein *mikroskopisches Organ*: Depolarisationsvorgänge in den Membranen einzelner dieser Zellen könnten die nötige Spannung liefern, um Ionenströme zu erzeugen, die ihrerseits wieder Flüssigkeitsbewegungen auslösen – die dann schliesslich auf entsprechende Druck-Rezeptoren wirken. Für eine solche einfache Erklärung spricht, dass es auch niedere Organismen gibt, die auf Magnetfelder reagieren. Dazu Ruhenstroth-Bauer: «Es scheint sich beim Biomagnetismus um eine Fähigkeit zu handeln, die vereinzelt schon auf frühen Entwicklungsstufen des Lebens auftrat.» Vielleicht hat man darüber bald Gewissheit, denn das Modell der Martinsrieder Wissenschaftler erlaubt nun erstmals eine gezielte Suche – nachdem die «biologische Magnetnadel» bisher eher jener sprichwörtlichen Stecknadel im Heuhaufen glich.

Walter Frese, München

Raumsonden zu Kometen

Eine Reihe ungewöhnlicher Begegnungen im All planen die *Amerikanische Luft- und Raumfahrtbehörde* (NASA) und die *Europäische Raumfahrtorganisation* (ESA) möglicherweise gemeinsam: Sie wollen erstmals Raumsonden zu Kometen schicken.

Nach den neuesten Vorschlägen der NASA soll die Kometensonde im August 1985 von der Weltraumfähre «space shuttle» aus starten und im November 1985 einen schnellen Vorbeiflug («fast-fly-by») im Abstand von wenigen 1000 Kilometern am *Kometen Halley* unternehmen. Dieses Konzept bietet zum Beispiel die Möglichkeit, dass die Raumsonde kurz vor dem Ziel eine zweite Kapsel ausstösst: Das Mutterfahrzeug könnte dann unmittelbar vor dem Kometenkopf, die «Tochter» hingegen durch den Schweif von «Halley» hindurchfliegen.

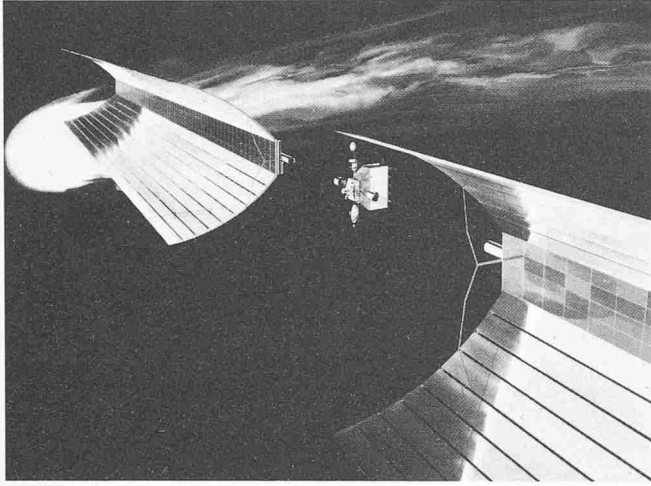
Während der Tochter-Satellit vermutlich durch die mit knapp 200000 km/h Geschwindigkeit auf die Sonde prasselnden Staubteilchen des Kometen stark beschädigt wird, fliegt die «Mutter» weiter zum Kometen *Tempel-2*: Ein Ionenantrieb soll ihre Geschwindigkeit allmählich so steigern, dass sie im Juli 1988 genau so schnell wie dieser Haarstern fliegt und damit in der Lage ist, ihn bei dieser «Rendezvous-Mission» möglichst während eines gesamten Umlaufs um die Sonne zu begleiten.

Dieses Projekt ähnelt den derzeitigen europäischen Vorstellungen von einer Kometen-Mission am meisten: Unabhängig von den Amerikanern plant die ESA einen schnellen Flug durch den Schweif des Kometen Halley. Dabei soll das Raumfahrzeug mit Hilfe der in Frankreich (mit Beteiligung der Bundesrepublik) entstehenden «Ariane»-Rakete gestartet

werden. Wenn die europäische Kometen-Sonde die Erkundung der staubigen Umgebung des «Halley» unbeschädigt übersteht, könnte sie nach «Swing-by»-Manövern durch die Anziehungskraft der Erde im Januar 1988 am Kometen Borelly und später auch am Kometen Tempel-2 vorbeifliegen.

«Bei der NASA besteht grosses Interesse, diese Projekte zusammen mit den Europäern zu verwirklichen», bestätigt *Hugo Fechtig* vom *Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg*. Fechtig ist Mitglied der amerikanischen Studiengruppe, die solche Kometen-Missionen untersucht. Ausserdem bereitet der Heidelberger Kosmochemiker einen work-shop vor, bei dem die europäischen Wissenschaftler ihre Vorstellungen von einer Kometensonde diskutieren und in Form von Empfehlungen der europäischen Raumfahrtorganisation ESA vorlegen wollen. Fechtig strebt eine Zusammenarbeit zwischen den USA und Europa im Rahmen des «Mutter-Tochter-Projekts» für die Kometen-Mission an: «Dies hätte den Vorteil, dass auf beiden Raumsonden eine gemischte Nutzlast, das heisst, jeweils die besten Experimente aus Amerika und Europa eingesetzt werden könnten», sagt Fechtig. «Weil aber noch völlig offen ist, ob die Amerikaner diesen Flug 1985 überhaupt durchführen, wären die Europäer gut beraten, wenn sie eine unabhängige Kometen-Mission planen.»

Eine Raumsonde zu einem Kometen bietet, wie der amerikanische Wissenschaftler *Fred L. Whipple* vom *Smithsonian Astrophysical Observatory in Cambridge/Massachusetts* auch im Namen anderer Forscher formulierte, die einzige Möglichkeit, «die vitale Frage zu klären, zu welchem Prozentsatz wir alle aus Kometen-Materie bestehen.» Von Whipple stammt das derzeit von den meisten Wissenschaftlern aner-



Rendezvous mit einem Kometen: Nach einem schnellen Vorbeiflug am Kometen Halley im November 1985 soll eine Raumsonde – von einem Ionenantrieb beschleunigt – dann den Kometen Tempel-2 ab Juli 1988 möglichst bei einem vollständigen Umlauf um die Sonne begleiten. Die Darstellung zeigt, wie sich ein Zeichner des massgeblich an diesem Projekt beteiligten amerikanischen Jet Propulsion Laboratory der NASA dieses aussergewöhnliche Rendezvous vorstellt

kannte Modell, nach dem Kometen «schmutzige Eisberge» von nur wenigen Kilometern Durchmesser sind: Sie bestehen vermutlich aus einer *lockeren Ansammlung gefrorener Gase* wie *Wasser, Methan, Kohlendioxid* und *Ammoniak*. Darin sind *Staubteilchen*, aber auch *Metalle* wie Eisen und Natrium eingelagert.

«Es gibt mehr Kometen im Himmel als Fische im Meer», behauptete schon der im 16. Jahrhundert lebende Astronom *Johannes Kepler*. Tatsächlich vermuten die meisten Astrophysiker schätzungsweise 100 Milliarden Kometen in einer Wolke am äussersten Rand unseres Sonnensystems. Hier, in mehr als sieben Milliarden Kilometern (50 000 Astronomische Einheiten) Entfernung von der Sonne, herrscht Weltraumkälte. Bei Temperaturen von weniger als 100 Grad Kelvin (minus 200 Grad Celsius), sind die Bestandteile der Kometen «wie in einer Tiefkühltruhe konserviert», erklärt Fechtig.

Wahrscheinlich sind die Kometen dieser – von dem holländischen Astronomen *J.H. Oort* erstmals berechneten – Wolke vor ungefähr 4,5 Milliarden Jahren gleichzeitig mit der Erde und den anderen Planeten entstanden. «Weil sie ihr ganzes Leben als schmutzige Eisberge in fernen Gebieten unseres Sonnensystems zugebracht haben, in denen die Sonneneinstrahlung keine merkliche Wirkung gehabt hat, bestehen sie wahrscheinlich aus wirklicher Ur-Materie», meint *Rhea Lust* vom Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik in München.

Zwar wirkt in der Oort'schen Kometen-Wolke die Anziehung der Sonne noch immer als stärkste Kraft. Doch genügt häufig die Schwerkraft von vorbeiziehenden Sternen oder die Begegnung mit dichten interstellaren Staub- und Gaswolken, um Brocken der Kometen-Wolke aus ihrer Bahn zu lenken. Mancher Komet verirrt sich in den interstellaren Raum, andere werden ins Innere unseres Planetensystems in Richtung Sonne gezogen. Weitere Störungen verursachen die äusseren Riesenplaneten *Jupiter* und *Saturn*. Dabei wächst die Fluggeschwindigkeit um so rascher, je mehr sich der Komet dem Zentralgestirn nähert. Die immer stärker werdende Strahlung der Sonne erwärmt dann allmählich seine Oberfläche, flüchtige Bestandteile verdampfen schliesslich und bilden um den Kometen-Kern eine ausgedehnte Wolke aus Staub- und Gasteilchen, die «*Koma*»: Aus dem «schmutzigen Eisberg» wird ein leuchtender «*Haarstern*». «Solche Send-

boten vom Anfang unseres Sonnensystems laden den sonst unerreichbaren Stoff, aus dem unsere Welt wahrscheinlich einmal entstanden ist, nahezu vor unserer Haustüre ab», betont Fechtig. Manche Wissenschaftler glauben sogar, dass darin schon die Keime enthalten sind, aus denen sich später das Leben auf der Erde entwickelt hat. Jedes Jahr beobachten die Astronomen durchschnittlich insgesamt etwa zehn solche «Irrwische unseres Sonnensystems» – allerdings nur ungefähr drei davon zum ersten Mal. Viele Kometen kehren nämlich regelmässig zurück. Auffälligster dieser periodischen Schweifsterne ist der Halley-Komet. Er wurde, wie aus alten Aufzeichnungen hervorgeht, von chinesischen Astronomen schon im Jahre 239 v. Chr. gesehen und inzwischen insgesamt 28mal registriert. Als erster erkannte der Brite *Edmond Halley* auf Grund der von seinem Freund *Isaac Newton* aufgestellten Gravitations-Gesetze, dass dieser im Jahr 1682 von beiden beobachtete Komet alle 75,5 Jahre einmal die Sonne umrundet und deshalb mit den 1531 und 1607 sichtbaren Kometen identisch war. Halley wagte deshalb erstmals, die Rückkehr dieses Haarsterns vorauszusagen. Im Alter von 86 Jahren starb Halley im Jahr 1742, und so erlebte er es nicht mehr, dass der von ihm vorausgesagte und seither nach ihm benannte Komet in den Weihnachtstagen des Jahres 1758 pünktlich wieder auftauchte.

Wegen seiner gewaltigen Staub- und Gasproduktion gilt der Halley-Komet für die Wissenschaftler als besonders interessanter Kandidat für eine Kometen-Mission. Bei seinem letzten Erscheinen im Jahr 1910 war dieser Schweifstern nicht nur mehr als vier Monate lang mit blossen Auge zu sehen. Er sorgte auch für unbegründete Aufregung, weil sich die Erde durch seinen Schweif bewegte. Zur Zeit befindet sich «Halley» wieder auf dem Weg in Richtung Sonne und hat bereits die Umlaufbahn des äussersten Planeten Uranus passiert. Ursprünglich plante die NASA eine Raumsonde so zu starten, dass sie in einer Rendezvous-Mission den Halley-Kometen ein Stück begleiten sollte, entweder 60 Tage bevor oder nachdem er am 10. Februar 1986 den sonnennächsten Punkt seiner Bahn (Perihel) erreicht haben wird. Ein schwaches Schubsystem, das entweder in einem riesigen «Sonnensegel» den Strahlungsdruck des Lichts auf eine metallische Fläche nutzt oder ein elektrischer Ionenantrieb, der mit dem schwachen Rückstosseffekt verdampfender Quecksilber-Ionen arbeitet, sollte das Raumfahrzeug während einer drei bis vier Jahre dauernden Reise allmählich auf die Geschwindigkeit von mehr als 200 000 km/h des Kometen beschleunigen, um so einen Begleitflug zu ermöglichen: Dazu hätte allerdings das Raumfahrzeug bereits im Jahr 1982 gestartet werden müssen – zu einer Zeit, in der auch die NASA die für eine solche komplizierte Mission notwendige Summe von einigen 100 Millionen Dollar nicht aufbringen kann.

Unterdessen arbeiten amerikanische Wissenschaftler bereits an einem weiteren Vorschlag für eine Rendezvous-Mission mit einem Kometen. Dafür haben sie sich den Haarstern mit der kürzesten Umlaufzeit ausgesucht: Der Komet *Encke* braucht nur genau 1210 Tage (3,3 Jahre) und wurde bisher 50mal im sonnennächsten Teil seiner Bahn beobachtet. Diesen Schweifstern, der nur noch wenig Staub verliert und deshalb das Raumfahrzeug weniger gefährden dürfte, wollen die Amerikaner so ansteuern, dass bei zwei Umläufen um die Sonne der Abstand der Raumsonde beliebig verändert und somit auch die Möglichkeit für eine Landung auf dem Kometen-Kern erkundet werden kann. Sogar einen Termin für diese spektakuläre Mission mit dem Kometen Encke haben die auf Publizität bedachten US-Wissenschaftler schon anvisiert: Das Jahr 1992. Dann sind es genau 500 Jahre her, seitdem *Kolumbus* mit Amerika eine «neue Welt» entdeckt hat.

Eugen Hintsches, München