

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 98 (1980)  
**Heft:** 27-28

**Artikel:** Die Entstehung des Jupiterrings  
**Autor:** Hintsches, Eugen  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-74155>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 02.04.2025

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

Entgegen allen Erwartungen ist das *Klima* für die *Genauigkeit* weitgehend *unerheblich*: Ein rauhes Klima führt zwangsläufig zu einem relativ hohen Jahresölverbrauch, was wiederum mit der Scheibe eine recht grosse Heizleistung ergibt.

Von etwas grösserem Einfluss ist die *Raumlufttemperatur*, die *innere Abwärme* und die *Sonneneinstrahlung*. Die letzte müsste sowieso nach Art der Raumlufttemperaturregulierung unterschiedlich berücksichtigt werden. Witterungsabhängige Regelungen der Vorlauftemperaturen, welche die Sonneneinstrahlung durch ein Zusatzgerät berücksichtigen, Anlagen mit Steuerung über einen Innenthermostaten und teilweise auch mit Thermostatenventile ausgerüstete Radiatorsysteme nützen

#### Literaturhinweise

- [1] «Planung und Projektierung, Handbuch für die wärmetechnische Gebäudesanierung», herausgegeben vom Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern, 1980
- [2] Weiersmüller, R.: «Vergeudung in überdimensionierten Heizanlagen». «NZZ», 2. Okt. 1979
- [3] Weiersmüller, R.: «Heizung richtig dimensioniert = minus 1,5 AKW Typ Gösgen». *Aktuelles Bauen*, 6, 1979
- [4] Allemann, R.: «Neue Werte für die Grad- und Heiztage in der Schweiz». *Schweiz. Blätter für Heizung und Lüftung*, 2, 1971
- [5] Weiersmüller, R.: «Dimensionierungsprobleme bei Heizanlagen in der Stadt Zürich». *Schweiz. Bauzeitung*, 26, 1978
- [6] René Weiersmüller gibt Auskunft. *Energiesparaktion des «Tages-Anzeigers»*, Zürich, Sept. 1979

die Einstrahlung normalerweise besser aus. In besonders günstigen Fällen kann dann das Resultat etwas genauer werden, wenn die vom alten Kessel verbrauchte Jahresmenge für die Berechnung etwas höher angesetzt wird. Die Anwendung solcher Feinissen sollte aber im Normalfall überflüssig sein.

Die Scheibe kann zum Aktionspreis von Fr. 2.- in Briefmarken beim SSIV, Auf der Mauer 11, 8001 Zürich, bezogen werden (adressierten und frankierten C5-Briefumschlag beilegen).

Adresse des Verfassers: R. Weiersmüller, dipl. Chemiker, Industriest. 11, 8952 Schlieren.

## Die Entstehung des Jupiterrings

Zwei Überraschungen brachten die Vorbeiflüge der amerikanischen «Voyager»-Raumsonden am *grössten Planeten unseres Sonnensystems*, dem Jupiter: Zum ersten Mal wurden *ausserhalb der Erde aktive Vulkane* beobachtet – auf dem *Jupiter-Mond Io*. Und: Um den Riesenplaneten selbst existiert ein *dünnere, brillant leuchtender Ring*, der von der Erde aus auch mit den stärksten Fernrohren nicht gesehen werden kann. Die dritte Überraschung lieferten jetzt zwei Wissenschaftler der *Abteilung Kosmochemie des Max-Planck-Instituts für Kernphysik in Heidelberg*: *Eberhard Grün* und *Gregor Morfill* wiesen in Zusammenarbeit mit *Torrence V. Johnson* vom *Jet Propulsion Laboratory, Pasadena/Kalifornien*, anhand umfangreicher Rechnungen nach, dass zwischen dem Vulkanismus auf Io und dem Ring um Jupiter eine enge Beziehung besteht. Winzige Ascheteilchen aus den Io-Vulkanen, so die Theorie der beiden Heidelberger Spezialisten für *interplanetaren Staub*, verursachen – auf Umwegen – den Ring. Diese Zusammenhänge bestätigt nach Ansicht der beiden Forscher auch der kürzlich entdeckte *14. Jupiter-Mond*. Bei der Tagung der *International Astronomical Union (IAU)* in Kona (Hawaii) haben Dr. Grün und Dr. Morfill am 13. Mai erstmals öffentlich über dieses ungewöhnliche Ergebnis berichtet.

### Entdeckung

Linda A. Morabito, eine Ingenieurin am amerikanischen Jet Propulsion Laboratory, fand zuerst einen aktiven Vulkan ausserhalb der Erde – auf einem Photo, das *Voyager 1* aus grosser Entfernung vom Jupiter-Mond Io machte. Über seinem Horizont wölbte sich wie ein riesiger Regenschirm eine zunächst «Rauchwolke 1» genannte Erscheinung. Insgesamt acht Vulkane entdeckte *Voyager 1*. Als die Schwestersonde *Voyager 2* vier Monate später Io erreichte, waren sechs der sieben bei dieser Mission beob-

achtbaren Vulkane noch immer aktiv, der grösste Vulkan («Rauchwolke 1») allerdings inzwischen erloschen. Io ist etwa so gross wie der Erd-Mond.

Die genaue Auswertung der Voyager-Photoserien zeigte: Die Rauchwolken der Vulkane auf Io sind durchschnittlich etwa 100 Kilometer hoch, die höchste beobachtete Ausdehnung war 300 Kilometer («Rauchwolke 1»). Stark schwefelhaltiges Material wird mit ungeheurer Wucht und etwa 1 Kilometer je Sekunde Geschwindigkeit, also wesentlich ungestümer als zum Beispiel beim Ätna, aus den Vulkanen herausgeschleudert. Dann sinkt der Auswurf schliesslich, von der Schwerkraft Ios angezogen, wieder auf die Oberfläche des Mondes zurück – der überwiegende Teil der Vulkanasche jedenfalls.

### Bombardement energiereicher Teilchen

Winzige Teilchen mit Radien kleiner als ein Zehntel Mikrometer (1 Mikrometer = 1 Zehntausendstel Zentimeter) in der Vulkanasche haben jedoch, so berechneten Grün und Morfill, durchaus eine Chance, den Anziehungsbereich Ios zu verlassen. Sobald die Staubpartikel nämlich über die dünne, bis in ungefähr 100 Kilometer Höhe reichende Atmosphäre Ios hinausgeschleudert werden, laden sie sich innerhalb von Sekunden elektrisch auf. Das geschieht entweder durch das Ultraviolett-Licht der Sonne (Photoeffekt) oder – dieser Prozess dürfte vorherrschen – durch das Bombardement energiereicher Plasmateilchen, die in den starken Strahlungsgürteln des Magnetfeldes um Jupiter eingeschlossen sind. Wie die Erde, weist nämlich auch der Jupiter eine weit in den Weltraum hinausreichende Magnethülle auf,



Der wohl aktivste Himmelskörper unseres Sonnensystems ist der Jupiter-Mond Io – hier von der amerikanischen Raumsonde *Voyager 2* aus ungefähr 12 Millionen Kilometer Entfernung vor der turbulenten Gashülle der südlichen Hemisphäre Jupiters fotografiert. Bei heftigen Vulkanausbrüchen auf Io, er ist etwa so gross wie der Erd-Mond, werden winzige Ascheteilchen ausgeworfen, die auf Umwegen den Ring um Jupiter verursachen

eine *Magnetosphäre* also. Die des Riesenplaneten ist allerdings etwa hundertmal grösser. Zudem dreht sie sich mit derselben rasenden Geschwindigkeit wie der Jupiter selbst, das heisst innerhalb von 9 Stunden und 55 Minuten einmal um ihre Achse, viel schneller als der in etwa 420 000 Kilometer Abstand gemächlich seine Bahn ziehende Mond Io.

## Riesiger Staubsauger

Dies bekommen besonders die zwischen einem Zehntel und einem Hundertstel Mikrometer kleinen Teilchen in der hochgeschleuderten Io-Vulkanasche zu spüren. Wegen ihrer elektrischen Oberflächen-Ladung von etwa 10 bis 100 Volt werden sie vom starken Magnetfeld Jupiters unwiderstehlich mitgerissen. Ihre Masse ist nämlich im Verhältnis zur elektrischen Ladung zu klein, als dass sie die Schwerkraft des Io-Monds – er ist ungefähr so gross wie der Erd-Trabant – noch zurückhalten könnte. «Weil das Magnetfeld Jupiters über Io hinwegflitzt, wirkt es auf Partikel dieser Grösse wie ein riesiger Staubsauger», verdeutlicht Dr. Morfill. Weil ausserdem, ähnlich wie bei der Erde, auch beim Jupiter die Rotationsachse um etwa 10 Grad gegen die magnetische Achse geneigt ist, schwirren diese Teilchen dann in einem etwa 20 Grad breiten, keilförmigen Bereich, dessen Mittelebene die Äquatorebene ist, in der Magnetosphäre rund um den Riesenplaneten.

Noch kleinere Ascheteilchen haben keine Chance, dorthin zu kommen: Sie werden durch den Teilchenbeschuss in den Strahlungsgürteln Jupiters vollständig zerstäubt und bilden wahrscheinlich die Schleppe aus Plasmateilchen, die Io hinter sich herzieht. Für die ganz grossen Staubpartikel der Io-Vulkane hingegen ist die elektromagnetische Kraft des Jupiter-Magnetfelds zu schwach. Sie regnen wie Schneeflocken wieder auf die Oberfläche des Io-Mondes zurück. «Damit hatten wir zwar einen Mechanismus gefunden, wie die winzigen Vulkanasche-Teilchen Io verlassen und in die Magnetosphäre Jupiters eindringen können», erklärt Dr. Grün. «Der Ring um Jupiter selbst erschien uns jedoch rätselhafter denn je.» Denn zwei Dinge liessen sich zunächst nicht miteinander vereinbaren: Die Io-Partikel sind zu klein und damit unsichtbar, weil sie zu wenig Sonnenlicht streuen – der Ring um den Jupiter aber leuchtet unübersehbar.

## Vorübergehendes Phänomen?

Der wichtigste Grund: Die im Ring beobachteten Teilchen sind mit durchschnittlich 1 Mikrometer nicht nur ungefähr zehn- bis hundertmal grösser als die Io-Partikel, sie haben auch ganz andere Eigenschaften. Zum Beispiel lassen sie sich, im Gegensatz zu den Io-Teilchen, vom starken Magnetfeld Jupiters nicht beeinflussen, dazu sind sie zu schwer. Statt dessen bestimmen die Anziehungskraft des Riesenplaneten und der Strahlungsdruck des Sonnenlichts das Schicksal der Ring-Partikel. Unter diesen Einflüssen bewegen sie sich auf Spiralbahnen langsam auf den Riesenplaneten zu. «Spätestens nach 10 000 Jahren», so rechnet Dr. Morfill, «wären alle Ring-Teilchen in die turbulente Gashölle Jupiters eingetaucht



Ungestümer Vulkanausbruch auf dem Jupiter-Mond Io: Diese von Voyager 1 aus ungefähr 490 000 Kilometer Abstand gemachte Aufnahme zeigt am Horizont Ios einen explosionsartigen Vulkan-Ausbruch. Dabei wird feste Materie bis in 160 Kilometer Höhe geschleudert (innerer Bildausschnitt). Dies erfordert Auswurfgeschwindigkeiten von schätzungsweise 1920 Kilometer pro Stunde

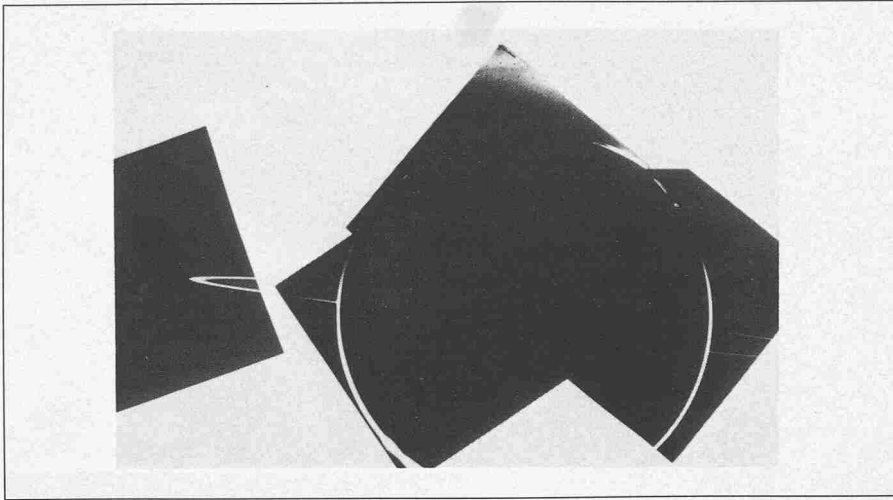
und der Ring verschwunden. Weil es aber unwahrscheinlich ist, dass wir ausgerechnet jetzt bei den Voyager-Missionen ein vorübergehendes Phänomen beobachtet haben, gibt es daraus nur eine Konsequenz: Es muss eine Quelle geben, aus der die Teilchen im Jupiter-Ring ständig nachgeliefert werden.»

Um diese Quelle zu finden, bedurfte es nach den Worten Dr. Morfills «eines grossen gedanklichen Sprungs.» Die Vermutung der Wissenschaftler: In der Äquatorebene, also eingebettet in den staubigen Keil um den Jupiter, sind die unsichtbaren Io-Teilchen nicht allein. Bis zu einige Kilometer grosse Brocken, vielleicht eingefangene Kleinstmonde oder Reste eines Satelliten-Systems, die von den starken Gezeiten-Kräften Jupiters und seiner Monde zertrümmert wurden, drehen dort ebenfalls ihre Runden. Für diese Brocken, von den Heidelberger Physikern «Mutterkörper» genannt, erweisen sich die winzigen Io-Teilchen als wirkungsvolle Geschosse. Mit bis zu 60 Kilometer Geschwindigkeit je Sekunde, dem rasenden Tempo, mit dem sie wegen ihrer elektrischen Oberflächenladung mit der Magnetosphäre um den Jupiter jagen, prallen die Io-Teilchen auf die wesentlich langsameren Mutterkörper. Bei Zusammenstössen mit solcher Wucht, das wissen die Heidelberger Forscher von Hochrechnungen aus eigenen Staubeexperimenten, können die winzigen Io-Geschosse das bis zu 10 000fache ihrer eigenen Masse aus den entstehenden Kra-

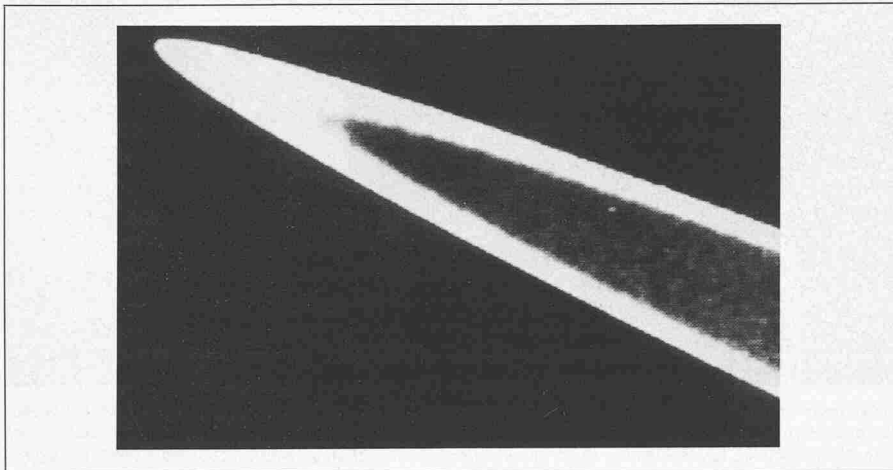
tern herausreissen. Die grössten Splitter erreichen dabei bis zu einem Zehntel des ausgeworfenen Gesamtvolumens, sie sind also bis zu 1000mal grösser als die aufprallenden Teilchen.

## Weitere Monde vorausgesagt

Bei Zusammenstössen zwischen schnellen Io-Teilchen mit den Mutterkörpern entstehen demnach, so die Theorie von Dr. Grün und Dr. Morfill, die sichtbaren, mikrometergrossen Teilchen des Jupiter-Rings, vorausgesetzt, die angenommenen Mutterkörper existieren tatsächlich. Einen ersten Beweis für die Mutterkörper und damit eine Bestätigung für die Theorie lieferte erst kürzlich der zufällig entdeckte 14. Jupitermond: Er befindet sich genau in der von den beiden Heidelberger Wissenschaftlern angegebenen schmalen Zone, in der die Mutterkörper kreisen sollten, und hat mit ungefähr 30 Kilometer Durchmesser auch die «richtige» Grösse. «Das ist einer der von uns vorausgesagten Mutterkörper, also eine Quelle für die Teilchen des Jupiter-Rings. Davon gibt es noch weitere, allerdings wohl kleinere Brocken, vielleicht bis zu 200 Stück», kommentiert Dr. Grün. Dass sie bisher noch nicht nachgewiesen wurden, liegt an dem begrenzten Auflösungsvermögen der Voyager-Kameras: Sie erfassen nur Einzelheiten bis zu 5 Kilometer Grösse.



Aus vier Aufnahmen der Weitwinkelkamera an Bord von Voyager 2 zusammengesetzt ist dieses Mosaik-Bild – es wurde von der Nachtseite Jupiters aus ungefähr 1,45 Mio Kilometer Entfernung aufgenommen. Der etwa 10000 Kilometer breite und höchstens nur 30 Kilometer dünne, leuchtende Staubgürtel besteht aus kleinen Teilchen, die nach einer Theorie von Wissenschaftlern des Heidelberger Max-Planck-Instituts für Kernphysik von Partikeln erzeugt werden, die aus den Vulkanen des Jupiter-Mondes Io stammen



Von Voyager 2 gelieferte Grossaufnahme des Rings um Jupiter aus 1,45 Mio Kilometer Abstand: Vor allem im hellen Teil des Staubgürtels kreisen die vorausgesagten, sogenannten Mutterkörper. Das sind bis zu einige Kilometer grosse Gesteinsbrocken wie beispielsweise der erst kürzlich entdeckte 14. Jupiter-Mond. Winzige Ascheteilchen aus den Vulkanen des Mondes Io, so die Theorie der Heidelberger Physiker, stossen mit diesen Mutterkörpern zusammen und erzeugen dabei die im Sonnenlicht hell erstrahlenden Partikel des Jupiter-Rings

Zudem befinden sich die meisten Mutterkörper im hellsten Teil des Rings – hier ist die Teilchenproduktion am grössten. Dies erklärt auch einige Eigenschaften des Jupiter-Rings. Er beginnt abrupt – und auf den Voyager-Photos als scharfe Kante erkennbar – genau dort, wo sich die äusserste Bahn eines umlaufenden Mutterkörpers befindet, etwa 55000 Kilometer von den obersten Wolkenspitzen Jupiters entfernt. Mit etwa 10000 Kilometer Breite und, senkrecht zur Ebene, maximal nur 30 Kilometer Dicke erscheint dieser leuchtende Staubgürtel wie ein schmaler Reif, in dem, auch das haben Grün und Morfill berechnet, die sichtbaren mikrometergrossen Teilchen von insgesamt 1 Million Kilogramm Masse kreisen. Das entspricht dem Gewicht eines 300 Kubikmeter grossen Betonklotzes mit ungefähr 6,70 Meter Kantenlänge.

### Ständiger Zerstörungsprozess

Sogar für die Beobachtung, dass die Helligkeit des Rings nach innen allmählich schwächer wird, haben die beiden Wissenschaftler

in ihrer Theorie eine Erklärung: Weil sich die Mutterkörper ausschliesslich in einer 7000 Kilometer breiten Zone, dem eigentlichen Ring, befinden, können die schnellen Io-Teilchen ausserhalb dieses Bereichs nur noch mit den langsam abwärts sinkenden Splintern zusammenstossen. Dabei werden die Ringteilchen in immer kleinere Bruchstücke zerhackt, die immer weniger Sonnenlicht zurückwerfen, ehe sie schliesslich in den Wolken Jupiters verschwinden. «Dieser Zerstörungsprozess bewirkt, dass sich ein schmaler Ring und keine gleichmässige Scheibe um Jupiter befindet», betont Dr. Grün. «Eigentlich», so meint Dr. Morfill, «sind unsere Überlegungen ein Alptraum für jeden Theoretiker. Denn in unseren Rechnungen über den Jupiter-Ring gibt es überhaupt keinen freien Parameter mehr, also keinen Freiraum gegenüber neuen Messungen.» Und: «Trotzdem hat es sich bei weiteren Untersuchungen herausgestellt, dass eine «staubige Magnetosphäre» mit einer Reihe von anderen Beobachtungen übereinstimmt, ja sie zum Teil erst verständlich macht. Diese Übereinstimmung mit den bisher vom Jupiter bekannten Daten hat alle, denen wir unsere Theorie vorab anvertraut haben, stark beeindruckt.»

## SIA - Mitteilungen

### Zurückhaltend optimistische Beurteilung der Auftragslage in der Bauplanungsbranche

Die April-Erhebung des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA) im Planungs- und Projektierungssektor ergibt gesamthaft eine Zunahme sowohl im Auftragsbestand als auch bei der Zahl der Beschäftigten. Die Zunahme des Auftragsvolumens betrifft den Hochbau, während der Tiefbau stagniert. Bei der Beurteilung der Ergebnisse ist zu beachten, dass das 1. Quartal eines Jahres jeweils am günstigsten abschneidet; dies ist auf saisonale Einflüsse zurückzuführen. Die nächste Zukunft wird – was die Aufträge anbetrifft – optimistisch mit einigen Vorbehalten beurteilt. Die Entwicklung der langfristigen Auftragslage ist mit verschiedenen Unsicherheitsfaktoren versehen.

Vielorts ist es heute schwierig, qualifizierte Mitarbeiter zu finden. Dies ist eine Folge der Abwanderung in andere Wirtschaftssektoren. Zudem hat die Rezession im Bauwesen namentlich junge Leute davon abgehalten, einen Beruf der Bauplanungsbranche zu ergreifen.

Die wirtschaftliche Lage ist unbefriedigend; den steigenden Kosten, insbesondere auf dem Personalsektor, stehen ungenügend angepasste Honorare gegenüber.

### Prüfung durch «Galileo»-Projekt

Eine Gelegenheit, dieses ungewöhnliche Konzept gründlich zu prüfen, ergibt sich schon bald: Voraussichtlich Anfang des Jahres 1982 soll von der amerikanischen Raumfähre Space-Shuttle aus eine gemeinsam von amerikanischen und deutschen Wissenschaftlern entwickelte Raumsonde in dreieinhalb Jahren zum Jupiter fliegen. Im Rahmen dieses «Galileo»-Projekts ist vorgesehen, dass sich das Raumfahrzeug 100 Tage vor seiner für Mitte 1985 erwarteten Ankunft am Riesenplaneten teilt: in einen «Orbiter», der in eine Jupiter-Umlaufbahn schwenkt, und in eine «Probe», die in die dichte Atmosphäre des Planeten eintaucht und von dort aus bis zu 30 Minuten lang erstmals direkt Messwerte sendet.

Das Max-Planck-Institut für Aeronomie in Katlenburg-Lindau/Harz baut sowohl für die «Probe» einen Detektor, der Blitzentladungen in der Gashülle registriert, als auch für den «Orbiter» ein Messgerät zum Nachweis geladener Teilchen. Es soll energiereiche Elektronen und Protonen, Plasmateilchen also, aber auch Ionen der schweren Elemente bis zum Eisen erfassen. Das Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg liefert für diesen ersten künstlichen Satelliten Jupiters einen Staubdetektor. «Von dem gemeinsamen Einsatz dieser Geräte zweier Max-Planck-Institute versprechen wir uns nicht nur Aufschluss über die Teilchenflüsse in der Jupiter-Magnetosphäre und damit eine Bestätigung unserer Theorie», hofft Dr. Grün. «Vielleicht können wir durch die Kombination von Staub- und Plasma-Messwerten auch etwas über die chemische Zusammensetzung dieser Partikel herausbekommen.» Eugen Hintsches