

Physiker-Tagung in Wien

15. bis 21. Oktober 1961

Aus den Vorträgen:

Isotopenverschiebungen in Meteoriten und die Frühgeschichte unseres Planetensystems

W. Gentner, Heidelberg

Die gegenüber den Eisenmeteoriten ungefähr 20 mal häufigeren Steinmeteoriten bestehen zum größten Teil aus Chondriten, kleinen Kugelchen bis zur Erbsengröße, die häufig aus Bronzit oder Olivin aufgebaut sind. Wie sie entstanden sind, ist unbekannt. Es scheint sich um Schmelztropfen zu handeln, die auf eine spezielle Art erstarrten. Es gibt alle Übergangsformen vom Steinmeteoriten zum reinen Eisenmeteoriten (z. B. Siderolithe und Lithosiderite).

Die Isotopenhäufigkeit der in den Meteoriten auftretenden Elemente, besonders die der Edelgase, besitzt große Abweichungen gegenüber der Isotopenhäufigkeit irdischer Materie. Dies hat verschiedene Ursachen. So kann der Argon-Gehalt einer Meteoritenprobe aus vier Quellen stammen:

1. Entsteht ^{40}Ar aus dem Zerfall des ^{40}K (HWZ: $1,3 \cdot 10^9$ a)
2. Werden die stabilen Isotope $^{36,38,40}\text{Ar}$ durch Spallationsprozesse der kosmischen Strahlung aus den stabilen Eisenisotopen gebildet.

Die für Neon vorliegenden Werte sind:

Luft-Neon: $^{20,21,22}\text{Ne} \dots 90,9:0,3:8,8$

Spallations-Neon: $^{20,21,22}\text{Ne} = 30:34:36$

3. Enthalten Chondrite mehr oder weniger viel Ur-Argon, d. h. Argon, das bei der Bildung der Protoplaneten durch Adsorptionsprozesse in die erstarrende Materie miteingebaut wurde.

Die für Neon vorliegenden Werte sind:

Luft-Neon: $^{20}\text{Ne}:^{22}\text{Ne} = 10,2$

Ur-Neon: $^{20}\text{Ne}:^{22}\text{Ne} = 13,0$ (Meteor Kapoeta)

4. Hat jede Probe beim Durchdringen der Lufthülle und während der Lagerung irdisches Argon aufgenommen.

Wesentlich für die Beantwortung der Frage nach dem Alter des Planetensystems und der Art seiner Entstehung ist die Frage nach dem Teilchenfluß der kosmischen Ultrastrahlung, der für die Erzeugung vieler radioaktiver und stabiler Isotope verantwortlich ist.

Durch Vergleich des Verhältnisses der Erzeugungsraten der Isotope $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Cl}$ (HWZ: 320 a und 308 000 a) in Eisenmeteoriten und in einem Eisentarget, das mit hochenergetischen Protonen beschossen wurde, kann geschlossen werden, daß die kosmische Strahlung innerhalb der letzten 300 000 Jahre konstant geblieben ist. Durch Verwendung von Radioisotopen noch größerer Halbwertszeit kann mit ziemlicher Sicherheit dieser Zeitraum auf $5 \cdot 10^8$ Jahre ausgedehnt werden. Kennt man die Bahndaten eines Meteors, so kann man seinen Weg im Planetensystem verfolgen. Vergleicht man wiederum die Erzeugungsraten zweier Isotope – im vorliegenden Fall $^{37/39}\text{Ar}$ – an einem Meteor und am Target eines Beschleunigers, so erhält man wiederum Übereinstimmung, so daß geschlossen werden kann, daß im planetarischen Raum kein Gefälle der kosmischen Strahlung auftritt.

Die meist benutzte Methode zur Altersbestimmung ist die Kalium-Argon-Methode. Die weitaus überwiegende Zahl der Meteoriten zeigt dabei ein Alter von $4 \cdot 10^9$ a und $1 \cdot 10^9$ a: Nimmt man eine schnelle erste Kondensation an, so kann durch Erhitzen der Materie (Vorbeigang an der Sonne, Zusammenstoß mit Planetoiden) Gasverlust durch Abdifusion eintreten, d. h. das niedrigere Alter von $1 \cdot 10^9$ a vorgetäuscht werden.

Das Bestrahlungsalter von Meteoriten kann über die Mengen der vorhandenen Spallationsisotope ermittelt werden. Es ist wesentlich geringer als das „radioaktive Alter“. Dabei unterscheiden sich Steinmeteorite und Eisenmeteorite – wahrscheinlich bedingt durch die Unterschiede in der mechanischen Festigkeit und der Eindringtiefe der Strahlung – um den Faktor 10. (Steinmeteorite: $\sim 25 \cdot 10^6$ a, Eisenmeteorite: $\sim 250 \cdot 10^6$ a).

Eine Aussage über die Zeitlücke zwischen dem Ende der Elementsynthese und der Bildung von Meteoriten erhält man, wenn es gelingt, die erhebliche Überhöhung des ^{129}Xe -Gehaltes von Steinmeteoriten gegenüber dem ^{129}Xe -Gehalt der Luft zu deuten: ^{129}Xe ist das Endprodukt des Zerfalls von ^{129}J (HWZ: $17 \cdot 10^6$ a); in einer Zeit, als der allgemeine Prozeß der Elementsynthese ablief, wurde auch ^{129}J gebildet. Als dann die Urbestandteile der planetarischen Massen in größerer Sonnenentfernung mit der Kondensation zur festen Phase begannen, muß ^{129}J noch in erheblicher Menge vorhanden gewesen sein, da sonst derartige Konzentrationen der Tochtersubstanz ^{129}Xe in den Steinmeteoriten nicht zu verstehen sind, die die des Luft-Xenons weit übersteigen. Eine ähnliche Anomalie zeigt das Isotop ^{107}Ag in Eisenmeteoriten, das eine Tochtersubstanz des mit einer Halbwertszeit von $7,5 \cdot 10^6$ a zerfallenden ^{107}Pd ist.

Durch Rückrechnung erhält man dann unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse für die Zeitlücke zwischen Elementsynthese und Meteoritenbildung (Bildung fester Materie) den Wert von $\sim 5 \cdot 10^7$ a.

Versuche zur K-Ar-Altersbestimmungsmethode im Bereich von 1 bis $5 \cdot 10^5$ Jahren

H. J. Lippolt, Heidelberg

Die Frage der Entwicklung der K-Ar-Methode zu kleinen Altern hin ist gleichzusetzen mit der Frage nach der Entwicklung der Meßtechnik kleinster Edelgasmengen. Daneben tritt die Frage nach bei kleinen Altern geeigneten Mineralien. Es hat sich gezeigt, daß Biotit im allgem. viel atmosphärisches Argon enthält, das nicht durch Ausheizen entfernt werden kann, ohne daß empfindliche Verluste an radiogenem Argon eintreten. Sanidine jedoch enthalten erstaunlich wenig atmosphärisches Argon. Je nach dem Herkommen solcher Sanidine, aus Bomben, Tuffen, Gesteinen oder Sanidiniten ist aber mit einem erheblichen Überschuß an radiogenem Argon zu rechnen, das schon bei der Bildung des Probenmaterials eingebaut war. Nur in wenigen Fällen ist das zu vernachlässigen. Je zwei Proben aus der Günzezeit und der Waal-Warmzeit ergaben ein brauchbares Alter, auf Grund dessen angenommen wird, daß die Milankovitch-Skala nicht stichhaltig ist und die Emiliani-Kurve für die Eiszeiten leicht gebeugt werden sollte.

Massenspektrometrische Untersuchungen von Kalium aus Eisenmeteoriten

H. Voshage und H. Hintenberger, Mainz

Während die Meteorite auf ihrer Bahn im interplanetarischen Raum der Einwirkung der kosmischen Strahlung ausgesetzt sind, werden durch hochenergetische Kernreaktionen aus der Meteoritensubstanz die „kosmogenen“ Spallationsprodukte gebildet. In Eisenmeteoriten entsteht u. a. kosmogenes Kalium, wobei sich die Produktionsraten für die Isotope 39, 40 und 41 etwa wie 0,7:0,6:1 verhalten. Da der Gehalt der

Eisenmeteorite an Ur-Kalium mit normaler Isotopenhäufigkeits-Verteilung äußerst gering ist, kann die Konzentration von etwa 10^{-9} bis 10^{-11} g/g an kosmogenem Kalium einen beträchtlichen Anteil der Gesamtkonzentration an Kalium ausmachen. Die Abtrennung dieser kleinen Mengen K aus einigen Gramm Meteoritensubstanz gelang mit einer Ausbeute von etwa 10 % im Hochvakuum durch fraktionierte Verdampfung aus der Eisenschmelze, wobei ein Teil des Kaliums in Form positiver Ionen frei wird und mit Hilfe eines elektrischen Feldes auf einem hochreinen Platindraht gesammelt wird. Dieser Platindraht dient bei der massenspektrometrischen Isotopenhäufigkeitsanalyse des abgetrennten Kaliums als thermische Oberflächen-Ionenquelle. Wegen der natürlichen Radioaktivität von ^{40}K kann aus dem Massenspektrum des Kaliums (z. B. $^{39}\text{K} = 42,0\%$, $^{40}\text{K} = 18,9\%$, $^{41}\text{K} = 39,1\%$ in einem Meteoriten mit äußerst geringer Konzentration an Ur-Kalium) die Zeitdauer der Einwirkung der kosmischen Strahlung auf den Meteoriten berechnet werden. Diese „ $^{41}\text{K} - ^{40}\text{K}$ -Bestrahlungsalter“ liegen für die bisher untersuchten 11 Meteorite zwischen 200 und 1400 Millionen Jahren.

Kurzzeituntersuchungen an Lichtquellen für die Spektralanalyse

H. vom Ende, W.-D. Hagenah und K. Laqua, Dortmund

Zum Studium der durch Funkenentladungen erzeugten Dampfwolken metallischer Elektroden wurden Drehspiegel (bis 40000 U/min) und schnell rotierende Scheiben (bis 12000 U/min) benutzt. Spektrale Zerlegung (Dispersion 10 Å/mm, Lichtstärke 1:6) der Strahlung dieser Dampfwolken erlaubte es, von einzelnen Funken Reihenaufnahmen mit 25 Einzelbildern von je 10 μsec Belichtungszeit im Licht einzelner Spektrallinien oder enger Spektralbereiche zu machen.

Für die Spektralanalyse wichtige Ergebnisse: Dampf aus der Gegenelektrode kann in vielen Fällen den Dampf aus der Analysenelektrode aus der Funkenstrecke verdrängen und dadurch die Nachweisempfindlichkeit der Analyse herabsetzen. Impulsenladungen mit konstanter Impulstromstärke erreichen die Nachweisempfindlichkeit von Wechselstromabreißbögen gleicher Stromstärke erst nach Brennzeiten von 1 bis 5 msec. Das die Nachweisgrenze entscheidend bestimmende Leuchten des kontinuierlichen Untergrundes im Spektrum zeigt eine ähnliche räumliche Verteilung wie die Strahlung der Analysenlinien. Daher verspricht eine Ausblendung von Teilen der Funkenstrecke meist keine Verbesserung der Nachweisempfindlichkeit. Die Strahlung der sog. diffusen, schwach verdampfenden Entladung, die besonders in Edelgasatmosphäre neben der normalen kontrahierten verdampfenden Entladung auftritt und oft empfindliche Analysenstörungen verursacht, zeigt eine völlig verschiedene räumliche, zeitliche und spektrale Verteilung. Es ist ein schwaches Leuchten von Dampf des Elektrodenmaterials gleichmäßig über den gesamten Elektrodenzwischenraum zu beobachten, während die Entladung im Gas der Atmosphäre brennt.

Aufdampfen von Eisen durch Elektronenbeschuß und optische Konstanten der Schichten

Gundolf Meyer, Darmstadt

Um eine Verunreinigung durch Tiegel- oder Wendelmateriale zu vermeiden, wird der zu verdampfende Eisenstab lokal durch Elektronenbeschuß erhitzt, während seine Berührungsstelle mit der Halterung erheblich kälter bleibt. Durch geeignete Anordnung gewinnt man eine Fe-Dampfquelle, deren Verdampfungsgeschwindigkeit mit einer Genauigkeit von $\pm 2\%$ konstant gehalten und mit gleicher Genauigkeit reproduzierbar eingestellt werden kann. Folgende Daten der Anordnung haben sich bewährt: Durchmesser des Eisenstabes: 6 mm; Abstand Heizwendel-Stab: 10 mm; Elektronenstrom: 120 mA; Beschleunigungsspannung: 1,2 kV. Man erhält bei

einem Abstand von 7 cm zwischen Aufdampfquelle und Aufänger eine Kondensationsgeschwindigkeit von ca. 1000 Å/min.

Nach der Methode von *Drude* wurden optische Konstanten ($n^2 = (k^2 - n^2) / 2 nk$) an so hergestellten opaken Schichten (Dicke 1000 Å) gemessen. Die Wellenlänge des Lichts betrug 589 mμ. Die optischen Konstanten dieser Schichten, deren Herstellungsbedingungen konstant gehalten wurden, sind gut reproduzierbar. Man erhält Streuungen von weniger als 1 %. Durch optische Messungen an der wachsenden Schicht während des Dampfens können Fehlmessungen durch Deckschichten ausgeschlossen werden. Nach Ende der Kondensation sind Deckschichten, die sich durch Reaktion mit dem Restgas im Vakuumbehälter (Druck 10^{-6} Torr) bilden können, im Mittel dünner als eine Atomlage. Bei Variation der Schichtdicke von 1000 auf 9000 Å nimmt die Größe $2 nk$ auf die Hälfte ab, $k^2 - n^2$ bleibt konstant. Die Ursache dieser Änderung ist noch nicht bekannt. Beim Tempern einer 1000 Å dicken Schicht nehmen die optischen Konstanten im Bereich 200 bis 400 °C mit der Temperatur stark zu. Diese Änderungen werden auf die Ausheilung von Gitterstörungen zurückgeführt.

Hochauflösende Fixierung elektronenoptischer Bilder durch Vernetzung organischer Substanzen

L. Binkele und H. Hamisch, Berlin-Charlottenburg

Die Änderung der Löslichkeit eines Lackes durch Elektronenbeschuß wird ausgenutzt, um die Intensitätsverteilung in der Bildebene einer elektronenoptischen Anordnung zu fixieren [1]. Man beobachtet das erhaltene Lackrelief (mit monochromatischem Licht) im Auflichtmikroskop, um die Kornlosigkeit der Platte ausnutzen zu können. Durch Interferenz des an Lackober- und -unterseite reflektierten Lichtes werden die Dickenunterschiede der Lackschicht als Intensitätsunterschiede beobachtbar. Im Interesse eines großen Kontrastumfangs müssen die reflektierten Anteile möglichst genau gleich groß sein. Mit Hilfe einer dünnen Chromschicht (≈ 40 Å) auf dem Glasträger unter der Lackschicht wurde dies in dem Maße erreicht, daß die Kontrastabschwächung nur noch durch das Streulicht des Mikroskops bestimmt ist.

Für eine hohe Empfindlichkeit der Lackplatten ist ein geringer Energiebedarf pro Vernetzung und ein großes Molekulargewicht zu verlangen. Hohe Auflösung wird dagegen nur bei relativ kleinen Molekülen erreicht, die eine geringe Quellung im Lösungsmittel ergeben. Eine systematische Untersuchung verschiedener Lacke ergab, daß beide Forderungen am besten bei Verwendung höherer ungesättigter Fettsäureglyceride erfüllt werden können. Die mit dimerem Eläostearinsäureglycerid hergestellten Lackplatten ergaben gegenüber dem früher verwandten Alkydal V 631 eine Verkleinerung der Bildpunktarbeit um etwa zwei Größenordnungen auf $3,5 \cdot 10^{-12}$ Ws bei 40-keV-Elektronen. Dieser Wert liegt in der Größenordnung üblicher photographischer Platten.

Einer bequemen Anwendung des Verfahrens steht bisher die schnelle Vernetzung des Lackes an Luft entgegen. Der Zusatz von Hydrochinon (1,5 %) ergab zwar eine kurzzeitige Stabilisierung. Erwünscht wäre jedoch eine Lagerfähigkeit nicht „belichteter“ Platten von wenigstens einigen Wochen.

Ein neues elektrooptisches Verfahren und seine Anwendungen

H. Nassenstein, Leverkusen

In den elektrochemischen Grenzschichten geeigneter Lösungen treten große Änderungen der Konzentration und der optischen Eigenschaften, besonders des Brechungsindex, auf. Man kann somit die elektrochemische Grenzschicht als elektrooptisches Element auffassen und benutzen.

[1] Physik. Verhandl. 11, 9 [1960].