

13C/12C-Bestimmungen am Murchison-Meteoriten

Autor(en): **Hirner, Alfred**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure**

Band (Jahr): **45 (1979)**

Heft 109

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-203884>

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.

$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ - Bestimmungen am Murchison-Meteoriten **)

von Alfred HIRNER, München*)

Zusammenfassung

In folgenden kohlenstoffhaltigen Phasen des Murchison-Meteoriten wurden die Verhältnisse der stabilen Isotope des Kohlenstoffs untersucht: Gesamte kohlenstoffhaltige Substanz, Karbonat, in organischen Lösungsmitteln lösliche (Extrakt) und unlösliche Verbindungen (Polymer), vermutlicher Kontaminationsanteil und das aus Phosphorsäure nach der Karbonatabtrennung rückgewonnene CO_2 . Drei verschieden aggressive Prozeduren zur Demineralisation wurden getestet.

Die Ergebnisse der Isotopenbestimmungen zeigen, dass nahezu der gesamte untersuchte Kohlenstoff dem Meteoriten und nicht terrestrischen Kontaminationen zuzurechnen ist. Verschiedene Modelle zur Entstehung der organischen Verbindungen aus dem primitiven Sonnennebel werden vom isotopenchemischen Standpunkt aus diskutiert. Dabei ergibt sich eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den im Murchison und den in Laborexperimenten nach dem Fischer-Tropsch Prinzip gefundenen Isotopenwerten. Auf einige geochemisch relevante Probleme ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ der Erde; abiogen entstandene organische Verbindungen auf der Erde) wird kurz eingegangen.

Abstract

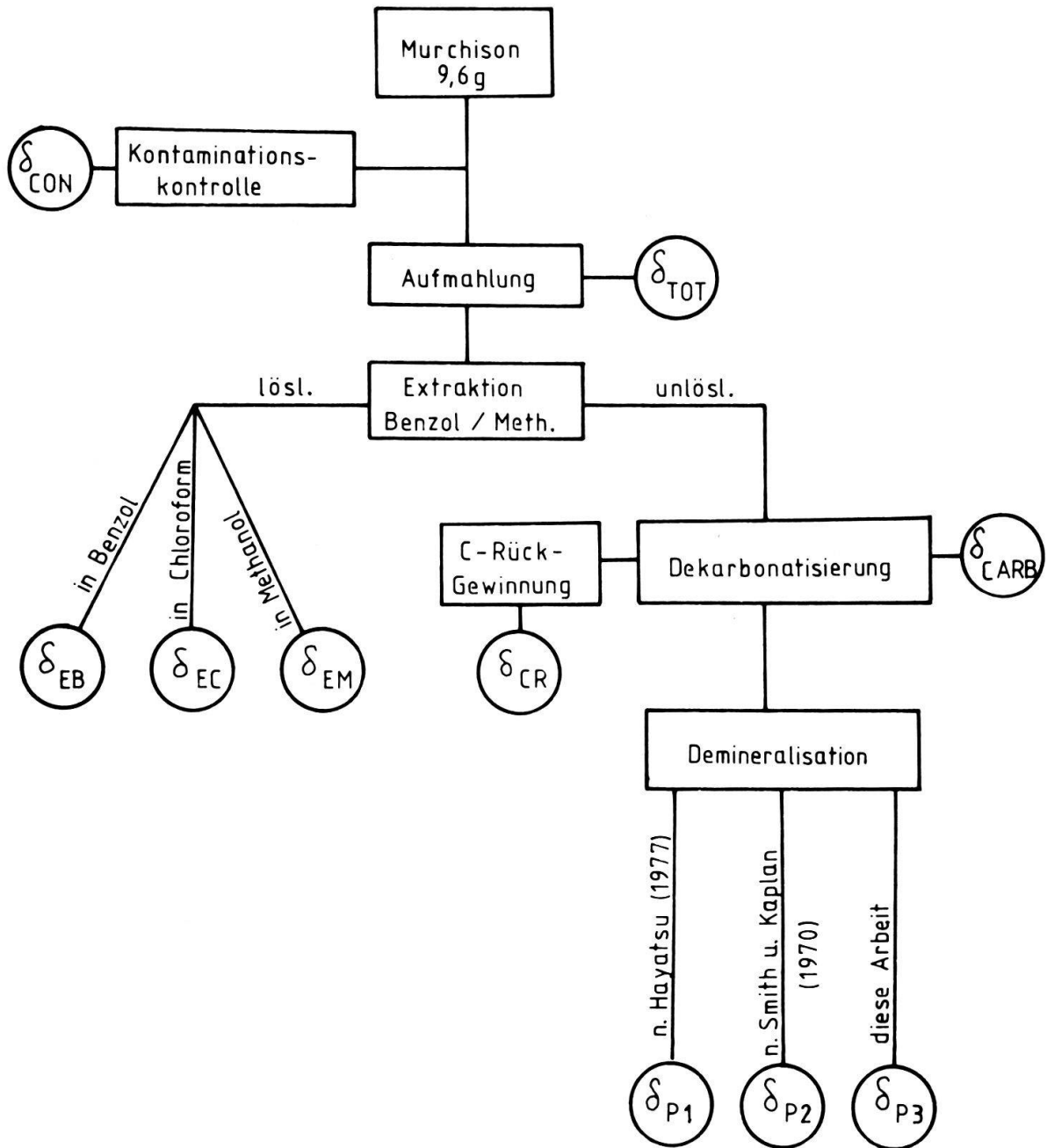
Stable carbon isotope ratios were determined in following carbonaceous phases of the Murchison meteorite: Bulk sample, carbonate, in organic solvents soluble (extract) and insoluble compounds (polymer), contaminants and carbon dioxide recovered from phosphoric acid treatment after separation of the carbonate. Three demineralisation procedures of different aggressive grade were tested.

The isotopic results show that most of the carbon investigated can be attributed to the meteoritic material rather than to terrestrial contaminants. Different models for the origin of organic compounds from the primitive solar nebula are discussed from the isotopic chemical point of view. A good agreement was found for the isotope fractionations in Murchison and those discovered in laboratory experiments according to Fischer-Tropsch. Some problems are briefly discussed in geochemical concern: $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ of the earth; terrestrial organic compounds of abiogenic origin.

**) Erweitertes Manuskript eines Vortrages gehalten am 2.3.1979 in Mainz auf der Frühjahrstagung der Sektion Geochemie der DMG. Eine weitere Veröffentlichung mit einer ausführlichen Darstellung der Analysenmethode und der kosmochemischen Folgerungen befindet sich in Vorbereitung.

*) Dr. A. HIRNER, Institut für Geologie und Mineralogie, Technische Universität München, Lichtenbergstrasse 4, D - 8046 Garching.

Fig. 1: Analysenschema



1. Einleitung

Der C2 - Chondrit Murchison fiel am 28. September 1969 in der Nähe von Murchison in Victoria (Australien). Die zahlreichen Bruchstücke des Meteoriten wurden unmittelbar nach dem Fall aufgesammelt und in verschiedenen Laboratorien untersucht. Eine erste mineralogische Beschreibung geben FUCHS und JENSEN (1970). Besonders genau wurden die organischen Verbindungen im Meteoriten wie Alkane, Aromaten, Aminosäuren, N-Verbindungen und das organische Polymer studiert (LEVY et al. 1973).

Die Verteilung der organischen Verbindungen in kohligen Chondriten spricht für eine Herkunft dieser Substanzen aus einfachen Molekülen des Sonnennebels (ANDERS et al. 1973). Neben Besonderheiten in der chemischen Zusammensetzung der organischen Komponenten ist das Fehlen von optischer Aktivität und Mikrofossilien ein Argument für die abiogene Entstehung dieses Materials (VDOVYKIN 1970).

Ein Problem stellt die Kontamination eingesammelter Meteoritenproben durch terrestrische Stoffe dar (NAGY 1975). SMITH und KAPLAN (1970) konnten jedoch mit Hilfe von $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ - Messungen die endogene Natur von Karbonat, Restkohlenstoff und einen Teil des extrahierbaren organischen Materials in sieben kohligen Chondriten nachweisen. Für den Murchison - Meteoriten konnten KVENVOLDEN et al. (1970) zeigen, dass die D- und L- Enantiomeren der Aminosäuren nahezu gleich häufig vorkommen und daher der Betrag terrestrischer biogener Kontamination als sehr klein angenommen werden muss. Weiterhin wurden $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ - Werte gemessen, welche ausserhalb des Bereichs entsprechender terrestrischer Substanzen liegen. NAGY (1975) schlug in Anbetracht der Wichtigkeit dieser Ergebnisse die Durchführung von Nachmessungen vor.

Ein Ziel vorliegender Arbeit war die Untersuchung der Frage, ob sich obige Ergebnisse mit einer nach zehnjähriger Lagerungszeit verwendeten Probe reproduzieren lassen. Daneben sollten die analytischen Ergebnisse durch die Untersuchung weiterer Fraktionen ergänzt und im Lichte einiger neueren geo- und kosmochemischen Erkenntnisse diskutiert werden. Schliesslich sollte die Leistungsfähigkeit unserer für die Erdölanalytik (s. HAHN-WEINHEIMER et al. in GRAF, 1979) eingesetzten Messtechnik an einer Probe komplexer chemischer Natur erprobt werden.

2. Analytische Ergebnisse

Das Analysenschema zeigt Fig. 1. Eine genaue Beschreibung der Prozeduren zur chemischen Präparation und massenspektrometrischen Messung geben GRAF et al. (1979) für die organischen Verbindungen bzw. McCREA (1950) für das Karbonat. Die vollständige Verbrennung der Proben zu CO_2 wurde mit Hilfe einer neu entwickelten Schnellverbrennungsanlage durchgeführt (GRAF 1979). Mit dieser Apparatur ist es möglich, Substanzen mit weniger als 0,5 mg C zu oxidieren und das entstandene CO_2 fraktionierungsfrei aufzufangen. Vor der massenspektrometrischen Bestimmung (Massenspektrometer: VG 903) wurden Fremdgase vom CO_2 gaschromatographisch abgetrennt. Zur Entfernung von Oberflächenkontaminationen wurde der 9,6 g schwere Meteorit zweimal für je zwei Minuten mit 20 ml Benzol/Methanol (3:1) und zweimal mit n-Hexan bei Zimmertemperatur behandelt. Zur Rückgewinnung des bei der Phosphorsäurebehandlung in Lösung gegangenen organischen Kohlenstoffs wurde die vom Meteoritenpulver abzentrifugierte Phosphorsäure mit Chromschwefelsäure versetzt und der Isotopenwert des hierbei freigesetzten CO_2 bestimmt. Zur Mineralabtrennung wurden 4,7 g des Meteoritenpulvers in drei gleiche Teile aufgeteilt und simultan verschiedenen aggressiven Behandlungen unterworfen:

- P 1: Nach HAYATSU et al. (1977) erfolgte die Behandlung über 10 Tage mit einer Folge von Mineralsäuren (HCl), HF).
- P 2: Nach SMITH und KAPLAN (1970) wurde der Meteorit mehrmals erschöpfend mit konz. HCl auf einem kochenden Wasserbad behandelt und in 50% HF zur Trockne eingedampft.
- P 3: Anwendung des Trennungsganges nach McIVER (1967), welcher in einigen Punkten modifiziert wurde. Als Monitor für den jeweiligen tatsächlichen Stand der Demineralisation wurde die Röntgenfluoreszenzspektrometrie eingesetzt.

Als Rückstand nach der Demineralisation ergaben sich für P 1, P 2 und P 3 11,50%, 5,33% bzw. 1,66% bezogen auf die Einwaage. Die zuletzt genannte Methode zeigte sich für die Abtrennung von Silikat und schwefelhaltigen Mineralen am effektivsten.

Tabelle 1 Analysenergebnisse

Fraktion	Abk. *)	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} [‰]$
Kontaminationstest Gesamtkohlenstoff Organ. Extrakt	δ_{CON}	$-18,88 \pm 0,05$
	δ_{TOT}	$-6,34 \pm 0,10$
	$\delta_{\text{EB}^{**}}$	$-5,12 \pm 0,18$
	$\delta_{\text{EC}^{**}}$	$+3,90 \pm 0,29$
	$\delta_{\text{EM}^{**}}$	$+2,50 \pm 0,41$
Karbonat C-Rückgewinnung Organ. Polymer	δ_{CARB}	$+50,07 \pm 0,06$
	δ_{CR}	$+4,40 \pm 0,06$
	δ_{P1}	$-14,12 \pm 0,11$
	δ_{P2}	$-14,43 \pm 0,06$
	δ_{P3}	$-15,14 \pm 0,05$

*) vgl. Fig. 1, **) gewichteter Durchschnittswert aus δ_{EB} , δ_{EC} und δ_{EM} : $\delta_{\text{E}} = -1,33‰$.

Die gefundenen Isotopenwerte sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die Übereinstimmung mit den von KVENVOLDEN et al. (1970) angegebenen Werten ist als gut zu bezeichnen. Die gefundenen Werte für das meteoritische Karbonat und den organischen Extrakt liegen deutlich ausserhalb des $\delta^{13}\text{C}$ -Bereichs entsprechender terrestrischer Substanzen (CLAYTON 1963, DEGENS 1969). Der durchgeführte Kontaminationstest ergab, dass der Betrag an terrestrischen Kontaminationen sehr gering ist: Es konnten lediglich ca. 1/200 der Gesamtmenge des Extrakts in der Waschlösung eingeeengt werden. Der niedrige Isotopenwert für δ_{CON} deutet nicht nur auf die Anwesenheit terrestrischer biogener Verbindungen, sondern auch darauf hin, dass bei der Waschprozedur bereits extrahierbares endogenes meteoritisches Material mit herausgelöst wurde. Der hohe $\delta^{13}\text{C}$ -Wert des aus der Phosphorsäure mit Chromschwefelsäure rückgewonnenen CO_2 lässt sich u.U. derart interpretieren, dass die Phosphorsäure leicht depolymerisierend auf den organischen Rückstand wirkt und dadurch die Herauslösung von in der komplizierten Mikrostruktur des organischen Polymers eingeschlossenen (Nicht-) Kohlenwasserstoffen begünstigt. Die verschiedenen Methoden der Demineralisation veränderten das organische Material nur leicht, so dass sich Isotopenunterschiede von ca. 1 ‰ ergaben.

3. Diskussion

3.1 Kosmochemische Interpretation der Messwerte

Nach dem Modell von CAMERON (1969) kollabierte der Sonnennebel, induziert durch eine Gravitationsinstabilität, in eine Scheibe. Freiwerdende potentielle Energie führte zur Erhitzung des Nebels, im Inneren auf bis über 2000 K. In der darauffolgenden Abkühlphase bis herab auf ~ 700 K kondensierten Staubkörner, dann grössere Körper wie Asteroiden und Planeten; schliesslich folgten die kohligen Chondrite zwischen 400 und 350 K bei Drücken von 10^{-4} bis 10^{-6} atm. LARIMER und ANDERS (1967) zeigten, dass die chemische Evolution der Meteorite in Bezug auf die Verteilung der flüchtigen Elemente, der organischen Verbindungen und der Edelgase mit diesem Kondensationsmodell vereinbar ist. Eine morphologische Untersuchung von aus der Matrix des Murchison-Meteoriten isolierten Olivin-Körnern ergab, dass diese Aggregate als primäre Kondensate erklärt werden können (OLSEN und GROSSMAN 1978). Meteorite entstehen bei Zusammenstössen zwischen Asteroiden im Asteroidengürtel oder stellen Reste von Kometen dar. Neuerdings setzt sich allerdings immer mehr die Auffassung durch, dass die meisten Meteorite Bruchstücke von Apollo-Objekten darstellen (WETHERILL 1979). In der solaren Häufigkeitsverteilung nimmt Kohlenstoff den dritten Platz ein (PAGEL 1979). Die letzten Kondensate des Kohlenstoffs, nämlich Graphit, Kohlenwasserstoffe und Karbonate, sind in Meteoriten enthalten. Aufgrund von Stabilitätsbetrachtungen zeigten aber LEWIS et al. (1979), dass die Entstehung von C-haltigen Komponenten in Meteoriten nicht unter thermodynamischen Gleichgewichtsbedingungen stattgefunden haben kann.

Im interstellaren Raum wurden bis jetzt über 30 organische Moleküle aufgrund ihrer Rotationsspektren im Mikrowellenbereich nachgewiesen. Im Infrarotbereich wurden sogar Anzeichen für Polymere von Formaldehyd und evtl. Polysaccharide gefunden (HOYLE und WICKRAMASINGHE 1977). Während als Entstehungsmechanismen für Moleküle bis zur Kohlenstoffzahl von etwa 9 meist bimolekulare Molekül-, Ionen- und Radikalreaktionen in der Gasphase oder auf katalysierenden Staubkornoberflächen erfolgreich herangezogen werden können (HERBST und KLEMPERER 1976), werden für die Bildung grösserer Moleküle FTT- (=Fischer-Tropsch-Typ-) Reaktionen bei 360 bis 400 K in Gegenwart von katalysierenden Staubkörnern (ANDERS et al. 1973) oder Polymerisierungsreaktionen durch molekulares Tunneln (GOLDANSKII 1977) vorgeschlagen.

Nach neuesten radioastronomischen Messungen liegt der Durchschnittswert für das interstellare $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ -Verhältnis mit 60 bis 75 (C. TOWNES, persönliche Mitteilung) nicht weit vom Bereich terrestrischer Werte von etwa 89 bis 94 entfernt. Die Auswertung von optischen Spektren des CH^+ im interplanetaren Raum innerhalb einiger hundert Lichtjahre um die Erde ergab erdähnliche $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ -Verhältnisse (VANDEN BOUT 1972). Da ^{12}C ein primäres, ^{13}C aber ein sekundäres Element der Nukleosynthese darstellt, war der galaktische Raum zur Zeit der Bildung des Sonnensystems im Vergleich zu heute leicht an ^{12}C angereichert (WOLLMAN 1973). Zusammenfassend darf angenommen werden, dass der Sonnennebel zur Zeit der Meteoritenentstehung erdähnliche $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ -Verhältnisse aufwies.

In Tabelle 2 werden die Beträge der in dieser Arbeit bestimmten Isotopenfraktionierungen mit jenen verglichen, welche sich aus FTT-Laborexperimenten ergaben (LANCET und ANDERS 1970). Es ergibt sich eine ausgezeichnete Übereinstimmung nach Richtung und Betrag der Isotopenfraktionierungen zwischen Karbonat-organ. Extrakt im Murchison-Meteoriten einerseits und CO_2 -, C_2^+ im FTT-Experiment andererseits.

Entsprechendes gilt für Karbonat - organ. Polymer im Murchison einerseits und CO₂ - „Wachs“ (auf dem Katalysator niedergeschlagenes synthetisches Polymer) im FTT-Experiment andererseits. In der Tabelle sind zum Vergleich noch Fraktionierungswerte angegeben, welche sich bei Annahme von Isotopenaustausch im thermodynamischen Gleichgewicht ergeben (BOTTINGA 1969, GALIMOV 1973); eine grobe Übereinstimmung mit den Murchison-Daten ist für Temperaturen um 300 K festzustellen. Allerdings sind mögliche Austauschmechanismen nur schwer vorstellbar, da z.B. Isotopenaustauschvorgänge in Verbindung mit der „C₂₊“ - Fraktion experimentell nicht beobachtet wurden (LANCET und ANDERS 1970).

Tabelle 2
Vergleich zwischen theoretisch, experimentell und analytisch bestimmten Isotopenfraktionierungen

C _{OX}	C _{RED}	T [K]	Basis	Autor	Δ _{OX-RED} *[‰]
CO ₂	CH ₄	300	Thermodyn. Gl.gew.(theor.)	Bottinga (1969)	68
	C ₂₀ H ₄₂	300		Galimov (1973)	36
	CH ₄	400		Bottinga (1969)	44
	„C ₂₊ “	400	FTT (exp.)	Lancet+Anders (1970)	~50
	„Wax“ (auf Kat.)	400			61
Karbonat	organ. Extrakt	(380)	Murchison (analyt.)	diese Arbeit	51
	organ. Polymer		Murchison (analyt.)	diese Arbeit	64
	organ. Polymer	(400 ± 30)	C2-Chondrite (analyt.)	Lancet (1972)	61 (Ø)
	organ. Polymer	(357 ± 21)	C1-Chondrite (analyt.)	Lancet (1972)	87 (Ø)

*) Δ_{OX-RED} = (α_{OX-RED} - 1) × 1000; α_{OX-RED} = $\left(\frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}}{\text{OX}}\right)^{\text{X}} \left(\frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}}{\text{RED}}\right)^{-1}$ =
Fraktionierungsfaktor

3.2 Isotopische Verteilung des terrestrischen Kohlenstoffs

Der δ¹³C-Wert des Gesamtkohlenstoffs vom Murchison-Meteoriten liegt mit -6,34‰ im Bereich terrestrischer Karbonatite, Kimberlite und Diamanten (-5 bis -8‰, HAHN-WEINHEIMER 1971, HOEFS 1978) und entspricht dem von CRAIG und KEELING (1963) angegebenen Wert für atmosphärisches CO₂. Diese Übereinstimmung würde auf eine Ableitung des Kohlenstoffs im Murchison und dem der Erde aus isotopisch homogen verteiltem primären Kohlenstoff nach identischen Bildungsmechanismen hinweisen. Ausgehend von der Beobachtung der Fraktionierung der chemischen Elemente,

erklärte auch RINGWOOD (1966) die Entstehung der Erde in einem Einstufen - Autoreduktions-Prozess bei höheren Temperaturen aus primitivem Material ähnlich dem der kohligen Chondrite.

Verschiedene Kohlenstoffphasen zeigen jedoch bereits in kohligen Chondriten chemische und isotopechemische Fraktionierungen; neben den in dieser Arbeit behandelten Phasen sind noch Graphit und Diamant zu nennen (VINOGRADOV et al. 1967). Die übrigen Steinmeteorite leitet man aus kohligen Chondriten ab (NAGY 1975); hierbei tritt Verlust von flüchtigen Bestandteilen und Erniedrigung des Kohlenstoffgehalts auf. Die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte kohlenstoffhaltiger Phasen in gewöhnlichen Chondriten überdecken sich mit denen terrestrischer Gesteine. Ein Teil des terrestrischen Kohlenstoffs findet sich in Gestalt von verschiedensten oxidierten und reduzierten Verbindungen in einem offenen System auf der Erdoberfläche, ein anderer Teil des Kohlenstoffs wurde nicht oxidiert und in Silikat- und Eisenschmelzen gelöst zum Erdkern transportiert, wo er wieder in fester Form ausfiel (DEGENS 1978); in Übereinstimmung mit diesem Modell ist Graphit auch in Eisenmeteoriten zu finden.

Bilanzrechnungen für den $\delta^{13}\text{C}$ -Mittelwert der Erde unter bestimmten Annahmen über die Kohlenstoffverteilung in Kruste, Mantel und Kern ergaben $-6,9\text{‰}$ (LIBBY 1971) bzw. $-7,5\text{‰}$ (HOEFS 1978). Von diesen Werten deutlich abweichende Ergebnisse an Kohlenstoff aus tieferen Erdkrustenteilen (z.B. CO_2 in Flüssigkeitseinschlüssen oder über heisser Lava) werden durch Mischungsvorgänge von Karbonat und von organischer Substanz abgeleitetem CO_2 (HOEFS 1978) und/oder durch Rayleigh Destillation (PINEAU et al. 1976) erklärt.

3.3 Abiogen entstandene terrestrische organische Verbindungen

FTT - Reaktionen können auch unter den Bedingungen der primitiven Erde eine Rolle bei der Entstehung terrestrischer organischer Verbindungen gespielt haben (ANDERS et al. 1973). Unter den uns heute noch zugänglichen Proben organischer Substanz sind jene rein abiogenen Ursprungs - ihre Existenz vorausgesetzt - sicherlich nur äusserst schwer aufzufinden. Aus der Literatur seien zwei diesbezügliche Beobachtungen zitiert:

Einlagerungen reduzierter organischer Kohlenstoffverbindungen in mehr als $3,3 \times 10^9$ Jahren alten Gesteinen (S-Afrika) zeigen dem organischen Polymer der Chondrite entsprechende Isotopenverhältnisswerte (OEHLER et al. 1972). ROBINSON (1966) interpretierte die chemische Zusammensetzung einiger kambrischer Erdöle in der Weise, dass einer ursprünglich vorhandenen abiogen entstandenen Komponente eine später entstandene biologische Komponente zugemischt wurde.

Ausgehend von thermodynamischen Abschätzungen und biochemischen Überlegungen, leitet DEGENS (1978) die terrestrische Protobiosphäre von interstellarem organischen Material (C in reduzierter Form) ab, welches auf der Oberfläche des Protoplaneten Erde durch Oxidation und katalytische Reaktionen fortlaufend chemisch differenziert wurde. Einen Überblick über die weitere präbiotische Evolution gibt ADAM (1978): Bildung von Biomolekülen, Biogenese der Zellhülle aus Lipid - Doppelschichten, Individualisierung von Informations- und Aktionsmolekülen (Hyperzyklen nach EIGEN und SCHUSTER 1979). Erste lebende Formen traten bereits vor mehr als $3,1 \times 10^9$ Jahren in Form von Prokaryonten (Blualgen, Bakterien) auf.

Mit der Entfaltung des Lebens nahm auch der Einfluss der durch den Mechanismus der Photosynthese kinetisch bedingten Isotopenfraktionierung auf den terrestrischen Kreislauf des stabilen Kohlenstoffs immer mehr zu, bei dem ^{12}C in Pflanzen um etwa 4 bis 25‰ angereichert wird.

4. Schlussbemerkung

Es wurde gezeigt, dass der Einfluss terrestrischer Kontaminationen auf eine nahezu 10 Jahre lang sachgemäß gelagerte Probe des Murchison - Meteoriten sehr klein ist. Die gemessenen grossen Isotopenunterschiede zwischen Karbonat - organ. Extrakt - organ. Polymer werden phänomenologisch sehr treffend durch Bildungsmechanismen mittels FTT-Reaktionen beschrieben. Eine biogene Herkunft des organischen Materials ist mit den gemessenen Isotopenwerten unvereinbar.

Durch die Einordnung der analytischen Ergebnisse in gängige Vorstellungen über kosmo- und geochemische Evolutionen ist es möglich, eine grob qualitative Sequenz der Isotopenwerte vom interstellaren Raum bis zur terrestrischen Biosphäre anzugeben.

Der Verfasser dankt Dr. Kerridge (Los Angeles), Prof. C. Townes (Berkeley) und Prof. P. Hahn-Weinheimer (München) für wertvolle Diskussionsbeiträge, Prof. H. Wänke (Mainz) für die Überlassung der Probe und den Herren W. Graf und K. Trinkl (München) für die Durchführung analytischer Messungen.

Schrifttum

- ADAM, G. (1978): Vorstufen des Lebens. – In: *Biologie aktuell*, P. Böger und H. Sund, 201 - 219, Universitätsverlag Konstanz.
- ANDERS, E., HAYATSU, R. und STUDIER, M.H. (1973): *Organic Compounds in Meteorites*. – *Science*, 182, 781 - 790, USA.
- BOTTINGA, Y. (1969): Calculated fractionation factors for carbon and hydrogen isotope exchange in the system calcite-carbon dioxide-graphite-methane-hydrogen-water vapor. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 33, 49 - 64, Oxford.
- CAMERON, A.G.W. (1969): Physikal conditions in the primitive solar nebula. – In: *Meteorite research*, ed. P.M. Millman, 7 - 15, Reidel Publ. Comp., Holland.
- CLAYTON, R.N. (1963): Carbon isotope abundance in meteoritic carbonates. – *Science*, 140, 192 - 193, USA.
- CRAIG, H. und KEELING, C.D. (1963): The effects of atmospheric nitrous oxide on the measured isotopic ratio of atmospheric carbon. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 27, 549 - 551, Oxford.
- DEGENS, E.T. (1978): The protobiosphere. – *Chem. Geology*, 22, 177 - 187, Amsterdam.
- DEGENS, E.T. (1969): Biogeochemistry of stable carbon isotopes. – In: *Organic Geochemistry*, ed. G. Eglinton und M.T.J. Murphy, 304 - 329, Springer, New York.
- EIGEN, M. und SCHUSTER, P. (1979): *The hypercycle*. – Springer, Berlin - Heidelberg - New York.
- FUCHS, L.H. und JENSEN, K.J. (1970): Mineralogy and composition of the Murchison meteorite. – *Meteoritics*, 5, 198, Arizona.
- GALIMOV, E.M. (1973): Organic geochemistry of carbon isotopes. – In: *Advances in Organic Geochemistry*, ed. B. Tissot und F. Bierner, 439 - 452, Technip, Paris.
- GOLDANSKII, V.I. (1977): Mechanisms for formaldehyd polymer formation in interstellar space. – *Nature*, 268, 612 - 613, London.
- GRAF, W. (1979): Zur Fraktionierung der stabilen Kohlenstoffisotope in Erdölen aus dem süddeutschen Raum. – Dissertation, TU München.
- GRAF, W., HAHN-WEINHEIMER, P., HIRNER, A. und TRINKL, K. (1979): Isotopengeochemie - Bestimmung von Verhältnissen stabiler Isotope. – Forschungsbericht NTS 79, 18 S., 5 Abb., 12 Tab., BMFT, Bonn.
- HAHN-WEINHEIMER, P. (1971): Die Verwendung von stabilen Kohlenstoffisotopenverhältnissen zur Diskussion der Entstehung natürlicher Kohlenstoffverbindungen. – *Geol. Rundsch.*, 60, 1384 - 1392, Stuttgart.
- HAYATSU, R., MATSUOKA, S., SCOTT, R.G., STUDIER, M.H. und ANDERS, E. (1977): Origin of organic matter in the early solar system - VII. The organic polymer in carbonaceous chondrites. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 41, 1325 - 1339, Oxford.
- HERBST, E. und KLEMPERER, W. (1976): The formation of interstellar molecules. – *Physics today*, 19, 32 - 39.

- HOEFS, J. (1978): Some peculiarities in the carbon isotope composition of „juvenile“ carbon. – In: Stable Isotopes in the Earth Sciences, ed. B.W. Robinson, 181 - 184, DSIR, Neuseeland.
- HOYLE, F. und WICKRAMASINGHE, N.C. (1977): Polysaccharides and infrared spectra of galactic sources. – Nature, 268, 610 - 612, London.
- KVENVOLDEN, K., LAWLESS, J., PERING, K., PETERSON, E., FLORES, J., PONNAMPERUMA, C., KAPLAN, I.R. und MOORE, C. (1970): Evidence for extraterrestrial amino-acids and hydrocarbons in the Murchison meteorite. – Nature, 228, 923 - 926, London.
- LANCET, M.S. (1972): Carbon - isotope fractionations in the Fischer-Tropsch reaction and noble-gas solubilities in magnetite: Implications for the origin of organic matter and primordial gases in meteorites. – Ph.D. thesis, University of Chicago.
- LANCET, M.S. und ANDERS, E. (1970): Carbon isotope fractionation in the Fischer-Tropsch synthesis and in meteorites. – Science, 170, 980 - 982, USA.
- LARIMER, J.W. und ANDERS, E. (1967): Chemical fractionations in meteorites - II. Abundance patterns and their interpretation. – Geochim. Cosmochim. Acta, 31, 1239 - 1270, Oxford.
- LEVY, R.L., GRAYSON, M.A. und WOLF, C.J. (1973): The organic analysis of the Murchison meteorite. – Geochim. Cosmochim. Acta, 37, 467 - 483, Oxford.
- LEWIS, J.S., BARSHAY, S.S. und NOYES, B. (1979): Primordial retention of carbon by the terrestrial planets. – Icarus, 37, 190 - 206, London.
- LIBBY, W.F. (1971): Terrestrial and meteorite carbon appear to have the same isotopic composition. – Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 68, 377.
- McCREA, J.M. (1950): The isotopic chemistry of carbonates and a paleotemperature scale. – J. Chem. Phys., 18, 849 - 857.
- McIVER, R.D. (1967): Composition of kerogen; clue to its role in the origin of petroleum. – Proc. 7th World Pet. Congr., 25 - 36.
- NAGY, B. (1975): Carbonaceous meteorites. – 747 S., Elsevier, Amsterdam - Oxford - New York.
- OEHLER, D.Z., SCHOPF, J.W. und KVENVOLDEN, K.A. (1972): Carbon isotopic studies of organic matter in Precambrian rocks. – Science, 175, 1246 - 1248, USA.
- OLSEN, E. und GROSSMAN, L. (1978): On the origin of isolated olivine grains in type 2 carbonaceous chondrites. – Earth Planet. Sci. Lett., 41, 111 - 127, Amsterdam.
- PAGEL, B.E.J. (1979): Solar Abundances. A new table (October 1976). – In: Origin and distribution of the elements, ed. L.H. Ahrens, 79 - 80, Pergamon, New York.
- PINEAU, F., JAVOY, M. und BOTTINGA, Y. (1976): $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratio of rocks and inclusions in popping rocks of the Mid-Atlantic-Ridge and their bearing on the problem of isotopic composition of deep - seated carbon. – Earth Planet. Sci. Lett., 29, 413 - 421, Amsterdam.
- RINGWOOD, A.E. (1966): Chemical evolution of the terrestrial planets. – Geochim. Cosmochim. Acta, 30, 41 - 104, Oxford.
- ROBINSON, R. (1966): The origin of petroleum. – Nature, 212, 1291 - 1295, London.
- SMITH, J.W. und KAPLAN, I.R. (1970): Endogenous carbon in carbonaceous meteorites. – Science, 167, 1367 - 1370, USA.
- VANDEN BOUT, P.A. (1972): A measurement of the interstellar $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ ratio. – Astrophys. J. Letters, 176, L 127 - 129.
- VDOVKIN, G.P. (1970): Carbonaceous matter in meteorites. – NASA TT F-582, 319 S., Washington D.C.
- VINOGRADOV, A.P., KROPOTOVA, O.I., VDOVKIN, G.P. und GRINEKO, V.A. (1967): Isotopic composition of different phases of carbon in carbonaceous meteorites. – Geokhimiya, 3, 267 - 273, Moskau.
- WETHERILL, G.W. (1979): Apollo-Objekte. – Spektrum d. Wiss., Mai-Ausgabe, 86 - 96, Weinheim.
- WOLLMAN, E.R. (1973): Theory of interstellar abundances of the isotopes of carbon, nitrogen and oxygen. – Astrophys. J., 184, 773 - 785, USA.

Wer kennt die neue Adresse von:

– CHAMOT G.A., Dr. geol., P.O. Box 902, Houston, TX 77001, USA

Mitteilung bitte an den Präsidenten Herrn Dr. W. A. Mohler, Schützenmattweg 13, CH-4460 Gelterkinden