

**Zeitschrift:** Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern

**Herausgeber:** Naturforschende Gesellschaft in Bern

**Band:** 9 (1952)

**Artikel:** Der Meteorit von Utzenstorf : eine petrologische und petrochemische Studie

**Autor:** Huttenlocher, H. / Hügi, T.

**Kapitel:** B: Petrochemische Untersuchung

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-319458>

#### 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:** 09.01.2026

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

**B. PETROCHEMISCHE UNTERSUCHUNG (Th. H.)**

Der Utzenstorfer Meteorit erfuhr eine chemische und spektrographische Untersuchung. Der Zweck dieses Abschnittes ist es, kurz über die eingeschlagene Methodik und über die Resultate zu berichten, wobei letztere noch mit bereits vorliegenden Daten verglichen werden. Dabei zeigte es sich, daß eine eingehende Sichtung des schon bekannten analytischen Materials neue Gesichtspunkte zu liefern imstande wäre, doch ginge dies über den Rahmen der vorliegenden Arbeit hinaus.

**I. Chemisch-analytische Methoden**

Bei neueren Steinmeteoritanalysen ist fast durchwegs die bei einem Trennprozeß anfallende magnetische und unmagnetische Fraktion je für sich analysiert worden. Es sei in dieser Hinsicht bloß an die Publikationen von Merrill (1930), Dittler-Schadler (1933), Lightfoot-MacGregor-Golding (1935) erinnert. Gewisse Schwierigkeiten methodischer Art bestehen aber vor allem bei der exakten Bestimmung des Gehaltes an metallischem Eisen in Steinmeteoriten. Lange Zeit wurde hierzu eine von Friedheim (1888) beschriebene, die sogenannte  $HgCl_2-NH_4Cl$ -Methode benutzt. In neuerer Zeit wird meist anders vorgegangen. Statt das metallische Eisen analytisch-chemisch zu bestimmen und den FeO-Gehalt zu errechnen, wird letzterer analytisch erfaßt (als  $Fe_2O_3$ ) und der Fe-Gehalt berechnet. Kürzlich publizierte Wijk (1950) eine Arbeit mit einer revidierten Analyse des McKinney-Meteoriten, worin eine verbesserte Bestimmungsmethode für das metallische Eisen angegeben wird, welche auf dem Friedheim'schen Prinzip basiert. Da es a priori schwerhält, zu entscheiden, auf welche Weise die zuverlässigeren Fe-Werte resultieren, so wurde versucht, bei der Analyse eines Steinmeteoriten beide Wege einzuschlagen, um die Befunde einmal einander vergleichend gegenüberstellen zu können. Dies scheint um so gerechtfertigter, als neuerdings das Problem der Meteoritanalyse von Wahl (1950) prinzipiell diskutiert wird. Die eingehenden chemischen und spektrographischen Untersuchungen wurden an sorgfältig von Rinde befreitem Kernmaterial des Utzenstorfer Meteoriten vorgenommen. Überdies konnte «*Rindenmaterial*» in ausreichenden Mengen bereitgestellt werden (siehe hierzu H.H., S. 101), das zu vergleichenden chemischen Bestimmungen diente.

*a) Zur chemischen Untersuchung des Kernmaterials*

Es scheint angezeigt, vorgängig der Analysenresultate die befolgte Untersuchungsmethodik zu skizzieren. Rindenfreies Material wurde im Achatmörser sorgfältig pulverisiert und nach erfolgtem Passieren eines 0,1-mm-Siebes mittels eines Hufeisenmagneten in eine magnetische und unmagnetische Fraktion zerlegt (Fm und Fum). Dies geschah durch wiederholtes Beschicken des auf einen Holzrahmen gespannten, glatten Halbkartons mit Meteoritenpulver, wobei anfallendes magnetisches und unmagnetisches Material eine mehrfach aufeinanderfolgende Magnetbehandlung erlitt. Im Verlaufe der zu analytischen Arbeiten notwendig gewordenen Trennungen sind folgende Werte ermittelt worden:

Magnetische Fraktion	Unmagnetische Fraktion
21,4 %	78,6 %
18,6 %	81,4 %
19,6 %	80,4 %
Mittel: <u>19,9 %</u>	<u>80,1 %</u>

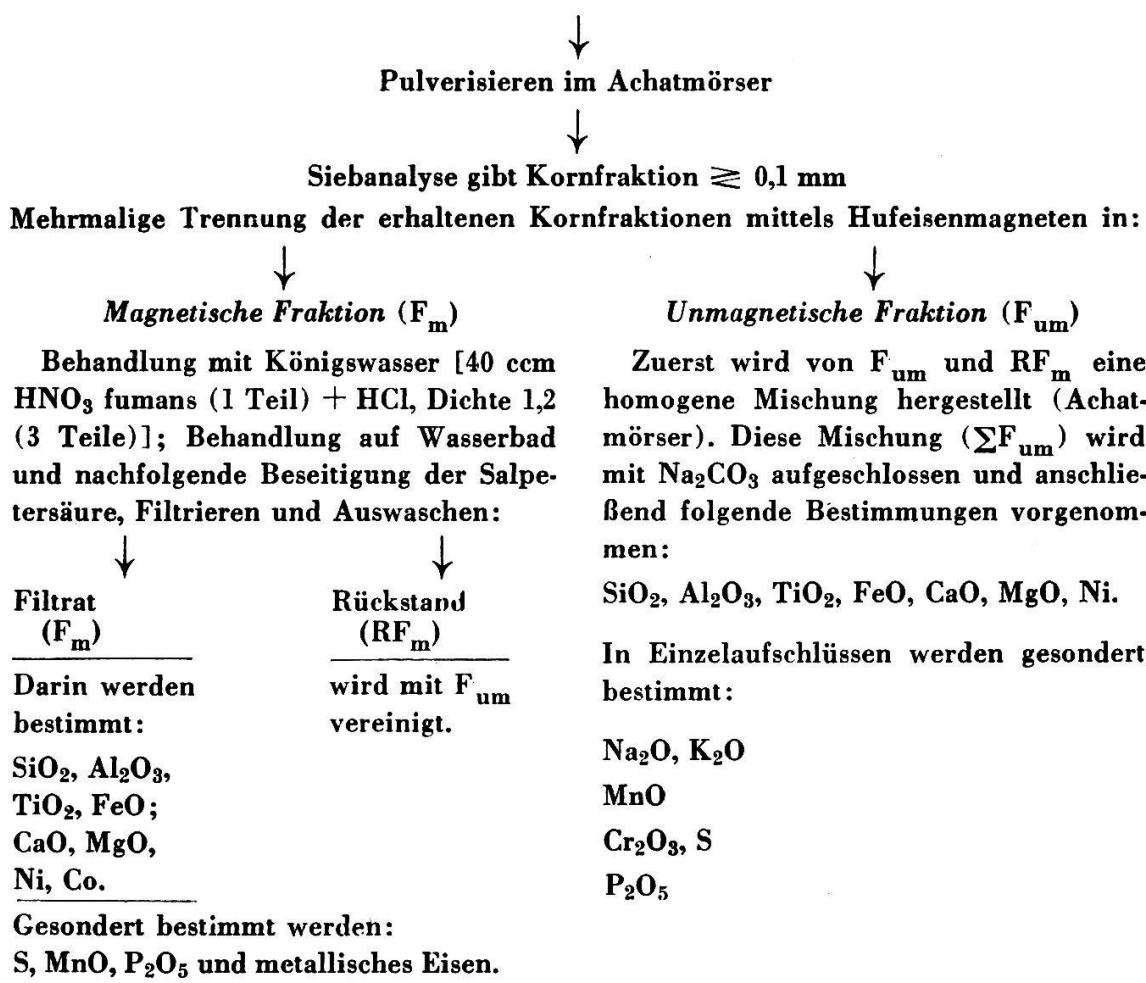
Ein «Mitlaufen» von kleinen Mengen Fremdmaterial war selbst bei sorgfältigstem Arbeiten mit der verfügbaren Einrichtung unvermeidbar, für die Bausch- oder Gesamtanalyse aber ohne Bedeutung.

Zur Vornahme der verschiedenen Bestimmungen wurde einerseits die magnetische Fraktion mit Königswasser behandelt und vom Unlöslichen abfiltriert ( $R_{Fm}$ ). Andererseits wurde die um  $R_{Fm}$  vermehrte unmagnetische Fraktion mit  $Na_2CO_3$  im Platintiegel aufgeschlossen. Die Analyse der beiden Fraktionen geschah nach Methoden, wie sie bei Dittler-Schadler (1933) und Merrill (1930) eingehend beschrieben wurden. Soweit sich Methoden der Gesteinsanalyse benutzen ließen, wurde im wesentlichen nach Dittler (1933) vorgegangen. Zur allgemeinen Orientierung dient ein Schema des Analysenganges (Tab. I), woraus die wesentlichen Daten über die Vorbehandlung und über die Abfolge der chemischen Untersuchung entnommen werden können.

Tabelle I

*Schema des Analysenganges*

Aus den für analytische Zwecke zur Verfügung gestellten Meteoritenbruchstücken (16,59 g) wurde eine Durchschnittsprobe von 6 g des rindenfreien Materials entnommen (sog. Kernmaterial).



N. B. Die für die einzelnen Fraktionen ermittelten Analysenwerte werden in der üblichen Weise auf die Gesamteinwaage verrechnet.

Zu den analytisch-chemischen Bestimmungen selbst sei Nachstehendes besonders hervorgehoben: Die Abscheidung der Kieselsäure erfolgte, wie bei der Gesteinsanalyse, zweimal. In den gesammelten Filtraten der Kieselsäure wurde die Trennung Fe, Al, Ti von Ni, Co, Mn, Zn insgesamt dreimal ausgeführt, und zwar nach der Acetatmethode (vgl. z. B. Treadwell 1937).

**Nickel und Kobalt:** Die bei der oben erwähnten Trennung anfallenden Filtere dienten zur Bestimmung von Ni und Co, wobei gemäß einem Vorschlag von Dittler-Schadler (1933) folgendermaßen vorgegangen wurde: Nach Zusetzen von 5 ccm  $HCl$  conc. erfolgte Abstumpfung mittels Ammoniak und nachher Erhitzen der Lösung im Erlenmeyerkolben. Hierauf konnte die Fällung der Metalle durch Schwefelwasserstoff (30 min.) durchgeführt werden. Nach Zugabe von conc. Ammoniak (70 ccm) wird der gebildete Niederschlag über Nacht stehengelassen, abfiltriert und dann mit schwefelwasserstoffhaltigem Wasser gewaschen. Zur nachherigen Lösung des Sulfidniederschlages diente verdünnte Salpetersäure. Vom Sulfidniederschlag wurde schließlich eine schwefelsaure Lösung hergestellt, diese durch Zusatz von Ammoniak alkalisch gemacht, Ammonsulfid und Hydrazinsulfat in entsprechenden Mengen beigefügt und ein Lösungsvolumen von ca. 200 ccm bei rund 3 V elektrolysiert und die Summe Ni + Co ermittelt. Die Trennung Ni/Co geschah nach der Methode Schugaff-Brunck

(siehe Treadwell 1937, S. 133), wobei Ni als Dimethylglyoxim gewogen und Co aus der Differenz gegenüber der Summe Ni + Co resultierte.

*Kalk und Magnesium:* Bei der starken Magnesiumvormacht bei Steinmeteoriten erfordert die Trennung Ca/Mg ganz besondere Sorgfalt. Nach den Erfahrungen von Biltz (siehe H. und W. Biltz, 1942, S. 156) ist unter anderm die Einhaltung der richtigen Fällungstemperatur wichtig. Wird das Calcium mit Ammoniumoxalat in der Siedehitze gefällt, so reißt es Magnesium mit. Die Erfahrung ergab als günstige Fällungstemperatur für eine hinreichend verdünnte Analysenlösung (nicht mehr als 0,15 g Mg auf 200 ccm) und für das Fällungsreagens ca. 80 ° C. Um eine möglichst vollständige Trennung zu erreichen, wurde die Calciumfällung dreimal nacheinander ausgeführt. Bestimmungsform für Kalk: CaO bzw. CaSO<sub>4</sub>; für Magnesium: Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>.

Überdies ist der Versuch unternommen worden, das Magnesium mittels der Komplexon-Methode nach Biedermann-Schwarzenbach (1948) zu bestimmen. Die Titrationen erfolgten in stark verdünnten, von Metallen und Calcium befreiten Analysenlösungen unter Zusatz von Komplexon III, Pufferlösung (Ammoniak-Ammonchlorid) und Indikator (Eriochromschwarz T). Der maßgebende Farbumschlag von Weinrot nach Blau war selbst bei Zusatz von Natriumsulfid sehr schleppend. Offenbar gelang es nicht, letzte Schwermetallspuren, insbesondere Vanadium, unschädlich zu machen (betreffend V-Gehalt siehe S. 118). Es wäre näher zu prüfen, inwieweit sich die komplexometrische Methode auch für Magnesium- oder Calciumbestimmungen in Meteoriten und Gesteinen eignet.

*Mangan:* Zur Manganbestimmung erwies sich die Kaliumperjodatmethode als zweckmäßig (siehe Dittler, 1933, S. 50). Mittels dieser Methode nachweisbare Mangangemengen fanden sich nur in der unmagnetischen Fraktion.

*Schwefel:* Ein aliquoter Teil des salzauren und kieselsäurefreien Filtrates der magnetischen Fraktion diente zur Schwefelbestimmung, wobei Bariumsulfat in der Siedehitze wie üblich nach Zugabe frisch zubereiteter, ebenfalls heißer Bariumchloridlösung ausfiel. Eine Sondereinwaage von 1 g wurde zur Bestimmung des Schwefelgehaltes in der unmagnetischen Fraktion benutzt (als BaSO<sub>4</sub>). Der Aufschluß erfolgte mit 0,5 g KNO<sub>3</sub> und 6 g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> in einem Ni-Tiegel.

*Chrom:* Vorgängig der oben erwähnten Schwefelbestimmung wurde das Filtrat des Aufschlusses auf 50 ccm konzentriert und Chrom kolorimetrisch gemessen, und zwar durch Vergleich mit einer entsprechend verdünnten Kaliumchromatlösung. Die magnetische Fraktion enthielt kein Chrom in nachweisbaren Mengen.

*Titan:* Kolorimetrisch nur in der unmagnetischen Fraktion nachweisbar.

*Phosphorsäure:* P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> konnte mittels der Methode nach Woy nur in der unmagnetischen Fraktion erfaßt werden.

*Alkalien:* Vornahme des Alkaliaufschlusses nach der Smith'schen Methode, und zwar an Material der unmagnetischen Fraktion (Summe der Chloride und Kalium als K<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub> gewogen).

*Eisen:* Bestimmt bzw. berechnet wurden freies und an Schwefel gebundenes Fe sowie in Silikaten vorhandenes FeO. Dabei waren zur Aufteilung des Eisengehaltes bei bekanntem Gesamteisengehalt (auf FeO umgerechnetes Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) zwei verschiedene Methoden maßgebend.

*Methode nach Wijk (1950):* Rund 2 g (Einwaage 1,6781 g) des feingepulverten, rindenfreien Meteoritenmaterials wurden in einen mit Bunsenventil versehenen Meßkolben (200 ccm) eingebracht. Nach Zufügen von 6 g HgCl<sub>2</sub>, 6 g NH<sub>4</sub>Cl und ca. 150 ccm

dest. Wasser blieb der Kolben für 7 bis 8 Stunden auf dem Wasserbad bei bloß  $80^{\circ}\text{C}$  (gelegentliches Umschütteln unerlässlich)<sup>2</sup>. Die Titration mit n/10 KMnO<sub>4</sub>-Lösung erfolgte unter Zusatz von MnSO<sub>4</sub> und H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, nachdem die Lösung über Nacht in der Kälte gestanden hatte. Daraus resultiert der Gehalt an metallischem Eisen (= Fe). Wird andererseits vom Gesamteisen das metallische Eisen und das an Schwefel gebundene Eisen abgezogen, so erhält man das an Silikat gebundene FeO.

*Methode nach Dittler-Schadler (1933), S. 219:* Eine Teilanalyse von 1 g der unmagnetischen Fraktion diente zur Ermittlung der in Salzsäure (Dichte 1,06) löslichen Silikate. Es ließ sich aus den bestimmten Oxydwerten die an SiO<sub>2</sub> und MgO gebundene Menge FeO errechnen ( $x \cdot \text{Mg}_2\text{SiO}_4 \cdot \text{Fe}_2\text{SiO}_4 =$  Zusammensetzung des Orthosilikates). Aus dem verbleibenden Eisen ist die an Schwefel zu bindende Fe-Menge in Abzug zu bringen, und aus der verbleibenden Differenz zum Gesamteisen ergibt sich die im Meteoriten enthaltene Menge metallischen Eisens (= Fe).

### b) Zur spektrographischen Untersuchung des Kernmaterials

Während eines Studienaufenthaltes am «Macaulay Institute for Soil Research» (Aberdeen) bot sich Gelegenheit, Kernmaterial spektrographisch zu untersuchen.<sup>3</sup> Die Bestimmung der verschiedenen Gehalte erfolgte nach der von Mitchell (1948) beschriebenen semi-quantitativen Methode mittels Aufnahmen im «Cathode Layer Arc» (Large Hilger Quartz-Spectograph, Wellenbereich 2470—8000 Å). Die so gewonnenen Spektren wurden mit Hilfe von Standardplatten verglichen, welche unter den gleichen Aufnahmebedingungen mit Mischungen bekannter Spurengehalte verschiedener Konzentrationen hergestellt worden sind (1, 3, 10, 30, 100, 300, 1000, 3000, 10 000 parts per million). Diese die Spurenelemente enthaltende Mischung aus spektrographisch reinen Chemikalien weist folgende Zusammensetzung auf:

SiO <sub>2</sub> .....	63,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	20,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	5,0
CaCO <sub>3</sub> .....	3,6
MgO .....	2,0
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .....	3,5
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	3,5
TiO <sub>2</sub> .....	1,0

101,6 % \*

\* Nach erfolgtem Glühen  
der Mischung = 100 %

<sup>2</sup> Wie mir Herr H. B. Wiik freundlicherweise in einem Brief vom 13. November 1950 mitteilte, hatte sich das Kochen nicht bewährt (vgl. Wiik, 1950).

<sup>3</sup> Den Herren Dr. Mitchell und Dr. Scott danke ich für die erhaltene Einführung in die Theorie und Praxis der Spektrographie. Der Studienaufenthalt selbst wurde mir in verdankenswerter Weise durch Mittel der «Stiftung für Stipendien auf den Gebieten der Mineralogie und Petrographie» und der «Stiftung zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung an der bernischen Hochschule» ermöglicht.

Bei der spektrographischen Analyse wurden möglichst viele Spurenelemente erfaßt, und zwar, soweit dies die auch für andere Arbeiten verwendeten Standardmischungen zuließen.

### c) Zur chemischen Untersuchung des «Rindenmaterials»

Wie auf S. 101 näher dargelegt worden ist, war es nicht möglich, reines Rindenmaterial zu gewinnen, da die unregelmäßig beschaffene Trenn- und Ablösungsfläche nicht genau der stofflichen Grenze Rinde — Kern folgt. An der chemisch untersuchten «Rinde» beteiligen sich Rinde im engeren Sinne und fest mit dieser verbundenes Kernmaterial im Verhältnis 1 : 4. Es schien von Interesse, den Fe-, S- und SiO<sub>2</sub>-Gehalt zu ermitteln (Fe-Bestimmung nach W i i k , 1950, siehe hierzu S. 118).

## II. Chemisch-analytische Resultate

### a) Chemische Analyse des Kernmaterials

In der nachstehenden Tabelle II finden sich neben andern Daten die Resultate der chemischen Untersuchung zusammengestellt. Bei Bestimmung des metallischen Eisens nach W i i k (siehe S. 113) wurden die unter Analyse 1 angeführten Zahlen erhalten. Unter Analyse 2 dagegen finden sich gemäß der Methode Dittler-Schadler (siehe S. 111) die gefundenen Werte für Eisenoxyd und Eisen. Die Prozentgehalte der übrigen Bestandteile sind die gleichen wie in Analyse 1. Aus der Analyse der salzsäurelöslichen Silikate errechnete sich folgende Silikat-Zusammensetzung, die für die Verteilung FeO/Fe maßgebend war: 2,86 Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> · Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>. Gemäß einem Vorschlag von W a h l (1950a) sind die Analysenzahlen zu den Gruppen *Silikat*, *Metall* und *Eisensulfid* zusammengefaßt worden. Der nach Analyse 1 gefundene Fe-Gehalt ist um 0,68 % niedriger als in Analyse 2, die FeO-Werte dagegen unterscheiden sich bloß um 0,10 %. Die erhaltenen Daten berechtigen wohl, anzunehmen, daß nach beiden Methoden brauchbare Meteoritenanalysen zustande kommen können. Tabelle II enthält außerdem den errechneten Mineralbestand und eine Vergleichsanalyse. Errechneter Mineralbestand und mikroskopische Beobachtung stehen grosso modo im Einklang, wenn wir vom Feldspatgehalt absehen (siehe S. 72). Es ist jedoch zu beachten, daß der immer-

hin merkliche Alkaligehalt von Pyroxen mangels verbindlicher Daten nicht gebührend in Rechnung gestellt werden konnte und daher der Feldspatgehalt hier zu hoch erscheint.

Tabelle II

*Meteorit von Utzenstorf, Gesamtanalyse (Kernmaterial)*

	1	2	3	4
$\text{SiO}_2$ .....	36,21 %	36,21 %		36,55 %
$\text{TiO}_2$ .....	0,11	0,11	«Feldspat» . . . 8,0 %	0,14
$\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	1,88	1,88	Pyroxen . . . 30,6	1,91
$\text{Cr}_2\text{O}_3$ .....	0,08	0,08	Olivin . . . 41,4	0,52
FeO .....	14,10	14,20	Merrillit . . . 0,4	10,21
MnO .....	1,60	1,60		0,35
MgO .....	22,94	22,94		23,47
CaO .....	2,26	2,26		2,41
$\text{Na}_2\text{O}$ .....	1,27	1,27		0,78
$\text{K}_2\text{O}$ .....	0,33	0,33		0,20
$\text{P}_2\text{O}_5$ .....	0,22	0,22		0,30
$\text{H}_2\text{O}^+$ .....	0,00	0,00		0,15
$\text{H}_2\text{O}^-$ .....	0,00	0,00		0,06
 <i>Silikate</i> .....	81,00	81,10	80,4	77,05
Fe .....	11,91	12,59		15,15
Ni .....	1,55	1,55		1,88
Co .....	0,14	0,14		0,13
 <i>Metall</i> .....	13,60	14,28	13,2	17,16
Fe .....	3,25	3,25		3,88
S .....	1,87	1,87		2,23
 <i>Schwefeleisen</i> .....	5,12	5,12	* 6,4	6,11
 Summe .....	99,72 %	100,50 %	100,0 %	100,32 %
Spez. Gewicht .....	3,734	3,734	(pyknometrisch)	(in Lit. 100,29 % !)
Analytiker: Dr. T h . H ü g i				H. B. Wiik

1 = Analyse mit Fe-Bestimmung nach Friedheim-Wiik (FeO berechnet).

2 = Analyse mit FeO-Bestimmung im HCl-löslichen silikat. Anteil (Fe berechnet).

3 = Berechneter Mineralbestand.

Zum Vergleich:

4 = «Crystalline Chondrite» Oakley, Kansas, USA (unpubl. Analyse Wiik, vgl. Wahl, 1950a, S. 419).

\* = Schwefeleisen + Chromit

*b) Spektrographische Analyse des Kernmaterials*

Die mit Hilfe der auf S. 114 knapp skizzierten Methode gewonnenen spektrographischen Resultate sind in Tabelle III aufgeführt. Die Gehalte eines Spurenelementes sind in Teilen pro Million (parts per million) angegeben. Da bei der Beurteilung spektrographischer Resultate der Empfindlichkeit der jeweils angewendeten Methode ausschlagende Bedeutung zukommt, so enthält die Kolonne 2 der Tabelle III die für den vorliegenden Fall geltenden Nachweisgrenzen («sensitivity») der verschiedenen Elemente (vgl. hierzu M i t c h e l l, 1948, table 3, p. 84). Während die für Ni und Co gefundenen Werte großenordnungsmäßig mit den auf chemisch-analytischem Wege gefundenen übereinstimmen, trifft dies für Chrom nur bedingt zu. Hier ist aber zu beachten, daß die große Diskrepanz im Fe-Gehalt zwischen Standard- und Untersuchungsmaterial (20 %) keine zuverlässige Chrombestimmung mehr zuläßt. Es handelt sich übrigens um einen Gehalt, der bereits mit analytisch-chemischen Methoden erfaßbar ist.

Tabelle III

*Meteorit von Utzenstorf, Spektrographische Analyse des Kernmaterials*

	1 Gehalte in p. p. m.	2 Untere Nachweisgrenze in p. p. m.
Ag	*	1
Ba	40	5
Be	*	5
Bi	*	100
Cd	*	300
Co	$< 10\,000$	2
Cr	um 1000—10 000	1
Cu	100	1
F	*	?
Ga	*	1
Ge	*	10
Hg	*	1000
In	*	?
La	*	30
Li	1	1
Mo	*	1
Ni	$> 10\,000$	2
Pb	*	10
Rb	*	20
Sb	*	300

1                            2  
Gehalte in p. p. m. Untere Nachweisgrenze  
in p. p. m.

Sc .....	*	10
Sn .....	*	5
Sr .....	*	10
Th .....	*	?
Tl .....	*	50
V .....	50	5
W .....	*	300
Y .....	*	30
Zn .....	*	300
Zr .....	*	10

Hauptbestandteile: Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, Si, (Ti).

Analytiker: Dr. Th. Hüg i.

*Legende:*  $> 10\,000 \text{ p. p. m.} (\text{parts per million}) = 1\% = \text{Hauptbestandteile}$

$1000 \text{ p. p. m.} = 0,1\%$

$100 \text{ p. p. m.} = 0,01\%$

$10 \text{ p. p. m.} = 0,001\%$

$1 \text{ p. p. m.} = 0,0001\%$

\* bedeutet, daß das in Frage stehende Element abwesend oder nur in Mengen vorhanden ist, die unter der Nachweisgrenze liegen.

### c) Chemische Untersuchung an «Rindenmaterial»

Im Laufe der Untersuchung zeigte es sich, daß der angestrebte bilanzmäßige Vergleich zwischen Chemismus von Kern und Rinde wegen der Unreinheit des anfallenden Materials auf Schwierigkeiten stieß. Bei niedrigerem spezifischem Gewicht erwies sich der Fe-Gehalt der «Rinde», verglichen mit dem Kern, als höher. Durch Beobachtungen an An- und Dünnschliffen von «Rinden»-Querschnitten findet der größere Fe-Gehalt durch den relativ hohen Metall- und Sulfidgehalt eine Erklärung. Das niedrigere spezifische Gewicht ist durch den großen Porenreichtum der «Rinden»stücke verursacht. Unter all diesen materialbedingten Verhältnissen mußte von dem ursprünglich angestrebten chemischen Vergleich Kern — Rinde Umgang genommen werden. Nachstehend seien lediglich die gewonnenen Resultate der auf S. 101 näher gekennzeichneten «Rinde» mitgeteilt.

Tabelle IV

*Meteorit von Utzenstorf, Teilanalyse der «Rinde»*

$\text{SiO}_2$ .....	33,86 %
$\text{FeO}$ .....	10,57
Fe .....	17,48
Fe .....	2,52
S .....	1,45

} (Metallisches Eisen)  
} (Schwefeleisen)

Spez. Gewicht: 3,39 (pyknometrisch).

Analytiker: Dr. Th. Hügi.

**III. Vergleiche mit bekannten analytischen Daten**

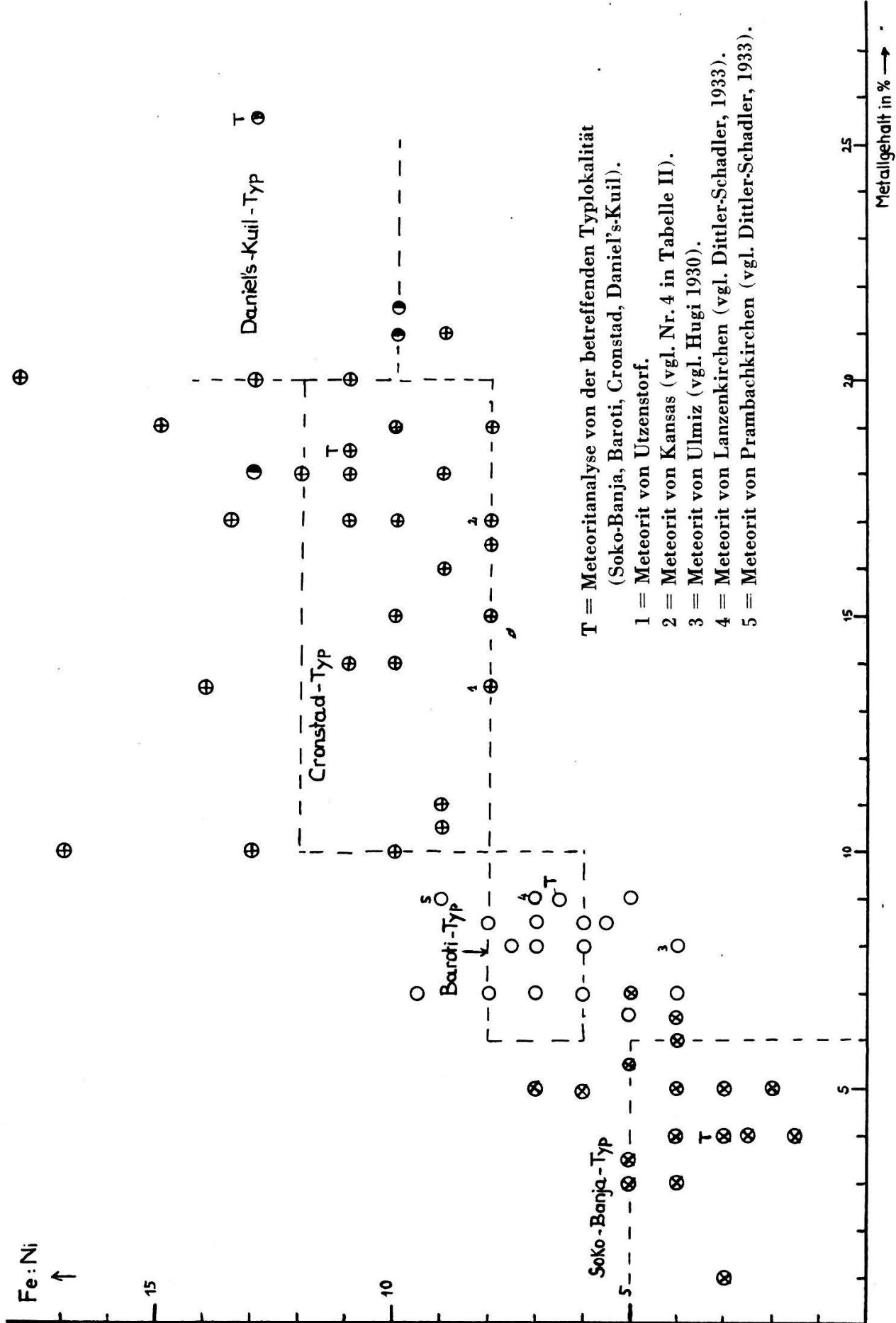
Für chondritische Meteorite ist von Prior (1916) eine genetische Klassifikation mit vier verschiedenen Typen gegeben worden, die unter anderem durch folgende Zahlenwerte näher gekennzeichnet sind:

Tabelle V

Typ	Metallgehalt ( $\text{Fe} + \text{Ni} + \text{ev.} [\text{Co}]$ )	Fe : Ni	$\text{MgO} : \text{FeO}$
1. Daniel's Kuil (Südafrika)	20 % und mehr	> 10	30 bis $\infty$
2. Cronstad (Südafrika) ...	10 %	um 10	i. a. 4—6
3. Baroti (Punjab) ....	6—10 %	6—8	i. a. 3—4
4. Soko-Banja (Serbien) ...	< 6 %	< 5	< 3

Textfig. 7 enthält außer den von Prior mitgeteilten Werten einer größeren Zahl von Analysen auch die entsprechenden Daten der Tabelle II für Metallgehalt und Fe : Ni-Verhältnis. Die Felder der vier Typen sind entsprechend den Daten von Tabelle V umgrenzt. Es ist leicht ersichtlich, daß sich die Typen nicht durchwegs scharf gegeneinander abgrenzen lassen. Eine Reihe von Analysen liegen außerhalb der Felder. Eine vorgenommene Dreiecksprojektion der gleichen Werte zuzüglich derjenigen von  $\text{MgO} : \text{FeO}$  zeigte ein deutliches Ineinandergreifen von Soko-Banja- und Baroti-Typ (starke Variabilität des  $\text{MgO} : \text{FeO}$ -Verhältnisses). Nach Prior ist der Utzenstorfer Meteorit chemisch dem Cronstad-Typ zuzuweisen: Metallgehalt = 13,6 %; Fe : Ni = 8;  $\text{MgO} : \text{FeO} = 3$ .

Wie den Ausführungen von S. 71 zu entnehmen ist, entspricht der beobachtete Mineralbestand nicht in allen Teilen demjenigen des Cronstad-Typs, der eisenhaltigen Olivin und Pyroxen führt, derart, daß im all-



*Textfig. 7* Darstellung der Priorischen Chondrit-Typen in Abhängigkeit von Metallgehalt und Verhältnis Fe : Ni. Kreise ohne Bezeichnung beziehen sich auf die im Prior (1916) angeführten Meteoritanalysen

gemeinen ein MgO : FeO-Verhältnis von 4 — 6 resultiert. Pyroxen ist vorwiegend Bronzit neben etwas kalkarmen, monoklinen Pyroxen. Als Feldspat tritt Oligoklas auf. Ebenfalls dem Cronstad-Typ zuzuordnen ist der vergleichsweise in Tabelle II angeführte Meteorit von Kansas (Analyse 3).

Merrill (1930) hat es unternommen, an Hand von 63 Analysen die durchschnittlichen Gehalte der in Steinmeteoriten enthaltenen Bestandteile zu erfassen, und fand dabei Folgendes:

Tabelle VI

*Durchschnittszusammensetzung der Steinmeteorite nach Merrill*

SiO <sub>2</sub> .....	38,41 %
TiO <sub>2</sub> .....	0,16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	2,86
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,92
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,40
Fe (Metallisches Eisen) .....	12,35
Ni (Metallischer Nickel) .....	1,09
Co (Metallisches Kobalt) .....	0,10
FeO .....	13,60
NiO .....	0,40
CoO .....	0,06
CaO .....	1,88
MgO .....	23,66
MnO .....	0,23
Na <sub>2</sub> O .....	0,82
K <sub>2</sub> O .....	0,16
H <sub>2</sub> O+ .....	0,47
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0,34
S .....	1,89
Cu .....	0,01
C .....	0,16
Cl .....	0,08
<hr/>	
	100,05 %

Ein Vergleich der in den Tabellen II und VI angeführten Zahlen ergibt, daß der Utzenstorfer Meteorit gegenüber den Durchschnittswerten keine außerordentlichen Abweichungen aufweist. Wie notwendig die kritische Überprüfung von extremen Gehalten eines bestimmten Elementes in Meteoriten ist, geht unter anderem aus einer Arbeit von Wahl (1950) hervor. Darin werden auf Grund von Kontrollanalysen ungewohnte Al-

kali-, Tonerde- und Kalk-Werte früher publizierter Meteoritanalysen berichtet. Interessanterweise erscheint der CaO-Gehalt der ursprünglichen Analysen zu Ungunsten von MgO zu hoch.

Da seinerzeit am Ulmizer Meteoriten alles Eisen als  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  bestimmt worden ist, so kann er nur an Hand der errechneten Daten mit dem Utzenstorfer verglichen werden (vgl. Hug i, 1930, p. 101). Der Ulmizer Meteorit wäre demnach metallärmer:  $\text{Fe} + \text{Ni} = 7,8\%$ ;  $\text{Fe} : \text{Ni} = 4$ . Er gehört gemäß dem Projektionspunkt in Fig. 1 zum Baroti-Typ.