

Zur  
Lagerstättenkunde Westspaniens

Überblick über die Petrographie  
und mineralogische Beschreibung der Lagerstätten Zentral-Estremaduras

Von der  
Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich

zur  
Erlangung der Würde eines Doktors  
der

Naturwissenschaften  
genehmigte  
Promotionsarbeit

vorgelegt von  
Max Weibel  
von Schüpfen (Bern)

Referent: Prof. Dr. C. Burri

Korreferent: Prof. Dr. F. Laves

1955

Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg

Aus dem Mineralogischen Institut der Eidg. Techn. Hochschule Zürich.

**Zur Lagerstättenkunde Westspaniens.  
Überblick über die Petrographie  
und mineralogische Beschreibung der Lagerstätten Zentral-Estremaduras.**

Von

MAX WEIBEL.

Mit 14 Textabbildungen.

(Eingegangen am 4. März 1955.)

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort . . . . .	379
I. Zur Petrographie Zentral-Estremaduras . . . . .	380
1. Schiefer . . . . .	382
2. Quarzite . . . . .	383
3. Kalksteine . . . . .	383
4. Granite . . . . .	384
5. Quarzporphyre . . . . .	386
6. Biotitgneis von Malpartida . . . . .	386
7. Diabase . . . . .	386
8. Gabbros von Mérida . . . . .	387
II. Allgemeines zu den Lagerstätten Zentral-Estremaduras . . . . .	387
III. Amblygonit- und Zinnerzlagerstätten . . . . .	389
1. Trascuilón und Valdeflores . . . . .	389
Quarz S. 391. — Amblygonit S. 392. — Muskowit S. 395. — Zinnstein S. 396. — Apatit S. 396. — Sulfide S. 397. — Augelit S. 398. — Childrenit S. 399. — Weißer Ton S. 400. — Pseudomalachit, Goethit, Gold S. 400.	
2. Logrosán . . . . .	401
Zinnstein S. 401. — Übrige Mineralien S. 403	
IV. Phosphatlagerstätten . . . . .	404
1. Logrosán . . . . .	404
2. Aldea Moret . . . . .	404
Quarz und Apatit S. 405. — Zinkblende und übrige Mineralien S. 406.	
V. Wolframitlagerstätten . . . . .	406
1. Acebuche . . . . .	407
Wolframit S. 407.	
2. Valencia de Alcántara . . . . .	408
VI. Vergleich mit anderen Lagerstätten . . . . .	409
Zusammenfassung . . . . .	410
Literatur . . . . .	410

**Vorwort.**

Die Arbeit ist in den Jahren 1952—1954 entstanden. Durch die Gewährung von Austauschstipendien wurde mir nicht nur der Aufenthalt in Spanien, sondern auch die Durchführung der Spektralanalysen am Göttinger Institut ermöglicht. Für das großzügige Entgegenkommen danke ich hier dem Präsidenten des Schweizerischen Schulrates, Herrn Prof. Dr. H. PALLMANN. Außerdem bin ich folgenden Personen verpflichtet: meinem verstorbenen Lehrer Prof. Dr. P. NIGGLI für die Überlassung dieser Arbeit. Meinen Lehrern Herrn Prof. Dr. C. BURRI und Herrn Prof. Dr. R. L. PARKER, sowie Herrn Prof. Dr. F. LAVES, ETH und Universität Zürich, für ihr unermüdeliches Interesse. Herrn Prof. Dr. P. RAMDOHR, Universität Heidelberg, für die Bestimmung der Erzanschliffe. Herrn Prof. Dr. C. W. CORRENS und Herrn Dr. K. H. WEDEFOHL, Universität Göttingen, für vielerlei Ratschläge bei den spektralanalytischen Untersuchungen. Herrn Dr. O. BRAITSCHE, Universität Göttingen, für die Bestimmung eines Tonminerals. Herrn Prof. Dr. M. SAN MIGUEL DE LA CÁMARA und Herrn Dr. J. M. FÚSTER, C.S. de I.C. und Universität Madrid, für wertvolle Hilfe in Spanien.

### I. Zur Petrographie Zentral-Estremaduras.

Von den verschiedensten Teilen Zentral-Estremaduras, eines rund 90 auf 150 km messenden Gebietes, habe ich Gesteinsmuster gesammelt und später im Dünnschliff untersucht. Fünf typische Proben habe ich chemisch analysiert. Es war keine umfassende petrographische Bearbeitung der ganzen Region vorgesehen. Mit den nachfolgenden Ausführungen soll bloß ein Überblick über die wesentlichsten Gesteine, die am Aufbau Zentral-Estremaduras beteiligt sind, verschafft werden. Bisher wurde eine solche Untersuchung nie vorgenommen. Die wenigen Blätter 1:50000 der geologischen Karte Spaniens, die über Estremadura erschienen sind, berücksichtigen die Petrographie nur ungenügend. Gelegentlich enthalten sie auch grobe Fehler. Auf dem Blatt von Cáceres beispielsweise sind Gesteine eingezeichnet (Diorite), die dort nicht vorkommen.

Estremadura ist ein Teil der westspanischen *Meseta*, wie die zusammenhängende Masse paläozoischer Gesteine im Westen der Iberischen Halbinsel genannt wird. Die Meseta reicht von der Atlantikküste Galiziens bis zur Sierra Morena. Südlich schließt die Guadalquivirebene an, die durch die bekannte Verwerfung am Südrand der Sierra Morena begrenzt ist. Gegen das Mittelmeer hin haben wir in der Betischen Kordillere ein neues, nämlich alpines Bauelement vor uns. Weniger einfach ist die Grenze der Meseta im Osten. Hier taucht das Paläozoikum vermutlich unter die mächtigen Tertiärformationen Alt- und Neukastiliens. Nur in der Sierra de Gredos und der Sierra de Guadarrama (Kastilisches Scheidegebirge) setzt es sich weit nach Osten fort.

STAUB (1926) hatte große Teile Nordwest- und Westspaniens für archaisch gehalten. Diese Ansicht ließ sich in der Folge nicht ganz bestätigen. Die Granite und Gneise, die neben kambrischen und silurischen Schiefen die Meseta aufbauen, entsprechen im allgemeinen jüngeren Bildungen. In einigen Fällen mögen sie präsilurisch sein, in der Mehrheit sind sie jedoch postsilurisch. Nachweisbar präkambrische Formationen sind in der Meseta vor allem aus der Sierra Morena bekannt geworden. Entlang der Bahnlinie Sevilla-Mérida nahe der Station El Pedroso (Provinz Sevilla) werden algonkische Glimmerschiefer diskordant von einem kambrischen Basalkonglomerat überlagert, das auch Granitgerölle enthält (HERNÁNDEZ-PACHECO 1953). Auch in der südlichen Provinz Badajoz und im Alentejo (Portugal) tritt wahrscheinlich Präkambrium auf.

Ob auch die Gneise und Glimmerschiefer Galiziens präkambrisch sind und Reste einer alten galizischen Masse darstellen, läßt sich heute nicht entscheiden. Sie bilden das Nebengestein von Graniten, die man in Analogie zur übrigen Meseta ins Karbon stellt. An diese Granite sind die reichen Wolfram- und Zinnlagerstätten Galiziens gebunden. PARGA PONDAL (mündliche Mitteilung) konnte in der Provinz La Coruña drei verschiedene Formationen feststellen. Der ältesten gehören Augengneise und Glimmerschiefer an, der mittleren Granitgneise und der jüngsten Granite sowie vereinzelt Grabbos. Eine detaillierte Kartierung steht noch aus. Die spanische geologische Karte 1:1000000 (1952) ist in diesem Gebiet unbrauchbar.

In der Sierra de Gredos (Kastilisches Scheidegebirge) konnte SCHMIDT-THOMÉ (1945) mehrere Intrusionsphasen feststellen, die er alle für herzynisch hält. In der Provinz Cáceres kommt den Graniten dasselbe Alter zu. Sie sind diskordant mit herzynisch verfalteten kambrischen und silurischen Sedimenten. Eine Alters-

begrenzung nach oben auf stratigraphischer Basis ist aber nicht möglich, weil im mittleren und nördlichen Teil der Meseta vom Oberdevon bis ins Untertertiär sedimentäre Ablagerungen fehlen. In der Sierra Morena und auch in Asturien tritt noch Karbon hinzu. Im Mesozoikum war die ganze Meseta Trockengebiet.

*Estremadura* umfaßt die beiden westspanischen Provinzen Cáceres und Badajoz. Mit Zentral-Estremadura wird das Gebiet südlich vom Tajo bis zum Guadiana bezeichnet. Es ist eine öde Hochfläche mit dem Provinzhauptort Cáceres im Mittelpunkt (39°28' N, 6°22' W, 45000 Einwohner). Von der portugiesischen

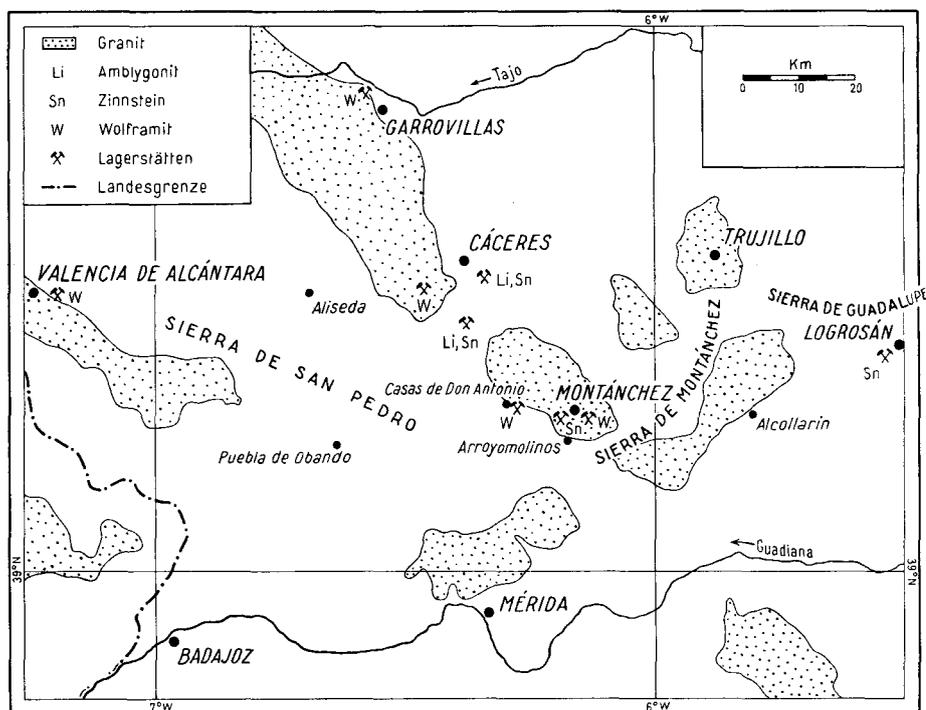


Abb. 1. Verteilung der Granite und Erzlagerstätten in Zentral-Estremadura. Nach eigenen Untersuchungen und der geologischen Karte von Spanien und Portugal 1:1000000.

Grenze bis ins Bergland von Toledo 200 km im Osten bietet sich immer wieder das gleiche einförmige Bild steilgestellter siluro-kambrischer Schiefer, die durch einige große Granitintrusionen unterbrochen sind. Daneben überragen langgestreckte, weithin sichtbare Quarzitberge des Ordoviziums die eintönige Landschaft. In unmittelbarer Nähe von Cáceres sind fossilführende devonische Sedimente erhalten, die sonst in Estremadura fast durchweg der Erosion zum Opfer gefallen sind.

Kambrium, Silur und herzynische Granite sind die hauptsächlichsten Formationen, die das Landschaftsbild Zentral-Estremaduras bestimmen. Die Tertiär- und Quartärbildungen des Guadianabeckens lassen wir dabei unberücksichtigt. Zum Kambrium gehören die weiten Ebenen im Norden und Osten von Cáceres. Aus Silur bestehen die Sierra de San Pedro im Westen, die Hügelketten bei Cáceres und die Sierra de Guadalupe im Osten. Granite endlich treten vor allem in dem großen Batholiten nordwestlich von Cáceres und in einigen nur wenig kleineren Intrusionen südöstlich davon auf. Sie bilden ausgedehnte, leicht gewellte

Hochflächen. Ihr herzynisches Alter steht außer Zweifel, die Sierra de Montánchez vielleicht ausgenommen.

Die Hauptstreichrichtung ist in Estremadura NW, bedingt durch die starke Faltung im Herzynikum. Sie zeigt sich im Verlaufe der großen silurischen Quarzitketten in der Sierra de San Pedro und im Bergland von Guadalupe, ebenso wie in der Anordnung der Granitbatholite, die oft eine langgestreckte, NW-SE orientierte Form besitzen. Die Granite selbst sind dagegen richtungslos massig. Dieser herzynischen Streichrichtung stellt HERNÁNDEZ-PACHECO (1950) eine ältere, NE verlaufende gegenüber, der die Sierra de Montánchez zugerechnet wird. Neben Graniten kommen dort auch metamorphe Gesteine (z. B. Zoisitschiefer) vor. Wenn die Sierra de Montánchez tatsächlich älter ist als die übrigen Granitintrusionen, wird schwer zu erklären sein, weshalb allein hier in weitem Umkreis dieses orthogonale Streichen erhalten geblieben ist und warum es nicht von der herzynischen Orogenese überprägt wurde.

### 1. Schiefer.

Die Schiefer Zentral-Estremaduras sind teils kambrisch, teils silurisch. Die kambrischen Schiefer sind in dieser Gegend praktisch fossilleer, und ihr Alter ist daher fraglich. Sie werden auf Grund ihrer Lagerung zum Silur und in Analogie zu benachbarten Gebieten ins Kambrium gestellt. In den Silurschiefern, die sich lithologisch kaum von den vorhergehenden unterscheiden, sind schon verschiedentlich Fossilien gefunden worden (z. B. *Monograptus priodon*, *Diplograptus hispanicus* u. a.). In den untern Horizonten werden die Silurschiefer zudem von weithin sichtbaren Quarzitbänken begleitet. Die Grenzen zwischen Kambrium und Silur sind ziemlich willkürlich.

Die Schiefer beider Formationen sind von einer großen Einförmigkeit, stets steilgestellt und intensiv verfaltet. Es handelt sich im Mikroskop um fast dicht erscheinende Tonschiefer und Phyllite. Im Bereich der Quarzite treten kieselige Typen auf. An Granitkontakten kommen Fleckenschiefer vor. Intensiver ist die Metamorphose, die die Schiefer im Bereich von Erzlagerstätten erlitten haben. Hier spielten allerdings pneumatolytische Prozesse mit. Entlang der kleinen Granitintrusion von Logrosán, die reich an Zinnadern ist, sind die Schiefer biotitisiert und haben eine auffällige Wabentextur. Eine ähnliche Umwandlung beobachtete ich auf der Wolframlagerstätte von Valencia de Alcántara.

Die auffallendste Veränderung der Schiefer im Zusammenhang mit der Lagerstättenbildung besteht in einer *Turmalinisierung*. Bei Valdeflores (in der Nähe von Cáceres) enthalten die Schiefer massenweise neugebildeten, aber nur im Mikroskop sichtbaren Turmalin. Er ist feinstenglig und ungefähr parallel der Schieferung angeordnet. Die Farbe ist im Dünnschliff wegen der geringen Ausdehnung grünlich. Die Turmalinisierung ist älter als die Zinnstein- und Amblygonitgänge. Bei Trasilón (südlich von Cáceres) ist die Turmalinisierung geringer, dafür von Auge gut feststellbar. Sie ist auf Kontaktnähe am dortigen Granit beschränkt, in welchem Amblygonitgänge aufsetzen. Der Turmalin bildet schwarze Nadeln. Südwestlich von Cáceres bei Acebuche kommen auf einer Wolframitlagerstätte lokal fast reine Turmalinfelse vor. Sie sind ebenfalls aus Tonschiefern hervorgegangen und bestehen aus zerreiblichen Aggregaten von feinen Turmalinnadeln.

Diese Turmalinanreicherungen sind offensichtlich das Produkt magmatischer Stoffzufuhr. Der Bor- und Fluorgehalt toniger Sedimente reichte zu ihrer Bildung

jedenfalls nicht aus. Schwarzer Turmalin (Schörl) ist in Estremadura eines der häufigsten Mineralien und tritt sowohl als Übergemengteil in den Graniten wie auch in vielen tauben und erzführenden Quarzgängen auf. Bleibt noch zu erwähnen, daß während des zweiten Weltkrieges Turmalin mit Wolframit vermengt als Wolframerz verschoben wurde, da die Unterschiede der beiden Mineralien für den Laien nicht sehr auffällig sind.

### 2. Quarzite.

Die Quarzite bauen in Estremadura stets die Kuppen der Bergketten auf, da sie weitaus die resistantesten Gesteine sind, die auftreten. Sie werden zum Untersilur gezählt und bilden einen der besten Leit-horizonte in Estremadura. Man hat in ihnen Reste von *Cruciana* und *Scolitus* gefunden. Die Mächtigkeit dürfte 50 m übersteigen. Oft bedecken Quarzitgerölle die ganzen Berg-hänge. Im Süden von Cáceres



Abb. 2. Turmalin (starkes Relief) und Muskowit in kontakt-metamorphem siluro-kambrischem Tonschiefer. Trásquilón (9 km S Cáceres). 1 Nic., 75mal.

bilden Quarzitberge einen weiten Ring um die dortige Devonmulde. Offenbar handelt es sich um zwei parallele Züge, die gegeneinander zulaufen. Westlich Cáceres wird ein Quarzitzug vom Granit durchschnitten. In Kontaktnähe zeigt das Dünnschliffbild einen zunehmenden Gehalt an Serizit und feine Schnüre, die aus Hämatit, Turmalin und Andalusit bestehen.

### 3. Kalksteine.

In Estremadura kommen sowohl kambrische wie devonische Kalke vor. Doch sind sie selten und mir nur von je einer Stelle bekannt. Westlich von Mérida und nördlich des Guadiana treten einige isolierte Hügel auf (der höchste heißt Carija), die von verschiedenfarbenen, grobspätigen Kalken gebildet werden. Fossilien fehlen. Das einzige Kriterium für ihr kambrisches Alter ist die Ähnlichkeit mit Archäocyatidenkalken aus dem südlichen Badajoz und der Sierra Morena. In den Kalken von Mérida ist ein Vorkommen von auffallend schönem *Wollastonit* gefunden worden. Teils bildet er reine Wollastonitfelse aus großen, weißen Kristallen, teils ist er mit Kalzit und Quarz verwachsen.

Südlich von Cáceres treten ebenfalls Kalke auf. Sie sind devonisch und konkordant zum Silur. Gelegentlich werden sie von sandigen Lagen unterbrochen, in denen neuerdings ein Fund von *Orthis resupinata* und *Spirifer Crenista* gemacht wurde. Die Kalke sind spätig und gelegentlich zellig. Oberflächennah sind sie stark verunreinigt und eisenschüssig. Im Phosphatbergwerk von Aldea Moret (150 m unter Tag) sind sie dagegen schön weiß und rosa. Die Mächtigkeit beträgt einige hundert Meter, ist aber nicht leicht abzuschätzen, da die Schichtung meist verlorengegangen ist. Vom Devon an ist in Zentral-Estremadura eine Schicht-lücke vorhanden, die bis zum Tertiär reicht.

## 4. Granite.

Vorherrschend sind grobkörnige Zweiglimmergranite. Sie weisen die für Granite typische Struktur und Mineralzusammensetzung auf. Bemerkenswert ist die stete Anwesenheit von pleochroitischen Höfen im Biotit. Perthitische Verwachsungen der Feldspäte sind verbreitet. Die Granite sind überall tiefgründig verwittert, und auch in ganz frisch erscheinenden Proben zeigen die Feldspäte eine leichte Umwandlung und die Biotite beginnende Ausbleichung. Pegmatitische und porphyrtartige Abarten der Granite trifft man vereinzelt in den Randzonen der Intrusionen. Im Bereich von Erzgängen sind die Granite manchmal völlig zersetzt als Folge pneumatolytischer und hydrothormaler Einwirkung. Greisenbildung tritt nicht auf.

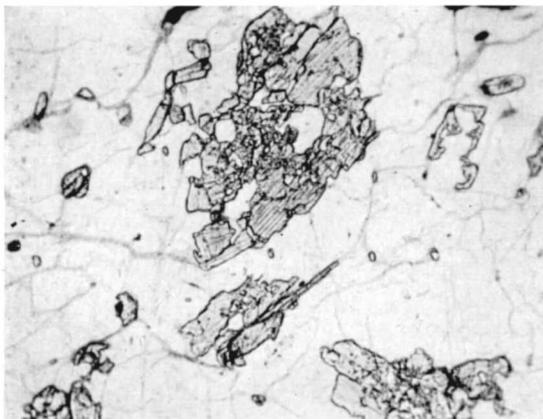


Abb. 3. Andalusit (starkes Relief) korrodiert, in Quarz, vom Granitkontakt eines pneumatolytischen Wolframitganges, Acebuche (9 km SW Cáceres), 1 Nic., 24mal.

Mehrfach beobachtete ich in den Graniten das sporadische Auftreten von rosarotem *Andalusit*, so an der Straße Aldea del Cano-Torremocha bei km 8 (Batholit von Montánchez) und bei dem kleinen Wolframitvorkommen von Acebuche (südwestlich von Cáceres). Der Andalusit bildet kleine, aber von Auge noch sichtbare, dick-säulige Kristalle. Sie sind alle korrodiert und an der Oberfläche meist von Glimmerschüppchen umgeben. Im Dünnschliff zeigt das Mineral

rote pleochroitische Flecken ( $N_X$  rosa,  $N_Y$  und  $N_Z$  farblos). Die Interferenzfarbe ist etwas anomal violett. Im Andalusit von Aldea del Cano konnte ich spektroskopisch Fe, Sn, Ti, Mn, Ga als akzessorische Elemente nachweisen (die Reihenfolge entspricht abnehmenden Gehalten). Die rosa Farbe des Minerals rührt offenbar vom Eisen her.

In verschiedenen Abarten der Granite tritt Turmalin auf. Bei Aldea del Cano (km 4,5 der Straße nach Torremocha) sind pegmatitische Schlieren mit finger-großen, schwarzen Turmalinkristallen aufgeschlossen. Weiter östlich (km 8) kommen aplitische Gesteine vor, die akzessorisch Turmalin und Apatit enthalten. Korrodiertes Turmalin mit eigenartigen grünen pleochroitischen Höfen findet sich als Übergemengteil in dem kleinen Granitstock von Trasmorquión. Dieser Granit ist auffallend reich an Muskowit (ein ganz ähnliches, aber vollkommen zersetztes Gestein bildet bei Lage, La Coruña, das Ausgangsmaterial für die dortige Kaolin-gewinnung).

Eine typische Zweiglimmergranitprobe von der Straße Aldea del Cano-Torremocha (km 3) und eine Probe von dem hydrothermal etwas zersetzten Muskowitgranit von Trasmorquión habe ich chemisch analysiert (Analysen I und II, Tabelle I). Den Zweiglimmergranit habe ich spektroskopisch auf seinen Zinngehalt geprüft. Er entspricht dem normalen Durchschnittswert granitischer Gesteine (einige

Tausendstelprozent). Bemerkenswert ist an den chemischen Analysen der hohe Tonerdegehalt. Eine Assimilation tonerdereichen Materials durch die Granite scheint naheliegend, da die Granite überall in tonige Sedimente eingedrungen sind und in Zentral-Estremadura oft die Dachregionen der Batholite freiliegen. Isolierte Reste des einstigen Schieferdaches schwimmen noch mehrernorts auf dem Granit (z. B. bei Acebuche südwestlich von Cáceres).

Vieles deutet aber darauf hin, daß der granitische Schmelzbrei bei seiner Platznahme nicht sehr reaktionsfähig war. Vor allem lassen sich Einschmelzerscheinungen nicht beobachten, und die Granitkontakte sind überall scharf, wo ich sie studieren konnte. Die Granite erleiden keine sichtbaren Veränderungen bei Annäherung an den Kontakt. Auch die Schiefer sind im allgemeinen kaum mehr als etwas thermisch metamorphosiert. Es ist daher auch möglich, daß der granitische Schmelzbrei schon vor seiner Intrusion der heutigen chemischen Zusammensetzung entsprach. Die Idee der Wiederaufschmelzung sedimentären und kristallinen Materials während der Orogenese hat in Estremadura bei der Diskussion der Herkunft der großen Granitmassen jedenfalls vieles für sich.

Tabelle I.

*Gesteinsanalysen von Zentral-Estremadura (Analytiker WEIBEL).*

	I.	II.	III.	IV.	V.
SiO <sub>2</sub>	68,45	70,02	68,04	51,40	46,45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,80	18,22	15,30	17,04	18,77
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,17	1,20	1,98	3,57	1,72
FeO	1,04	0,23	3,52	7,65	8,72
MnO	0,03	0,01	0,04	0,16	0,16
MgO	0,54	0,12	1,86	4,30	6,76
CaO	0,90	0,73	0,95	10,31	10,73
Na <sub>2</sub> O	3,52	2,88	2,85	2,46	2,71
K <sub>2</sub> O	6,68	3,92	3,51	1,15	0,58
TiO <sub>2</sub>	0,31	0,09	1,02	0,88	1,05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,10	0,58	0,10	0,25	0,15
H <sub>2</sub> O+	0,52	1,96	1,02	0,59	2,00
H <sub>2</sub> O—	0,06	0,16	0,09	0,14	0,15
F		0,22			
F = O		100,34 0,09			
Total	100,12	100,25	100,28	99,90	99,95

## Niggliwerte

si	324	389	305	129	105
al	47	60	40	25	25
fm	12	7	33	39	42
c	5	4	5	28	26
alk	36	29	22	8	7
k	0,56	0,48	0,45	0,23	0,12
mg	0,30	0,14	0,37	0,41	0,54

## Kata-Standardnormen nach NIGGLI.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Q Quarz . . . . .	16,0	30,8	25,4	3,3	—
Or Orthoklas . . . . .	39,5	24,0	21,0	7,0	3,5
Ab Albit . . . . .	32,0	26,5	26,5	22,5	25,0
An Anorthit . . . . .	4,5	0,5	5,0	33,0	38,0
Cord Kordierit . . . . .	3,8	1,1	14,3	—	—
Fe-Cord Eisenkordierit . . . . .	2,8	1,1	1,1	—	—
Sil Sillimanit . . . . .	—	14,1	—	—	—
En Enstatit . . . . .	—	—	—	9,8	—
Hy Hypersthen . . . . .	—	—	3,8	12,2	2,4
Wo Wollastonit . . . . .	—	—	—	7,2	6,2
Fo Forsterit . . . . .	—	—	—	—	12,4
Fa Fayalit . . . . .	—	—	—	—	9,6
Mt Magnetit . . . . .	0,9	—	2,1	3,9	1,8
Hm Hämatit . . . . .	0,3	0,9	—	—	—
Cp Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> . . . . .	—	1,0	—	0,5	0,3
Ru Rutil . . . . .	0,2	—	0,8	0,6	0,8
Total . . . . .	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

I. Zweiglimmergranit, Straße Aldea del Cano-Torre-mocha km 3.

II. Muskowitgranit, Trasilón 50 m NE Finca.

III. Biotitgneis, SW des Dorfes von Malpartida de Cáceres.

IV. Quarzdiabas, 6 km E Garrovillas (km 1,4).

V. Gabbro, Mérida Guadianauffer.

### 5. Quarzporphyre.

Leicht zersetzte Quarzporphyrgänge sind in den großen Granitintrusionen Zentral-Estremaduras nicht selten. 6 km südwestlich von Cáceres tritt ein solcher Gang auf. Er ist 7—8 m mächtig, fällt steil ein und streicht N-S. Die Kontakte sind felsitisch ausgebildet, während die zentralen Partien gröber kristallin sind. Auch zwischen Aldea del Cano und Torremocha (km 8 und km 11) beobachtete ich mehrere Quarzporphyrgänge. Sie fallen nach Westen ein und streichen N 30° E. An den Gangwänden zeigen sie keine Veränderung der Struktur gegenüber dem Innern. Auffallend ist bei allen diesen Quarzporphyren eine ausgeprägte, an Basalt erinnernde Absonderung in regelmäßigen, sechsseitigen Säulen.

### 6. Biotitgneis von Malpartida.

Ein dunkelbläuliches, sehr frisches Gestein kommt innerhalb des Granits südwestlich von Malpartida de Cáceres vor. Es hat schiefrig-fluidale Textur mit vereinzelten kleinen Quarz-Feldspat-Augen. Der Mineralbestand (nach abnehmenden Mengen geordnet) ist Quarz, Oligoklas, Biotit und Muskowit, daneben Orthoklas, Apatit, Magnetit und Zirkon. Der Biotit besitzt stets pleochroitische Höfe in großer Zahl. Er tritt in nesterförmigen Anhäufungen auf und ist lepidoblastisch angeordnet. Quarz und Feldspat sind zum Teil granophyrisch durchwachsen. Am Kontakt mit dem Granit ist das Gefüge bedeutend feinkörniger und granoblastisch mit gleichmäßiger Verteilung des Biotit. Daraus wäre zu schließen, daß das beschriebene Gestein jünger als der Granit und intrusiv ist. Der Granit zeigt keinerlei kontaktliche Veränderungen. Eine chemische Analyse befindet sich in Tabelle I (Analyse III).

### 7. Diabase.

Diabase untersuchte ich von verschiedenen Punkten in Zentral-Estremadura. Weitgehend zersetzte und schwer diagnostizierbare basische Intrusiva, die in ihrer Struktur noch als Diabase erkennbar sind, finden sich bei Puebla de Obando (Sierra de San Pedro), Arroyomolinos (bei Montánchez) und Alcollarín (zwischen Montánchez und Logrosán). Ein sehr frisches und bisher unbekanntes Vorkommen von massivem Diabas konnte ich in der Nähe von Garrovillas feststellen (bei km 1,4 des Weges, der den Ort mit der Hauptstraße Cáceres-Salamanca verbindet). Es handelt sich um einen kleinen Stock von etwa 200 m Durchmesser inmitten kambrischer Schiefer. Das Alter ist wahrscheinlich permo-karbonisch.

Der Mineralbestand dieses Gesteines, das eigentlich als Tholeiit bezeichnet werden müßte, ist Labrador (An 70%), Pigeonit, Quarz, Erz, Biotit (nach abnehmender Häufigkeit geordnet). Der Pigeonit ist leicht umgewandelt. Die chemische Zusammensetzung des Gesteins ist aus Tabelle I (Analyse IV) ersichtlich. Es wurde auch eine erzmikroskopische Untersuchung ausgeführt. Das Haupterz ist Titanomagnetit, manchmal in Form von schönen Resorptions-skeletonen. Eigentümlich ist der hohe Gehalt an Kupferkies und Zinkblende. Er deutet auf geringen Sauerstoffgehalt während der Kristallisation. Andererseits war auch Schwefel nur in geringer Menge vorhanden, da sonst Magnetkies entstanden wäre. Vereinzelt konnte Geikielit ( $MgTiO_3$ ) festgestellt werden.

8. *Gabbros von Mérida.*

Das ganze Guadianaknie östlich von Mérida wird auf einer Fläche von etwa 15 km im Durchmesser von basischen Gesteinen eingenommen, die von den spanischen Geologen allgemein für Diorite gehalten werden. Die chemische Analyse (V, Tabelle I) einer typischen Probe vom Guadianaufer bei Mérida zeigt aber, daß der Chemismus wesentlich basischer ist und ziemlich genau einem Gabbro entspricht. Die Gesteine sind mehr oder weniger massig. Auffallend ist eine intensive Durchaderung und gelegentliche Fluidaltextur. Der Mineralbestand umfaßt nur Hornblende und völlig zersetzten Feldspat (Plagioklas). Stellenweise tritt Granat hinzu. Auch die Hornblende ist nicht mehr ganz frisch und manchmal in Chlorit umgewandelt. Kataklyse ist häufig.

Das Auftreten von Granat und gewisser an Sedimente erinnernder Strukturen spricht nicht für einen intrusiven Ursprung dieser Gesteine. Am Guadianaufer bei Mérida findet man grobkörnige Abarten, die aus wechselweise gelagerter Hornblendit und Gabbro bestehen. Durch die Untersuchungen von HERNÁNDEZ-PACHECO (1953) sind aus dem südlichen Badajoz mehrere Fälle eines allmählichen Überganges kambrischer Schiefer in kristalline Formationen bekanntgeworden.

Die Anzeichen deuten darauf hin, daß die Gabbros von Mérida auf ähnliche Weise mit kalkig-tonigen Sedimenten zusammenhängen. Die metamorphen Kalke in der Nähe von Mérida (Carija) scheinen eine solche Annahme zu stützen. Wie überall in Estremadura erschwert auch hier der hohe Verwitterungsgrad der Oberfläche ein eingehendes Studium der petrographischen Zusammenhänge.

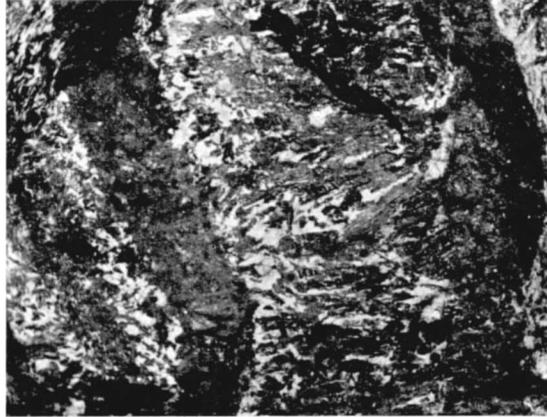


Abb. 4. Grobkörniger Gabbro mit Lagen von Hornblendit abwechselnd. Die weißen Stellen sind stark zersetzter Plagioklas. Guadianaufer bei Mérida. 1:10.

## II. Allgemeines zu den Lagerstätten Zentral-Estremaduras.

Im Winter 1952/53 besuchte ich die meisten der damals im Abbau begriffenen Mineralvorkommen Zentral-Estremaduras. Das gesammelte Material wurde an den Mineralogischen Instituten von Zürich, Heidelberg und Göttingen optisch, erzmikroskopisch, chemisch, röntgenographisch und spektroskopisch untersucht. Die gewonnenen Ergebnisse sind in den folgenden Kapiteln enthalten, in denen die verschiedenen Erzformationen Zentral-Estremaduras eingehend beschrieben werden. Mit besonderer Ausführlichkeit sind die Amblygonitvorkommen bei Cáceres behandelt, die unter den betrachteten Minerallagerstätten die interessantesten sind.

Der Westen der Iberischen Halbinsel ist für seinen Mineralreichtum bekannt. Schon die Phönizier und Römer sollen hier nach Zinn gegraben haben. Die Queck-

silberminen von Almadén (Ciudad Real) und die Pyritlager von Rio Tinto (Huelva) stellen einmalige Erzansammlungen dar. Auch sind Portugal und Westspanien die bedeutendsten Wolframerzeuger Europas. Die Lagerstätten sind wohl ausnahmslos an die großen herzynischen Granitintrusionen gebunden. Dies gilt vor allem für die in die Hunderte gehenden Vorkommen von Wolfram und Zinn. Der Schwerpunkt ihrer Verbreitung liegt entlang einem weitgespannten Bogen, der sich von La Coruña über Cáceres nach Linares (Jaén) zieht. AHLFELD (1954) bezeichnet ihn als *Zinnbogen*. Sein Verlauf spiegelt sich in der tektonischen Anordnung der großen Granitintrusionen wider. Die weiter ostwärts gelegenen gewaltigen Granitgebiete der Sierra de Gredos und Sierra de Gudarrama sind nahezu frei von Wolfram und Zinn.

Die nutzbaren Mineralvorkommen Zentral-Estremaduras lassen sich drei mineralogischen Gruppen zuordnen. Die erste umfaßt die Zinnstein- und Amblygonitgänge. Bei Cáceres tritt Amblygonit in solchen Mengen auf, daß er verschiedentlich abgebaut worden ist. Zur zweiten Formation gehören die Apatitlagerstätten von Cáceres und Logrosán. Den dritten Typ stellen die Wolframitvorkommen dar. Es gibt nach AHLFELD (1954) in Spanien alle Übergänge von Wolframitgängen ohne Zinn zu Zinnsteingängen ohne Wolfram. Die in dieser Arbeit näher beschriebenen Vorkommen gehören zu den reinen Wolframitgängen. Unbedeutende Blei-Zinkgänge kennt man bei Aliseda (westlich von Cáceres) und Antimonitadern, die ebenfalls nicht ausgebeutet werden, bei Valencia de Alcántara.

Die Zinn- und Wolframlagerstätten finden sich bevorzugt in der Nähe der Granitkontakte und in den sedimentären Dachzonen der Batholite. Die Gänge treten sowohl im Granit wie im Nebengestein auf. Die reichsten Vorkommen sind an kleine, wenig abgetragene Granitkuppeln gebunden, die oft ihre Umgebung überragen. Hierher gehören in Zentral-Estremadura die Zinnminen von Logrosán (mehrere andere Vorkommen in Galizien, dem wichtigsten Wolframdistrikt Spaniens). Die Gänge streichen in Zentral-Estremadura durchweg N bis NE, d. h. mehr oder weniger senkrecht zur tektonisch bedingten Hauptstreichrichtung NW. Auffallend ist dasselbe NE-Streichen der Gänge in einigen der bedeutendsten Wolframvorkommen Galiziens (z. B. Santa Comba, La Coruña; Peña del Seo, León; Casayo, Orense), wo das tektonische Streichen NNE ist. Die Vererzung ist offensichtlich etwas jünger als die herzynische Verfaltung.

Was den Lagerstättentyp anbetrifft, sind die Vorkommen in Zentral-Estremadura durchweg pneumatolytisch bis hydrothermal. Dies gilt vor allem auch von den stets als Pegmatite betrachteten Amblygonitlagerstätten bei Cáceres. Es handelt sich um pneumatolytische Zinngänge, die durch auffallend reichliches Einbrechen von Amblygonit gekennzeichnet sind. Außer in diesen Vorkommen, wo noch einige seltene Phosphate auftreten, ist der Mineralbestand sonst recht artenarm. In den Wolframgängen wiederholt sich die Mineralparagenese Quarz, Wolframit, Arsenkies, manchmal mit Muskowit, Turmalin und Scheelit, durch ganz Westspanien. Gangart ist überall Quarz.

Die wirtschaftliche Bedeutung des Bergbaus ist in Zentral-Estremadura gering. Das größte Unternehmen ist das Phosphatbergwerk von Aldea Moret in unmittelbarer Nähe von Cáceres. Der Wolfram- und Zinnbergbau wird in äußerst primitiver Weise, meist in reinem Raubbau betrieben. Vielfach wird nur im Tagbau gearbeitet und das Gebiet nach kurzem wieder verlassen. An diesen Verhältnissen

sind zum Teil die Kleinheit und Armut der unzähligen zerstreuten Vorkommen schuld. Systematische Aufschlußarbeiten werden nicht vorgenommen. Das Erz wird von Hand geklaubt und zerkleinert und dann durch Waschen in Holzkanälen oder Schüsseln konzentriert. Die modernen Anlagen verwenden Schütteltische. Zinnstein wird an einigen Sammelstellen (z. B. in Logrosán) und auf den größeren Gruben in Galizien magnetisch von Wolframit getrennt. Arsenkieshaltige Konzentrate werden zuerst abgeröstet.

Logrosán, das wichtigste Zinnbergbauggebiet in Zentral-Estremadura, hat eine monatliche Erzeugung von rund etwa 10 t Zinnsteinkonzentrat. Die größte Wolframmine Zentral-Estremaduras, die Mina Santa Gema bei Valencia de Alcántara, produzierte 1953 monatlich 3—5 t Wolframitkonzentrat mit mindestens 65%  $WO_3$ . Für den gesamtspanischen Wolframbergbau gibt AHLFELD (1954) neue Zahlen. Danach blieb Spanien mit 800 t Konzentrat jährlich stets weit hinter Portugal zurück, dessen Jahresproduktion vor kurzem noch 5000 t erreichte. Das Schwerkgewicht der spanischen Produktion liegt in Galizien (Santa Comba nordwestlich von Santiago de Compostela, mit 50 t monatlich). Für die mittleren Erzgehalte der Gänge wird 0,1—1,0%  $WO_3$  angegeben. Bei durchschnittlichen Gangmächtigkeiten von 10—40 cm muß aber noch eine Menge Nebengestein mitabgebaut werden.

### III. Amblygonit- und Zinnerzlagerstätten.

In Westspanien gibt es zahllose Zinnvorkommen. Viele davon sind mit Wolframit vergesellschaftet. In einigen wenigen tritt Amblygonit auf. Er findet sich an drei Stellen Westspaniens auf Zinnhängen so reichlich, daß er abgebaut wurde, nämlich bei Villar del Puerco (nordwestlich Ciudad Rodrigo, Salamanca. AHLFELD 1954 gibt als Lokalität den Namen Barquilla an) und zweimal bei Cáceres (Trasquilón und Valdeflores). Als Seltenheit erwähnt AHLFELD (1954) Amblygonit von der Zinn- und Wolframgrube San Finx bei Noya (La Coruña). Ich fand das Mineral auch auf den Zinnminen von Logrosán. In Zentral-Estremadura tritt Amblygonit nicht mit Wolframit zusammen auf, sondern ist stets an reine Zinnhängen gebunden. Im folgenden werden die Lagerstätten von Cáceres und Logrosán beschrieben. Die Zinnvorkommen von Montánchez habe ich nicht näher untersucht.

#### 1. *Trasquilón und Valdeflores.*

Die Lokalität *Trasquilón* liegt 9 km südlich der Stadt Cáceres. Ein kleiner, 1 km großer Granitstock taucht dort nur unmerklich aus der weiten kambrischen Ebene. Das Gestein ist ein sehr muskowitzreicher, feinkörniger Granit. Eine chemische Analyse befindet sich in Tabelle 1 (Analyse II). Der Quarz und die Feldspäte weisen zahlreiche Muskowiteinschlüsse auf. Als Übergemengteile kommen Turmalin (korrodiert und mit grünen pleochroitischen Höfen) und Apatit vor. Vereinzelt fand ich in einer zersetzten Partie des Granits feinverteilten grünen *Uranglimmer*,  $A(UO_2PO_4)_2 \cdot 8-12 H_2O$ . Er ist zweiachsig negativ mit 2V klein,  $N_X$  blaßrosa bis blaugrün (je nach Dicke) und  $N_Z$  grün. In UV-Licht fluoresziert das Mineral intensiv gelbgrün. Eine Spektralaufnahme deutet auf Torbernit ( $A = Cu$ ), während Optik und Fluoreszenz für Autunit ( $A = Ca$ ) sprechen. Torbernit hat umgekehrten Dichroismus und ist angeblich nicht fluoreszierend.

Eine Gruppe annähernd paralleler, N-S verlaufender Gänge setzt im Granit auf. Das Einfallen ist durchschnittlich  $70^\circ$  gegen außen (von der Mitte des Stockes aus gesehen). Es handelt sich um Schrumpfungsrisse im Granit. Die Breite der Gänge beträgt 10–80 cm. Die Salbänder sind überall scharf ausgebildet und meist von einer dünnen Tonschicht (Gangletten) begleitet. Die Gangfüllung besteht aus Quarz und untergeordnet Amblygonit. Entlang den Gangwänden ist spärlich Zinnstein eingewachsen. In unregelmäßig zerstreuten Nestern finden sich

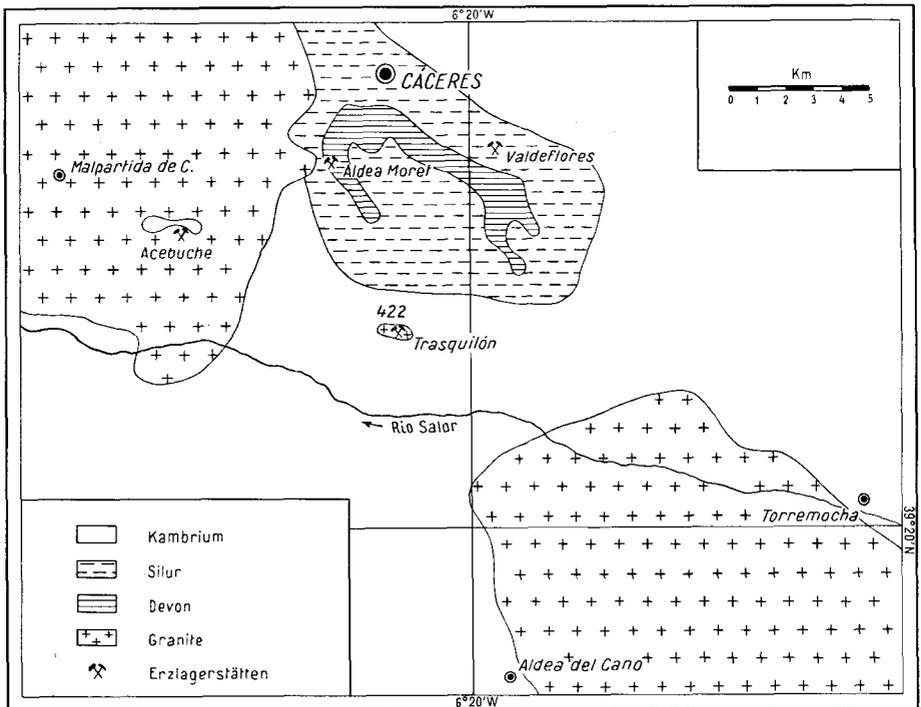


Abb. 5. Geologische Karte der Gegend von Cáceres (Westspanien). Nach eigenen Aufnahmen unter Benützung des Blattes 704, Cáceres, der geologischen Karte von Spanien 1:50000.

die im sulfidischen Nachhall vieler Zinnlagerstätten weltweit verbreiteten Paragenesen von Zinnkies. Mengenmäßig sind sie ohne Bedeutung. Auf einigen Gängen wird die ganze Gangmasse von spät eingedrunenem dichtem Muskowit verdrängt. Feldspat und Turmalin fehlen. In Tabelle 2 sind alle Mineralien zusammengestellt, die ich auf der Lagerstätte gefunden habe.

Tabelle 2. Paragenese der Lagerstätte von Trasquilón (9 km S Cáceres).

Quarz	Pseudomalachit	Kupferkies
Amblygonit	$\text{Cu}_5(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Zinkblende
$\text{LiAl}(\text{F},\text{OH})\text{PO}_4$	Goethit	Covellin
Muskowit	Zinnkies:	Magnetkies
Zinnstein	gewöhnlicher Z.	Wismut
Apatit	$\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$	
Augelit	isotroper Z.	Gold (eluvial)
$\text{Al}_2\text{PO}_4(\text{OH})_3$	rosa Z.	
Childrenit	Arsenkies	Uranglimmer
$(\text{Fe}, \text{Mn})\text{AlPO}_4(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Pyrit	(im Granit)

Die Lagerstätte von *Valdeflores* befindet sich 5 km südöstlich von Cáceres in einem Tal zwischen zwei steilen Quarzitzügen. In der Umgebung der Grube treten turmalinisierte Silurschiefer zutage. Granite fehlen im Gegensatz zum Vorkommen von *Trasquilón*, sonst zeigen sich ähnliche Verhältnisse. Die Turmalinisierung der Schiefer, die nur im Mikroskop sichtbar wird, ist nicht unmittelbar an das Auftreten der Gänge gebunden. Sie dürfte im Gegenteil älter sein als die Lagerstättenbildung. Der Turmalin ist feinstenglig und parallel der Schieferung angeordnet. In den Gängen selbst tritt kein Turmalin auf. Es ist anzunehmen, daß in nicht zu großer Tiefe Granit ansteht.

Eine Reihe nahezu senkrechter Gänge durchsetzt diskordant die Schiefer. Es sind Verwerfungsspalten, die NNE streichen. Die Gänge sind bis über 50 cm mächtig. Sie haben gutausgebildete Salbänder, die von rotem Gangletten begleitet werden. Tonige Klüfte durchziehen auch die Gangmasse selbst. Am Rand eines Ganges beobachtete ich Schiefereinschlüsse, die zahlreiche Zinnsteinreste enthielten. Daß es sich um Schiefereinschlüsse handelte, beweisen die reichlich vorhandenen Turmalinnadeln, die in den Gängen nicht auftreten. Die Gangfüllung besteht aus Quarz und untergeordnet Amblygonit, Muskowit und Zinnstein. Muskowit verdrängt alle übrigen Mineralien und hat auch den Zinnstein durchwachsen. Sulfide (Zinnkies, Arsenkies, Pyrit) sind selten. Feldspäte fehlen. An einer Stelle tritt ein weißes Tonmineral in großer Menge auf. Kleine Trümer mit dicken Muskowitbestegen durchschwärmen die angrenzenden Schiefer. In der Mitte führen sie Quarz und vereinzelt eingewachsene Kristalle von Zinnstein und blauem Apatit.

Weder die Lagerstätten von *Trasquilón* noch diejenigen von *Valdeflores* stellen Pegmatite dar, wie es in der Literatur meist angegeben wird. Vielmehr handelt es sich um hochtemperierte Zinngänge mit noch pneumatolytisch gebildetem Zinnstein. Die Hauptvererzung ist wohl hochhydrothermal, wie die Sulfide beweisen. Greisenbildung fehlt. Die Paragenese ist ziemlich außergewöhnlich. Sonst findet sich Amblygonit fast nur in Granitpegmatiten des lithium- und phosphorreichen Typs zusammen mit anderen Phosphaten, Spodumen und Turmalin. Echte Lithiumpegmatite kommen innerhalb Westspaniens in Galizien bei Lalin (*Pontevedra*) vor. Sie enthalten Spodumen (*PARGA PONDAL, CARDOSO 1948*).

Wirtschaftlich haben die Amblygonit- und Zinnsteinvorkommen bei Cáceres nur geringe Bedeutung. *Trasquilón* ist ein typisches Beispiel jener kleinen Lagerstätten *Estremaduras*, die nur in Zeiten hoher Metallpreise und auch dann nur im Tagbau an den Ausbissen abgebaut werden. Als ich das Gebiet besuchte, war der Abbau neu aufgenommen worden. Dadurch entstanden viele neue und wertvolle, wenn auch seichte Aufschlüsse. Abgebaut wurde damals Amblygonit. Das Gestein wurde gesprengt und handgeklaut. Zinnstein wusch man aus den eluvialen Seifen auf der Südseite der Granitkuppe. In den Gängen ist Zinnstein nicht bauwürdig. Die Grube von *Valdeflores* hat bedeutend höhere Zinngehalte. Ein ehemals reger Bergbau fand auf beiden Talseiten statt, von dem noch mehrere verlassene Grubeneingänge zeugen. Bei meinem Besuch wurde nur in einem einzigen Stollen auf der Nordseite des Tales etwa 35 m unter Tag gearbeitet. Man gewinnt sowohl Zinnstein als auch Amblygonit.

**Quarz.** Derber Quarz bildet die Hauptmasse in den Gängen von *Trasquilón* und *Valdeflores*. Er ist weiß und meist sehr grobkörnig. Es sind auch Drusen mit

großen farblosen und violetten Kristallen vorgekommen. Sie zeigen nur die beiden Rhomboeder und das hexagonale Prisma. Im Dünnschliff enthält der Quarz feine Einschlüsse. Manchmal lassen sie sich als Muskowit erkennen. Besonders in Valdeflores sind teilweise Verdrängungen des Quarz durch Muskowit häufig und sehr charakteristisch. Sie werden unter Muskowit beschrieben.

**Amblygonit,  $\text{LiAl}(\text{F},\text{OH})\text{PO}_4$ .** Der Name Amblygonit wird sowohl für die ganze Mischkristallreihe als auch für die fluorreichen Glieder allein gebraucht. Die Glieder mit über 50 Atomprozent Hydroxyl heißen Montebrasit. Spuren von Natrium treten an Stelle von Lithium stets in die Formel ein. Bei Natromontebrasit (nur von Fremont County, Colorado) überwiegt Natrium gegenüber Lithium. Amblygonit ist triklin. Heute wird allgemein die kristallographische Aufstellung von RICHMOND und WOLFE (PALACHE, RICHMOND, WOLFE 1943) benützt. Sie ist auf die Elementarzelle bezogen und wurde an vorzüglichen Kristallen von Hebron (Maine) ermittelt. Diese Autoren gaben auch neue Angaben über die Spaltbarkeiten, die von denjenigen DANAS erheblich abweichen. Die Transformationsformel DANA nach RICHMOND und WOLFE ist 001/011/100.

Amblygonit dürfte mit durchschnittlich 20% am Aufbau der Gänge von Trasquilón und Valdeflores beteiligt sein. Es handelt sich um Montebrasit. Er tritt in unregelmäßiger Verteilung in derben grobspätigen Massen auf. Einzelne Individuen sind bis 10 cm groß. Sie sind mit Quarz durchwachsen, mit dem sie gleichzeitig entstanden sind. Der Amblygonit ist cremeweiß mit grünblauen Stellen, die gegen 0,01% Kupfer enthalten. Der Kupfergehalt ist sekundär und auf Verwitterung von Kupfersulfiden zurückzuführen. Polysynthetische Verzwilligung nach  $(\bar{1}\bar{1}1)$  tritt in fast allen untersuchten Dünnschliffen auf. Mehrfach beobachtete ich eine auffallende Gitterstruktur (Trasquilón). Sie beruht auf zwei Systemen lamellarer Verzwilligung. Auf dem Universaldrehtisch konnte gezeigt werden, daß die beiden Reihen von Lamellen nach demselben Gesetz  $(\bar{1}\bar{1}1)$  verzwilligt sind. Die Verwachsungsebene ist im einen Fall ebenfalls  $(\bar{1}\bar{1}1)$ , im andern Fall eine dazu schiefe, weniger scharf ausgebildete Fläche. Drusen mit freientwickelten Kristallen sind nicht gefunden worden.

*Optische Eigenschaften.* Die Hauptbrechungsindizes wurden mit Hilfe geeigneter Immersionsöle auf dem Universaldrehtisch bestimmt. Die Öle wurden solange gemischt, bis die BECKESche Linie für den gesuchten Hauptbrechungsindex verschwand. Dabei arbeitete ich, wie auch bei allen folgenden Lichtbrechungsbestimmungen, ohne Segmente. Ich bekam auf diese Weise gute Ergebnisse. Die Stellung extremer Lichtbrechung läßt sich nämlich auf dem Universaldrehtisch auch ohne Segmente finden, wenn die Abweichung von der Horizontallage gering

Tabelle 3. *Lichtbrechung und Achsenwinkel des Montebrasit von Cáceres.*

Montebrasit von Trasquilón (9 km S Cáceres)	Montebrasit von Valdeflores (5 km SE Cáceres)
$N_X$ (Na) 1,612	$N_X$ (Na) 1,598
$N_Y$ 1,620 (berechnet 1,621)	$N_Y$ 1,612 (berechnet 1,611)
$N_Z$ 1,635 (Genauigkeit 0,001)	$N_Z$ 1,621 (Genauigkeit 0,001)
$2V_Z$ 78° (Genauigkeit 2°)	$2V_X$ 82° (Genauigkeit 2°)

ist. Daher suchte ich stets solche Mineralkörner aus, deren eine Hauptschwingungsrichtung ungefähr in der Präparatenebene lag. Zwischen den U-Tischsegmenten ein Immersionspräparat zu verschieben, ist eine umständliche Sache. Bei Amblygonit genügt das Gewicht des oberen Segmentes, um die gutspaltenden Körner zu zertrümmern.

In der Reihe Amblygonit-Montebrasit steigt die Lichtbrechung mit abnehmendem Fluorgehalt. Die gleiche Lichtbrechung wie der Amblygonit von Trasquilón hat derjenige von Kimito, SW-Finnland (PEHRMAN 1945). Die Lichtbrechung des Amblygonit von Valdeflores hatte bereits BACKLUND bestimmt. Er gelangte zu etwas niedrigeren Werten als die meinigen sind ( $N_X$  1,596,  $N_Y$  1,608,  $N_Z$  1,617 nach dem Handbuch der Mineralogie von HINTZE). VOLBORTH (1951) berichtet dieselbe Lichtbrechung, die ich am Amblygonit von Valdeflores bestimmte, von einem Vorkommen bei Eräjärvi, Zentral-Finnland. Die Achsenwinkel, die ich gemessen habe, schwanken etwas (bei den Schliffen von Trasquilón zwischen  $74^\circ$  und  $82^\circ$ ). Doch hat dies nichts zu bedeuten.

In den Dünnschliffen sind stets zwei Spaltrichtungen vorhanden, (100) vollkommen und (011) deutlich. Daneben werden zwei weitere Spaltbarkeiten an gegeben, (110) gut und (001) unvollkommen, die aber in meinen Schliffen nicht auftreten. Auch NEL (1946) konnte nur (100) und (011) beobachten, desgleichen VOLBORTH (1951). Mit Hilfe dieser Spaltbarkeiten bestimmte ich auf dem Universaldrehtisch die optische Orientierung des Amblygonit von Trasquilón. Ich führte fünf Messungen an verschiedenen Kristallindividuen durch, die auffallend gute Übereinstimmung zeigten (Streuung etwa  $2^\circ$  und noch innerhalb der Fehlergrenzen). Die gemittelten Werte sind in Tabelle 4 neben zwei anderen neuen Bestimmungen wiedergegeben. Anscheinend ist die optische Orientierung von Montebrasit nur wenig vom Fluorgehalt abhängig.

Für fluorreiche Glieder der Amblygonitreihe sind mir keine neuen Messungen bekannt. Die älteren Daten beruhen alle auf irrtümlichen Spaltbarkeiten. Unglücklicherweise hat auch PEHRMAN (1945) seinen Messungen an Montebrasit noch die alten Angaben von DANA zugrunde gelegt. Er betrachtete seine beiden Spaltbarkeiten als (110) und (001) (nach der Aufstellung von RICHMOND und WOLFE). Doch muß es sich um (100) und (011) handeln. Dies geht aus den Bestimmungen von RICHMOND und WOLFE (PALACHE, RICHMOND, WOLFE 1943) hervor, die die optische Orientierung von Montebrasitkristallen unabhängig von den Spaltbarkeiten ermittelten. Ich habe PEHRMANS Werte auf die richtige Indizierung transformiert und dabei nahezu dieselbe Orientierung erhalten wie aus den Messungen am Amblygonit von Trasquilón.

Tabelle 4. Neue Bestimmungen der optischen Orientierung von Montebrasit.

	$\phi$			$\rho$		
	I.	II.	III.	I.	II.	III.
X	$23^\circ$	$19^\circ$	$19^\circ$	$62^\circ$	$83^\circ$	$69^\circ$
Y	$-80^\circ$	$-72^\circ$	$-78^\circ$	$68^\circ$	$69^\circ$	$72^\circ$
Z	$158^\circ$	$130^\circ$	$156^\circ$	$38^\circ$	$21^\circ$	$28^\circ$

I. Trasquilón, Cáceres, W-Spanien; Fluor 1,13% (WEIBEL).

II. Hebron, Maine, USA; Fluor 5,45% (PALACHE 1943).

III. Karibib, SW-Afrika; Fluor 5,40% (NEL 1946).

*Chemische Eigenschaften.* Die chemischen Analysen wurden von möglichst frischen Proben ausgeführt, die aber dennoch nicht ganz frei von kleinsten Einschlüssen waren. Sie machen volumenmäßig etwa ein Zehntelprozent aus und bestehen sehr wahrscheinlich aus Muskowit. Ich benützte im allgemeinen die analytischen Methoden von HILLEBRAND, LUNDELL, BRIGHT, HOFFMAN (1953). Bei der Bestimmung des Lithium und Natrium wendete ich den Aufschluß von LAWRENCE SMITH und Extraktion des Lithiumchlorid mit Amylalkohol an. Das Aluminium wurde mit Oxychinolin in ammoniakalischer Lösung gefällt. Die Abtrennung des Phosphors erfolgte wie üblich als Phosphomolybdat. Die Werte für Wasser wurden nach der PENFIELD'schen Methode mit Natriumwolframat als Schmelzmittel gewonnen. Sie sind etwas unsicher.

Das Fluor ist nach der Destillationsmethode bestimmt. Dabei hielt ich mich an die Vorschriften von GEYER (1943). Die Abtrennung erfolgt als Hexafluokieselsäure aus perchlorsaurer Lösung in einem Dampfstrom bei 140°. Das Destillat wird mit Thoriumnitrat bei  $p_H$  3,5 titriert. Als Indikator dient Natriumalizarin-

Tabelle 5. *Chemische und spektroskopische Analysen des Montebrasit von Cáceres (Analytiker WEIBEL).*

Montebrasit von Transquilón (9 km S Cáceres)			Montebrasit von Valdeflores (5 km SE Cáceres)		
Li <sub>2</sub> O	9,57	Formel	Li <sub>2</sub> O	9,22	Formel
Na <sub>2</sub> O	0,11	Li, Na	Na <sub>2</sub> O	0,59	Li, Na
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,7	Al	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,4	Al
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	48,0	P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	47,3	P
H <sub>2</sub> O	6,4	OH, F	H <sub>2</sub> O	5,2	OH, F
F	1,13	O	F	4,40	O
Rest	0,26	H <sub>2</sub> O	Rest	0,45	H <sub>2</sub> O
F=0	100,17		F=0	101,56	
	0,48			1,85	
Total	99,69	OH:F=10:1	Total	99,71	OH:F=2:1
In Prozenten der Endglieder Montebrasit 91% Amblygonit 9%			In Prozenten der Endglieder Montebrasit 65% Amblygonit 35%		
Rest			Rest		
MgO	0,1		MgO	0,2	
SiO <sub>2</sub>	0,05		SiO <sub>2</sub>	0,1	
SnO <sub>2</sub>	0,06		SnO <sub>2</sub>	0,02	
TiO <sub>2</sub>	0,05		TiO <sub>2</sub>	0,13	

In geringeren Mengen: Fe, Mn, Ca, Cu (0,001—0,01%), Ga.  
Spektroskopisch nicht festgestellt: Be, V, As.

Proben wurden mit Kohle fünffach verdünnt. Es wurden je zwei Eichpunkte aufgenommen (MgO 1,0% und 0,1%. SiO<sub>2</sub> 1,0% und 0,1%. SnO<sub>2</sub> 0,5% und 0,05%). Die verwendeten Spektrallinien sind Fe I 3024,033, Mg I 3096,899, Si I 2881,578, Sn I 3034,121. Die Resultate stellen Mittelwerte aus mehreren Bestimmungen dar. Die Genauigkeit beträgt etwa 30%. Titan bestimmte ich kolorimetrisch nach Abdestillieren des Fluors.

Die Berechnung der Formel wurde dem Inhalt der Elementarzelle entsprechend auf 8 Sauerstoffatome bezogen. (F,OH) wurde gleich 2 gesetzt und der Rest des Wassers als H<sub>2</sub>O angeführt. Die akzessorischen Elemente ließ ich bei der Berech-

nung des Fluors als Natriumalizarinsulfonat, das mit überschüssigem Thorium einen roten Farblack bildet. Dieses elegante Verfahren liefert ausgezeichnete Resultate. Fein verrieben ist Amblygonit in 70%iger Perchlorsäure nach längerem Kochen löslich.

Eine Spektralaufnahme zeigte die Anwesenheit von Magnesium, Silizium, Zinn und Titan in erheblichen Mengen. Magnesium, Silizium und Zinn bestimmte ich nach dem Kathodenglimmschichtverfahren quantitativ-spektralanalytisch. Als inneren Standard benützte ich 1% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Die

nung unberücksichtigt. Einen leichten Wasserüberschuß zeigen auch einige Amblygonitanalysen von anderen Vorkommen. Der Siliziumgehalt ist wohl auf die Einschlüsse zurückzuführen. Auffallend ist der hohe Zinngehalt, der in Trasquilón auch im Apatit und Augelit gefunden wurde. Während der Mineralbildung muß die Zinnkonzentration der Lösungen erheblich gewesen sein. Darauf deutet auch das Vorherrschen von Zinnkies unter den Sulfiden. Titan fehlt nach NEL (1946) im Amblygonit von Karibib, während es in Trasquilón auch im Apatit und Augelit auftritt. Der Amblygonit von Valdeflores ist schon von DOERPINGHAUS (1914) analysiert worden, mit etwas anderem Ergebnis. Abschließend werden noch einige d-Werte einer Röntgenpulveraufnahme des Amblygonit von Trasquilón wiedergegeben (Tabelle 6).

**Muskowit.** In einigen Gängen von Trasquilón tritt Muskowit in zusammenhängenden mächtigen Massen auf. Er ist spät gebildet worden und verdrängt alle andern Mineralien. Im Handstück ist er dicht erscheinend und von einer gewissen Ähnlichkeit mit Wachs. Der Bruch ist nierig, die Farbe gelblichgrün. Unter dem Mikroskop erkennt man, daß das Mineral aus einem Aggregat von verfilzten Glimmerblättchen besteht. Ihre Größe schwankt erheblich. Der Quarz ist in Berührung mit dem Muskowit stark angefressen und enthält unzählige Muskowiteinschlüsse. In diesem Zusammenhang ist auch der Muskowitreichtum des angrenzenden Granits, bemerkenswert. Um die Identität mit Muskowit einwandfrei festzustellen führte ich eine chemische Teilanalyse einer dichten Probe aus (Tabelle 7). Auf Fluor wurde nicht geprüft. Ein ähnliches Muskowitvorkommen mit Amblygonit beschreibt ROBERTS (1948) aus Uganda (Mbale Mine, Singo County, Buganda).

Noch häufiger ist Muskowit auf den Gängen von Valdeflores, wo sein reichliches Auftreten für die Paragenese außerordentlich bemerkenswert ist. Er hat hier ein etwas anderes Aussehen, indem die Glimmerblättchen meist gröber sind (bis ein paar Millimeter). Die Farbe ist hellgelb. In der Literatur war gelegentlich von Pyrophyllit die Rede, doch handelt es sich eindeutig um Muskowit (Analyse in

Tabelle 6. Einige d-Werte in kX des Montebrasit von Trasquilón.

4,65	3,32	2,49	1,954	1,576
4,13	<i>3,17</i>	2,38	1,742	1,282
3,51	<i>2,95</i>	2,12	1,605	1,250

Die beiden stärksten Linien sind kursiv gedruckt.

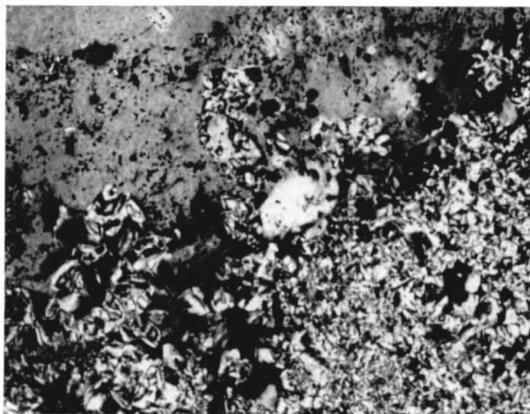


Abb. 6. Muskowit (büschelförmig) verdrängt den Quarz. Trasquilón. 2 Nic., 75mal.

Tabelle 7. Chemische Teilanalysen von Muskowit.

Dichter Muskowit von Trasquilón		Blättriger Muskowit von Valdeflores	
SiO <sub>2</sub>	46,1	SiO <sub>2</sub>	46,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	38,2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	38,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,6	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,4
K <sub>2</sub> O	9,6	K <sub>2</sub> O	9,2
Glühverlust	5,3	Glühverlust	5,5
Total	99,8	Total	99,6

Tabelle 7). Der Muskowit stellt eine späte Bildungsphase dar und ist zweifellos jünger als die andern Mineralien, die er alle verdrängt. Entlang feinen Rissen dringt er in den Quarz und den Zinnstein ein, weniger häufig dagegen in den Amblygonit. Quarz ist manchmal von feinstem Muskowit völlig durchwachsen. Die allgemeine Folgerung ist, daß der Muskowit am Ende des Bildungsablaufes aus nachgedrungenen hydrothermalen Lösungen abgesetzt wurde, teils durch Verdrängung, teils entlang Klüften. So sind auch die auffälligen Muskowitbestege an den Nebentrümmern entstanden, wo der Muskowit vom Rand her in den Quarz eingedrungen ist.

**Zinnstein.** Der Zinnstein tritt vor allem entlang den Salbändern im Quarz und Amblygonit auf. Er findet sich aber auch im Innern der Gangmassen, manchmal mit Sulfiden zusammen (Trasquilón). Der Zinnstein ist älter als die übrigen Mineralien und gehört wohl noch in die pneumatolytische Phase hinein. Greisen kommen aber nicht vor. Die Ansicht von DOERPINGHAUS (1914), daß in Valdeflores der Zinnstein den Amblygonit verdrängt, konnte ich nicht bestätigen. Im Erzmikroskop beobachtet man auch sekundären Zinnstein (Trasquilón), der sich aus Zinnkies infolge Oxydation gebildet hat.

Die Zinnsteinkristalle sind ziemlich klein (ein Zentimeter). In Trasquilón haben sie oft leicht gerundete Flächen, die auf teilweise Resorption deuten. In Valdeflores sind sie meist mit Muskowit durchwachsen. Der Muskowit ist an den Korngrenzen eingewandert und dann entlang Rissen ins Innere des Zinnsteins gelangt. Die Farbe ist makroskopisch braunschwarz (in Valdeflores etwas heller). Auffallend ist besonders in den Dünnschliffen von Trasquilón ein ungewöhnlich kräftiger Pleochroismus ( $N_O$  grünlich,  $N_E$  blutrot), der sich auch im Erzmikroskop bemerkbar macht (Trasquilón). Er hängt mit dem Gehalt an Eisen und Niob zusammen. Die Kristalle sind stets verzwilligt und zeigen einen feinen Zonenbau. Eine Zinnsteinprobe von Trasquilón habe ich chemisch und quantitativ-spektralanalytisch untersucht. Die Ergebnisse befinden sich des bessern Vergleichs wegen bei der Beschreibung von Logrosán zusammen mit einer Analyse von dort (Tabelle 12).

**Apatit.** Apatit tritt nur untergeordnet auf. In Trasquilón kommt er eingewachsen als stenglige, halbwegs idiomorphe Kristalle vor. Sie sind farblos oder leicht bläulich. Auf den Prismenflächen sind sie vertikal gerieft. Ich bestimmte die Lichtbrechung  $N_O$  1,632,  $N_E$  1,630. Es handelt sich offenbar um Fluorapatit. Eine Spektralaufnahme zeigte die Anwesenheit der folgenden Nebenelemente (nach abnehmenden Konzentrationen geordnet): Sn (0,01—0,05%), Mn, Fe, Al, Ti. Auch hier ist der hohe Zinngehalt bemerkenswert. Zinn hat sich, nachdem die Bildungsphase von Zinnstein abgeschlossen war, in den Phosphaten ganz beträchtlich anreichern können. Apatit findet sich in Trasquilón aber auch als späte Bildung auf Klüften und kleinen Hohlräumen in Form von nadeligen und parallel-faserigen Aggregaten. Sie sind weiß und seidenglänzend. Die Lichtbrechung ist dieselbe wie oben.

In Valdeflores tritt Apatit gelegentlich in kurzsäuligen, hellblauen Kristallen auf. Sie haben glatte Flächen und sind undurchsichtig. Eine kolorimetrische Manganbestimmung ergab 0,3% MnO. Einmal fand ich hellblau durchscheinenden

Apatit als großes rundes Korn im Amblygonit eingewachsen. Es war von etwas Muskowit umgeben und erwies sich unter dem Mikroskop als prachtvoll ausgebildeter Sphärolit. Die Radialrichtung ist optisch positiv. Die optische Achsenrichtung verläuft somit tangential. Die Lichtbrechung ist  $N_O$  1,633,  $N_E$  1,630 und weist auf Fluorapatit. Es dürfte sich um eine Abscheidung entlang einer Kluft handeln, die nachher mit Muskowit ausgefüllt wurde. Es ist bemerkenswert, daß der Kalziumgehalt im Amblygonit nicht mehr als einige Hundertstelprozent ausmacht.

**Sulfide.** Die Sulfide sind mengenmäßig ohne Bedeutung, finden sich aber in Trasquilón häufig im Quarz und Amblygonit eingesprengt. Sie treten auch in kleinen Nestern auf. Oft sind sie dank ihrer Einbettung vollkommen frisch erhalten, was in der Oxydationszone so nahe der Oberfläche auffallend ist. Von den Sulfiden geht im Amblygonit manchmal eine

Tabelle 8. *Sulfidparagenese von Trasquilón (9 km S Cáceres).*

Blaugrünverfärbung aus, die auf Verwitterungserscheinungen zu-

Zinnkies: gewöhnlich, isotroper u. rosa	Pyrit, $FeS_2$	Covellin, CuS
Arsenkies, FeAsS	Kupferkies, $CuFeS_2$	Magnetkies, FeS
	Zinkblende, ZnS	Wismut, Bi

rückzuführen ist (Kupfergehalt). In Valdeflores sind Sulfide seltener. Ich fand Zinnkies, Arsenkies und etwas Pyrit. Die folgenden erzmikroskopischen Beschreibungen beziehen sich auf Trasquilón, von wo mir umfangreicheres Material zur Verfügung stand. Bei der Durchmusterung der Erzanschliffe war mir Herr Prof. Dr. RAMDOHR in Heidelberg sehr behilflich. Die auftretenden Sulfiderze sind in Tabelle 8 zusammengestellt. Es ist die bekannte Zinnkiesvergesellschaftung, wie sie im Nachhall von Zinnlagerstätten oft gefunden wurde.

RAMDOHR (1944) hat gezeigt, daß neben dem gewöhnlichen tetragonalen Zinnkies der Formel  $Cu_2FeSnS_4$  noch vier andere mit dem Zinnkies eng verwandte Mineralarten auftreten. Er benannte sie Zinnkies ?I—?IV. Zinnkies ?III und ?IV sind bisher nur von der Grube San José bei Carguaicollo in Bolivien erwähnt worden. Dagegen ist Zinnkies ?I und ?II für zahlreiche Vorkommen nachgewiesen. Auch in den Anschliffen von Trasquilón treten ?I und ?II auf, doch überwiegt gewöhnlicher Zinnkies bei weitem.

Der gewöhnliche Zinnkies ist das häufigste Sulfid in Trasquilón. Er ist von Auge blaugrün metallisch und im Erzmikroskop grauoliv. Fast immer enthält er unzählige tröpfchenförmige Entmischungskörper von Zinkblende, oft in zwei Generationen, einer gröbern und einer feindispersen, nur in Öl sichtbaren. Bemerkenswerterweise fehlen manchmal Kupferkiesentmischungen. Als ziemlich frühes Sulfid wird Zinnkies von Kupferkies verdrängt. Zinnkies beobachtet man auch in Form von Reaktionsrändern zwischen Zinnstein und Kupferkies.

Zinnkies ?I wird kurz rosa Zinnkies genannt, weil er im Erzmikroskop auffallend braunrosa ist. Er ist stark anisotrop und reflexionspleochroitisch. Das Gitter ist wurztitähnlich. Als Formel kommt vielleicht  $Cu_3Fe_2SnS_6$  in Frage. In Trasquilón tritt er nur in geringer Menge auf. In einem Anschliff umschließt gewöhnlicher Zinnkies Covellin, der seinerseits Körner von rosa Zinnkies enthält. RAMDOHR (1944) betrachtet rosa Zinnkies als eine stabile Mineralart (ungleich dem Wurtzit).

Zinnkies ?II wird kurz isotroper Zinnkies genannt. Er ist im Erzmikroskop isotrop und etwas dunkler als gewöhnlicher Zinnkies. Vielleicht entspricht er einer kubischen Hochtemperaturmodifikation des Zinnkies. Das Gitter ist zinkblendeähnlich. Im Material von Trasquilón konnte er häufig beobachtet werden. Eigenartig ist eine lamellenförmige Verdrängung von gewöhnlichem Zinnkies durch isotropen, der seinerseits gegen Kupferkies wieder von gewöhnlichem Zinnkies verdrängt wird. Die Verdrängungsfolge ist in diesem Fall gewöhnlicher Zinnkies — isotroper Zinnkies — gewöhnlicher Zinnkies — Kupferkies.



Abb. 7. Gewöhnlicher Zinnkies (heller grau) wird von isotropem Zinnkies (dunkler grau) lamellenartig verdrängt. Gegen Kupferkies (weiß) wieder gewöhnlicher Zinnkies. Trasquilón. Auflicht, 1 Nic., 350mal, Öl.

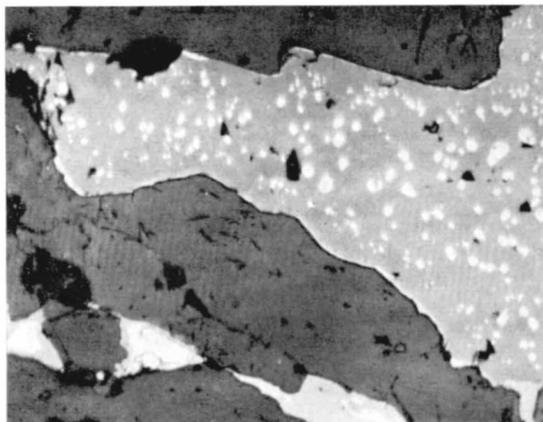


Abb. 8. Zinnstein (dunkelgrau) und Zinkblende (mittelgrau) mit Kupferkiesentmischung (weiß). Am Rand von Zinnstein gewöhnlicher Zinnkies (hellgrau). Trasquilón. Auflicht, 1 Nic., 350mal, Öl.

von Covellin kommen als Produkt beginnender Verwitterung in Begleitung des Kupferkies fast stets vor. Der Covellin ist hin und wieder zu schönen Schnüren angeordnet. Magnetkies und gediegen Wismut sind nur ganz vereinzelt festgestellt worden.

**Augelit,  $Al_2PO_4(OH)_3$ .** Augelit wird hier zum ersten Mal für Spanien beschrieben. In Europa kennt man das Mineral nur noch von der Westanã-Grube

Arsenkies und Pyrit finden sich oft in schönen, idiomorphen Kriställchen im Quarz und Amblygonit eingewachsen. Ungeachtet ihrer großen Kristallisationsfreudigkeit darf man sie wohl als frühe Bildungen ansehen. Entlang Bruchflächen wird Arsenkies von zugewandertem, jüngerem Kupferkies teilweise verdrängt. Zinkblende ist häufig und zwar nicht nur als Entmischungskörper im Zinnkies, sondern auch als selbständige Kristalle. Die Zinkblende zeigt oft schöne Entmischungen von Kupferkies. Wie zwischen Kupferkies und Zinnstein treten manchmal auch zwischen Zinkblende und Zinnstein Reaktionssäume von Zinnkies auf. Spuren

bei Näsium (westlich von Carlsham, Kristianstad, Schweden). Auf der Erde sind bisher etwa acht Fundpunkte erwähnt (s. PALACHE, BERMAN, FRONDEL 1951 und SEAMAN 1953). Augelit habe ich nur in Trasquilón gefunden. Er kommt in Form von dünntafeligen, klaren, farblosen Kriställchen oft im Amblygonit eingewachsen vor. Der Augelit ist leicht angegriffen, als würde er von Amblygonit verdrängt. In einer Druse fand ich auch eine prachtvolle Stufe mit tafelförmigen, aufgewachsenen Kristallen. Sie sind etwa zentimetergroß. Auf der Oberfläche sind sie zartgrün schimmernd (Kupferimprägnation). Die Bruchflächen sind farblos klar.

Augelit ist monoklin. Ich ermittelte die Lichtbrechung eingewachsener Kristalle. Auch bestimmte ich die optische Orientierung an Dünnschliffen mit Hilfe der beiden vollkommenen Spaltbarkeiten nach (110). Meine Werte sind in Tabelle 9 zusammengestellt. Sie stehen in völliger Übereinstimmung mit den Daten, die PRIOR und SPENCER 1895 (s. PALACHE, BERMAN, FRONDEL 1951) und PEACOCK und MODDLE (1941) mitteilten. Dagegen zeigt der Augelit in den Dünnschliffen von Trasquilón eine ziemlich auffällige Achsendispersion (horizontal), welche an dem bolivianischen Material von PRIOR und SPENCER nicht beobachtet wurde. In einer Spektralaufnahme ließ sich wie beim Amblygonit und Apatit ein auffallender Zinngehalt nachweisen. Auch Titan tritt in Spuren auf. Eine Röntgenpulveraufnahme ergab die schon von PEACOCK und MODDLE (1941) ermittelten d-Werte.

Tabelle 9. *Optische Eigenschaften des Augelit von Trasquilón (9 km S Cáceres).*

N (Na)	1,574	X	b
N <sub>Y</sub> berechnet	1,576	Z $\wedge$ c	+35°
N <sub>Z</sub>	1,588	2V <sub>Z</sub>	50°
(Genauigkeit 0,001)			(Genauigkeit 2°)

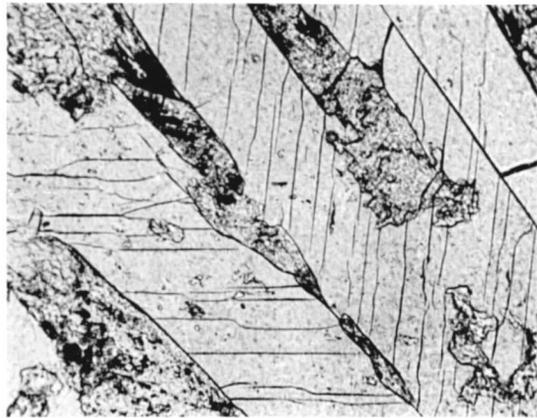


Abb. 9. Augelit (leistenförmige Kristalle) teilweise korrodiert, mit Spaltbarkeit nach (110). Eingewachsen in Amblygonit. Trasquilón. 1 Nic., 75mal.

**Childrenit,  $(\text{Fe, Mn})\text{AlPO}_4(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .** Die eisenreichen Glieder der Reihe heißen Childrenit, die manganreichen Eosphorit. Childrenit ist hier zum ersten Mal für Spanien erwähnt. Eosphoritkristalle fand man einmal auf einer kleinen Kluft in Galizien bei El Son am Ría von Noya, La Coruña (CARDOSO, PARGA PONDAL 1934). Beide Mineralien sind auf der Erde nur von wenigen Lokalitäten bekannt. Childrenit beobachtete ich in Trasquilón als Seltenheit auf einigen kleinen Drusen im Quarz aufgewachsen. Die Kristalle sind klein (ein paar Millimeter), langprismatisch-spießig und vertikal gestreift. Sie zerbrechen sehr leicht. Zum Teil sind sie mit feinem Apatit überkrustet. Die Oberfläche ist matt, die Farbe gelblichbraun. Es handelt sich um Bildungen im Ausklang der hydro-

thermalen Tätigkeit. Ich bestimmte die folgenden optischen Daten (Tabelle 10). Für eine chemische Analyse ist zu wenig Material vorhanden.

Tabelle 10. *Einige optische Daten des Childrenit von Trasilón*  
(9 km S Cáceres).

$N_X$ (Na)	1,647	$Y \sim$ Längsachse (c)
$N_Y$ berechnet	1,669	$2V_X 33^\circ$
$N_Z$	1,671	(Genauigkeit $2^\circ$ )
(Genauigkeit 0,001)		Dispersion $r > v$ , stark

HURLBUT (1950) fand am Childrenit von Tavistock (Devonshire, England)  $N_X 1,643$ ,  $N_Y 1,678$ ,  $N_Z 1,684$ ,  $2V 50^\circ$ ,  $Y \wedge c 8^\circ$ . Die Identität der Kristalle von Trasilón ist aber nicht zu bezweifeln.

Nach einer privaten Mitteilung von Herrn Dr. BARNES, National Research Council, Ottawa, stimmen die Röntgenpulveraufnahmen des Childrenit von Trasilón und des Originalmaterials von Tavistock völlig überein. In Tabelle 11 befinden sich einige gemessene d-Werte. Die optische Achsendispersion  $r > v$  ist typisch für die eisenreichen Endglieder. Größere Mangengehalte bewirken eine umgekehrte Dispersion  $r < v$  zusammen mit einer Abnahme der Lichtbrechung (die Angabe über die Dispersion im neuen Dana ist unvollständig, s. PALACHE, BERMAN, FRONDEL 1951, S. 938). Nach HURLBUT (1950) sind gutentwickelte Kristalle der Childrenit-Eosphoritreihe stets verzwillingt und optisch monoklin. Röntgenographische Untersuchungen führten aber zu einer orthorhombischen Raumgruppe (BARNES, SHORE 1951). Bislang scheint diese Anomalie noch nicht geklärt zu sein.

**Weißer Ton.** In dem derzeit betriebenen Stollen von Valdeflores besteht an einer Stelle die Gangfüllung aus weißem, festem Ton. Er ist schon früher beobachtet worden, ohne daß man seine mineralogische Zusammensetzung richtig erkannte. Man hat es mit einer lokalen Zersetzung der Gangmasse durch hydrothermale Wässer zu tun. Der Ton ist ein Umwandlungsprodukt. In einzelnen Absonderungsflächen lassen sich noch frühere Kristallgrenzen erkennen. Manchmal findet man zersetzte Muskowitreste. Ich verdanke Herrn Dr. BRAITSCH in

Tabelle 11. *Einige d-Werte in kX des Childrenit von Trasilón.*

5,20	3,37	2,41	2,04	1,297
4,34	3,08	2,37	1,537	1,260
3,51	2,80	2,07	1,518	1,244

Die beiden stärksten Linien sind kursiv gedruckt.

Göttingen die röntgenographische Untersuchung einer reinen Probe. Der Mineralbestand ist zu rund 60% „Fireclay“ (Kaolinmineral), zu etwa 25% zersetzter Feldspat und zu restlichen 15% Montmorillonit. Der Feldspat ist sicher sekundär gebildet, da er in den Gängen selbst nicht auftritt.

**Pseudomalachit,  $Cu_5(PO_4)_2(OH)_4 \cdot H_2O$ , Goethit, Gold.** Diese Mineralien habe ich als Seltenheiten in Trasilón festgestellt. Ein smaragdgrünes Kupferphosphat bildet manchmal feine Kluftfüllungen im Quarz. Seine Identität mit Pseudomalachit konnte ich röntgenographisch allerdings nicht nachprüfen, da mir kein Vergleichsmaterial zugänglich war. Doch sprechen die Lichtbrechung ( $N_X \sim 1,8$ ) und die chemische Zusammensetzung ziemlich sicher für Pseudomalachit. Die mikrokristallinen Aggregate sind ein Sekundärprodukt. — Goethit mit Lepidokrokot bildet ebenfalls feine Adern im Quarz. — Gold ist mehrfach in den eluvialen Zinnseifen auf der Südseite des Granitstockes gefunden worden. Beim Waschen

der zinnhaltigen Erde geht immer etwas Goldstaub mit dem Zinnstein. Die Gehalte sind aber ohne irgendwelche Bedeutung. Etwas Gold führen in Estremadura auch viele Wolframerze.

## 2. Logrosán.

*Logrosán* ist 80 km ost-südöstlich der Stadt Cáceres gelegen und gehört noch zur Provinz Cáceres. Der Ort befindet sich am Südrand der Sierra de Guadalupe, die aus siluro-kambrischen Schiefen besteht. Die Sierra de Guadalupe stellt kein einheitliches Gebirge dar, sondern ist aus verschiedenen hintereinandergestaffelten, NW verlaufenden Ketten aufgebaut. Unmittelbar südwestlich von Logrosán erhebt sich ein steiler Hügel 100 m über die gewellte Landschaft. Er mißt kaum 2 km im Durchmesser und wird Sierra de San Cristóbal genannt. Sein Kern besteht aus muskowitzreichem, mittelkörnigem Zweiglimmergranit, der die Schiefer durchbrochen hat. Es ist das einzige bekannte Granitvorkommen dieser Gegend in einem Umkreis von 20 km.

Der Granit und die Schiefer in nächster Nähe des Kontaktes werden von zahlreichen parallelen Gängen durchsetzt. Es handelt sich um steil einfallende Schrumpfrisse im Granit. Sie streichen NE wie die meisten Lagerstätten in Zentral-Estremadura. Man muß zwei Arten von Gängen unterscheiden. Die einen, wenig zahlreichen, sind bis 60 cm mächtig. Sie haben unscharfe Salbänder. Die Gangfüllung besteht überwiegend aus Quarz, wozu Feldspat und Arsenkies kommen. Der Arsenkies tritt auch ins Nebengestein über. Zinnstein scheint zu fehlen. Diese Gänge stellen Bildungen der pegmatitisch-pneumatolytischen Phase dar und werden nicht abgebaut.

Die andere Gruppe von Gängen umfaßt die schmalen Erztrümer, die den ganzen Granitstock durchschwärmen. Sie sind 5—20 cm breit und haben scharf ausgebildete Salbänder. An der Gangfüllung sind fast nur weißer Quarz und Zinnstein beteiligt. Der letztere befindet sich immer an den Salbändern. Wolframit tritt nicht auf. Die höchsten Erzgehalte haben die schmalsten, nur einige Zentimeter mächtigen Adern, die bisweilen ganz aus Zinnstein bestehen. Muskowit bildet häufig einen schmalen Saum längs den Salbändern. Als Seltenheiten sind eine Reihe von Mineralien (Zinnkies, Amblygonit, Apatit, Autunit) gefunden worden, die auch in Trasquilón auftreten. Die Analogie zwischen den beiden Vorkommen Logrosán und Trasquilón ist bemerkenswert.

Das Zinnvorkommen von Logrosán stellt ein auffallendes Beispiel für die Vererzung in kleinen, ihre Umgebung überragenden Granitkuppeln dar. Wie auch in Trasquilón und Valdeflores fehlen hier Zinnreisen. Die Bildung des Zinnsteins dürfte der pneumatolytisch-hydrothermalen Übergangsphase angehören. Logrosán ist zur Zeit der größte Zinnproduzent in Zentral-Estremadura. Seine Entdeckung liegt noch nicht sehr lange zurück, obwohl in kaum 2 km Entfernung während Jahren ein großer Apatitgang abgebaut wurde. Der Zinnbergbau bewegt sich noch nahe der Oberfläche in vielen kleinen Stollen, die mehr oder weniger aufs Geratewohl in den Berg getrieben wurden. Die Seifen am Fuß des Hügels, die sehr hohe Gehalte aufwiesen, sind heute erschöpft.

**Zinnstein.** Der Zinnstein tritt immer an den Salbändern auf. Er ist meist derb und eingewachsen. Manchmal findet man aber auch aufgewachsene und hervorragend schön entwickelte Kristalle an Stellen, wo der Gangquarz durch weißen

Lehm ersetzt ist. Die Zinnsteinindividuen sind in seltenen Fällen bis 3 cm groß. Im Handstück ist das Mineral dunkelbraun. Der Pleochroismus ( $N_O$  hellbraun,  $N_E$  rot) ist nicht so stark wie beim Zinnstein von Trasquilón, was offenbar mit dem geringeren Eisengehalt zusammenhängt (Analysen in Tabelle 12). Alle Kristalle sind verzwillingt und zeigen im Dünnschliff eine ungleichmäßige Bänderung, die durch helle und dunkle Zonen hervorgerufen wird.

Ich habe einen freientwickelten Zinnsteinkristall von Logrosán chemisch und quantitativ-spektroskopisch analysiert. Eine nach denselben Verfahren ausgeführte Analyse des Zinnsteins von Trasquilón wird der Übersicht halber ebenfalls hier gebracht. Für die Bestimmung der Elemente Eisen, Niob und Tantal

Tabelle 12. *Chemische und spektroskopische Analysen von Zinnstein aus der Provinz Cáceres (Analytiker WEIBEL).*

Zinnstein von Trasquilón (9 km S Cáceres)				Zinnstein von Logrosán (80 km ESE Cáceres)			
SnO <sub>2</sub>	97,5	Formel		SnO <sub>2</sub>	97,5	Formel	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,0	Sn	0,966	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,3	Sn	0,960
TiO <sub>2</sub>	0,2	Fe	0,019	TiO <sub>2</sub>	1,5	Fe	0,006
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,7	Ti	0,004	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,5	Ti	0,028
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,7	Nb	0,008	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	Nb	0,006
Mn	Spuren	Ta	0,005			O	2,000
		O	2,000				
Total	100,1	Total	99,8				

Spektroskopisch nicht gefunden oder fragwürdig: Sc, Mo, W.

gewählt, wobei die Proben mit spektralreiner Kohle fünffach verdünnt wurden. Vier Eichpunkte habe ich ermittelt bei 3,2%, 1,0%, 0,32% und 0,10% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Die verwendeten Linien sind Sn I 3032,775 und Fe I 3000,951. Dieses Verfahren hat gute Resultate für Eisen gegeben.

Ungünstiger liegen die Verhältnisse bei Niob und Tantal. Die Spektren dieser Elemente haben relativ wenige und nicht sehr intensive Linien. Ein geeignetes Bezugselement ist nicht ganz einfach zu finden. Unter Verzicht auf höchste Genauigkeit wurde Eisen verwendet, was sich im vorliegenden Fall als am bequemsten erwies. Es wurden 10% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (abzüglich des Eisengehaltes in den Zinnsteinen) zugemischt und mit Kohle wieder fünffach verdünnt. Eichpunkte wurden aufgenommen bei 3,0%, 0,5%, und 0,05% Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und bei 3,0%, 0,5% und 0,05% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Die verwendeten Spektrallinien sind Fe I 2651,706, Nb I 2657,616, Ta I 2653,274. Von jeder Probe wurden 3—6 Aufnahmen mit dem Zeiss-Spektrallinienphotometer ausgemessen. Die Intensitätsmarken für die Schwärzungskurven lieferte ein logarithmisch gestufter rotierender Sektor. Die hier wiedergegebenen Mittelwerte von Niob und Tantal sind auf 25—30% genau, da die einzelnen Messungen ziemlich schwankten.

Für die Bestimmung des Zinns benutzte ich das übliche titrimetrische Verfahren mit Jodüberschuß-Thiosulfat. Der Aufschluß des Zinnsteins erfolgte mit Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in einem Porzellantiegel, die Reduktion des Zinns mit Ferrum reductum und einem Überschuß von Proberblei. Die Schwierigkeit des Verfahrens liegt bekanntlich darin, eine teilweise Rückoxydation des zweiwertigen Zinns durch Luftsauerstoff völlig auszuschließen. Das Titan bestimmte ich kolorimetrisch. Wird der

wurde der Spektralanalyse der Vorzug gegeben angesichts der unüberwindlichen Schwierigkeiten, die einer chemischen Trennung der Erdsäuren von Zinn und Titan im Wege stehen. Es wurde das Kathodenglimmschichtverfahren von MANNKOPFF und PETERS angewendet. Als Bezugselement für Eisen wurde das Zinn selbst

Aufschluß in einem Porzellantiegel vorgenommen, so ist natürlich der Titangehalt des Porzellans zu berücksichtigen. Auch Niob stört die Bestimmung etwas, da es sich mit  $\text{H}_2\text{O}_2$  leicht gelb färbt. Dieser Einfluß ist aber schwer auszuschalten.

Die Berechnung der Formel ist auf den halben Inhalt der Elementarzelle bezogen. Bemerkenswert ist der Titangehalt. Auch in einem Zinnstein von Schlaggenwald (Erzgebirge), den ich zu Vergleichszwecken untersuchte, konnte Titan neben Niob und Tantal festgestellt werden. Anscheinend ist Titan in Zinnsteinen nicht immer beachtet worden und verbreiteter, als allgemein nach der Literatur zu schließen ist. Nach RANKAMA und SAHAMA (1950, Appendix 3) sind die Ionenradien von  $\text{Sn}^{4+}$  0,74 und von  $\text{Ti}^{4+}$  0,64. Ein geringer Atomersatz des Zinns durch Titan ist daher nicht erstaunlich. Umgekehrt können manchmal auch Titanminerale wie Titanit etwas Zinn enthalten (RAMDOHR 1936).

Interessant sind zum Vergleich die Spektralanalysen, die PECORA, SWITZER, BARBOSA, MYERS (1950) von einem brasilianischen Zinnstein geben. Sie unterscheiden schwarzen Zinnstein und grüngelben. Ich gebe anschließend die Werte der genannten Autoren wieder (in Klammern die Zahlen für grüngelben Zinnstein): MnO 0,65% (0,14),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,29% (0,06),  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  0,46% (0,18),  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  1,0% (0,1), Ti 0,000X% (0,00X). Hervorzuheben sind der Mangangehalt und das fast völlige Fehlen von Titan.



Abb. 10. Gewöhnlicher Zinnkies, körniges Aggregat, mit Zinkblende- (dunkel) und Kupferkiesentmischung (hell). Logrosán. Auflicht, 1 Nic., 350mal, Öl.

**Übrige Mineralien.** Im Quarz der Gänge von Logrosán eingewachsen treten vereinzelt ganz ähnliche Sulfidparagenesen wie in Trasquilón auf. Arsenkies und Zinnkies werden makroskopisch am häufigsten beobachtet. Der Arsenkies ist oft porös und daher schlecht zu polieren. Er enthält an manchen Stellen Einschlüsse, was mit seiner großen Kristallisationsfreudigkeit zusammenhängt. Dabei kann man drei Vergesellschaftungen unterscheiden, nämlich (1) Covellin, Zinnkies (gewöhnlicher und isotroper) und Zinkblende — (2) Kupferkies (mit Cubanit), Magnetkies und Pyrit — (3) gediegen Wismut.

Der gewöhnliche Zinnkies zeigt im Erzmikroskop zahlreiche Entmischungen und sonstige Einschlüsse. Zu den Entmischungen gehören Zinkblende (manchmal in zwei Generationen), Kupferkies und *Schapbachit* (Gemisch von Matildit,  $\text{AgBiS}_2$ , und Bleiglanz, PbS), dessen Bestimmung ich Herrn Prof. Dr. RAMDOHR verdanke. Die feinsten Entmischungskörper sind erst bei starker Vergrößerung sichtbar. In Begleitung des Zinnkies wurde zudem untergeordnet Kupferglanz, Arsenkies, Metazinnssäure (gelförmig), Covellin, Bornit und Fahlerz festgestellt. Diese Mineralien sind aber mengenmäßig ohne Bedeutung und erst im Erzmikroskop zu erkennen.

Als Seltenheit ist Amblygonit vorgekommen, der ähnliche sphärolitische Apatiteinschlüsse zeigt, wie ich sie etwas größer in Valdeflores beobachtete. Auch in der Optik entspricht dieser Amblygonit etwa demjenigen von Valdeflores. An einer Stelle fanden sich Spuren von gelbem *Uran glimmer*, millimetergroße, zerstreute Blättchen, bei denen es sich offenbar um Autunit handelt,  $\text{Ca}(\text{UO}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 10\text{--}12 \text{H}_2\text{O}$ . Dieses sporadische Auftreten von sekundären Uranmineralien ist in Westspanien typisch für die hydrothermal beeinflussten Randzonen der großen Granitbatholite und deren Ausstülpungen. Außer den hier beschriebenen Vorkommen von Trasquilón und Logrosán sind auch andere Fundpunkte in Estremadura bekanntgeworden.

#### IV. Phosphatlagerstätten.

Gänge von feinverwachsenem Quarz und Apatit sind in Zentral-Estremadura häufig. Sie setzen sowohl im Granit wie im Schiefer und Kalkstein auf. Die meisten dieser Gänge sind klein und arm. An zwei Stellen haben sie dagegen zu einem Abbau großen Stils geführt, nämlich bei Logrosán und bei Aldea Moret (3 km SSW von Cáceres). Während im vorigen Jahrhundert eine Reihe anderer Vorkommen ebenfalls ausgebeutet wurde, arbeitet heute nur noch das Phosphatbergwerk von Aldea Moret. Die 200 m tiefe Grube von Logrosán ist im spanischen Bürgerkrieg ersoffen und seither nicht wieder in Betrieb genommen worden.

##### 1. Logrosán.

Der große Apatitgang, der während langer Zeit abgebaut wurde, befindet sich am Ostrand des Dorfes von Logrosán. Mit dem kleinen Granitstock der Sierra de San Cristóbal besteht anscheinend kein direkter Zusammenhang. Von der heute aufgegebenen Mine verfüge ich über einige alte Handstücke, die ich ihrer eigenartigen Ausbildung wegen kurz beschreibe. Der Apatit bildet fiederig angeordnete Lamellen mit der optischen Achse senkrecht zur Längserstreckung und sieht im Dünnschliff wie Eisblumen an einer gefrorenen Fensterscheibe aus. Die optisch positive Elongation ist damit zu erklären, daß die zu tafeligem Habitus neigenden Apatitkristalle sich im Wachstum gegenseitig behinderten. So kam eine längliche Wuchsform zustande, die aber mit der stengligen Ausbildung des Apatits etwa in Eruptivgesteinen nichts zu tun hat. Ähnliche Verhältnisse kennen wir bei Chalzedon. Der Apatit wird von kleinen Quarzkriställchen umsäumt.

##### 2. Aldea Moret.

*Aldea Moret* liegt 3 km südsüdwestlich von Cáceres und ist durch einen mächtigen Quarz-Apatitgang bekannt, der mit Unterbrüchen seit 1864 abgebaut wird und durch den Bergbau bis in 180 m Tiefe erschlossen ist. Der Gang setzt in devonischen Kalksteinen auf. Er tritt nicht in die liegenden Schiefer des Silurs über. An der Oberfläche läßt er sich auf 800 m verfolgen und streicht N 15° E. Das Einfallen ist 75° nach E. Die Mächtigkeit schwankt zwischen 1 und 12 m, ist an der Oberfläche gering und nimmt nach der Tiefe meist zu. Es sind keine scharfen Salbänder vorhanden, vielmehr ist der Kalkstein am Kontakt stark durchadert. Der Gang spaltet sich an den Enden auf.

Der Mineralbestand ist sehr eintönig und umfaßt praktisch nur feinkristallinen Quarz und Apatit, die miteinander verwachsen sind. An andern Mineralien treten

noch Kalzit, manchmal in kleinen Drusen, und vereinzelt Zinkblende und Eisenhydroxyde auf. Eine laterale Abfolge fehlt. Das abgebaute Material ist des öfters als Phosphorit bezeichnet worden, vor allem in der spanischen Literatur, was aber völlig sinnwidrig ist. Der Name Phosphorit ist nur für die kryptokristallinen Apatitvarietäten, wie sie meist die sedimentären Phosphatlagerstätten aufbauen, zu gebrauchen (Collophane in PALACHE, BERMAN, FRONDEL 1951). Die Apatitlagerstätte von Aldea Moret ist hydrothermal und wahrscheinlich ziemlich tief-temperiert.

Die Grube von Aldea Moret fördert jährlich etwa 15000 t Rohgestein, das auf Superphosphat verarbeitet wird. Dem Unternehmen ist eine eigene Schwefelsäurefabrik, die Pyrit aus dem Rio-Tinto-Bezirk verarbeitet, angeschlossen. Da aber der Apatit nicht vom Quarz getrennt wird, bleibt das erhaltene Produkt mit etwa 10%  $P_2O_5$  weit hinter algerischem Superphosphat zurück. Die Grube vermag den spanischen Phosphatbedarf bei weitem nicht zu decken. Dagegen versorgt sie die Stadt Cáceres mit Trinkwasser.

**Quarz und Apatit.** Die Quarz-Apatitgemenge sind makroskopisch sehr feinkörnig bis dicht, von weißer Farbe

und oft rötlich durchadert, was auf geringen Eisengehalt zurückzuführen ist. Apatit macht im Mittel 40% der Gangfüllung aus. Im Mikroskop ist er mehr oder weniger eigengestaltig, während der Quarz gern dem Apatit aufsitzt und wie das Karbonat die Zwickel ausfüllt. Trotzdem sind Quarz und Apatit etwa gleichaltrig, und ihre unterschiedliche Ausbildung deutet eher auf größere Kristallisationsfreudigkeit des Apatits. Der Quarz enthält ungezählte kleinste Einschlüsse. Auch der Apatit ist nie frei davon. Die Apatitkristalle zeigen auch hier, wie schon unter Logrosán beschrieben, optisch positive Elongation, die mit tafelig-lamellarem Habitus zusammenhängt. Neben den Flächen (0001) und einem Prisma tritt häufig noch eine Dipyramide mit einem Winkel von etwa  $23^\circ$  auf. Es handelt sich wohl um die Form  $r10\bar{1}2$ .

Der Apatit ist stets zonal und innen weniger doppelbrechend als am Rand. An der Grenze der beiden Zonen finden sich besonders häufig Einschlüsse. Der Apatit ist thermolumineszent und gibt beim Anschlagen in der Dunkelheit grüne Funken. Eine Spektralaufnahme einer Quarz-Apatitprobe zeigte als bemerkenswerteste Nebenelemente Fe, Mn, Sn, letzteres nur in geringen Spuren und gegenüber dem Durchschnittsgehalt von Graniten nicht angereichert. An einer Stelle des Ganges ist grobkörniger, aber schlecht entwickelter, hellvioletter Apatit gefunden worden. Die Kristalle sind im Mikroskop kataklastisch und von einem stärker doppelbrechenden Saum umgeben. Hier beobachtete ich ausnahmsweise



Abb. 11. Apatit, lamellenartige Kristalle mit optisch positiver Elongation, zu fiederigen Aggregaten vereinigt. In den Zwickeln Quarzsäume. Logrosán. 2 Nic., 24mal.

stengligen Habitus mit optisch negativer Elongation. Ich bestimmte die Lichtbrechung zu  $N_O$  1,633 und  $N_E$  1,631, wonach es sich auch hier um Fluorapatit handeln dürfte.

**Zinkblende und übrige Mineralien.** Eisenreiche Zinkblende tritt an einigen Stellen des mächtigen Ganges in unbedeutenden Mengen auf. Im Dünnschliff ist sie gelbbraun und mit Karbonat durchwachsen. Sie ist stark kataklastisch, eine Erscheinung, die ich schon beim Apatit beobachtet habe und mit tektonischen Beanspruchungen in Zusammenhang bringe. Im Erzmikroskop wurden noch Hämatit, Limonit und Goethit festgestellt. Wahrscheinlich treten in Form von Anflügen auch Manganhydroxyde auf. Eine Spektralaufnahme der Zinkblende ließ vor allem Fe erkennen und in Spuren, nach abnehmenden Konzentrationen geordnet, Cu, Sn, Cd. Mangan ist in der Zinkblende nur in ganz geringer Menge vorhanden.

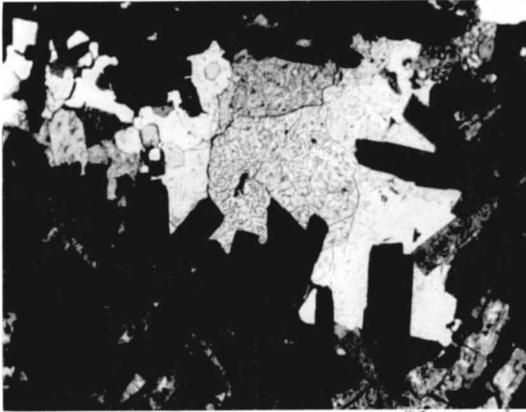


Abb. 12. Apatit (dunkel) und Kalzit (hell). Aldea Moret (3 km SSW Cáceres). 2 Nic., 24mal.

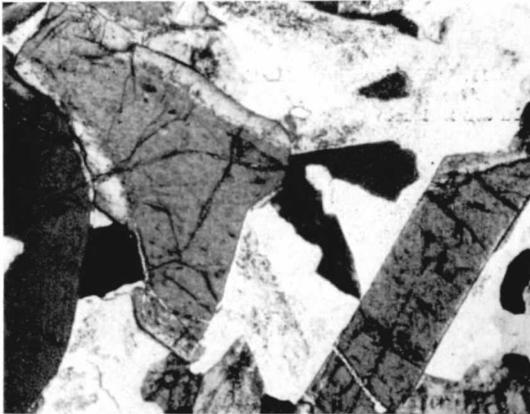


Abb. 13. Grobkörniger Apatit (dunkel) zonal und kataklastisch, mit Quarz (hell). Aldea Moret. 2 Nic., 24mal.

anderer Vorkommen, die meist zu klein und zu arm sind, um noch abgebaut zu werden. Die Lagerstätten sind, wie überall auf der Welt, an die Kontaktzonen sowie die sedimentären, in den Granit eingesenkten Dachreste der Batholite gebunden. Das reichste Vorkommen Zentral-Estremaduras ist Valencia de Alcántara und gehört wie alle bedeutenderen Wolframlagerstätten Westspaniens zu den hydrothermalen Wolframit-Quarzgängen vom Typus Tirpersdorf. Pneumatolytische Vorkommen (z. B. Acebuche bei Cáceres) haben kaum wirtschaftliche Bedeutung. Im folgenden sollen Acebuche und Valencia de Alcántara als typische Vertreter der Wolframformation dieser Gegend näher beschrieben werden.

## V. Wolframitlagerstätten.

Kürzlich hat AHLFELD (1954) eine ausgezeichnete Beschreibung der Wolframlagerstätten Spaniens gegeben, der ich hier nicht viel Neues beizufügen habe. Die wichtigsten Vorkommen Zentral-Estremaduras sind Valencia de Alcántara, Garrovillas, Cáceres (Acebuche) und Montánchez. Daneben gibt es Dutzende anderer

Scheelitvorkommen wie Cerro del Vidrio (bei Montoro, Córdoba) sind mir in Zentral-Estremadura nicht bekanntgeworden.

### 1. *Acebuche.*

*Acebuche* ist eine kleine Finca 9 km südwestlich von Cáceres. Auf dem Granit der Umgebung schwimmen noch Überreste des ehemaligen Batholitdaches, die als stark turmalinisierte Schiefer in Erscheinung treten. Die Kontakte mit dem Granit, der selbst keinen Turmalin enthält, sind scharf. Der Granit ist phorphyrisch ausgebildet und meist zersetzt. Auffallend ist starke Kataklyse im Mikroskop. Der Biotit enthält, wie fast immer in Estremadura, zahlreiche pleochroitische Höfe. Als Nebengemengteile des Granits treten an einer Stelle rosaroter Andalusit, an einer andern reichlich Sillimanit und Pyrit auf. Der Pyrit zeigt bereits Verwitterung durch Wasseraufnahme. Er ist pneumatolytisch zugeführt worden und vermutlich aus Magnetkies entstanden, wie die Augenstruktur der feinen Aggregate im Erzmikroskop schließen läßt.

In der Nähe der Schiefer, jedoch im Granit aufsetzend, kommen eine Reihe unbedeutender Gänge vor mit steilem Einfallen und ungefähr meridionalen Streichen. Sie haben keine scharfen Kontakte, und ihre Breite beträgt stets weniger als 20 cm. An einer Stelle verästeln und verlieren sie sich im Granit. Hier tritt auch Feldspat hinzu, während sonst die Gangfüllung fast ausschließlich aus unreinem, kataklastischem Quarz besteht, mit vereinzelt kleinen Wolframitnestern. Turmalin ist spärlich. Am Rande eines Ganges stellte ich reichlich Andalusit fest in derselben Ausbildung, wie sie schon weiter oben beschrieben ist (Abschnitt über die Granite). Dieses ungewohnte Auftreten hängt mit dem nahen Schieferkontakt zusammen.

Im Quarz finden sich Pyrit, Arsenkies und Kupferkies eingesprengt, die aber fast stets verwittert und oxydiert sind. Im Gegensatz dazu hat sich Wolframit infolge seiner chemischen Widerstandsfähigkeit ziemlich frisch erhalten. Der Pyrit ist zum Teil pseudomorph nach Magnetkies, der im Erzmikroskop noch als winzige Einschlüsse sichtbar ist. Außerdem ließ der erzmikroskopische Befund Markasit und Spuren von Kupferglanz, Covellin und gediegen Wismut erkennen. Das Vorkommen von *Acebuche* ist im wesentlichen pneumatolytisch mit beginnender Zersetzung der Oxydationszone, die durch die Kataklyse der Gänge begünstigt wurde. Die Ausbeutung findet nur zeitweilig und nur im Tagbau statt.

**Wolframit, (Fe, Mn) WO<sub>4</sub>.** Der Wolframit tritt nesterweise in sehr unregelmäßiger Verteilung als dünntafelige und auf Bruchflächen stark glänzende, schwarze Kristalle auf. Außen sind sie matt angelauten oder verrostet. Im Erzmikroskop erscheinen sie etwas korrodiert ohne Neubildung von Scheelit. An einer Stelle fand ich eine Pseudomorphose von Goethit und Lepidokrokit, die vermutlich aus Wolframit hervorgegangen sind. Ich habe eine frische Wolframitprobe aus einem Gang bei *Acebuche* chemisch analysiert (Tabelle 13) und konnte feststellen, daß es sich um Ferberit handelt. Ferberit heißen die Glieder mit einem Atomersatz von über 80% Fe. Das Mineral wurde durch stundenlanges Digerieren mit Salzsäure und Königswasser bei Siedehitze aufgeschlossen. Dabei fällt die Wolframsäure bereits weitgehend aus. Durch Zufügen von Chinin wird die Abscheidung quantitativ. Eisen und Mangan trennte ich durch eine p<sub>H</sub>-Fällung mit Ammoniak. Diese Methoden haben sich sehr gut bewährt.

Eine Spektralaufnahme zeigte wegen des großen Linienreichtums von Eisen und Wolfram bei der Dispersion des verwendeten Spektrographen (Halle) kein ganz eindeutiges Bild. Die aufgezählten Elemente, die (vor allem Niob und Tantal) oft in Wolframitanalysen angegeben werden, sind aber jedenfalls nicht in erheblichen Mengen vorhanden. Dasselbe Resultat erhielt ich bei Wolframiten von Valencia de Alcántara und

Tabelle 13. *Chemische Analyse eines Wolframitkristalls von Acebuche (9 km SW Cáceres) (Analytiker WEIBEL).*

FeO		Formel		In Prozenten der Endglieder	
19,38		Fe	1,64	Ferberit	81%
MnO	4,53	Mn	0,39	Hübnerit	19%
WO <sub>3</sub>	75,7	W	1,99	Rest	
Rest	0,5	O	8,00	Quarz (Einschlüsse)	
Total 100,11					

Spektroskopisch nicht gefunden oder fragwürdig: Sn, Ti, Nb, Ta, Mo.

Garrovillas. Doch wären weitere Untersuchungen mit einem Spektrographen hoher Dispersion wünschenswert, um über die Geochemie der westspanischen Wolframlagerstätten genauere Aufschlüsse zu erhalten.

## 2. Valencia de Alcántara.

Das hier beschriebene Vorkommen (*Mina Santa Gema* genannt) liegt 4 km südöstlich von Valencia de Alcántara an einem Berghang nahe der portugiesischen Grenze. Es scheint

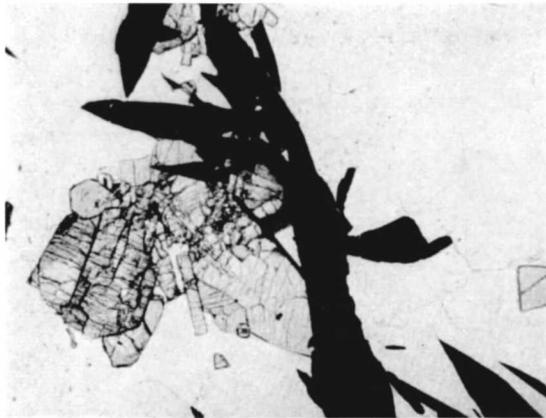


Abb 14. Wolframit (schwarz) mehr oder weniger idiomorph, neben Turmalin (mit Relief) in Quarz, Valencia de Alcántara (*Mina Santa Gema*). 1 Nic., 24mal.

AHLFELD (1954) nicht bekannt gewesen zu sein, da er es in seiner Arbeit nicht erwähnt. In der Umgebung der Grube treten biotitisierte Silurschiefer zutage, die in Gängnähe auch feinstengligen Turmalin führen. 1 km südwestlich der Lagerstätte befindet sich der Kontakt eines großen Granitbatholiten, der aber auf dem Grubengelände nirgends erschlossen ist.

Eine Gruppe schief einfallender Gänge durchsetzt die Schiefer. Die Gänge sind Verwerfer, streichen ungefähr NNE und haben eine Breite von 5—20 cm. Die Salzbänder sind scharf ausgebildet, manchmal mit schwachen Turmalinbestegen. Die Gangfüllung besteht aus grobkörnigem, weißem Quarz und etwas Turmalin. Dieser ist meist zonal mit einem helleren Kern und einem dunkleren Saum. Wolframit tritt mehr oder weniger idiomorph in reichen, unregelmäßig verteilten Nestern auf. Nach den optischen Eigenschaften zu schließen, ist er eisenreich und ebenfalls dem Ferberit nahestehend. Arsenkies und Feldspat sind selten. Pyrit, Rutil und Brauneisen konnten im Erzanschliff beobachtet werden. Zinnstein fehlt. Die Gänge sind etwas zerklüftet und von Gangletten durchzogen. Das Vorkommen ist mehrheitlich hydrothermal mit schwach entwickelter pneumatolytischer Phase. Der Bergbau bewegt sich nahe der Oberfläche.

### VI. Vergleich mit anderen Lagerstätten.

Bemerkenswert für fast alle Zinnerzvorkommen der Erde ist ihre Vergesellschaftung mit sauren Eruptivgesteinen und die nur wenig sich ändernde Paragenese. Die häufigsten Begleiter des Zinnsteins auf seinen Lagerstätten sind Wolframit, Turmalin, Topas, Fluorit, Arsenkies, Muskowit, Lepidolit, Wismutglanz und Molybdänglanz. In Spanien wird Molybdänglanz von mehreren Gruben Galiziens angegeben (AHLFELD 1954), so von San Finx (La Coruña), Santa Comba (La Coruña) und Casayo (Orense). Auf den Lagerstätten Zentral-Estremaduras habe ich Molybdänglanz dagegen nicht gefunden, ebensowenig wie Topas, Fluorit und Lepidolit. Der Name Greisen bezeichnet pneumatolytisch veränderte Gesteine, die aus Quarz, Glimmern, Topas, Turmalin, Fluorit und Zinnstein bestehen. Auch diese Erscheinung fehlt auf den zentral-estremenischen Zinnvorkommen, die durchweg etwas tiefer temperiert zu sein scheinen.

In den Zinngebieten des sächsisch-böhmischen Erzgebirges (Schlaggenwald, Eibenstock, Geyer, Schellerhau, Zinnwald, Altenberg) treten ausgedehnte Vergrünungen auf. Die jüngsten und sauersten Differentiate dieser Zone brachten erhebliche Mengen leichtflüchtiger Bestandteile mit, die zur Bildung von Turmalin-, Topas- und Zinngraniten führten. Außer in Gängen und dicht gescharten Trümmern tritt der Zinnstein diffus in Imprägnationszonen auf. Die Zinnlagerstätten stellen hier den ältesten Teil einer umfassenden Abfolge dar, der die bekannten hydrothermalen Kupferkies-Pyrit-, Blei-Zink- und Kobalt-Nickel-Silber-Wismut-Urangänge des Erzgebirges angehören. Für die Zinnbergbaugebiete von Cornwall ist ebenso ein lateraler Facieswechsel um die Granitintrusionen herum bemerkenswert. Die Zinngänge gehen mit zunehmender Entfernung vom Granit in Kupfer- und Blei-Zinklagerstätten über.

In den westspanischen Zinn- und Wolframdistrikten lassen sich zonale Abfolgen und primäre Teufenunterschiede kaum beobachten, was in erster Linie mit der starken Abtragung des Gebietes zusammenhängen dürfte. Es hat hier den Anschein, daß die meisten Gänge, besonders die im Granit, in geringer Tiefe verarmen. Die Beobachtungen von SCHNEIDERHOEHN und HOENES (SCHNEIDERHOEHN 1941, S. 124), wonach die Granitintrusionen in NW-Spanien einen zonalen Aufbau zeigten, fand ich in Zentral-Estremadura nicht bestätigt. Einem wesentlich anders gearteten Typus gehören die meisten Zinnlagerstätten Boliviens an. Sie sind an subvulkanische Intrusivstöcke sowie Ergußgesteine gebunden und relativ niedrigthermal mit einer raschen Teufenabfolge. Die Gänge sind reich an Sulfiden, stellen aber nicht den Regelfall der Zinnerzbildung dar.

Wolframit ist auf vielen Zinnerzlagerstätten ein ständiger Begleiter des Zinnsteins. Daneben treten reine Wolframitgänge auf, wie sie in dieser Arbeit für Zentral-Estremadura beschrieben sind. Sie stellen einen weltweit verbreiteten Typ dar, dem auch die südhinesischen Wolframvorkommen, die größten der Erde, angehören (KE-CHIN HSU 1943). Bemerkenswert ist die Vergesellschaftung des Wolframit mit Beryll auf der Lagerstätte von Panasqueira in N-Portugal, die die größte Wolframgrube Europas ist (THADEU 1951). Auf den spanischen Wolframlagerstätten sind Berylliumminerale bisher nicht gefunden worden.

Amblygonit kommt meistens in Granitpegmatiten vor und findet sich seltener neben Zinnstein in hochtemperierten Zinnhängen und Greisen. Außer den in dieser

Arbeit beschriebenen Vorkommen bei Cáceres gehören Geyer (sächsisches Erzgebirge) und Montebras (Creuse, Frankreich) hierher. Die Amblygonitvorkommen der Black Hills (South Dakota) und vieler anderer Lokalitäten der USA sind pegmatitisch und nicht an eigentliche Zinnlagerstätten gebunden. Dasselbe gilt von Varuträsk (Schweden) und Eräjärvi (Finnland). Auffallend ist das Auftreten von Phosphaten (Wavellit, Vivianit, Vauxit, Paravauxit, Childrenit) im tiefthermalen Nachhall einer subvulkanischen Zinnlagerstätte Boliviens (Llallagua bei Unica. AHLFELD 1931). Auch das seltene Phosphat Augelit, das in dieser Arbeit beschrieben ist, findet sich auf sulfidischen Gängen der bolivianischen Zinnabfolge (Machacamarca bei Potosí, Tatasi und Oruro). In Bolivien und Estremadura finden wir also eine ähnliche Vergesellschaftung der beiden Elemente Zinn und Phosphor, das eine Mal auf subvulkanischen, das andere Mal auf hypoabyssischen Lagerstätten.

### Zusammenfassung.

Vorliegende Arbeit bringt eine eingehende Beschreibung der verschiedenen Mineralvorkommen Zentral-Estremaduras. Unter Zentral-Estremadura wird das Gebiet zwischen Rio Tajo und Rio Guadiana verstanden, das sich von der portugiesischen Grenze etwa 150 km ostwärts erstreckt. Zuerst wird ein Überblick über den petrographischen Aufbau gegeben. Die Erzbringer sind überall herzynische Granite. Drei Gruppen von Mineralvergesellschaftungen sind für das Gebiet besonders kennzeichnend, (1) Quarz-Amblygonit  $[\text{LiAl}(\text{F}, \text{OH})\text{PO}_4]$ -Zinnsteingänge, (2) Quarz-Apatitgänge und (3) Quarz-Wolframitgänge.

Besonders ausführlich werden die wenig bekannten Amblygonitvorkommen von Cáceres beschrieben, die für pneumatolytisch bis hydrothermal gehalten werden. Mehrere vollständige Analysen von Amblygonit und Zinnstein nach chemischen und quantitativ-spektroskopischen Methoden werden gebracht. Vom Amblygonit ist die optische Orientierung bestimmt worden. Neben dem Amblygonit wurde ein neues Vorkommen der seltenen Phosphatminerale Augelit und Childrenit entdeckt. Des weitern werden die Apatitlagerstätten von Cáceres studiert. Mit den in dieser Zone unbedeutenden Wolframitgängen beschäftigt sich der Schluß der Arbeit. Eine neue Wolframitanalyse ist wiedergegeben. Es handelt sich um ein eisenreiches Glied der Reihe (Ferberit).

### Literatur.

AHLFELD, F.: The tin ores of Unica-Llallagua, Bolivia. *Econ. Geol.* Bd. 26 (1931) S. 241. — Die Wolframlagerstätten Spaniens. *Erzmetall* Bd. 7 (1954) S. 290. — AHRENS, L.: Spectrochemical analysis. Cambridge, Mass. (1950). — BARNES, W., and V. SHORE: The childrenite-eosphorite problem. *Amer. Mineralogist* Bd. 36 (1951) S. 509. — BURRI, C.: Das Polarisationsmikroskop. Basel (1950) — CARDOSO, M., e I. PARGA PONDAL: Hallazgo de la eosforita en El Son (Coruña). *Las Ciencias* Bd. 1 (1934) S. 849. — CISSARZ, A.: Übergangslagerstätten innerhalb der intrusiv-magmatischen Abfolge. Teil I. Zinn-Wolfram- und Molybdänformation. *Neues Jb. Mineral., Geol. Paläont., Beil.-Bd. [Abh.] Abt. A* Bd. 56 (1928) S. 99. — DOERPINGHAUS, W.: Amblygonit-Zinn-Vorkommen von Cáceres. *Arch. Lagerst. Forsch.* Bd. 16 (1914). — GEYER, R.: Beitrag zur quantitativen Fluorbestimmung. *Z. anorg. u. allg. Chem.* Bd. 252 (1943) S. 42. — HARRISON, G.: Massachusetts institute of technology wavelength tables. New York (1952). — HERNÁNDEZ-PACHECO, F.: El relieve de las zonas hercínicas peninsulares en la Extremadura Central, Libro jubilar I, Inst. Geol. Min. España (1950) S. 121. — Edad en las formaciones con facies estrato-cristalina en la provincia de Bajadóz. *Not. Com. Inst.*

Geol. Min. España Bd. 31 (1953) S. 3. — HILLEBRAND, W., E. LUNDELL, H. BRIGHT and J. HOFFMAN: Applied inorganic analysis. New York (1953). — HURLBUT, C.: Childrenite-eosphorite series. Amer. Mineralogist Bd. 35 (1950) S. 793. — *Instituto geológico y minero de España*: Explicaciones de las hojas N° 702 (1941) San Vicente de Alcántara — 727 (1942) Albuquerque — 703 (1946) Arroyo de la Luz — 753 (1946) Miajadas — 704 (1949) Cáceres — 752 (1949) Mirandilla — 777 (1950) Mérida. — (1952) Mapa geológico de España y Portugal 1:1000000. — KE-CHIN HSU: Tungsten deposits of southern Kiangsi, China. Econ. Geol. Bd. 38 (1943) S. 431. — LARSEN, E., and H. BERMAN: Microscopic determination of the nonopaque minerals. U.S. Geol. Survey Bull. 848 (1934). — NEL, H.: Petalite and amblygonite from Karibib, South-West Africa. Amer. Mineralogist Bd. 31 (1946) S. 51. — NIGGLI, P.: Zur Mineralchemie der Eruptivgesteine und Pegmatite. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. Bd. 12 (1932) S. 204. — PALACHE, C., H. BERMAN and C. FRONDEL: The system of mineralogy I, II. New York (1944, 1951). — PALACHE, C., W. RICHMOND and C. WOLFE: On amblygonite. Amer. Mineralogist Bd. 28 (1943) S. 39. — PARGA PONDAL, I., u. M. CARDOSO: Die Lithiumpegmatite von Lalin in Galizien. Festschr. P. NIGGLI (1948) S. 324. — PEACOCK, M., and D. MODDLE: On a crystal of angelite from California. Mineral. Mag. Bd. 26 (1941) S. 105. — PECORA, W., G. SWITZER, A. BARBOSA and A. MYERS: Structure and mineralogy of the Golconda pegmatite, Minas Gerais, Brazil. Amer. Mineralogist Bd. 35 (1950) S. 889. — PEHRMAN, G.: Die Granitpegmatite von Kimito (SW-Finnland) und ihre Minerale. Acta Acad. Aboensis math. physic. Bd. 15, 2 (1945). — RAMDOHR, P.: Ein Zinnvorkommen im Marmor bei Arandis, Deutsch-Südwestafrika. Neues Jb. Mineral., Geol. Paläont., Beil.-Bd. [Abh.] Abt. A Bd. 70 (1936) S. 1. — Die Erzminerale in gewöhnlichen magmatischen Gesteinen. Abh. preuß. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl. Bd. 2 (1940). — Zum Zinnkiesproblem. Abh. preuß. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl. Bd. 4 (1944). — Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Berlin (1950). — RANKAMA, A. and T. SAHAMA: Geochemistry. Chicago (1950). — ROBERTS, R.: Amblygonite and associated minerals from the Mbale mine, Uganda. Bull. Imp. Inst. Bd. 46 (1948) S. 342. — SCHMIDT-THOMÉ, P.: Paläozoisches Grundgebirge und junges Deckengebirge im westlichen Zentralspanien. Geotekt. Forsch. Bd. 6 (1945). — SCHNEIDERHOEHN, H.: Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde. Jena (1941). — SEAMAN, D.: Angelite from pegmatites in New Hampshire. Amer. Mineralogist Bd. 38 (1953) S. 728. — STAUB, R.: Gedanken zur Tektonik Spaniens. Vjschr. naturforsch. Ges. Zürich Bd. 71 (1926) S. 196. — THADEU, D.: Geologia do couto mineiro da Panasqueira, Dir. Ger. Minas Serv. Geol. Lisboa (1951). — TREFZGER, E.: Über zwei Wolframvorkommen in Spanien. Erzmetall Bd. 1 (1948) S. 137. — VOLBORTH, A.: Montebrasit von Eräjärvi. Bull. Commiss. géol. Finlande Bd. 154 (1951) S. 171.

M. WEIBEL, Zürich 38, Albisstr. 35.

## Lebenslauf

Als Sohn des Adolf Weibel von Schüpfen (Bern) und der Alice Weibel, geb. Moesch, von Frick (Aargau) wurde ich am 6. März 1931 in Zürich geboren. In Bern besuchte ich das Progymnasium und in Zürich das Kantonale Realgymnasium, wo ich 1949 das Reifezeugnis Typus B erwarb. Darauf studierte ich während acht Semester an der Abteilung für Naturwissenschaften der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich. Im Frühjahr 1954 erwarb ich das Diplom in ingenieur-geologischer Richtung, nachdem ich zuvor im Rahmen des Studentenaustausches ein halbes Jahr in Spanien gewesen war.

Hierauf begann ich mit der Ausarbeitung der vorliegenden Promotionsarbeit, wobei ich das in Spanien gesammelte Material verwertete. Zur Ausführung von Spezialuntersuchungen, die in Zürich mangels geeigneter Apparate nicht möglich waren, arbeitete ich während des Sommersemesters 1954 am Mineralogischen Institut der Universität Göttingen. Auch für diesen Studienaufenthalt erhielt ich durch Vermittlung des Schweizerischen Schulrates ein Austauschstipendium. Seit dem Winter 1955 bin ich als Assistent am Mineralogischen Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich tätig.