

## Zur Kenntnis der Hydrothermalite des Harzes

Von EWALD KUSCHKA, Freiberg; HANS JOACHIM FRANZKE, Ilmenau

Mit 3 Abbildungen

### 1. Vorbemerkungen

In den Jahren 1970—1973 konnten die Hydrothermalite des Unterharzes im Rahmen regionaler geologischer Arbeiten detailliert visuell bearbeitet werden. In diese Bearbeitung wurden möglichst alle derzeit bekannten Mineralgänge des DDR-Anteils des Harzes einbezogen. Die Ergebnisse dieser Arbeiten werden in den Kapiteln 1—3 dieses Beitrags von E. KUSCHKA vorgelegt.

Bei der visuellen Paragenesenanalyse sind konsequent die signifikanten Kriterien der relativen Altersbeziehungen in allen Größenbereichen der Untersuchungen (Aufschluß, Handstück, Dünn-schliff) wie Trum durchsetzungen, Brekzien-Matrix-Beziehungen, Wachstumsrichtungen, Verdrängungsbeziehungen berücksichtigt worden. Die Teilergebnisse der Untersuchungen an jedem Objekt wurden in Paragenesenformeln und -piktogrammen dokumentiert. Das ermöglichte den Vergleich und die Korrelation einer sehr großen Anzahl von Primärdokumenten. Daraus resultierte die sichere Bestimmung der Altersreihenfolge der Paragenesen eines jeden Mineralgangs. Nach der Säulenprofilmethode wurden die Altersreihenfolgen der Mineralisationen der Gänge und Mineralgangssysteme miteinander verglichen, was zu einer zusätzlichen Kenntnissicherung der dargestellten relativen Altersfolge führte. Die Arbeitsergebnisse werden hier in der neuen einheitlichen Systematik der Hydrothermalite vorgelegt (KUSCHKA 1974).

Die Untersuchungen unterscheiden sich von vorangegangenen durch die regionale Breite, in der sie geführt wurden und durch das methodische Herangehen, indem sie von der Peripherie her zu den Zentren der intensiven Mineralisation tektonischer Spalten geführt wurden. Mit anderen Worten, sie bewegten sich von den einfacheren Verhältnissen „verarmer“ Paragenesen des Bereichs extensiver Mineralisationen zu den komplizierten polyminalischen Ausbildungen der „kompletten“ Paragenesen des Bereichs intensiver Mineralisierung. Hier komplizieren die mit abnehmendem Alter additiven Überlagerungen und Beeinflussungen das Paragenesensbild.

Die erwähnten „verarmten“ Paragenesen des extensiven Bereichs werden in ca. 99% der Fälle von den früher als „Gangarten“ bezeichneten Massenausscheidungen Quarz, Karbonate, Baryt oder Fluorit vertreten. Es hat sich zur exakten Abgrenzung und zur Feststellung der relativen Altersverhältnisse der Paragenesen als außerordentlich fruchtbringend erwiesen, ihre Komponenten von den Mengenanteilen her in Hauptminerale (33—100% Anteil) und typische Begleitminerale (unter 33% Anteil) einzuteilen.

Die Untersuchungsergebnisse zeigten ganz deutlich, daß eine nur stichprobenartige Paragenesenbearbeitung inmitten der Zentren intensiver Mineralisation zur Klärung der Zusammensetzung, Abgrenzung und Aufeinanderfolge der Paragenesen nicht ausreicht, zumal kaum überschaubare komplizierte Beeinflussungen durch jüngere Mineralisierungen hier zu Fehldeutungen führen können.

Die nach der skizzierten Methode vorgenommenen Untersuchungen ermöglichen gegenüber den letzten Publikationen über Harzer Hydrothermalite (KLAUS 1972; BAUMANN & WERNER 1968; OELSNER u. a. 1958) eine schärfere, sicherere Definition der Zusammensetzung, gegenseitigen Abgrenzung und Altersreihenfolge der Mineralparagenesen.

Im Kapitel 4 dieses Beitrags berichtet H. J. FRANZKE über die verbesserten Kenntnisse in der regionalen Verteilung der Mineralisationen, insbesondere ihrer Bindung an die Bruchstrukturen des Unterharzes.

Damit ergaben sich neue Aspekte über den Großablauf der Mineralisationsperiode und über ihre Genese. In diese Betrachtungen werden die publizierten Ergebnisse verschiedener Temperatur-, Zeit- und geochemischer Bestimmungen (z. B. BAUMANN & LEEDER 1972) mit einbezogen.

## 2. Erläuterungen zur Darstellungsform der Hydrothermalite des Harzes

Die Mineralparagenesen werden im folgenden nach der neuen einheitlichen Systematik gegliedert und beschrieben. Die Einteilung beruht auf den beiden systematischen Kategorien

Folgengruppe

Folge

Eine Folge (als Basiseinheit der Systematik) umfaßt eine unter bestimmten physikochemischem Regime entstandene Mineralassoziation, die aus einer Sukzession und/oder Kombination von Hauptmineralen und typischen Begleitmineralen besteht. Sie beruht demnach auf einer Mineralparagenese (d. h., Folge und Paragenese werden gleichgesetzt). Die Abgrenzung der einen Folge gegen ihre benachbarten Folgen ist durch Änderung des Mineralbestands, zusätzlich noch durch Wechsel der Gefügemerkmale und hiatale Störungen des Bildungssablaufs gegeben.

Eine Folgengruppe (Fgr.) ist eine genetisch und räumlich integrierte Sequenz von Folgen mit gesetzmäßiger, physikochemisch bedingter Veränderung des Mineralbestands, die gegen die nächst jüngere oder ältere Folgengruppe deutlich chemisch abgegrenzt ist. Als zusätzliche Abgrenzungsmöglichkeiten können Tektonik und Gefügemerkmale signifikant sein.

Zur besseren Übersicht der Paragenesenbeschreibung werden die Paragenesenformeln jeder Beschreibung vorangestellt.

Die Paragenesenformel widerspiegelt den beobachteten wesentlichen Sachverhalt in kürzester und klarster Form. Die an den Paragenesen beteiligten Minerale erscheinen als Kürzel, die vom Mineralnamen abgeleitet sind (RGW-Festlegung, erweitert). Zwischen den Mineralen bestehende vielfältige Kombinations- und Sukzessionsverhältnisse, beeinflussende tektonische Erscheinungen; strukturelle Eigenschaften, Mengenverhältnisse, Umlagerungen, Verdrängungen usw. werden durch Symbole ausgedrückt, die die Kürzel sinnentsprechend verbinden. Die Elemente der Paragenesenformel werden in nachstehender Übersicht gebracht.

### Elemente der Paragenesenformeln

Kürzel (nur die in diesem Beitrag verwendeten)

ai	Ankerit	frg	Freibergit	pn	Pyrrhotin
at	Arsenopyrit	gff	Gersdorffit	pro	Proustit
ba	Baryt	gn	Galenit	pyr	Pyrargyrit
bht	Breithauptit	hm	Hämatit	q	Quarz
bou	Bournonit	jt	Jamesonit	rmm	Rammelsbergit
ca	Calcit	ll	Löllingit	sff	Safflorit
cl	Chalcedon	mgh	Meneghinit	skt	Skutterudit
cn	Cobaltin	mia	Miargyrit	sr	Siderit
cu	Chalkopyrit	mil	Millerit	step	Stephanit
d	Dolomit	nn	Nickelin	ten	Tennantit
dyt	Dyskrasit	p	Pyrit	tet	Tetraedrit
fl	Fluorit	p <sup>m</sup>	Markasit	ull	Ullmannit
				zn	Sphalerit

Gediegene Metalle: chemische Elementsymbole:

As Arsen; Bi Wismut; Sb Antimon

Kürzel für Mineralgruppen:

In der Regel zusammen auftretende Mineralgruppen mit verwandtem Chemismus erfordern nicht von Fall zu Fall eine ausführliche Darstellung aller an der Paragenese beteiligten Minerale.

Verwendet wurden:

kr Karbonate; Mn·ox Manganoxide; sel Selenide; sf Sulfide

## Symbole

Diese werden zur Darstellung der Altersbeziehungen, Mengenanteile und Ereignisse im Bildungsablauf eingesetzt.

### Altersbeziehungen:

- $x-y$  auf Mineral  $x$  folgt Mineral  $y$
- $x/y$  Minerale  $x$  und  $y$  wurden gleichzeitig, kombiniert gebildet
- $x \cdot y$  Minerale  $x$  und  $y$  treten sowohl nacheinander als auch gleichzeitig auf
- $x, y$  Das Komma deutet die lokale Vertretbarkeit der angeführten Minerale an

### Komponententypen nach dem Anteil an der Paragenese:

- |                                      |   |           |
|--------------------------------------|---|-----------|
| $x$                                  | Hauptmineral  | (33–100%) |
| $x$                                  | typisches Begleitmineral  | (1– 33%)  |
| $(x)$                                | akzessorisches typisches Begleitmineral   | (< 1%)    |
| $x_{1-n}$                            | Anzahl der Generationen eines Minerals  |           |
| $[sr\text{-}gn, zn\text{-}sr]_{1-n}$ | Anzahl der Generationen einer Paragenese (bei rhythmischer Ausbildung, Banderz) |           |

### Entmischungen:

- $x \downarrow y$  Im Mineral  $x$  treten als Entmischungen Aggregate des Minerals  $y$  auf

### Verdrängungsbeziehungen:

- $x \curvearrowright y$  Mineral  $y$  verdrängt Mineral  $x$

### Umlagerungen:

- $a, b, c$  Minerale  $a, b, c$  sind Umlagerungen

### Tektonische Aktivitäten:

- $\boxed{|}$  Tektonischer Hiatus, Ruptur, trennt die Mineralabsätze

## 3. Die Gangmineralisationen, insbesondere die Hydrothermalite des Harzes

Im Harz sind verschiedene Mineralisationen in der Reihenfolge ihres abnehmenden relativen Alters zu beobachten:

### Pneumatolytische Bildungen: Quarz-Silikat-Wolframit-Sulfid-Paragenesen

- Hydrothermalite: Folgengruppe Hämatit-Karbonate (hmkr)
- Folgengruppe Quarz-Sulfide (qsf)
- Folgengruppe Karbonate-Sulfide (krsf)
- Folgengruppe Baryt-Fluorit (bafl)
- Folgengruppe Karbonate (kr)

### Jüngere Umlagerungen

Im Erzgebirge und im Thüringer Wald treten im Prinzip ab qsf-Fgr. analoge Mineralisationen in gleicher Reihenfolge auf. Jedoch kommen dort noch die Folgengruppen Quarz-Hämatit (qhm), Fluorit-Quarz (flq), Hämatit-Baryt (hmbo) und Quarz-Arsenide (gas) hinzu, die im Harz fehlen. Bisher im Harz als „BiCoNi“-Äquivalente angesehene Paragenesen sind nachweislich älter und gehören den Folgengruppen qsf und krsf an.

### 3.1. Pneumatolytische Bildungen

Die gangförmigen Mineralisationen beginnen im Unterharz (insbesondere im Bereich des Rambergmassivs) mit Bildungen sehr wahrscheinlich pneumatolytischer Entstehung. Nach — in diesem Falle — grober Übersichtsbearbeitung — lassen sich mindestens zwei durch tektonische Bewegungen getrennte aufeinanderfolgende Paragenesen unter-

scheiden, die Gangspalten von über 5 m Mächtigkeit füllen können, wobei das Hauptmineral Quarz über 95% Mengenanteil hat:

1. Fettquarz/Chlorit/Feldspat ( $\pm$  Turmalin/Epidot) mit akzessorischem Pyrit, Arsenopyrit und Wolframit.

2. Örtlich nach vereinzelten Calcitskalenoedern einsetzende Massenausscheidungen von bald fächerig, bald wirr-verschränkt ausgebildetem dickprismatischem Quarz in zwei Generationen mit Pyrit und örtlich Wolframit (im Straßberg-Neudorfer Mineralgangsystem wohl nur durch Wolframit vertreten).

Die in früheren Publikationen (zuletzt BAUMANN & WERNER 1968) erwähnte Kassiterit- und Molybdänit-Führung (Erichsburg) konnte nicht bestätigt werden.

Aus der Paragenesenzusammensetzung wird geschlossen, daß diese Bildungen unter sauren bis schwach sauren Bedingungen und bei Temperaturen zwischen 700° und 350°C entstanden und einem sialischen Herd, der mit dem Rambergmassiv zusammenhängen könnte, entstammen dürften. Diese Mineralisationen sind jünger als die Porphy- und Porphyritgänge und der Auerbergporphy; dabei älter als Saxon I (Geröllfunde im Porphyrkonglomerat) und wahrscheinlich im Autun gebildet. Absolute Altersbestimmungen liegen nicht vor. Die Pneumatolyte treten bevorzugt auf eggischen Spalten, die FRANZKE (1973) und SCHWAB (1972) als reaktivierte ac-Klüfte deuten, auf, die 2. Paragenese ist bereits an herzyn streichende Strukturen (Scher- und Kombinationsgänge) gebunden.

### 3.2. Hydrothermalite

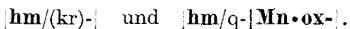
#### 3.2.1. Folengruppe hmkr (Hämatit—Karbonate)

Der Abscheidung dieser ältesten hydrothermalen Paragenese des Harzes gehen örtlich recht starke Sideritbildungen voraus, die sehr wahrscheinlich auf metasomatischen Verdrängungsprozessen von Karbonatgesteinsslagen des Nebengesteins beruhen (z. B. Scheibental nordwestlich Rottleberode, Pfaffenberge, Straßberg-Neudorfer Mineralgangsystem). Es lassen sich zwei Folgen unterscheiden:

##### 3.2.1.1. Folge hm/kr/q

###### Paragenesenformel

- a) der intensiven Ausbildung:  $hm/kr/(q)-ca/hm-$
- b) der extensiven, verarmten Ausbildung, in den Verbreitungsgebieten mit fließenden Übergängen zwischen den Extremen:



Die erste Folge, hm/kr/q, kennzeichnet eine überwiegend dichte Struktur und rotbraune Färbung. Die drei Hauptkomponenten der Paragenese treten lokal in recht unterschiedlichem Mischungsverhältnis auf. So herrschen südlich und östlich des Rambergs sowie südlich Elbingerode dispers von Hämatit durchstäubte Karbonate (vermutlich ein Gemisch von Calcit, Dolomit und Ankerit) vor, mit schwer abschätzbarer geringer Menge feinkörnigen Quarzes. Diese Mineralisation wird als „Rotspat“ bezeichnet. Sie hat nichts mit dem sekundär durch gegenseitige geochemische Beeinflussung entstandenen „Rotspat“ von Neudorf zu tun. Dort wurde am Kontakt mit älteren pyritführenden Trümmern durch Siderit abscheidende Lösungen ein Reaktionssaum eines durch Hämatit rot gefärbten Karbonats ausgebildet. Ferner können ähnliche Quarz-Hämatit-Paragenesen als Neubildungen der Oxydationszone in tektonisch beanspruchten Quarz-Pyrit-Gängen entstanden sein. Diese sind leicht mit quarzreichen Varianten der Folge hm/kr/q zu verwechseln.

Nach regionalen Beobachtungen kann die Zusammensetzung der hm/kr/q-Paragenese zwischen Hämatit/Quarz (Eisenkiesel, Achatbildungen), derbem Roteisenerz (südwestlich des Rambergs und bei Ilfeld—Sülzhayn) und fast hämatitfreiem Siderit, Ankerit oder Dolomit in fließenden Übergängen schwanken.

Im Ilfeld-Sülfhayner Becken (vgl. Abb. 2) schließt unmittelbar an die hmkr-Bildungen eine Paragenese verschiedener Manganoxide und -hydroxide an, die von der krsf-Fgr. als nächst jüngerer Mineralisation eindeutig durchschlagen wird. Die normalerweise auf die hmkr-Fgr. folgende qsf-Fgr. fehlt hier, so daß Zuordnungsschwierigkeiten bestehen. Es ist noch das Problem offen, ob die Mn · ox-Paragenese zeitlich zwischen hmkr und qsf oder zwischen qsf und krsf einzustufen ist. Die gleichen Schwierigkeiten bestehen übrigens im Thüringer Wald, wo eine analoge Mn · ox-Paragenese existiert.

Das Nebengestein der gang- oder trumförmig entwickelten Mineralisationen der Folge hm/kr/q ist infolge Hämatit-Imprägnationen stets gerötet. Bei Kontakten mit jüngeren sulfidischen Paragenesen führt der Rotspat eingesprengt (vermutliche Neubildungen) Pyrit in Pentagondodekaedern und Chalkopyrit-Körner.

### 3.2.1.2. Folge kr/(sel)

#### Paragenesenformel

a) der intensiven Ausbildung (nach TISCHENDORF 1959):



b) der extensiven, verarmten Ausbildung: |ai-| (wenig verbreitet).

Die umfassendste, heute noch voll gültige Beschreibung der intensiven Ausbildungen der hmkr-Paragenesen gab TISCHENDORF (1959).

Die Folge kr/(sel) besteht größtenteils aus Ankerit oder Dolomit, weniger aus Calcit, als Hauptminerale. Als typische Begleitminerale der kr wurden anfangs geringe Mengen Hämatit, örtlich etwas Quarz ausgeschieden. Danach erschienen an mehreren Orten des Harzes (vgl. Abb. 2) (Bad Grund, Zorge, Lerbach, Clausthal, St. Andreasberg, Tilkerode und andere) Seleniterze (z. B. Clausthalit, Tiemannit, Naumannit), bei Tilkerode auch akzessorisch Allopalladium, ged. Gold und Pyrit, Markasit, Sphalerit, Bornit, Chalkopyrit.

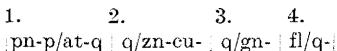
Diese Folge fehlt in weiten Teilen des Harzes, insbesondere im Ilfelder Becken oder wird, wie zwischen Rottleberode und Straßberg, sporadisch durch Ankerit vertreten.

Die Zusammensetzung der hmkr-Paragenesen lässt auf ein Hydrothermenmilieu mit neutralen bis basischen Reaktionen, vermutlich oxydierenden Redoxbedingungen schließen. Temperaturbestimmungen liegen nicht vor (wahrscheinlich sind 100–300°C Bildungstemperaturen). Die Abgrenzung beider Folgen sowie gegen die ältere und jüngere Fgr. ist durch den deutlichen Wechsel des Mineralbestands sowie tektonisches Durchschlagen gesichert.

Die hmkr-Mineralisation ist nachweislich jünger als Saxon I (Ilfelder Becken). Die Altersbeziehungen zum Zechstein sind unklar. Die hmkr-Paragenesen sitzen bevorzugt auf eggischen, aber auch auf herzyn streichenden Bruchstrukturen.

### 3.2.2. Folgengruppe qsf (Quarz—Sulfide)

Im Unterharz können vier regionale Folgen unterschieden werden, die in nachstehender Reihenfolge gebildet wurden:

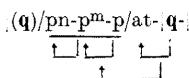


Sie zeigen recht variable lokale Ausbildungen.

#### 3.2.2.1. Folge p n-p/at-q

#### Paragenesenformel

a) der intensiven Ausbildung:



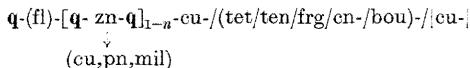
b) der extensiven, verarmten Ausbildung: q-p/at-q-

Nach tektonischer Spaltenöffnung erschien während oder im Anschluß an Quarzausscheidungen wechselnder Intensität zunächst Pyrrhotin, der von Markasit und dieser dann von Pyrit — meist total — verdrängt wurde, so daß charakteristische leistenförmige Pyritaggregate entstanden. Etwa gleichzeitig kristallisierten Arsenopyrit, örtlich akzessorisch Löllingit und Millerit, aus. Während der letzten Phase der Sulfidbildung oder nach einer tektonischen Bewegung verstärkte sich die Ausscheidung von Quarz bis zur monomineralischen Ausbildung. Der zunächst dichte bis feinkörnige, dann körnige Quarz verdrängte teilweise die Pyritaggregate und löste diese, sie umschließend, in Schollen auf. Diese Beobachtung deckt sich mit der Darstellung der „Abfolge Ia“ von OELSNER u. a. (1958). Eine von letzteren Autoren im Zusammenhang mit diesen Paragenesen genannte Sideritführung gehört nicht zur Folge, sondern ist entweder älter (metasomatischer sr, älter als die hmkr-Fgr.) oder jünger und entstammt in diesem Fall der krsf-Fgr., indem der Eisenspat durch Verdrängung in der pn-p/at-q-Paragenese Platz nahm (vgl. Abb. 1). Im Verbreitungsgebiet des älteren, pneumatolytischen Wolframits kann die Folge als untypische Begleitminerale Ferberit/Hübnerit und Scheelit führen. Die Abgrenzung und relativen Altersbeziehungen zur nächst jüngeren Folge ist durch den Wechsel der Paragenesenzusammensetzung, zusätzlich aber stets tektonisch gegeben.

### 3.2.2.2. Folge q/zn-cu

## Paragenesenformel

- a) der intensiven Ausbildung:



- b) der extensiven, verarmten Ausbildung: |q-/(zn-/cu)-q-|

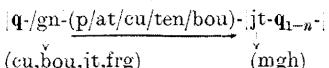
Diese Folge entwickelte sich nach erneuter tektonischer Bewegung im Anschluß an die erste Folge. Hauptmineral ist Quarz, die typischen Begleitminerale wurden als Körner, Nester oder Lagen durchgehend oder alternierend abgeschieden. Die Quarzausbildung ist körnig, kurz- oder langprismatisch, häufig keilförmig. Die Sulfidabscheidung beginnt mit Sphalerit, der unter dem Mikroskop Entmischungen von Chalkopyrit, Millerit und Pyrrhotin zeigt. Anschließend wurde Chalkopyrit in Verbindung mit den akzessorischen Begleitmineralen Tetraedrit und Tennantit, seltener Millerit und Cobaltin abgeschieden. In den Bereichen intensiver Entwicklung der Paragenese, wie z. B. bei Neudorf (vgl. Abb. 1), Gernrode, St. Andreasberg (Abb. 2), kann diese Folge als Banderz in Form rhythmisch wiederholter Wechsllagen von Quarz/Sulfiden ausgebildet sein. Die gerade in diesen Banderzen oft zu beobachtenden Karbonate, gelegentlich auch Fluoriteinschaltungen, gehören jüngeren Paragenesen an. Sie nahmen infolge von Verdrängungsvorgängen in dieser Folge Platz. Da früher die Verdrängungsbeziehungen nicht eindeutig geklärt waren, wurde diese Paragenese bei OELSNER u. a. (1958) zur „Abfolge Id“ mit karbonatischer Gangart gestellt.

In Gebieten extensiver Verbreitung treten die typischen Begleitminerale meist bis auf eingesprengten Sphalerit oder Chalkopyrit zurück. Die Abgrenzung gegen die nächst jüngere Folge q/gn ist vor allem durch das Auftreten des Galenits und einen tektonischen Hiatus signifikant. Trumddurchschlagungen sind verbreitet und stützen die relative Altersfolge.

### 3.2.2.3. Folge $q/g_n$

### Paragenesenformel

- a) der intensiven Ausbildung (z. B. Unterharz, Pfaffenbergs/Neudorf):



Folgengruppen		ältere Mineralisationen, ungegliedert		bafl		kr		
Folgen (lokal)				fl		q	sr	Umlager.
Ausbildung der Hauptminerale		Fettquarz	Quarz, allomorph- dickristalisch	Wolframit	Fluorit, massig – grobspätig, grün blaugrün, salbandwärts auch violett	1	2	Köhlig Siderit
Halbschematisches Bild der Mineralabscheidung	ohne Verdrän- gung							
	mit Verdrän- gung							
Quarz	q							
Karbonate	kr							
Fluorit	fl							
Wolframit	w							
Scheelit	sch							
Pyrhotin	pn							
Arsenopyrit	at							
Löllingit	ll							
Pyrit, Markasit	p, p <sup>m</sup>							
Sphalerit	zn							
Millerit	mit							
Chalkopyrit	cu							
Tetraedrit	ret							
Tennantit	ten							
Cobaltin	cn							
Galenit	gn							
Bournonit	bou							
Jamesonit	jt							
Meneghinit	mgh							
Freibergit	frg							
Argentit	aq							
Hämatit	hm							

Abb. 1. Abscheidungsfolge der Ga

nß an Quarz-  
sit und dieser  
eistenförmige  
t, örtlich ak-  
Ausbildung oder  
von Quarz bis  
dann körnige  
schließend, in  
„folge Ia“ von  
diesen Para-  
tweder älter  
mt in diesem  
q-Paragenese  
natolytischen  
übnerit und  
hst jüngeren  
ch aber stets

Anschluß an  
wurden als  
Die Quarz-  
ulfidabschei-  
Chalkopyrit,  
ung mit den  
und Cobaltin  
wie z. B. bei  
als Banderz  
ebildet sein.  
entlich auch  
ge von Ver-  
beziehungen  
. (1958) zur

le meist bis  
g gegen die  
s und einen  
and stützen

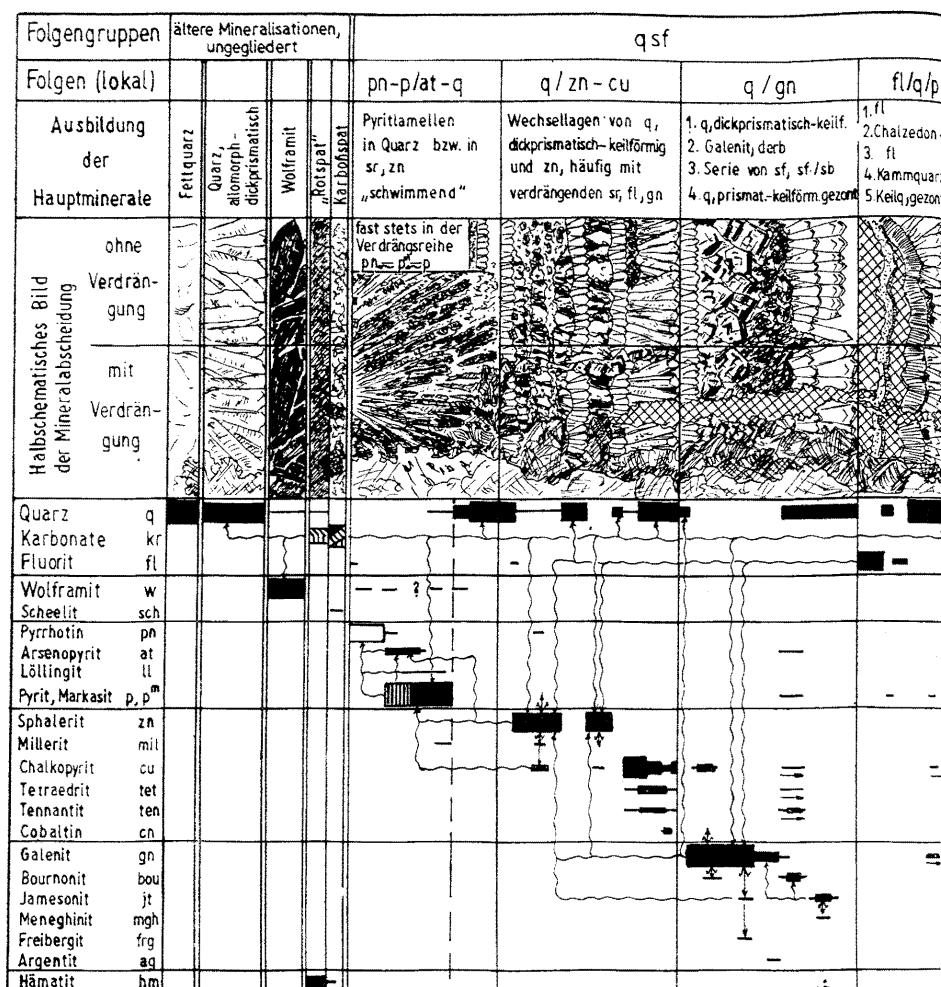
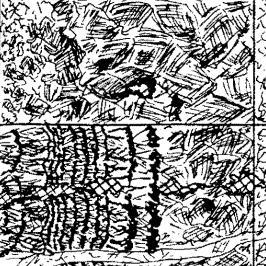
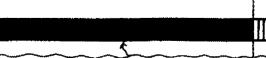
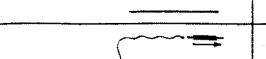
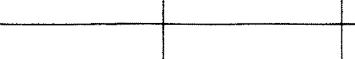
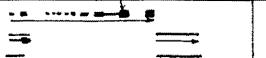
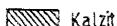
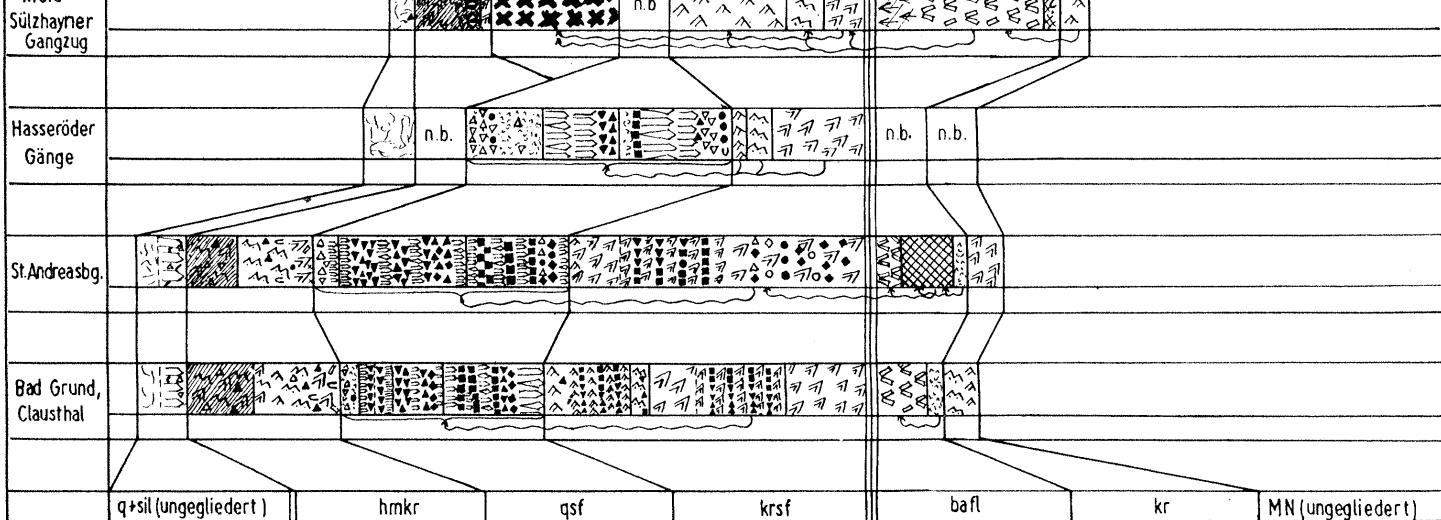


Abb. 1. Abscheidungsfolge der Gangmineralisationen des Straßberg-Neudorfer Gangsystems

krsf			bafl			kr	
p	sr/cu	ai	ca	fl	q	sr	Umlager.
n-q 327 327 327 327	Siderit, feinkörnig einsetzend, sich grobkörnig entwickelnd. Nach Verdrängung älteren gn mit umgelagertem gn, gebändert	Ankerit - Dolomit	Kalzit, weiß, feinkörnig einsetzend, sich grobspätig entwickelnd. Intensive Verdrängung durch fl	Fluorit, massig - grobspätig, grün blaugrün, salbandwärts auch violett	1	2	q, körnig Siderit
							
	- - - -		- ?				
							
							
							

mainit





1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	32	33	34	35	36 n.b.	37					

Abb. 2. Versuch einer Korrelation der wichtigsten gangförmigen Mineralisationen des Harzes

- 1 -> Fettquarz; 2 -> Quarz, prismatisch; 3 -> Keilquarz; 4 -> Quarz, gezont; 5 -> Quarz, körnig; 6 -> Kammquarz; 7 -> Chalcedon; 8 -> Achat; 9 -> Fluorit, massig, eingesprengt;
- 10 -> Baryt, kollomorph; 11 -> Baryt, tafelig; 12 -> Calcit, grobspäätig; 13 -> Calcit, skalenoedrisch; 14 -> Dolomit; 15 -> Ankerit; 16 -> Siderit; 17 -> Feldspat; 18 -> Chlorit;
- 19 -> Turmalin; 20 -> Hämatit, dispers; 21 -> Roter Glaskopf, derbes Roteisenerz; 22 -> Manganoxide; 23 -> Wolframit; 24 -> Pyrrhotin; 25 -> Pyrit; 26 -> Arsenopyrit; 27 -> Chalcopyrit; 28 -> Sphalerit; 29 -> Galenit; 30 -> Sulfantimonide; 31 -> Co-Ni-Arsenide; 32 -> Antimonide; 33 -> Arsenide; 34 -> Selenide; 35 -> Verdrängungsbeziehung; 36 -> nicht beobachtet; 37 -> Mineralneubildung

Mit

b) der

Hau  
monid  
Sie be  
lage, a  
bergba  
Chalko  
Sulfos  
Spuren  
Chalko  
James  
ein V  
Dieses  
Antimes  
Wolfs  
die Qu  
Beglei  
förmig

In d  
Quarz  
Abb. 2  
Co-Ni  
auf G  
Karbo  
noch I

Im  
granit  
daß de

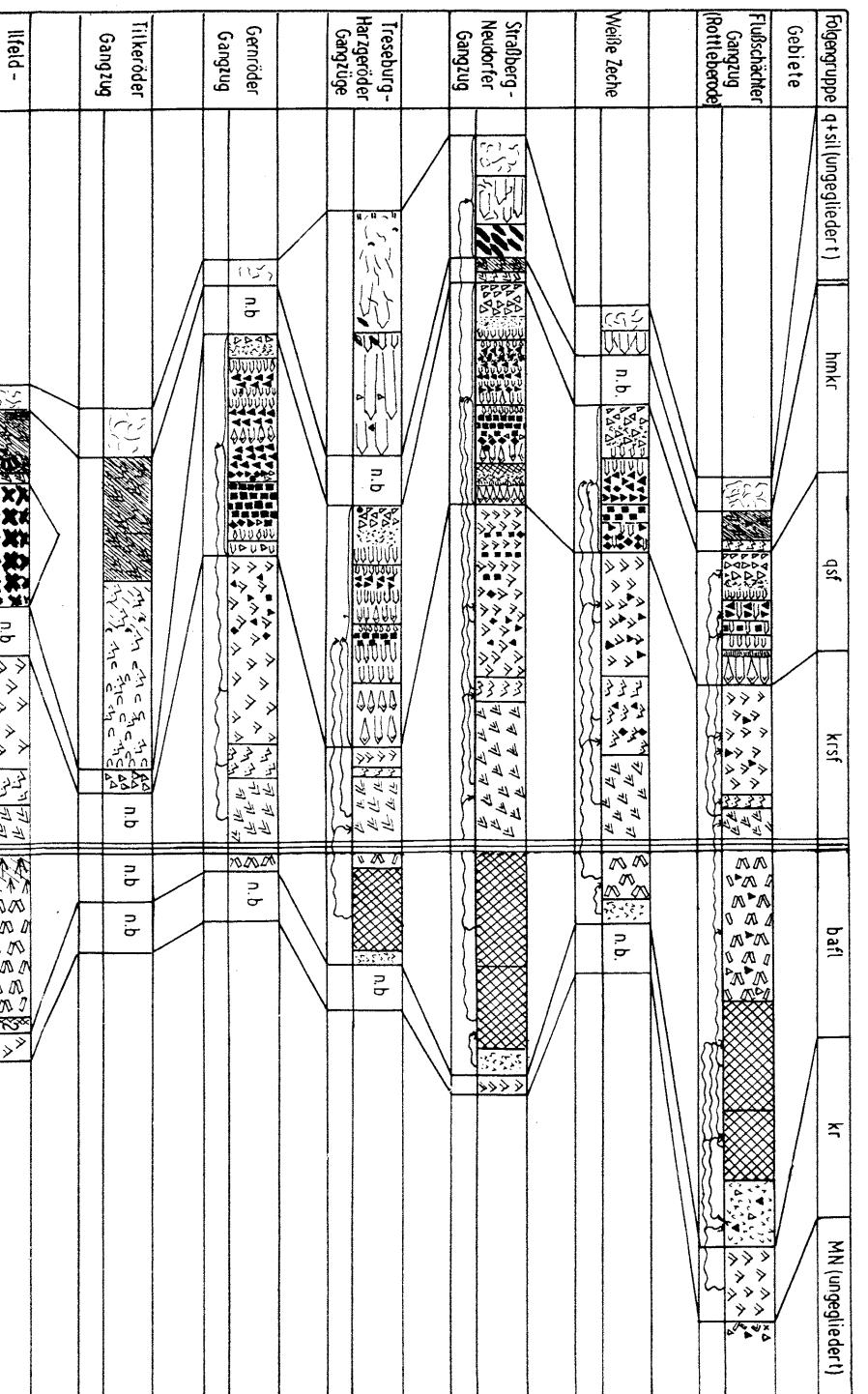
Dies  
karbon  
Siderit  
schein  
denen  
erkennt  
Alters  
Grund

Parage

a) der

b) der

Dies  
schlag  
schein  
führun  
mögli  
Fluori



Folgengruppe	q+sil (ungegliedert)	hmkr	qsf	krsf	bafl	kr	MN (ungegliedert)
Gebiete							
Flußschächer Gangzug (Rottleberode)							
Weisse Zeche			n.b.			n.b.	
Straßberg - Neudorfer Gangzug							
Treseburg - Harzgeroder Gangzüge			n.b.			n.b.	
Gernröder Gangzug			n.b.			n.b.	
Titkeröder Gangzug					n.b.	n.b.	n.b.

The diagram illustrates a geological cross-section through five different gang-zones, each represented by a horizontal row of boxes. The columns represent various lithological units and structural features:

- Column 1 (q+sil):** Shows patterns like wavy lines, diagonal hatching, and small triangles.
- Column 2 (hmkr):** Shows vertical wavy lines.
- Column 3 (qsf):** Shows a grid pattern of triangles.
- Column 4 (krsf):** Shows a grid pattern of diamonds.
- Column 5 (bafl):** Shows a grid pattern of inverted triangles.
- Column 6 (kr):** Shows a grid pattern of upward-pointing triangles.
- Column 7 (MN):** Shows a grid pattern of downward-pointing triangles.

Diagonal lines connect corresponding boxes between adjacent zones, indicating lateral continuity or specific relationships between the lithologies and structures across the different zones. Some boxes contain the label "n.b." (not banded).

Mittelharz (St. Andreasberg):

|q-/gn-/(bou-zn/tet/cu)-jt-/(at,ll,skt)-pro/pyr-q-|

b) der extensiven, verarmten Ausbildung: |q-/gn-q-|

Hauptmineral ist Quarz, typische Begleitminerale sind Sulfide, Sulfarsenide, Sulfantimonide. Auch die Folge q/gn wurde nach erneuter tektonischer Bewegung ausgeschieden. Sie beginnt im Harz in den meisten Fällen mit einer unterschiedlich breiten Keilquarzlage, auf die Galenit folgt oder darin eingebettet ist. In den Zentren des alten Silberbergbaus bildete dieses Sulfid das Hauptterz. Das Galenit führt als Entmischungen Chalkopyrit, Bournonit, Jamesonit und Freibergerit. Der Sulfidabscheidung schließen sich Sulfosalze und Sulfantimonide an. Mit abklingender Galenitbildung treten örtlich Spuren von Argentit, in wechselnden Mengen nochmals Arsenopyrit, Pyrit, Markasit, Chalkopyrit, Fahlerze und Bournonit auf. Den Schluß der Abscheidung bildet meist Jamesonit, zuweilen mit Spuren von Meneghinit. Südlich des Rambergplutons liegt ein Verbreitungsgebiet von Gängen mit bemerkenswert starker Jamesonitführung. Dieses Erz wurde vor der eingehenden Untersuchung durch SCHÜTZEL (1955) für Antimonit gehalten. Bei Wolfsberg schließen sich noch geringe Mengen Zinckenit, Wolfsbergit, Arsen, Antimon und Realgar an. Nach der Galenitkristallisation setzte die Quarzabscheidung wieder verstärkt ein und überdauerte die Bildung der typischen Begleitminerale. Man kann eine bis mehrere Generationen langprismatischen bis keilförmigen, weiß-grau gezonten Quarzes beobachten.

In den Oberharzer Gängen (z. B. Bad Grund, Clausthal, St. Andreasberg) wechseln Quarz und Sulfide (bzw. Sulfosalze, Sulfantimonide) rhythmisch miteinander (vgl. Abb. 2). Im Raum Hasserode und bei St. Andreasberg treten in dieser Folge auch Co-Ni-Arsenide auf. Insbesondere die Zuordnung letzterer zur q/gn-Paragenese geschah auf Grund wiederholter Beobachtungen des Durchschlags bzw. Verdrängens durch Karbonate der krsf.-Fgr. Diese Bildung hat also mit einer „BiCoNi-Formation“ [wie noch BAUMANN & WERNER (1968) angenommen] nichts zu tun.

Im extensiven Verbreitungsgebiet der Folge, vor allem im Bereich des Ramberggranits, können die typischen Begleitminerale stark zurücktreten oder ganz fehlen, so daß der Quarz die Paragenese fast oder vollständig vertritt.

Diese Folge q/gn wurde von OELSNER u. a. (1958) ebenfalls nicht als selbständige karbonatfreie Paragenese erkannt, weil Verdrängungen, insbesondere des Quarzes durch Siderit der Fgr. krsf, im Straßberg-Neudorfer Mineralgangsystem verbreitete Erscheinungen sind (vgl. Abb. 1). In den nördlicher gelegenen Mineralgangsystemen, in denen die Fgr. krsf stark zurücktritt, läßt sich die Folge q/gn ohne Schwierigkeiten erkennen und abgrenzen. In ihrem gesamten Verbreitungsgebiet sind die relativen Altersbeziehungen und Abgrenzungen gegen die älteren und jüngeren Paragenesen auf Grund des Wechsels der typischen Begleitminerale und tektonischer Hiati gesichert.

### 3.2.2.4. Folge fl/q

Paragenesenformel

a) der intensiven Ausbildung (z. B. Fluorschacht Straßberg):

|fl-[cl-q]<sub>1-n</sub>-fl-q/(gn,p,cu)-|

b) der extensiven, verarmten Ausbildung: |(fl)-q|(sf)-q-|

Diese Folge, die jüngste der Fgr. qsf, wurde als selbständige, die qsf-Folgen durchschlagende Trümmer beobachtet (vgl. Abb. 1). Ihr Verbreitungsgebiet ist sehr wahrscheinlich klein (Raum südlich des Rambergplutons). Allerdings ist bei fehlender Fluoritführung die Abgrenzung dieser Folge gegen die älteren sehr schwierig, zuweilen nicht möglich. Die Folge beginnt zwischen Siptenfelde und Hayn mit massigem, grünem Fluorit, der in der Schlußphase mit Chalzedon-Quarzlagen rhythmisch wechselt.

Die Paragenese wird mit je einer Lage Kammquarz und grau-weiß gezontem Keilquarz mit akzessorischen Sulfiden beendet. Die nächst jüngere Mineralisation hat karbonatische Hauptminerale und gehört der krsf-Fgr. an.

Die Paragenesen der Fgr. qsf sind Hydrothermalite, deren Bildungsumgebung zur Entstehungszeit in Analogie zur qsf-Fgr. des Erzgebirges saure bis schwach saure Reaktionen, im wesentlichen reduzierende Redoxbedingungen und Temperaturen schätzungsweise zwischen 400° und 100°C aufgewiesen haben dürfte. Als Herd kommen sialische Magmen in Frage. Bisher liegen noch keine Temperaturbestimmungen vor. Ob einige der nach der Pb/Pb-Methode untersuchten Galenite des Oberharzes (KÄTZSCH u. a. 1965), die ein Modellalter von 210—150 Mill. J. brachten, zu dieser Fgr. gehören, geht nicht aus den Publikationen hervor. Die Altersbeziehungen zum Nebengestein lassen den Schluß auf eine Entstehung nach dem Saxon zu. Die Ergebnisse absoluter Altersbestimmungen weisen auf ein erstaunlich junges Alter ( $T_2$  bis  $J_3$ ) hin.

Die Paragenesen der qsf-Fgr. sitzen ausnahmslos auf zusammengesetzten Gängen mit Scher- und Zerrspaltencharakter. Die zugehörige Fiedertrumentwicklung ist gering. Die Darstellungen bei OELSNER u. a. 1958 stehen demnach mit unseren Beobachtungen im Widerspruch. Den tektonischen Untersuchungen nach besetzt die Folge pn-p/at/q bevorzugt steilherzyne, daneben herzyn und eggisch streichende Spalten. Die drei jüngeren Folgen bilden den Inhalt steil- und flachherzyne streichender Gänge und Trümmer.

### 3.2.3. Folgengruppe krsf (Karbonate—Sulfide)

Im Harz sind in dieser Folgengruppe drei Folgen deutlich voneinander zu unterscheiden, die stets in dieser Altersreihenfolge erscheinen:

1.      2.      3.  
|sr/(sf)-|ai/(sf)-|ca/(sf)-|

Jede Folge kann lokal gewisse variable Ausbildungen zeigen. In den größten Teilen ihrer Verbreitungsgebiete herrscht jedoch eine gleichförmige und recht einfache Zusammensetzung vor.

#### 3.2.3.1. Folge sr/(sf)

Paragenesenformel

a) der intensiven Ausbildung (Pfaffenbergs/Neudorf, vgl. Abb. 1):

|sr-[sr-gn,zn-sr]<sub>1-n</sub>-/eu/(p-/jt,sch,bou,tet)-gn-|

(Beispiel Bad Grund, vgl. Abb. 2): |sr-[sr-gn/zn/eu]<sub>1-n</sub>-sr-|

b) der extensiven, verarmten Ausbildung: |sr//((eu))-|

Das Auftreten dieser Folge nach den Paragenesen der qsf-Fgr. ist an vielen Stellen beobachtet worden: Der Eisenspat durchschlägt eindeutig als nächst jüngere Bildung die qsf-Mineralisationen (vgl. Abb. 1). Der Siderit ist stets Hauptmineral, oft monomineralisch. Als typisches, meist akzessorisches Begleitmineral findet sich Chalkopyrit. In jenen Mineralisationszentren, in denen eng benachbart oder auf gleicher Spalte die Fgr. qsf intensiv entwickelt ist, kam es häufig zur Ausbildung rhythmisch strukturierter Banderze. Hier führt der Siderit neben Chalkopyrit Sphalerit, Galenit, Fahlerze, Pyrit, Bournonit und Jamesonit. Möglicherweise sind diese Erze aus älteren Paragenesen umgelagert. In Oberharzer Gängen sind allerdings die qsf-Paragenesen schwach entwickelt, und man kann sich die massenhafte Erzführung der Karbonate schwer als umgelagert vorstellen.

Im Straßberg—Neudorfer Mineralgangsystem führt die Folge bei Anwesenheit des viel älteren pneumatolytischen Wolframits Spuren von Scheelit. Die nach neueren Untersuchungen sich ergebende Paragenesenzusammensetzung der Folge sr/(sf) dieses Bereichs deckt sich im groben mit den Darstellungen bei OELSNER u. a. (1958), d. h. mit der „Abfolge Id“, die aber Komponenten der qsf-Fgr. enthält. Wie weiter oben bemerkt, nahm Siderit infolge Verdrängungsvorgänge sehr oft in älteren qsf-Abscheidungen Platz. An verschiedenen Stellen des Ilfelder Beckens kommt im Siderit ver-

mutlich aus hmkr-Paragenesen umgelagerter Hämatit vor (in extremen Fällen bildete sich „Banderz“ durch Wechsellagerung von Eisenglanz mit Eisenspat).

Im Oberharz tritt die Folge sr/(sf) gegenüber den jüngeren Folgen stark zurück. Die Abgrenzung der Folge sr/(sf) gegen die Paragenesen der qsf-Fgr. ist durch den Wechsel der Hauptminerale sehr signifikant. Stets ist zusätzlich eine tektonische Abgrenzung gegeben.

### 3.2.3.2. Folge ai/(sf)

Paragenesenformel

a) der intensiven Ausbildung (Beispiel Unterharz):

|ai/(cu,p)-|

(Beispiel Oberharz, vgl. Abb. 2): |ai-[ai-zn,cu,gn]<sub>1-n-</sub>|

b) der extensiven, verarmten Ausbildung: |ai-|

Meist trennt ein tektonischer Hiatus diese Folge von den älteren, stets aber von der jüngeren. Diese oft untergeordnet auftretende Folge ist im Unterharz überwiegend monomineralisch entwickelt. Ein höheres Alter als die Sideritfolge, wie sie OELSNER u. a. (1958) unter „Abfolge Ic“ beschrieben, konnte in keinem Falle bestätigt werden. Es gibt einen älteren Ankerit, der zur Fgr. hmkr gehört.

Im Oberharz können die typischen Begleitminerale stärker in Erscheinung treten und die Folge bei rhythmischem Wechsel von Sulfiden und Karbonaten Banderztexturen annehmen.

Die Abgrenzung der Folge gegen die nächstjüngere ist durch den Wechsel der Hauptminerale und tektonisch gegeben.

### 3.2.3.3. Folge ca/sf

Paragenesenformel

a) der intensiven Ausbildung (Beispiel Unterharz):

|ca-/(cu-at)-/ca-|

[Beispiel Oberharz (St. Andreasberg)]:

|ca-[ca-zn/(nn)-/gn-ca]<sub>1-n-</sub>-jt/at/ll/dyt-[As-Sb]<sub>1-n-</sub>-[rmm-sff]<sup>1</sup><sub>1-n-</sub>-|[dty-As-dyt/(mia/pyr-step)]<sub>1-n-</sub>-ca-|ca-|

b) der extensiven, verarmten Ausbildung: |ca-|

Diese letzte Folge der Fgr. krsf ist im Unterharz überwiegend monomineralisch und nur in einer Generation entwickelt (vgl. Abb. 1, 2) und kann (z. B. im Straßberg-Neudorfer Mineralgangsystem) über 10 m mächtige Gänge füllen.

In den Oberharzer Gängen finden wir als typische Begleitminerale neben verschiedenen Sulfiden (zn, cu, gn, p) noch silberreiche Sulfantimonide und -arsenide, so daß diese Bildung unter der Bezeichnung „Edler Kalkspat“ bekannt geworden ist. In den Mineralisationszentren bildeten sich durch rhythmischem Wechsel der typischen Begleitminerale mit dem Hauptmineral Calcit häufig Banderze (vgl. Abb. 1). Für St. Andreasberg ist während der Calcitbildung folgende Sukzession von Erzmineralen typisch: Sphalerit, Galenit, Nickelin-Jamesonit, Arsenopyrit, Löllingit-Dyskrasit, Arsen, Antimon-Nickelin, Breithauptit, Gersdorffit, Ullmannit-Skutterudit, Safflorit, Rammelsbergit-Dyskrasit, mit Arsen alternierend, Miargyrit, Pyrargyrit (Stephanit).

Eine zweite, meist monomineralische Calcitgeneration beendet die Folge gewöhnlich nach einer tektonischen Bewegung.

Vergleicht man die Paragenesen der qsf- und der krsf-Fgr. miteinander, so fallen zwei Erscheinungen auf:

a) die Unterschiede in den Hauptmineralen (q bei qsf; kr bei krsf).

<sup>1</sup>) oder auch:

-[nn-/bht, gff, ull-/skt/sff/rmm = (Bi)]<sub>1-n-</sub>

b) Die im groben fast gleichartige Reihenfolge der Ausscheidungen der typischen Begleitminerale in beiden Folgengruppen:

Buntmetallsulfide → Sulfosalze → Sulfantimonide → Arsenide.

Dieser Sachverhalt läßt die Vermutung aufkommen, daß beide Folgengruppen in sich geschlossene, voneinander unabhängige Bildungsreihen aus verschiedenen Herden sind, und daß die Fgr. krsf nicht die kontinuierliche Fortsetzung der mit der Fgr. qsf begonnenen Hydrothermenentwicklung aus einem Herd darstellt. Dafür spricht auch das Vorkommen beider Mineralisationen auf getrennten Gängen und Verbreitungsgebieten. Das Hydrothermenmilieu weicht, dem Chemismus der Paragenese zufolge, von jeneim der qsf-Abscheidungen ab. Die Reaktionen dürften schwach basisch, das Redoxpotential um  $\pm 0$  geschwankt haben. Die Bildungstemperaturen könnten die Spanne von  $300^\circ - 100^\circ\text{C}$  gehabt haben. Während an Siderit und Ankerit keine Untersuchungen vorgenommen wurden, geben BAUMANN & LEEDER (1972) für die Calcite von  $\delta^{18}\text{O}$  Bestimmungen abgeleitete Temperaturen zwischen  $180^\circ$  und  $240^\circ\text{C}$  an. Man kann als Hydrothermenherd salsimatisches oder juveniles simatisch-karbonatisches Magma annehmen.

Bemerkenswert ist die Aggressivität der krsf-Hydrothermen gegenüber dem Nebengestein, das starke Bleichungen erfahren hat und gegenüber den älteren Paragenesen, falls sie auf gleicher Spalte sitzen. Quarz, aber auch Sulfide der qsf-Fgr. werden stark korrodiert und eine Platznahme von Siderit, Ankerit oder Calcit in qsf-Paragenesen ist sehr verbreitet. Dadurch wird das Erscheinungsbild der Unterharzer Mineralisationen in den Zentren ihrer intensivsten Ausbildung entscheidend kompliziert. Die bisherige ungenügende Beachtung und z. T. falsche Deutung der Verdrängungsbeziehungen führte zu revisionsbedürftigen Paragenesendarstellungen.

Hinsichtlich des absoluten Alters oder der zeitlichen Einordnung in das stratigraphische Profil gibt es keine zuverlässigen Anhaltspunkte. Belegt ist ein jüngeres Alter als Saxon I (Ilfelder Becken). Die absoluten Altersbestimmungen nach der Pb/Pb-Methode brachten in Iberg/Bad Grund an Galeniten, die sicher der Fgr. krsf entstammen, ein Modellalter von ca. 150 Mill. J. (KAUTZSCH u. a. 1965). Falls dieser Wert stimmt, kommt eine Einstufung zwischen  $T_3$  und  $J_3$  in Betracht.

Bemerkenswert ist die Führung von Co-Ni-Arseniden. Da die diese Minerale führende Folge ca/sf bei St. Andreasberg vom Baryt und Fluorit der Fgr. bafl durchschlagen wird, entfällt eine Zuordnung zur „BiCoNi-Formation“, wie sie BAUMANN & WERNER (1968) vorschlugen. Weil Co-Ni-Arsenide in jüngerer Position als die bafl-Fgr. im Harz generell nicht nachgewiesen wurden, gibt es hier weder die „BiCoNi-Formation“ noch Äquivalente dafür.

Die Paragenesen der krsf-Fgr. mineralisierten vorwiegend steil- und flachherzyn, seltener eggisch streichende Scher- und Fiedergänge sowie kombinierte Gänge. Gegenüber der Fgr. qsf sind Fiederbildungen stärker entwickelt.

In anderen Gebieten Mitteleuropas, z. B. Erzgebirge, schließen sich an die krsf-Fgr. in kräftiger Entwicklung Quarz-Fluorit-Baryt-Paragenesen (Fgr. flq) und die Folgengruppe Hämatit-Baryt an. Beide sind im Harz nicht vorhanden. Man könnte deshalb mit einem größeren zeitlichen Hiatus zwischen der krsf- und der bafl-Fgr. rechnen. Jedoch gibt es noch keine befriedigenden absoluten Altersdaten, um diese Frage zu lösen.

### 3.2.4. Folgengruppe bafl (Baryt-Fluorit)

Die Fgr. bafl läßt im Harz, genau wie in den zahlreichen mitteleuropäischen Verbreitungsgebieten dieser Mineralisation drei Folgen, die voneinander chemisch und tektonisch abgegrenzt sind, unterscheiden. Sie treten stets in bestimmter Reihenfolge auf:

1.      2.      3.  
|ba/(sf)-|fl/(sf)-|q/(sf)-|

#### 3.2.4.1. Folge ba/(sf)

Paragenesenformel für die Ausbildung in intensiven und extensiven Verbreitungsgebieten:

|ba/((cu,p))-|

Diese Folge besteht nachweislich aus nur einer Generation Baryt, überwiegend dicktafelig kristallisiertem „Weißbaryt“, der sich zumeist als monomineralische Bildung

oder kombiniert mit den akzessorischen typischen Begleitmineralen Chalkopyrit und Pyrit vorfindet. In früheren Beschreibungen (KLAUS 1972) ist von mehreren Barytgenerationen die Rede. Diese konnten nicht bestätigt werden. Tektonische Scherbewegungen während und nach der Barytmineralisation, bevorzugt im Salbandbereich oder in der Trummitte, verbunden mit Rekristallisationserscheinungen, täuschen das Durchschlagen von Trümmern einer feinkörnigen Barytgeneration vor.

Im Ilfeld—Sülzhayner Ganggebiet (vgl. Abb. 2) begann die Barytabscheidung gelartig, und es können aus älteren Mineralisationen oder dem Nebengestein geringe Mengen Hämatits eingebaut worden sein, so daß der Baryt salbandwärts eine rötliche Färbung annahm. Diese Bildung hat sicher nichts mit der hmfa-Fgr. zu tun, wie sie z. B. im Erzgebirge als typischer grobspätiger oder gebänderter „Rotbaryt“ vor der bafl-Fgr. auftritt. Demzufolge können wir auch im Ilfeld—Sülzhayner Gebiet das Auftreten eines „eba-Äquivalents“ nicht bestätigen. Weiterhin ist zu betonen, daß im Harz keine Baryt-Paragenese mit „BiCoNi-Mineralen“ existiert. Der Baryt verdrängt bei Zusammenvorkommen mit Paragenesen der krsf-Fgr. intensiv den Siderit. Dieses Karbonat gehört nicht zur Paragenese, demzufolge man auch nicht von einer „Siderit-Baryt-Abfolge“ (KLAUS 1972) sprechen kann.

### 3.2.4.2. Folge fl/(sf)

Paragenesenformel für die Ausbildung in intensiven und extensiven Verbreitungsbieten:  $|fl_{1-2}/((eu,p))\cdot|$

Im Anschluß an erneute tektonische Bewegungen erscheinen nacheinander bis zu zwei tektonisch getrennte Generationen Fluorit in Massenausscheidung. Beide sind überwiegend blaugrün, salbandwärts auch violett gefärbt. Als akzessorische typische Begleitminerale treten Chalkopyrit und Pyrit auf. Der Fluorit beider Generationen nahm durch wechselnd intensive Verdrängungsprozesse häufig im älteren Baryt (Folge ba/(sf) sowie in den Paragenesen der krsf- und qsf-Fgr. Platz. So ist es z. B. im Straßberg-Neudorfer Mineralgangsystem (vgl. Abb. 1) eine häufige Erscheinung, daß der Fluorit den Calcit (Folge ca/(sf)) durchsetzt und diesen korrodiert, oft unter Abtrennung von Calcit-Rhomboedern, die als Verdrängungsrelikte anzusehen sind (KUSCHKA 1973). In älteren Arbeiten wurde bisher umgekehrt der Calcit unzutreffend für jünger als der Fluorit angesehen (OELSNER u. a. 1958, Abfolge IIb, im Anschluß an Fluorit II). Alle Beobachtungen, insbesondere in den peripheren Ganggebieten, zeigten beweiskräftig das wahre Altersverhältnis, wie oben angegeben. Calcit gehört demnach ebenfalls nicht zur Paragenese und man kann nicht von einer „Calcit-Fluorit-Quarz-Abfolge“ sprechen. Gelegentlich kann man beobachten, daß Calcitrümchen Fluorit durchsetzen. Bei näherer Untersuchung stellt sich stets heraus, daß in diesem Falle entweder die Folge fl/q der qsf-Fgr. von krsf-Calcit, eventuell mit Fluorit, durchsetzt wird, oder ein zu jüngeren Umlagerungen gehörender Calcit mit mehr oder weniger Fluorit durchschlägt die bafl-Fgr.

Eine Abgrenzung der Fluoritfolge von der vorausgegangenen Baryt-Folge ist im Grunde leicht möglich wegen der klaren Unterschiedlichkeit beider Hauptminerale. Im Falle grober Verwachsung sind stets entweder tektonische Grenzen oder die für Verdrängungen typischen karriesartigen Korrosionsflächen im Baryt bzw. Metakristallflächen im Fluorit, meist beides zusammen, zu beobachten. Abgesehen davon, kann man in den Lagerstätten des Harzes häufig vom Hauptgang abscharende reine Fluorit- und Baryt-Trümchen beobachten. Dann durchschlägt der Fluorit den Baryt, nie umgekehrt!

### 3.2.4.3. Folge q/(sf)

Paragenesenformel für die Ausbildung in intensiven und extensiven Verbreitungsbieten:  $|q/((eu,p))\cdot|$

Sehr oft kann man beobachten, daß die Mineralisationen der Folge fl/(sf) von Quarztrünnchen durchschlagen werden oder der Flußspat von feinkörnigem Quarz zu stark wechselnden Anteilen durchwachsen wird. Diese als Folge q/(sf) gekennzeichnete Paragenese führt akzessorisch Chalkopyrit und Pyrit als typische Begleitminerale. Sie ist gegenüber Baryt und Fluorit stark korrosiv und kann genannte Minerale bis zur Vollständigkeit unter Ausbildung von Reliktkstrukturen (bei Baryt Gerüstquarz) verdrängen. Im Paragenesenschema von OELSNER u. a. (1958) erscheint diese Quarzfolge als „Abfolge III“ (Quarz III).

Ihrer Zusammensetzung nach entstanden die Paragenesen der Fgr. bafl vermutlich in einem Hydrothermenmilieu mit schwach saurer Reaktion und um  $\pm 0$  pendelnden Redoxbedingungen. Hinsichtlich der Bildungstemperaturen liegen einige Untersuchungsergebnisse vor. Während am Baryt keine Bestimmungen vorgenommen wurden [analoger Baryt aus dem Erzgebirge hat nach  $\delta^{18}\text{O}$  Bestimmungen 300—200°C Bildungstemperaturen (HARZER 1967)], ergaben Messungen an Libelleneinschlüssen Harzer Fluorite (LEEDER u. a. 1972 und BAUMANN & LEEDER 1972) Temperaturen von 100—350°C. Bei Quarz der Folge q/(sf) wurde nach  $\delta^{18}\text{O}$ -Untersuchungen 160—240°C bestimmt (BAUMANN & LEEDER 1972). Die Salinitätsuntersuchungen an Flüssigkeitseinschlüssen und die Sekundäreinschlüsse-Analysen an Harzer Fluoriten deuten nach LEEDER u. a. (1972) auf rein magmatisch-juvenile Hydrothermenabkunft von simatisch-karbonatisch differenziertem Magma hin.

Die Abgrenzung der Folengruppe zu älteren und jüngeren Bildungen sowie der Folgen untereinander ist durch Wechsel der Hauptminerale und tektonische Hiati gesichert. Bemerkenswert ist die starke verdrängende Beeinflussung der älteren durch die jeweils jüngere Paragenese, die sich visuell einwandfrei beobachten lassen (KUSCHKA 1973). Die relativ hohe Sr-Führung der Rottleberöder Fluorite gegenüber denen von Straßberg—Neudorf ist auf die Verdrängung des (Sr-reichen saxonischen) Baryts durch den Flußspat zurückzuführen. Im Straßberg—Neudorfer Mineralgangssystem fehlt die Folge ba/(sf) a priori, was sich in der relativen Sr-Armut des Straßberger Fluorits widerspiegelt. Auch die regionale Verteilung der Folgen ba/(sf) und fl/(sf), auf die später eingegangen wird, belegt die Trennung beider Mineralparagenesen und man kann nicht von einer „Baryt-Fluorit-Abfolge“ sprechen (KLAUS 1972).

Durch die visuellen Beobachtungen ist die Verdrängungsreihe ba-fl-q der drei bafl-Folgen hinreichend gesichert.



Die Altersstellung der Fgr. bafl ist noch nicht genügend genau datiert. Die Mineralisationen sitzen im gleichen Nebengestein wie die älteren Paragenesen. Da die bafl-Fgr. über weite Teile Mitteleuropas erstaunlich uniform entwickelt ist, bieten sich Analogieschlüsse an. So sind die bafl-Paragenesen, abgesehen vom Anhaltspunkt Ilfelder Becken (jünger als Saxon I) sicher jünger als P<sub>2</sub>, da entsprechende Bildungen im P<sub>2</sub> am Rande des Thüringer Waldes und der Flechtinger Scholle sitzen, ferner jünger als T<sub>3</sub>, da am Ostrand des Schwarzwalds bafl-Gänge im T<sub>3</sub> aufsetzen und eventuell älter als Cenoman, da im benachbarten Ruhrgebiet Barytgänge von der Cenomantransgression abgeschnitten wurden. Andererseits finden wir im Elbsandsteingebirge auf Klüften des Cenomansandsteins Baryt. Die Frage der Entstehung der bafl-Fgr. zwischen der kimmerischen und der austriischen Phase oder erst während der subherzyinen Phasen, kann gegenwärtig nicht entschieden werden. Im Harz sitzen die bafl-Mineralisationen auf steil- und flachherzyne streichenden Scher-, Fieder- und Zerrspaltengängen und auf kombinierten Gängen, aber keinesfalls ausschließlich auf „Scherklüften“, wie bei OELSNER u. a. (1958) angegeben.

### 3.2.5. Folengruppe kr (Karbonate)

Diese Folengruppe beschließt im Harz die Hydrothermal-Mineralisierung, sieht man von jüngeren Umlagerungen unklarer Genese ab (vgl. Abb. 1, 2). Sie folgt nachweislich unmittelbar auf die bafl-Fgr. Eine qas-Fgr. (= „BiCoNi“), wie sie in der Position zwischen der bafl und der krsb-Fgr. im Erzgebirge vorkommt, fehlt mit hoher Wahrscheinlichkeit im Harz. Bei der kr-Fgr. handelt es sich um auf recht kleine Verbreitungsgesiedte beschränkte Karbonate, hauptsächlich Siderit, aber auch Ankerit und Calcit, in monomineralischer Ausbildung. Sulfide, Sulfantimonide und Antimonide, wie sie im Erzgebirge in der entsprechenden Bildung, der krsb-Fgr. entwickelt sind, konnten bisher im Harzer „Äquivalent“ nicht nachgewiesen werden.

### 3.2.6. Jüngere Umlagerungen

Nach jüngeren Bewegungen folgen nur noch Neubildungen verschiedener Minerale, zumeist in Drusenform, wie Calcit, Siderit, Dolomit, Baryt, Fluorit, Sulfide und Silberkiese. Sie bilden gelegentlich geringmächtige Trümchen, die alle älteren Mineralisationen durchschlagen können. WILKE (1952) zufolge können diese Bildungen örtlich, z. B. im Raum St. Andreasberg, auffällige Erscheinung sein. Sehr wahrscheinlich gehört nicht die gesamte „II. Nachphase“ WILKES zu dieser Mineralisation.

Nicht in jedem Fall lassen sich die in diesem Abschnitt genannten Neubildungen sicher den jüngsten Absätzen zuordnen. In den Mineralisationszentren könnten auch Umlagerungsneubildungen in Perioden tektonischer Aktivität aber fehlender Hydrothermenzufuhr erfolgt sein. Hierzu könnte man z. B. die örtlich auftretenden Calcit-Fluorit-Trümchen, die die bafl-Fgr. durchsetzen, zählen.

Von einer Beschreibung der Zementationszonen- und Oxydationszonenmineralisation des Harzes wird hier abgesehen.

## 4. Die regionale Verteilung der Mineralisationen

### 4.1. Bruchtektonik

Die pneumatolytischen und hydrothermalen Mineralisationen des Unterharzes sind fast ausschließlich auf Bruchstrukturen fixiert worden. Metasomatische Bildungen treten aus faziellen Gründen nur vereinzelt, und dann auf kleine Vorkommen beschränkt, auf.

Der Aufstieg magmatogener Produkte zeigt im Unterharz deutliche Beziehungen zu Bruchstrukturen teilweise lineamentären Charakters, wie das von MOHR (1969) für den Oberharz bereits umfassend dargestellt wurde.

Für die Fixierung der Magmatite, der pneumatolytischen und hydrothermalen Mineralisationen steht nach den Untersuchungen von SCHWAB u. a. (1973) und FRANZKE (1973) im Unterharz ein umfangreiches, in der ausgehenden variszischen und der alpidischen Aera reaktiviertes Kluft- und Störungsinventar zur Verfügung, das anfangs unter dem Einfluß des nachwirkenden variszischen Bewegungsplans (Druckkomponente aus SSE, Zug ENE/WSW) und später des „saxonischen“ Plans (Zug aus NNE bis NE) gesetzmäßig betätig wurde.

Es treten nach der Richtungsdefinition von KÖLBEL (1944) mit abnehmender Häufigkeit steilherzynische, flachherzynische, eggische, erzgebirgische und rheinische Bruchstrukturen verschiedener Größenordnung von der sekundärtektonischen Klüftung bis zu regional bedeutenden Strukturen auf, für die zum Teil eine lineamentäre Anlage angenommen wird (zuletzt MOHR 1969, vgl. Abb. 3 in diesem Beitrag).

Durch die Vergitterung und Vergabelung der zahlreichen Bruchstrukturen entstand im Unterharz ein kompliziertes Strukturmosaik, das maßgeblich durch die dominierenden herzynischen Strukturen geprägt wird.

### 4.2. Mineralisationsverteilung

#### 4.2.1. Pneumatolytische Mineralisationen

Die pneumatolytischen Mineralisationen begleiten den Ausstrich des Ramberggranits und gehen nicht wesentlich über seine Kontaktzone hinaus.

Der Absatz der älteren Anteile mit Fettquarz, Turmalin, Chlorit und Feldspat erfolgte noch unter der Wirkung des variszischen Bewegungsplans auf dehnend beanspruchten ac-Elementen, wodurch sehr absätzige und gestaffelt angeordnete Gangschwärme entstanden, die gehäuft im Granit und der inneren Kontaktzone auftreten und zu ihren

Verbreitungsgrenzen hin schnell seltener werden. Die jüngere Wolframitvererzung wurde dagegen bereits auf herzynischen Bruchstrukturen abgesetzt, da trotz ihres nur bruchstückhaften Auftretens auf den herzynischen Bruchstrukturen nicht angenommen werden kann, daß sie generell aus eggisch streichenden ac-Elementen durch die jüngeren Hydrothermen in die herzynischen Strukturen umgelagert worden ist.

Aus der strengen räumlichen Bindung an den Rambergpluton, ihrer Stellung im Gesamtablauf der tektonisch-minerogenetischen Entwicklung und aus genetischen Gründen (BAUMANN & WERNER 1968) ist die Bindung der pneumatolytischen Mineralisationen an den sialisch-palingenen Magmatismus der variszischen Subsequenzperiode als gesichert anzusehen.

In der Endphase der pneumatolytischen Etappe kündigt sich mit der Aktivierung der herzynischen Elemente die Umorientierung des bisher wirksamen regionaltektonischen Bewegungsplans an, der dann für die gesamte Hydrothermalperiode bestimmend wurde.

#### 4.2.2. Hydrothermalmineralisation

##### 4.2.2.1. Vorbemerkungen

Der Absatz der Hydrothermalite erfolgte zu über 90% auf herzynischen Bruchstrukturen. Die übrigen Bruchrichtungen wurden zwar ebenfalls aktiviert, aber bedeutend weniger geöffnet, da ihre Flächenlagen spitzwinklig oder sogar parallel zur „saxonischen“ Öffnungstektonik orientiert sind.

Während die Fixierung der Hydrothermalite vornehmlich auf herzynischen Elementen erfolgt ist, zeigt sich in der regionalen Verteilung der einzelnen Folgengruppen bezüglich ihrer Intensivverbreitung (Sulfide, Karbonspäte, Baryt) und bei Fluorit sogar in der gesamten Verbreitung eine deutliche räumliche Bindung an das Areal des phenotypen Ramberg-Lineaments. Hieraus schließen wir, daß dieser Raum als Hauptaufstiegszone für die hydrothermalen Lösungen anzusehen ist. Zu ähnlichen Schlußfolgerungen kam MOHR (1969) für die Hydrothermalmineralisationen des Oberharzes.

Die Einflüsse der Harzsigmoide, die nach KÖLBEL (1954) ebenfalls eine Lineamentzone darstellt, auf die Anordnung der Mineralisationen ist gering. So werden die Bruchelemente dieser eggisch streichenden Zone, deren nachsudetische Hauptaktivierung in den Zeitraum der Bildung der Mittelharzer Eruptivgänge im Autun fällt, nur im Schnittbereich mit der Rambergzone von hydrothermalen Mineralisationen, insbesondere der älteren Folgengruppen (Fgr. hmkr, qsf, krsf) und nur noch sporadisch von Baryt-Fluorit infiltriert.

Bei der Interpretation der Regionalverteilung der Hydrothermalite ist zu berücksichtigen, daß durch die stärkere postmineralische Heraushebung des nördlichen Unterharzes seit dem ausgehenden Mesozoikum der heutige Geländeanschnitt die primäre Anordnung der Mineralisationen im Schrägangsnitt zeigt. Demzufolge interferieren im Kartenbild horizontale und vertikale Zonalitäten.

##### 4.2.2.2. Folgengruppe hmkr

Diese Folgegruppe besetzt in stark dispergierter Form zahllose eggische und herzynische Scherflächen, Engkluft- und Zerrüttungszonen. Ein ausgeprägtes Intensitätsmaximum tritt nicht auf. Die stärkste Entwicklung im Unterharz ist im Raum Tilkeroode und im Ilfeld-Sülzhayner Revier zu verzeichnen. Extensiv ist diese Folgengruppe im gesamten südlichen Unterharz entwickelt, nach N tritt sie allmählich immer weiter in den Hintergrund.

Hierin zeigt sich eine gewisse Bindung an die Umgebung des herzynischen Südharz-Lineaments, dem die Kyffhäuser-Nordrandstörung als markante Bruchstruktur aufsitzt. Dieser Raum ist des weiteren durch das starke Zurücktreten oder sogar den Ausfall der qsf-Fgr. (Ilfeld, Sangerhäuser Mulde) charakterisiert.

Gegenüber den nachfolgenden Mineralisationen weist diese Folgengruppe trotz ihrer großen extensiven Verbreitung nur eine geringe Mineralschüttung auf.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10

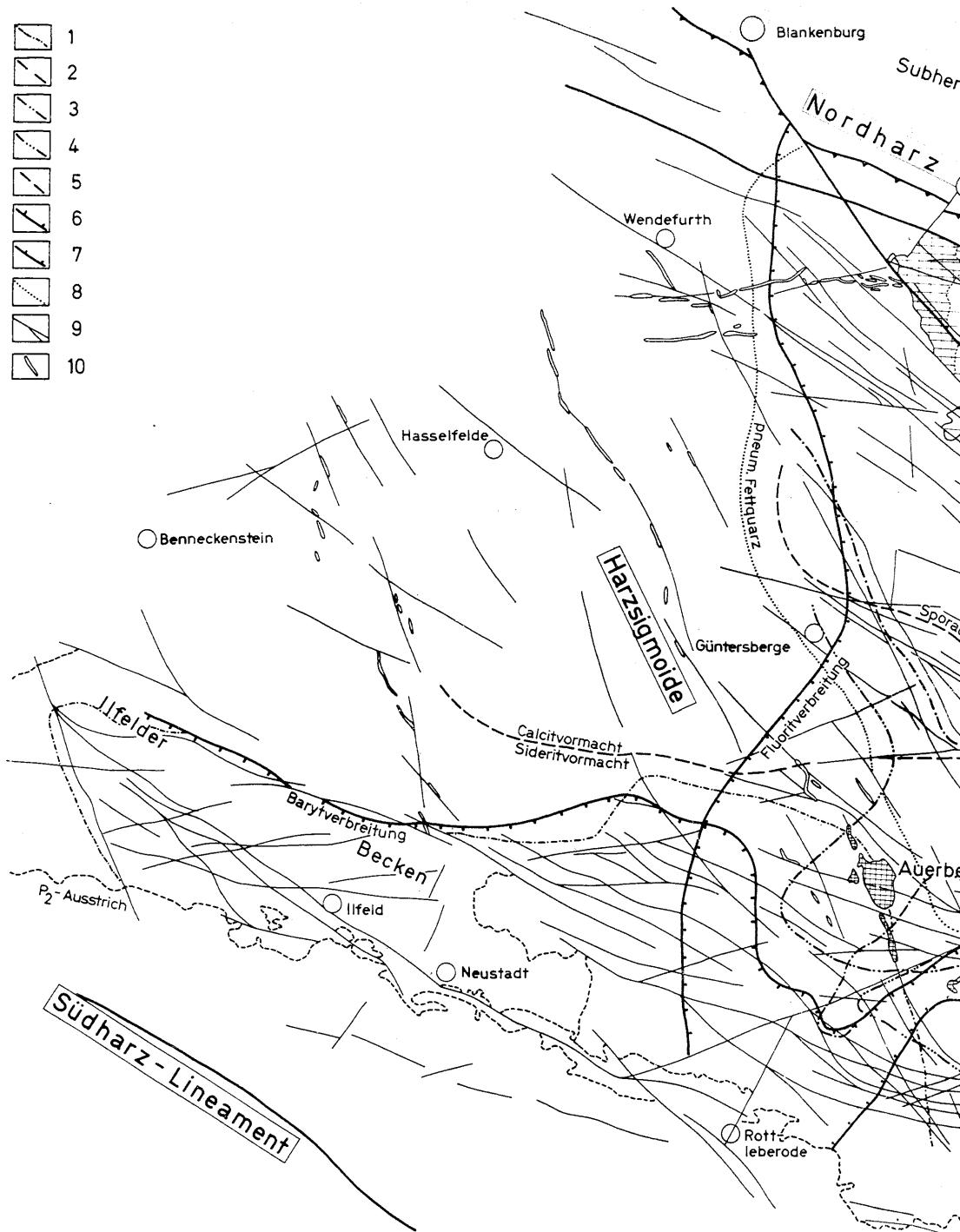


Abb. 3. Generalisierte Übersichtskarte der Bruchstrukturen und Mineralisationen im Unterharz

1 — Folengruppe hmkr, Intensivverbreitung; 2 — Intensivverbreitung Pyrit, Arsenopyrit, 1. Folge der Fgr. qsf.; 3 — Intensivverbreitungsgrenze Baryt; 7 — Verbreitungsgrenze Fluorit; 8 — ungefähre Verbreitung des pneumatolytischen Fettquarzes; 9 — wichtigste Bruchstruk-



Z  
 intensivverbreitung Galenit, Sphalerit, Chalkopyrit, 2. und 3. Folge; 4 = Folengruppe qsf, Sb-Betonung; 5 = Übergang Calcit-Siderityvormacht; 6 = Verbreitungs-  
 wichtigste Bruchstrukturen; 10 = Gesteingänge

#### 4.2.2.3. Folgengruppe qsf

Der Absatz der Sulfidmineralisationen wird von einer starken, abschiebend auf die herzynischen Bruchstrukturen wirkenden Scherbeanspruchung begleitet, was ebenfalls noch zu einer starken Verzettelung der Öffnungskapazitäten auf zahlreiche Scherbahnen und mehrere Öffnungsrucke führte. Das zog weiterhin eine große streichende Verbreitung der Sulfidmineralisationen auf den Strukturebenen nach sich, wobei nur geringe bis mittlere Trummächtigkeiten erreicht wurden.

Die zahlreichen tektonischen Durchbewegungsstadien lassen sich auf fünf Hauptakte reduzieren, durch die vier Folgen der Sulfidmineralisation tektonisch getrennt werden. Das schlug sich im Feinbau der Gänge nieder, deren Gefügebilder von Schertexturen beherrscht werden.

Die Intensivverbreitung der ersten Folge (Pyrit, Arsenopyrit, Pyrrhotin) ist, ältere Auffassungen bestätigend, an den Ausstrich des Ramberggranits und seiner südwestlichen und südöstlichen Umgebung bis zum Straßberg—Neudorfer Mineralgangsystem, mit dem Zentrum in der Lagerstätte Glasebach, gebunden.

Südlich des Auerbergs ist ein weiteres, weniger bedeutendes Verbreitungsmaximum auszuscheiden.

Gegenüber den jüngeren Folgen der Fgr. qsf und den Fgr. krsf und bafl besetzt diese Mineralisation auf mehreren Struktureinheiten anteilig stärker steilherzynische und eggische Elemente, wodurch sich noch Nachwirkungen des variszischen Bewegungsplans mit Zugkomponente aus NE bis ENE andeuten. Die zweite Folge deckt sich in ihrer Intensivverbreitung weitgehend mit der dritten Folge, deren Hauptmineral Galenit vor allem Gegenstand des Sulfidbergbaus im Unterharz war.

Eine gürtelförmige Anordnung um das Intensitätsmaximum der ersten Folge ist deutlich ausgeprägt.

Im Südostteil dieses Gürtels liegt die Zone der Verbreitung der Ag-Sulfantimonide und Co-Ni-Arsenide, innerhalb der diese Mineralisationsanteile aber mengenmäßig ebenfalls hinter den Hauptsulfidmineralen zurückbleiben.

Aus dieser gürtelartigen und gleichzeitig altersmäßigen Staffelung der Maxima der einzelnen Sulfidfolgen wird auf die zunehmende Herdtiefe mit abnehmendem Bildungsalter geschlossen. Die Deutung dieser Anordnung als Ausdruck einer Zonalität, wie es BAUMANN & WERNER (1968) in ihrer Kartenskizze darstellen, scheidet unseres Erachtens aus, da die Maxima der Sulfidmineralisation unterschiedliche Bildungsalter repräsentieren und die Sulfide in ihrer extensiven Verbreitung über das Areal des Ramberg-Lineaments und damit auch des Ramberggranits hinausgehen und über das nach W anschließende Zwischengebiet von Trautenstein und Wernigerode—Hasserode zur Mineralisation im Raum des Brocken-Lineaments überleiten. Hieraus muß auf Hydrothermenherde geschlossen werden, die in ihrer Ausdehnung über die Lineamentgrenzen hinausgehen, deren Zentren aber mit den phenotypen Lineamenten zusammenfallen.

Aus der räumlichen Bindung der Intensivverbreitung der Sulfidmineralisationen an die lineamentäre Rambergzone kann aber aus strukturgeologischer Sicht nicht zwangsläufig eine genetische Verknüpfung mit dem ebenfalls in dieser Lineamentzone intrudierten subsequenten Ramberggranit konstruiert werden.

Mit Annäherung an die herzynischen Nordharz- und Südharz-Lineamente klingen die Sulfidmineralisationen stufenweise aus, nur im Vergitterungsbereich mit dem phenotypen Ramberg-Lineament dringen Sulfidmineralisationen bis in die Nordrandzone vor (Gernrode und weitere kleine Vorkommen). Dieser Sachverhalt ist ein Hinweis dafür, daß die herzynischen Hauptschollengrenzen des Harzes bereits in dieser tektonisch-minerogenetischen Entwicklungsetappe durch Einengungstektonik geprägt waren, so daß in ihrem Einflußbereich nur eine geringe tektonische Raumschaffung möglich war.

Die vertikalen Zonalitäten innerhalb der einzelnen Sulfidfolgen sind noch nicht ausreichend untersucht.

#### 4.2.2.4. Folgengruppe krsf

Die Karbonspäte sitzen auf herzynischen Bruchstrukturen und weiterhin auf den eggischen Elementen der Harzsigmoide auf. Insbesondere Siderit ist bei der Scherbeanspruchung der Strukturen als dünne Tapete kilometerweit auf den Scherbahnen verteilt worden, während die jüngeren Glieder der Karbonatreihe, vor allem Calcit, im Streichen kürzere, aber weiter geöffnete Mineralkörper auf Scher- und zugeordneten Zugspalten bilden. Diese Entwicklungstendenz setzt sich bei der Abscheidung der jüngeren bafl-Fgr. fort.

Der Verteilungsschwerpunkt der Folgengruppe liegt auf den zentralen Teilen des Biwender- und den zentralen und östlichen Teilen des Straßberg—Neudorfer Mineralgangsystems, also ebenfalls über dem Ramberg-Lineament. In diesem Raum stellt Calcit den Hauptanteil der Folgengruppe, im Raum südwestlich davon überwiegt Siderit (vgl. Abb. 3).

Nördlich des Biwender Systems treten insgesamt die Karbonspäte stark zurück, Hauptmineral ist hier Calcit.

Da es sich bei den Karbonspäten um eine zwar tektonisch gegliederte, aber chemisch zusammengehörige Abscheidungsreihe handelt, kann das Verteilungsbild als Zonalität der krsf-Fgr. angesehen werden.

Nach den Aufschlüssen in der Lagerstätte Rottleberode sind die Siderite in allen Niveaus, Calcit aber nur in tieferen Teilen der Lagerstätte anzutreffen.

Die deutlich nachlassende Karbonpatführung der Mineralgänge nördlich der Biwender Linie kann nicht allein auf nachlassende tektonische Aktivierung in diesem Raum nach Absatz der Sulfide zurückgeführt werden, es scheinen hier bereits untere Bildungsniveaus der Karbonspäte durch die Erosion angeschnitten zu sein. Die sehr breit angelegte Zonalität deutet auf eine erhebliche Bildungsteufe der zugehörigen Hydrothermen hin.

#### 4.2.2.5. Folgengruppe bafl

Gegenüber der Karbonpat-Folgengruppe erfolgt eine noch straffere Bindung der Mineralisation an flach- und steilherzynische Strukturen. Die Strukturelemente der Harzsigmoide führen nur an wenigen Punkten südwestlich von Schwenda Baryt-Fluorit, desgleichen erzgebirgisch streichende Strukturen (Gernrode Baryt, Ilfeld—Sülzhayn Baryt, Wolfsberg Fluorit und Baryt).

Die tektonische Zugkomponente liegt in dieser Entwicklungsetappe fast symmetrisch zu den flach- und steilherzynischen Strukturen, wodurch lagerstättenbildende Konzentrationen dieser Folgengruppe fast ausschließlich auf diesen Elementen ausgebildet worden sind. Durch die Lage der Zugbeanspruchung aus NE/SW bis NNE/SSW erfolgte die selektive Öffnung der herzynischen Scherbahnen, die zum größten Teil bereits mit älteren Mineralisationen ausgekleidet worden sind und weiterhin die zum Bewegungsplan gesetzmäßige Anlage und Öffnung von Zugspalten, die folglich mit reineren Baryt-Fluoritmineralisationen gefüllt sind.

Durch diesen Bewegungsmechanismus entstanden im Verhältnis zu den weit dispergierten Mineralisationen der Fgr. hmkr, qsf, und zum Teil noch der Karbonspäte (Siderit) kürzere Mineralkörper mit größeren, mittleren und zum Teil sehr großen Maximalmächtigkeiten sowohl auf geöffneten Scherbahnen als auch auf Zugspalten.

Gegenüber älteren Mineralisationen treten die Fluorit-Barytkonzentrationen im Kartenbild inselförmig, und deutlich an die Umgebung von Kreuzungs- bzw. Scharungszonen von Scherelementen gebunden, auf. Wir schlußfolgern hieraus, daß diese Vergitterungszonen besonders günstige Drainagebedingungen aufwiesen und demzufolge als Aufstiegszentren für hydrothermale Lösungen geradezu prädestiniert waren. Zu ähnlichen

Feststellungen kamen SCHWAB u. a. (1973) für die subsequenten Magmatite und Vulkanite des Variszikums im Unterharz.

In der regionalen Verteilung umschließt im Unterharz Baryt im S und E hufeisenförmig das Areal der Fluoritverbreitung. Lagerstättenbildend tritt die Barytfolge in der nördlichen Umgebung des Vergitterungsbereichs von Südharz- und Ramberg-Lineament auf. In diesem Raum kommen Baryt und Fluorit gemeinsam auf den Mineralgängen vor (Raum Rottleberode—Stolberg—Schwenda).

Im übrigen zeigt sich bezüglich der Barytverbreitung insgesamt eine deutliche Bindung an die Umgebung des Südharz-Lineaments, die auch für den südlichen Oberharz klar erkennbar ist.

Der Raum der Fluoritverbreitung deckt sich weitgehend mit der Zone des Ramberg-Lineaments, so daß sich in dieser Zone der Aufstieg der zugehörigen Hydrothermallösungen vollzogen haben muß. Als mineralfixierende Elemente fungierten die in dieser tektonisch-minerogenetischen Etappe dehnend beanspruchten herzynischen Bruchstrukturen innerhalb der Lineamentzone, während die außerhalb auftretenden Strukturen von den aufsteigenden Hydrothermen nicht oder nur noch sporadisch infiltriert werden konnten.

Im Raum Trautenstein, also außerhalb des Ramberg-Lineaments, wurde entgegen älteren Angaben kein Fluorit festgestellt, was seine Existenz außerhalb des Lineaments freilich nicht ausschließt, da sich gezeigt hat, daß auf den bedeutenderen herzynischen Strukturen eine größere streichende Dispergierung aller Hydrothermalmineralisationen zu verzeichnen ist. Das äußert sich für Fluorit in Ausbuchtungen der rheinisch konturierten Fluoritzone des Unterharzes.

Die für den Unterharz in den Lagerstätten des Raums Rottleberode-Stolberg erkannte Zuordnung von Baryt und der mindestens zwei Fluoritgenerationen zu eigenen Folgen der bafl-Fgr. spiegelt sich nicht zuletzt im diskordanten Auftreten beider Mineralisationsfolgen im Kartenbild wider (Abb. 3).

Beim gemeinsamen Auftreten sind Verdrängungerscheinungen von Baryt durch Fluorit zu beobachten, deren Größenordnung derzeit noch nicht übersehen werden kann.

Da die Baryt-Fluoritmineralisationen Mitteleuropas mit BAUMANN & WERNER (1968) als genetische Einheit zu betrachten sind, kann das Baryt-Fluoritverteilungsbild im Unterharz analog der Karbonspatmineralisation, also in der Hierarchieebene der Folengruppe betrachtet, ebenfalls als zonale Anordnung mit mesothermalen Fluoritabsätzen über dem Ramberg-Lineament und den epi- bis telethermalen Baryten im Südteil und außerhalb der Zone des Ramberg-Lineaments interpretiert werden.

Die stärkere jung- und nachmesozoische Heraushebung und Erosion des nördlichen Harzgebiets schließt uns im heutigen Geländeanschnitt tiefere Bildungsniveaus aller Mineralisationsetappen auf. In einem Teil des Rambergmassivs konnte bisher kein Fluorit nachgewiesen werden. Sollte sich dieser Befund bestätigen, wäre das ein Hinweis, daß in diesem Raum bereits die Wurzelregionen der Fluoritmineralisationen durch die Erosion angeschnitten worden sind.

Ferner ist zu berücksichtigen, daß auf die Vergitterung herzynischer, rheinischer und eggischer Strukturen im Ramberggebiet die Aufbeulung des Ramberggranits zurückgeführt werden kann (SCHWAB u. a. 1973), und möglicherweise eine Anschnuppung der Isothermalflächen und damit eine entsprechende Konturierung der Mineralisationen, speziell der Zonalität der Fluoritmineralisation, zustande kam.

Die Nordrandzone des Harzes zwischen der Ramberg-Nordrandstörung und der Randstörungszone, also der eigentliche Bereich des Nordharz-Lineaments, ist wie in den übrigen Mineralisationsetappen nur sporadisch mit Fluoritmineralisationen besetzt worden. Im Randstreifen waren die mesozoisch-känozoischen Bewegungen an dieser Schollenkantenregion wesentlich durch Auf- und Überschiebungsbewegungen bestimmt, die dort auch in der Phase der Baryt-Fluoritmineralisation keine größeren Spaltenöffnungen zuließen.

Demgegenüber folgen südlich der Ramberg-Nordrandstörung durch abschiebende Bewegungen geöffnete herzynische Bruchstrukturen, die über dem Ramberg-Lineament die Absatzräume der in der Lineamentzone aufsteigenden hydrothermalen Lösungen bildeten. Dieser Sachverhalt legt eine synchrone Aktivierung dieser Elemente im Zeitraum der intensiven jungmesozoischen Schollenbewegungen nahe. Die Abschiebungstreppe der herzynischen Strukturen im Rückland des Nordharz-Lineaments kompensiert damit großenordnungsmäßig den im Zuge der Heraushebung des Harzes in der Nordrandzone realisierten Einengungsbetrag.

### Zusammenfassung

Im Ergebnis einer regionalen detaillierten visuellen Neubearbeitung der Hydrothermalite des Harzes konnten die beteiligten Mineralparagenesen in ihrer Zusammensetzung, gegenseitigen Abgrenzung und Altersreihenfolge sicherer definiert und in der einheitlichen Systematik dargestellt werden.

Die ältesten gangförmigen Mineralisationen sind pneumatolytische bis hydrothermale Quarz-Feldspat-Chlorit-Paragenesen mit Turmalin, Epidot und akzessorischem Pyrit, Arsenopyrit und Wolframit sowie Quarz-Wolframit-Paragenesen. Die Hydrothermalite beginnen mit der Folgengruppe hmkr, das sind Hämatit-Karbonat-Paragenesen, örtlich mit Seleniden und Sulfiden. Daran schließen sich in abnehmender Altersfolge vier weitere Folgegruppen an:

- qsf (Quarz-Sulfide), die neben Eisen- und Buntmetallsulfiden noch Sulfantimonide und -arsenide sowie Fluorit führen können,
- krsf (Karbonat-Sulfide) mit den Hauptmineralen Siderit, Ankerit/Dolomit und Calcit. Als Begleiter treten wieder Buntmetallsulfide, Sulfantimonide sowie, insbesondere im Oberharz, Sulfarsenide, Antimonide und Co-Ni-Arsenide auf,
- bafl (Baryt-Fluorit). Diese Folgengruppe wird in die Folgen Baryt, Fluorit und Quarz unterteilt. Als Akzessorien treten Pyrit und Chalkopyrit auf.
- kr (Karbonate). Durchweg im Harz spärlich entwickelte monomineralische Ausscheidungen von Siderit, Ankerit und Calcit.

Als Umlagerungen, meist jüngsten Alters kommen in Drusen und als dünne Trümchen Karbonate, Fluorit, Baryt und Sulfide vor.

Die absoluten Altersdatierungen der Paragenesen sind noch sehr lückenhaft. Auch in der Zuordnung der Hydrothermalite in das stratigraphische Profil gibt es viele Unklarheiten.

Die Zonalitäten der Hydrothermalite des Unterharzes gruppieren sich um das rhenotype Ramberg-Lineament, so daß diese Großstruktur als Hauptaufstiegszone der hydrothermalen Lösungen angesehen wird.

Die Fixierung der Hydrothermalite erfolgte im Rückland des herzynischen Nordharz-Lineaments und vorwiegend auf dehnend beanspruchten, präexistenten herzynisch streichenden Bruchstrukturen und dem hierbei geschaffenen strukturellen Begleitinventar (Zugspalten).

### Резюме

Региональное детальное визуальное повторное изучение гидротермалитов Гарца способствовало точному определению состава, объема и последовательности минеральных парагенезисов и созданию единой систематики.

Наиболее древними жилообразными минерализациями являются pneumatolitические и гидротермальные парагенезисы кварца, полевого шпата и хлорита с турмалином, эпидотом и акцессорным пиритом, арсенопиритом и вольфрамитом и парагенезисы кварца и вольфрамита. Начальной группой гидротермалитов является гмкр, т. е. парагенезисы гематита и карбоната, местами с селенидами и сульфидами. Затем в возрастной последовательности следуют четыре группы:

- квсф (кварц и сульфиды), содержащие кроме сульфидов железа и цветных металлов еще сульфантимониды и -арсениды и флюорит,
- крсф (карбонаты и сульфиды) с главными минералами сидерит, анкерит/доломит и кальцит. Минералами-спутниками являются также сульфиды цветных металлов, сульф-

антимониды и (в частности в Верхнем Гарце) сульфарсениды, антимониды и арсениды кобальта и никеля),

- бафл (барит-флюорит). Данная группа делится на последовательные компоненты барит, флюорит и кварц. Аксессорными минералами являются пирит и халькопирит.
- кр (карбонаты). В Гарце в основном представлены незначительными мономинеральными выделениями сидерита, анкерита и кальцита.

Более молодые вторичные образования встречаются в друзах и в прожилках — карбонаты, флюорит, барит и сульфиды.

Абсолютная возрастная датировка парагенезисов еще мало разработана. Стратиграфическая привязанность гидротермальныхлитов также во многом неясна.

Зональность гидротермальныхлитов Нижнего Гарца связана с ренотипным линеаментом Рамберга, поэтому данная крупная структура может считаться главной зоной привноса гидротермальных растворов.

Фиксирование гидротермальныхлитов происходило в тыловой части герцинского линеамента Северного Гарца на ранее заложенных разрывных структурах герцинского простирания (трещины растяжения).

### Summary

As a result of a detailed regional and visual revision of hydrothermalites of the Harz Mountains the mineral parageneses concerned could be more safely defined with respect to their composition, mutual delimitation and sequence of age, and could uniformly be systematized.

The oldest gangue-shaped mineralizations are pneumatolytic to hydrothermal quartz-feldspar-chlorite parageneses, with tourmaline, epidote and accessory pyrite, arsenopyrite, and wolframite, as well as quartz-wolframite parageneses. The hydrothermalites begin with the group of sequences hmkr, i.e. with haematite-carbonate parageneses, locally with selenides and sulphides, and are followed in decreasing sequence of age by four other groups of sequences, viz:

- qsf (quartz-sulphides) possibly containing sulphantimonides and sulpharsenides as well as fluorite besides ferrous and non-ferrous metal sulphides.
- krsf (carbonate-sulphides), with the main minerals siderite, ankerite/dolomite and calcite. Non-ferrous metal sulphides, sulphantimonides as well as, particularly in the Upper Harz Mountains sulpharsenides, antimonides and Co-Ni arsenides present themselves again as accessories.
- bafl (baryte-fluorite), subdivided into the sequences baryte, fluorite and quartz, with pyrite and chalcopyrite as accessories.
- kr (carbonates), in the Harz Mountains throughout scantily developed monomineralic precipitations of siderite, ankerite and calcite.

Carbonates, fluorite, baryte and sulphides are found as redepositions of a mostly younger age in druses and as thin spurs.

The absolute age datings of the parageneses are still very imperfect, and there are still many uncertainties as far as the assignment of the hydrothermalites to the stratigraphical profile is concerned.

The hydrothermalite zonalities of the Lower Harz Mountains are grouped around the rhenotype Ramberg lineament, so that this macrostructure is considered to be the main zone of rise of hydrothermal solutions.

The hydrothermalites were fixed in the back land of the Hercynian Northern-Harz lineament, and mostly on strain-loaded preexistent fault structures striking NW—SE, as well as on the structural accompanying inventory produced by them (tension fissures).

### Literatur

- BAUMANN, L.; WERNER, C. D.: Die Gangmineralisationen des Harzes und ihre Analogien zum Erzgebirge und zu Thüringen. — Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss., B, Berlin **13** (1968) 5, S. 525 bis 548.
- BAUMANN, L.; HARZER, D.; LEEDER, O.: Beitrag zum Charakter mineralbildender Lösungen in einigen Hydrothermal Lagerstätten der DDR. — Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss., B, Berlin **17** (1972) 3, S. 341—355.

- BENEK, R.; RÖLLIG, G.; EIGENFELD, F.; SCHWAB, M.: Zur strukturellen Stellung des Magmatismus der Subsequenzperiode im DDR-Anteil der mitteleuropäischen Varisziden. — Veröffentl. Zentralinst. Physik der Erde, Potsdam 14 (1973).
- FRANZKE, H. J.: Zur Strukturanalyse der hydrothermalen Mineralgangsysteme des Unterharzes. — Halle-Wittenberg, Martin-Luther-Univ., Diss. 1973.
- HARZER, D.: Sauerstoffisotopenuntersuchungen an varistischen und postvaristischen Lagerstätten Sachsen. — Freiberger Forsch.-H., C, Leipzig 209 (1967), S. 137—150.
- KAUTZSCH, E.; BIRKENFELD, H.; ZAHN, H.; CHANG, I.; KAEMMEL TH.; KRUHME, H.: Über die Bestimmungen von Pb-Isotopenhäufungen an Bleierzen der DDR. — Abh. deutsch. Akad. Wiss., Kl. Chem., Geol. Biol., Berlin (1964), S. 865—876.
- KLAUS, D.: Zur paragenetischen Stellung des Baryts im südlichen Unterharz. — N. Bergbautechnik, Leipzig 2 (1972) 6, S. 413—416.
- KÖLBEL, H.: Die tektonische und paläogeographische Geschichte des Salzgitterer Gebietes. — Reichsamt Bodenforsch., Abh. N. F., Berlin 207 (1944).
- Große Seitenverschiebungen und Horizontalflexuren im deutschen Grundgebirge und ihre lagerstättenkundliche Bedeutung. — Geologie, Berlin 3 (1954), S. 445—450.
- KUSCHKA, E.: Verdrängungerscheinungen an Baryt, Fluorit, Karbonaten und Quarz in hydrothermalen Mineralgängen. — Z. angew. Geol., Berlin 19 (1973) 2, S. 71—80.
- Vorschlag einer einheitlichen Systematik der Hydrothermalite auf der Grundlage weiterentwickelter Arbeitsmethoden. — Z. angew. Geol., Berlin 20 (1974).
- LEEDER, O.; THOMAS, R.; TIMMLER, A.: Geochemisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen an Flüssigkeitseinschlüssen in Fluoriten saxonischer Ganglagerstätten. — Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss., B, Berlin 16 (1971), S. 93—129.
- MÖHR, K.: Zur paläozoischen Entwicklung und Lineamenttektonik des Harzes, speziell des Westharzes. — Clausthaler tekt. Hefte, Clausthal-Zellerfeld 9 (1969), S. 19—110.
- OELSNER, O.; KRAFT, M.; SCHÜTZEL, H.: Die Erzlagerstätten des Neudorfer Gangzuges. — Freiberger Forsch.-H., C, Berlin 52 (1958), 114 S.
- SCHÜTZEL, H.: Lagerstättenkundliche Untersuchungen an der Grube „Weiße Zeche“ bei Hayn unweit Stolberg/Harz. — Freiberg, Bergakad., Studienarbeit 1953.
- SPERLING, H.: Über Paragenesen und Lagerstättenstockwerke in den Blei-Zink-Erzgängen des Grubenbezirkes Bad Grund/Harz—Erzmetall, Essen 12 (1959), S. 159—164.
- TISCHENDORF, G.: Zur Genesis einiger Selenidvorkommen insbesondere von Tilkeroode im Harz. — Freiberger Forsch.-H., C, Berlin 69 (1959), 168 S.
- WERNER, C. D.: Die Spatlagerstätten des Thüringer Waldes und ihre Stellung im Rahmen der saxonischen Metallprovinz Mitteleuropas. Versuch einer regionalen Synthese. — Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss., B, Berlin 11 (1966) 1, S. 5—45.
- WILKE, A.: Die Erzgänge von St. Andreasberg im Rahmen des Mittelharzer Ganggebietes. — Geol. Jb., Beih., Hannover 7 (1952).

Manuskripteingang: 28. Januar 1974

Vortrag, gehalten auf der Vortrags- und Exkursionstagung der Gesellschaft für Geologische Wissenschaften der DDR „Lithologie, Paläogeographie und Tektonik des Paläoziokums im Rhenoherzynikum des Harzes und der Flechtinger Scholle“ vom 28. bis 30. September 1973 in Halle (geänderte Fassung).

Mitteilung aus dem VEB Geologische Forschung und Erkundung Halle, Betriebsteil Freiberg und dem VEB Kombinat KALI, FSB

Anschriften der Autoren:

Dipl.-Geol. E. KUSCHKA, VEB Geologische Forschung und Erkundung Halle, Betriebsteil Freiberg,  
DDR - 92 Freiberg, Otto-Nuschke-Platz 1

Dipl.-Geol. Dr. H. J. FRANZKE, VEB Kombinat KALI, Fluß- und Schwerspatbetrieb Werk Ilmenau, 6305 Gehren (Thür.)