

**S-ISOTOPIE AN SULFIDEN IM SAARLAND
UND NACHBARGEBIETEN**

VON
GERHARD MÜLLER

SAARBRÜCKEN 2011

Einführung.

Die ersten S-Isotopen-Analysen des Verfassers stammen aus den Jahren 1987 und 1989 und stammen von Professor Dr. Harald PUCHELT, Karlsruhe (16 kostenlos und 20 aus einer DFG-Sachbeihilfe bezahlt). Doch erst der Kontakt mit Professor Dr. Stanislaw HALAS, Lublin ab dem Jahr 1998 führte zu einer intensiven Beschäftigung mit dem Thema.

Bis zur Jahresmitte 2011 liegen nun insgesamt 657 Analysen vor (davon 15 an Baryten, alle anderen an Sulfiden):

- 16 Prof. PUCHELT,
- 30 vom Mineralogisch-Geologischen Arbeitskreis Saar bezahlt,
- 408 aus Sachmitteln der DFG, speziell Mu 218/1 und Mu 218/2),
- 249 auf Kosten des Verfassers.

Das Thema ist für den Verfasser nicht abgeschlossen; er wird es weiter verfolgen. Wann der Verfasser zu einer abschließenden Veröffentlichung kommen wird, steht in den Sternen. Um der Veröffentlichungspflicht gegenüber der DFG zu genügen, finden sich hier die beiden wesentlichen Berichte an die DFG einschließlich der bisher vorliegenden Analysendaten. Die letzten 132 Analysen sind allerdings später entstanden und in diesen Berichten nicht berücksichtigt.

Für Leser ohne Fachkenntnisse.

Betrachtet werden hier von den Isotopen (gleiche Anzahl von Protonen im Atomkern, aber verschiedene Zahl von Neutronen) des Schwefels nur ^{32}S (Häufigkeit 95 %) und ^{34}S (Häufigkeit 4,2 %). Bei chemischen Reaktionen kann sich das Mengenverhältnis zwischen den beiden Isotopen verändern.

Gemessen wird das Isotopen-Verhältnis im Vergleich zu einem Standard.

$$\delta^{34}\text{S}(\text{‰}) = \left(\frac{{}^{34}\text{S} / {}^{32}\text{S}_{\text{Probe}}}{{}^{34}\text{S} / {}^{32}\text{S}_{\text{Standard}}} - 1 \right) * 1000$$

Zum Verständnis der S-Isotopie.

Die meisten Isotopen-Verhältnisse sind stoffbezogen, das heißt sie beruhen auf einem ursprünglichen Isotopenverhältnis der Ausgangsstoffe, das lediglich durch Verteilungsgleichgewichte etwas verändert werden konnte. Sie charakterisieren damit einen Stoff.

Die S-Isotopie der Sulfide macht keine Aussage über einen Stoff, sie macht eine Aussage über eine Reaktion. Der Sulfidschwefel entsteht durch Reduktion von Sulfatschwefel. Die Bedingungen dieser chemischen Reaktion bestimmen letztlich die S-Isotopie von Sulfiden. Die Faktoren, die dabei eine Rolle spielen können, sind zahlreich und meist unbekannt. Das macht die Ausdeutung solcher Analysen schwierig und beschränkt sich meist auf Aussagen zur thermischen oder bakteriellen Sulfatreduktion.

Die Arbeit des Verfassers ist ausschließlich regional bezogen. Sie verzichtet letztlich darauf, Schlüsse bezüglich der Sulfatreduktion zu ziehen, obwohl die Analysen eigentlich nur Aussagen über deren Bedingungen machen können. Der Verfasser betrachtet die Analy-

senwerte in ihren örtlichen und zeitlichen Bezügen (varistisch / postvaristisch) zu den untersuchten Mineralisationen. Es besteht absolute Klarheit darüber, dass es keine varistische oder postvaristische S-Isotopie geben kann. Sofern sich aber zeigt, dass Analysenwerte möglichen Gesetzmäßigkeiten folgen, so darf man dann unterstellen, dass die bestimmenden Größen bei der chemischen Reaktion der Sulfatreduktion Ähnlichkeiten besaßen.

Um es knapp auszudrücken, die Analysendaten dienen zunächst dazu die untersuchten Mineralisationen besser beschreiben und unterscheiden zu können.

Literatur.

Die Berichte beinhalten keine Hinweise auf Literatur. Daher werden hier ergänzend Arbeiten angeführt, die Analysen aus der Region beinhalten.

BONNETON, Marc: Les minéralisations en plomb et en cuivre des grès triasiques de la région de Saint-Avold (Moselle, France). *Sédimentologie et thermochimie*. — Thèse du titre de docteur ingénieur en sciences et techniques minières, École Nationale Supérieure des Mines de Paris; Paris 1980.

KRIMMEL, Michael & EMMERMANN, Karl-Hans (1980): Geochemische Untersuchungen an Baryten. - *Mainzer geowiss. Mitteilungen*, Bd. 9, S. 127-166; Mainz 1980

WAGNER, T., BOYCE, A.J.: Pyrite metamorphism in the Devonian Hunsrück Slate of Germany: Insights from laser microprobe sulfur isotope analysis and thermodynamic modeling. — *Berichte d. Deutschen Mineralog. Gesellschaft, Beihefte zum Europ. Journ of Mineralogy*, Band 17, Nr.1, S.145; Stuttgart 2005.

Eine größere Zahl unveröffentlichter Analysen an Sulfiden und Sulfaten liegt von Roger LANG,, Landesamt für Geologie und Bergbau - Rheinland-Pfalz, Mainz vor.

Dank.

Professor Dr. Hans-Joachim LIPPOLT verdankt der Verfasser eine intensive Klarstellung des Wesens der S-Isotopie und Diskussionen sowie die Verbindung zu Professor Dr. Stanislaw HALAS, Lublin.

Analysen sind immer nur so gut wie das Probenmaterial, aber es gehört ebenso die sorgfältige Analytik dazu. Die von Herrn HALAS hat immer konsistente Daten geliefert.

Mein Dank gilt weiter allen Lieferanten von Probenmaterial. Namentlich erwähne ich hier die Herren Geza ALTMANN und Bernd OCKFEN, die gezielt Proben für den Verfasser gesucht haben.

Dank gilt ferner generell der Deutschen Forschungsgemeinschaft und damit dem Steuerzahler, sowie den mit meinen Anträgen mehr als 40 Jahre lang befassten Gutachtern.

S-ISOTOPIE AN SULFIDEN IM SAARLAND UND NACHBARGEBIETEN

Mu 206/18-1

Gerhard MÜLLER

Kurzfassung:

Die geologische, mineralogische und tektonische Vielfalt der Bedingungen im betrachteten Raum lässt zunächst einmal keine einfache Aussage auf der Basis weniger Proben zu. Bei hinreichender Probenzahl lassen sich Teilaspekte heute schon klar darstellen. Aussagen lassen sich erarbeiten über

- Darstellung der S-Isotopie eines Minerals in der Fläche,
- Vergleich der S-Isotopie von Chalkopyrit - Sphalerit - Galenit,
- Darstellung im Diagramm $\delta^{34}\text{S}(\text{Galenit})/\delta^{34}\text{S}(\text{Sphalerit})$.

Deutliche Unterschiede ergeben sich zwischen

- Eisensulfiden, die von der Masse her betrachtet die wichtigsten Sulfide darstellen, deren S-Isotopie aber noch keine Gesetzmäßigkeiten unterlegt werden können, und
- Cinnabarit, Tetraedrit, Chalkopyrit, Sphalerit und Galenit, die mit geringen Massen auftreten und klare Gesetzmäßigkeiten zeigen, so eine teilweise strenge stratigraphische Kontrolle.

1. Grundsätzliche Aussagen zu Bericht und Proben.

- 1.1 Tendenz des Berichts.
- 1.2 Menge der Analysen.
- 1.3 Verbreitung und Verfügbarkeit geeigneter Proben.
- 1.4 Das Massenproblem.

2. Ergebnisse.

- 2.1 Die S-Isotopien der Sulfide im Überblick.
 - 2.1.1 Eisensulfide.
 - 2.1.2 Cinnabarit usw.
 - 2.1.3 Jüngere Cu-Sulfide.
 - 2.1.4 Kollomorpher Chalkopyrit.
- 2.2 Die Gruppe Cinnabarit usw. im Zusammenhang.
- 2.3 Chalkopyrit — Sphalerit — Galenit
 - 2.3.1. Überblick und Fallgruppen.
 - 2.3.2 Einzeldarstellungen.
 - 2.3.2.1 Walhausen.
 - 2.3.2.1 Walhausen.
 - 2.3.2.3 Lebacher Gruppe
 - 2.3.2.4 Buntsandstein
- 2.4 Darstellungen im Diagramm $\delta^{34}\text{S}(\text{Galenit})/\delta^{34}\text{S}(\text{Sphalerit})$
 - 2.4.1 Karbon
 - 2.4.2 Lebacher Gruppe
 - 2.4.3 Weitere Vorkommen in dieser Darstellung
 - 2.4.4 Buntsandstein
 - 2.4.5 Grenzbereich Muschelkalk/Keuper
- 2.5 Vergleich $\delta^{34}\text{S}(\text{Chalkopyrit})/\delta^{34}\text{S}(\text{Pyrit})$
- 2.6 Vergleich $\delta^{34}\text{S}(\text{Pyrit})/(\delta^{34}\text{S})\text{Markasit}$

3. Deutungsansätze

- 3.1 Stratigraphische Kontrolle
- 3.2 Entwicklungstendenz der Werte.

- 3.3 Temperatur und Sulfatreduktion
- 3.4 Herkunft des Schwefels.
- 4. Geologische Betrachtungen
 - 4.1 Größe von gelaugten Gesteinskörpern.
 - 4.2 Spezielle Bedingungen bei der Cinnabarit-Genese.
- 4.3 Grenzen von Gesteinskörpern unterschiedlicher Porositäten.

1. Grundsätzliche Aussagen zu Bericht und Proben.

1.1 Tendenz des Berichts.

Ich verzichte auf die kartenmäßige Darstellung der Messwerte für die einzelnen Mineralien, wie ich sie meinem Antrag beigegeben hatte. Dies würde zu zahlreichen Ergänzungen, aber nicht zu grundlegenden Änderungen führen. Ich lege den Schwerpunkt auf Ergebnisse, die über den bereits dargestellten und bestätigten Rahmen hinausgehen.

1.2 Menge der Analysen.

Zur Auswertung gelangten in dieser Ausarbeitung insgesamt 276 Analysen (Stanislaw HALAS) aus den letzten Jahren, von denen aus DFG-Mitteln 142 stammen. Hinzu kommen noch wenige Werte aus der Literatur und aus einem früheren Projekt von der Grube Korb in Eisen.

Einerseits erscheint dies als eine vergleichsweise große Zahl, doch ist zu berücksichtigen, dass sich die Proben auf einen großen Raum verteilen, der von Lothringen bis zum Lemberg (Nähe Bad Kreuznach) reicht. Wenn man dann auf einzelne Gebiete, bestimmte Zusammenhänge und Kombinationen von Mineralien abstellt, ist die jeweils verfügbare Probenanzahl meist sehr klein. Von 66 Proben aus dem Westfal ergeben sich für die interessante Kombination Galenit/Sphalerit lediglich noch 4 Möglichkeiten.

1.3 Verbreitung und Verfügbarkeit geeigneter Proben.

Gerade diese Arbeit hat sehr deutlich gemacht, was vorher schon ansatzweise klar war, dass es keinerlei gleichmäßige Verteilung der interessierenden Sulfide gibt. Am unangenehmsten ist diese Erscheinung beim Galenit, der für die Thermometrie am bedeutsamsten ist.

Es gibt eine Reihe von Gebieten, in denen Galenit auch nicht in Spuren nachzuweisen ist. Dazu gehören die gesamte Fläche der basisch/intermediären Magmatite der Nahe-Mulde, die Vorkommen der Lebacher Toneisensteine um Lebach (hier gibt es nur eine Probe, die aber nicht aus den Toneisensteinen selbst, sondern aus Sandsteinen kommt) und die zentralen Teile des Saarbrücker Karbons. Ich gehe hierbei von einer Abhängigkeit vom Nebengestein aus. Der Pb-Inhalt der Mineralisationen dürfte weitgehend der Zersetzung von K-Feldspäten entstammen. Wo feldspatreiche Sandsteine fehlen, ist die Wahrscheinlichkeit von Galenit sehr gering.

1.4 Das Massenproblem.

Im Gesamttraum kommt es in der Abfolge zweimal zur Ausscheidung großer Sulfidmengen. Gebildet werden dabei praktisch nur Pyrit und Markasit. Die übrigen Sulfide werden dagegen nicht in diesen Phasen, sondern getrennt davon und meist nur in sehr geringen Mengen erzeugt.

Die Eisensulfide sind also klar von den übrigen Sulfiden zu trennen. Für diese massenmä-

Big bedeutendsten Sulfide hat sich gezeigt, dass die Probenanzahl zu klein und wohl auch die Auswahl nicht selektiv genug war, um auch nur ansatzweise Regelmäßigkeiten im Auftreten nachzuweisen. Der Kern der Arbeit betrifft letztlich also nur einen Ausschnitt der S-Isotopie der Sulfide, gekennzeichnet durch geringe Massen aber Analysenwerte, denen sich Gesetzmäßigkeiten und Bezüge zur Geologie unterlegen lassen.

Um es klar zu sagen, die Sulfide, die geologisch am relevantesten sind, machen die meisten Schwierigkeiten. Dagegen sind Sulfide, die geologisch nur geringe Relevanz haben (aber historisch teilweise von wirtschaftlicher Bedeutung waren), in ihrem Auftreten systematisch gut beschreibbar.

Ohne zuviel an Deutung zu unterlegen, möchte ich es so formulieren:

Eisensulfide sind die Sulfide des geologischen Alltags, die anderen Sulfide das Erzeugnis spezieller und geologisch wohl kurzzeitiger Umstände.

2. Ergebnisse.

2.1 Die S-Isotopien der Sulfide im Überblick.

Von der Abfolge und den Paragenesen her lassen sich vier Gruppen klar unterscheiden:

- Eisensulfide (Pyrit, Markasit, Pyrrhotin),
- Cinnabarit, Tetraedrit, Chalkopyrit, Sphalerit und Galenit (+ Millerit, der aber wegen zu geringer Probenzahl keine Bedeutung hat),
- die jüngeren Cu-Sulfide, insbesondere Digenit, Chalkosin, Bornit u. Tennantit.
- kolloidomorpher Chalkopyrit.

Diese vier Gruppen sind einzeln diskutierbar, zwischen den einzelnen Gruppen sind Verknüpfungen nach bisherigem Stand nicht möglich.

2.1.1 Eisensulfide.

Die Eisensulfide sind die problematischste Gruppe. Sie treten in mehreren Phasen auf, teilweise nur ganz untergeordnet, sind daher oft nicht sauber zuzuordnen. Zumindest in einer, wahrscheinlich aber in zwei Phasen kommen sie in sehr großen Massen vor. Die Messwerte streuen stark, teilweise innerhalb einer Probe. Systematische Veränderungen sind bislang nicht nachweisbar.

2.1.2 Cinnabarit usw.

Diese Gruppe ist bislang am besten für Aussagen geeignet. Die Werte streuen verhältnismäßig wenig und lassen systematische Veränderungen erkennen.

2.1.3 Jüngere Cu-Sulfide.

Die Anzahl der Proben ist bislang gering, die Aussagefähigkeit daher sehr begrenzt. Die Werte streuen wenig und haben ihren Schwerpunkt im leicht positiven Bereich.

2.1.4 Kolloidomorpher Chalkopyrit.

Vom Erscheinungsbild her lassen sich diese Proben vom gut kristallisierten Chalkopyrit klar abgrenzen. Die Werte sind alle positiv, es gibt keine Überschneidung mit dem Feld der gut kristallisierten Chalkopyrite. Die ausgesprochen positiven $\delta^{34}\text{S}$ -Werte lassen eine Verknüpfung mit den Eisensulfiden möglich erscheinen, bei denen ebenfalls solch positive Werte auftreten.

2.2 Die Gruppe Cinnabarit usw. im Zusammenhang.

Bei vielen Mineralisationen ist eine eindeutige Abfolge zu beobachten. Solche Abfolgen umfassen nie alle hier aufgezählten Minerale gleichzeitig. Sie lassen sich jedoch zu einer Gesamtabfolge verknüpfen.

jung: Galenit
 Sphalerit
 Chalkopyrit
 Tetraedrit Millerit
 alt Cinnabarit.

Die Stellung von Tetraedrit ist nicht eindeutig festzulegen. Die insgesamt wenigen Proben gehen meist mit ausschließlich Cinnabarit. In einem Falle sitzt Tetraedrit über Chalkopyrit. Ich ordne ihn in der Graphik zwischen Cinnabarit und Chalkopyrit ein, was keinen direkten Fehler macht, da bislang bei den Messwerten nur Probenpaare Cinnabarit/Tetraedrit sowie Tetraedrit/Galenit vorliegen.

In der Realität liegen als gängige Abfolgen vor:

1	2	3	4	5
Galenit	Galenit	Galenit	Galenit	
Sphalerit	Sphalerit	Sphalerit		
	Tetraedrit		Tetraedrit	Tetraedrit
(oder um- gekehrt)	Chalkopyrit	Chalkopyrit		Chalkopyrit
		Millerit		
				Cinnabarit

- 1 Typisch im Buntsandstein u. Muschelkalk/Keuper sowie in Düppenweiler in Verbindung mit Pyrit/Markasit-Gängen.
(Die Abfolge ist hier nicht endgültig geklärt.)
- 2 In der Grube "Korb" in Eisen beobachtet. Weiter in den Lebacher Toneisensteinen.
- 3 Ausschließlich bei Mineralisationen im Westfal.
- 4 Grube "Korb" in Eisen.
- 5 Typische Cinnabarit-Vorkommen, auch in Baryt-Gängen im Bereich deutlicher Cinnabarit-Mineralisationen.

Die arithmetischen Mittel der $\delta^{34}\text{S}$ -Werte der Proben (eigene + wenige fremde) ergeben:

	Anzahl	- σ	Mittelwert	+ σ
Galenit	49	-13,14	-4,12	+4,90
Sphalerit	50	-11,16	-3,75	+3,66
Chalkopyrit	69	-12,11	-4,75	+2,16
Tetraedrit	5	-12,79	-6,80	-0,81
Cinnabarit	39	-19,96	-10,53	-1,10

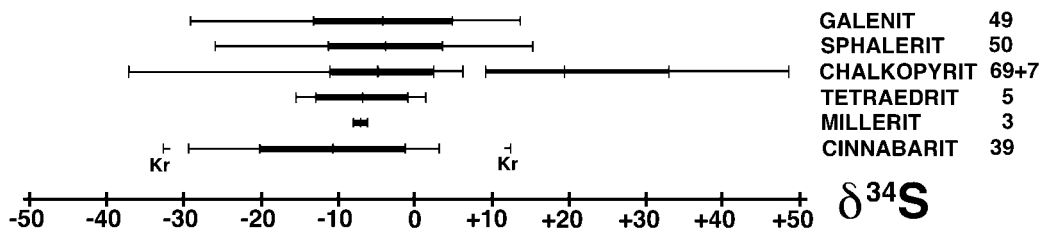


Abb.1:

Übersicht über die $\delta^{34}\text{S}$ -Werte von Cinnabarit usw.

Dargestellt sind Mittelwert, Standardabweichung 1σ (dicker Strich) und Maximalwerte (dünner Strich). "Kr" bei Cinnabarit weist auf Extremwerte von KRIMMEL u. EMMERMANN (1980) hin. Bei Chalkopyrit findet sich links die gut kristallisierte und rechts die kollektive Varietät.

Zieht man in Betracht, dass die $\delta^{34}\text{S}$ -Werte aus einem grossen Raum (Saarland und Pfalz), unterschiedlichen Mineralisationen und unterschiedlichen Nebengesteinen stammen, so ist das Ergebnis erstaunlich. Man kann es entweder als einen außergewöhnlichen Zufall betrachten oder aber als Ergebnis eines großräumigen Geschehens, bei dem trotz im Einzelfall stark divergierender Werte eine genügend große Zahl von Proben durch einen Ausgleich der negativ wie positiv divergierenden Werte eine Aussage über die Entwicklung des Gesamtprozesses hin zu positiveren Werten zum Ausdruck kommt.

Die Werte von Sphalerit und Galenit bedürfen aus zwei Gründen einer speziellen Betrachtung:

1. Ist es noch offen, ob alle Vorkommen miteinander zu parallelisieren oder die Vorkommen aus Buntsandstein, Muschelkalk/Keuper und den Pyrit-Markasit-Gängen als gesonderte Gruppe zu betrachten sind.

2. Bei Betrachtung später folgender Diagramme $\delta^{34}\text{S}(\text{Galenit})/\delta^{34}\text{S}(\text{Sphalerit})$ sind in den meisten Fällen die Werte für Galenit negativer als für Sphalerit. In der obigen Tabelle ist diese Differenz vergleichsweise gering, wenn auch tendenziell vorhanden.

Bei inzwischen etwas größerem Datenbestand sehen die entsprechenden $\delta^{34}\text{S}$ -Werte jetzt so aus:

	Anzahl	- σ	Mittelwert	+ σ
Galenit	52	-12,74	-3,73	+5,28
Sphalerit	54	-11,10	-3,85	+3,40

Und im Detail:

Proben aus Buntsandstein, Muschelkalk/Keuper u. Pyrit/Markasit-Gängen:

	Anzahl	- σ	Mittelwert	+ σ
Galenit	20	-18,60	-7,55	+3,50
Sphalerit	14	-17,81	-8,36	+1,09

Proben aus allen anderen Vorkommen:

	Anzahl	- σ	Mittelwert	+ σ
Galenit	32	-7,69	-1,33	+5,03
Sphalerit	40	-7,72	-2,26	+3,20

Die Tendenz hat sich also umgekehrt.

Während in den noch folgenden Diagrammen nur Vorkommen berücksichtigt sind, aus denen Analysenwerte sowohl für Sphalerit wie Galenit vorliegen, gehen in die obigen Mittelwertbildungen auch Einzelproben ein. Das Ergebnis kommt letztlich dadurch zu Stande, dass bei den Einzelproben von Sphalerit stärker negative Werte überwiegen, bei denen von Galenit dagegen stärker positive. Ob dies reiner Zufall ist oder nicht, kann ich nicht entscheiden.

Die Mineralisationen aus Buntsandstein, Muschelkalk/Keuper u. Pyrit/Markasit-Gängen weisen keinen auskristallisierten Chalkopyrit auf. Es erscheint daher sinnvoll sie für sich zu betrachten. Dann ergibt sich für die verbleibenden Mineralisationen insgesamt eine sehr deutliche Tendenz von Cinnabarit zum Galenit zu immer positiveren Werten.

Ich halte eine solche Gesamtsicht, die eine gerichtete Entwicklung der S-Isotopie sieht, zwar für statthaft, doch ist sie letztlich auch eine Funktion der Probenauswahl und dann gegebenenfalls nur auf Teilbereiche zu beziehen, während andere Entwicklungen bei kleiner Probenzahl nicht zum Ausdruck kommen.

2.3 Chalkopyrit — Sphalerit — Galenit.

2.3.1. Überblick und Fallgruppen.

In Walhausen (Sieh dich vor) und Eisen gibt es eindeutige Beispiele, dass die Sulfide Chalkopyrit, Sphalerit und Galenit in dieser Reihe auf einander folgen, also nicht kogene-tisch im Sinne einer völlig zeitgleichen Bildung sind. Ausgehend von dieser Beobachtung wurden alle verfügbaren Tripel verglichen. Die Diagramme dazu finden sich bei den Einzelbesprechungen.

Es ergaben sich drei Fallgruppen:

1. Die $\delta^{34}\text{S}$ -Werte steigen in der Reihe Chalkopyrit — Sphalerit — Galenit an.
Fälle: Walhausen (Sieh dich vor),
Mariahütte.
2. Die $\delta^{34}\text{S}$ -Werte steigen von Chalkopyrit nach Sphalerit, sinken dann aber bei Galenit.
Fälle: Grube Reden,
Grube Kohlwald,
Seelberg (Nordpfalz),
Otzenhausen, Kloppbruchweiher,
Schwarzenbach,
Otzenhausen, Industriegelände.
3. Die $\delta^{34}\text{S}$ -Werte fallen in der Reihe Chalkopyrit — Sphalerit — Galenit.
Fälle: Grube Luisenthal,
Kastel,
Walhausen, Bleyschacht,
Walhausen, Sieh dich vor.

Fallgruppe 1.

Das Verhältnis zwischen Chalkopyrit und Sphalerit entspricht der Vorstellung gleichzeitiger jeweiliger Fraktionierungsgleichgewichte mit der Ausgangslösung. Das Verhältnis von Sphalerit zu Galenit weicht dagegen sehr stark ab.

Das Vorkommen von Mariahütte liegt in tektonisch stark beanspruchten Silt- und Sandsteinen der Lebacher Gruppe mit intrusiven sehr kleinen Magmatitkörpern. Die verwendeten Proben stammen möglicherweise aus unterschiedlichen Mineralisationen.

Fallgruppe 2.

Von der Theorie her sollten bei jeweiligen Fraktionierungsgleichgewichten gegenüber einer genügend großen Lösung die $\delta^{34}\text{S}$ -Werte in der Reihe Sphalerit — Chalkopyrit — Galenit negativer werden. Dies entspricht der Fallgruppe 2. Da bei dieser die Differenzen zwischen Chalkopyrit und Sphalerit deutlich kleiner sind als die zwischen Sphalerit und Galenit, was ebenfalls der Theorie entspricht, ist bei dieser Fallgruppe am ehesten mit Gleichgewichtseinstellungen zu rechnen. Sie kann damit zur Abschätzung von Bildungstemperaturen herangezogen werden.

Zur Fallgruppe 2 gehören Mineralisationen im produktiven Karbon und in den Tonei-

sensteinen der Lebacher Gruppe (Haupttoneisensteinlager). Die darin vorliegenden Sulfidmengen sind jeweils gering, sodass bei meist nur schlecht permeablen Gesteinen eine Gleichgewichtseinstellung in geschlossenem System möglich erscheint. Es gehört dazu aber auch das Vorkommen des Seelbergs in der Nordpfalz, der bei merklich größeren Sulfidmengen bergbaulicher Gewinnungsbetrieb war.

Fallgruppe 3.

Grube Luisenthal (Karbon) und Kastel (Lebacher Toneisensteinlager) sollten von der Geologie her zur Fallgruppe 2 gehören. Abweichend ist jedoch das Verhältnis zwischen Chalkopyrit und Sphalerit; das Verhältnis zwischen Sphalerit und Galenit passt zur Erwartung.

Auf eine Deutung wird zunächst verzichtet.

Bei Walhausen (Bleyschacht) stammen Sphalerit und Galenit vom gleichen Material. Heller Sphalerit und Galenit kommen hier häufig zusammen vor. Chalkopyrit ist selten und nicht direkt mit Sphalerit und Galenit vergesellschaftet.

2.3.2 Einzeldarstellungen.

2.3.2.1 Walhausen.

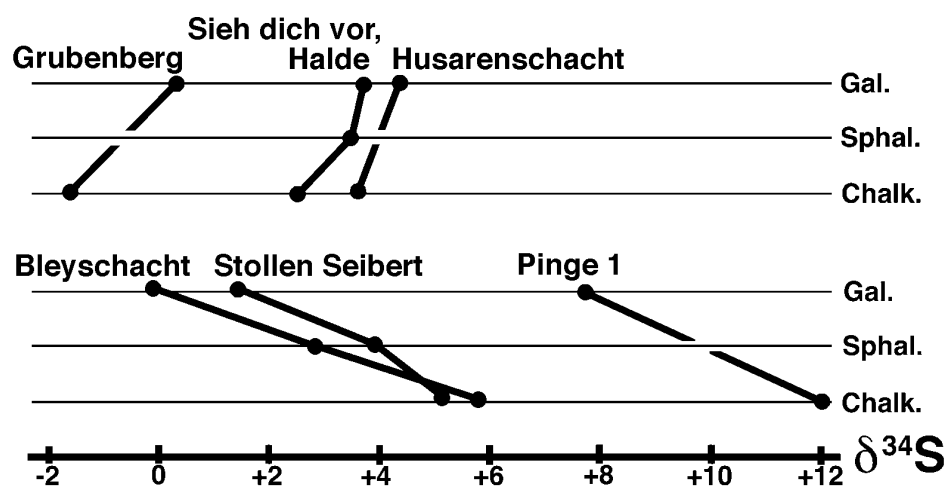


Abb.2:

$\delta^{34}\text{S}$ -Werte von Chalkopyrit, Sphalerit und Galenit jeweils bestimmter Lokalitäten in Walhausen.

Bei dieser Darstellung ist einschränkend anzumerken, dass in drei Fällen Sphalerit fehlt (unterbrochene Linie). Akzeptiert man dennoch die Darstellung, so zeigt sich, dass in Walhausen die Fallgruppe 2, die für Fraktionierungsgleichgewichte gegenüber einer genügend großen Lösung spräche, nicht vorkommt. Je drei der untersuchten Örtlichkeiten zeigen entgegengesetzte Entwicklungstendenz, wobei allerdings in der Fallgruppe 3 bei Sphalerit und Galenit entsprechende Fraktionierungen unterstellt werden könnten.

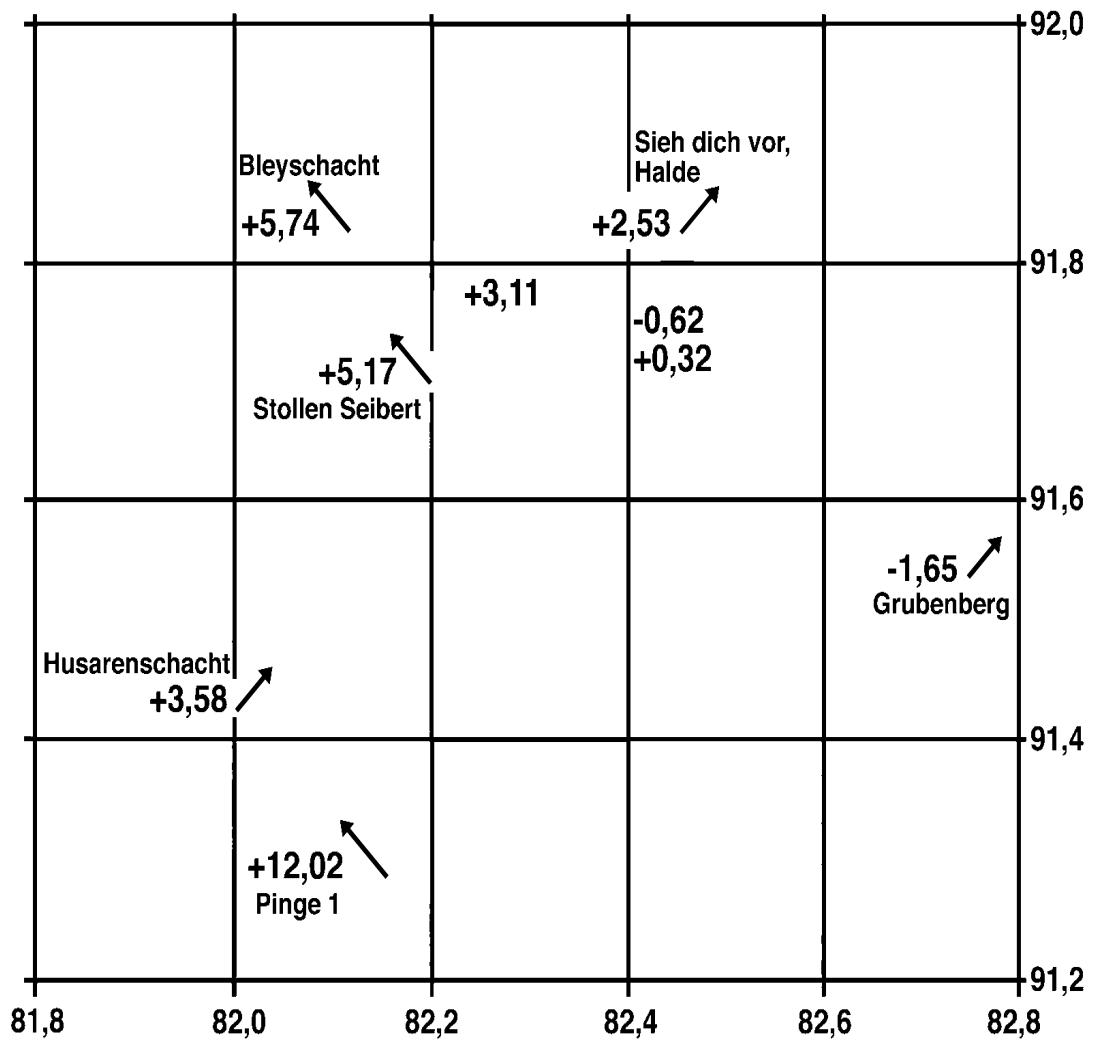


Abb.3:

$\delta^{34}\text{S}$ -Werte von Chalkopyrit von Walhausen nach ihrer Lage in der Karte (Abstand der Gitterlinien 200 m).

Chalkopyrit wurde für die Darstellung benutzt, weil davon mehr Werte vorliegen als für Sphalerit und Galenit. Mit Pfeilen wurden zusätzlich die Entwicklungstendenzen aus dem Diagramm Nr.2 dargestellt.

Sieht man vom Wert der Pinge 1 ab, so kann man insgesamt eine Entwicklung der Werte von SW nach NW unterstellen. Pinge 1 ist im zentralsten Bereich des Bergbaus, wo die Möglichkeit gegeben sein kann, dass das beprobte Material nicht direkt örtlich zuzuordnen ist. Auch wenn dies eine Möglichkeit wäre, so kann man die Betrachtung auf die nördliche Hälfte beschränken und dort aber eindeutig die beschriebene Entwicklung erkennen.

Damit lässt sich zur Zeit allerdings noch kein Erklärungsmodell verknüpfen.

2.3.2.2 Karbon

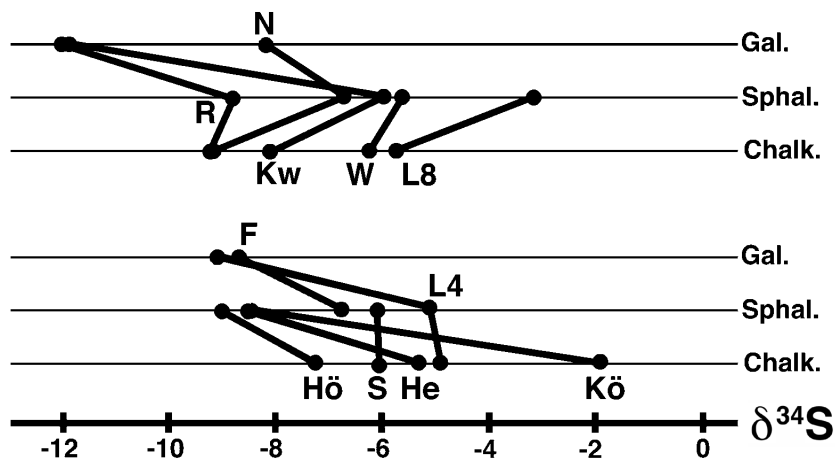


Abb.4:

$\delta^{34}\text{S}$ -Werte von Chalkopyrit, Sphalerit und Galenit von jeweils gleichen Vorkommen im Karbon (Westfal).

Verwirklicht sind die Fallgruppen 2 (oben) und 3 (unten).

2.3.2.3 Lebacher Gruppe

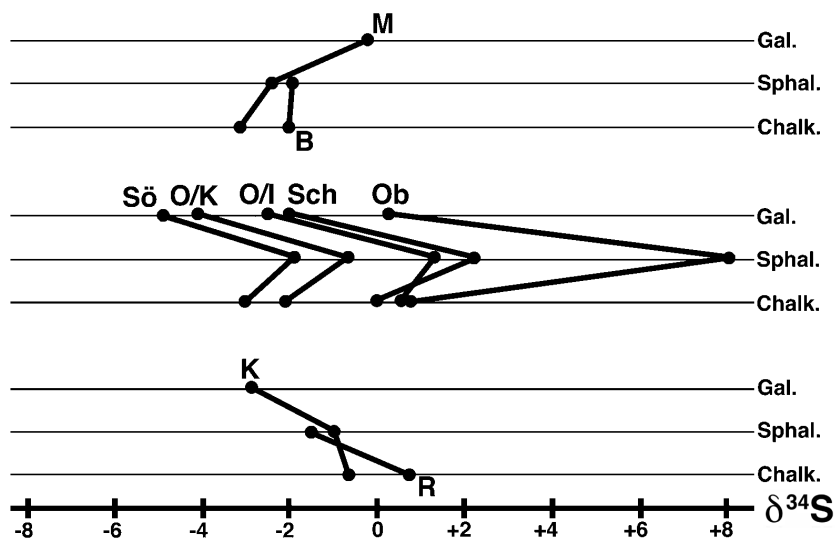


Abb.5:

$\delta^{34}\text{S}$ -Werte von Chalkopyrit, Sphalerit und Galenit von jeweils gleichen Vorkommen in der Lebacher Gruppe (Unterrotliegendes).

Zwar sind alle drei Fallgruppen vertreten, doch überwiegt bei weitem die Fallgruppe 2, die bei recht gleichmäßigem Bild wohl das Potential zu einer Temperaturentscheidung besitzt.

2.3.2.4 Buntsandstein

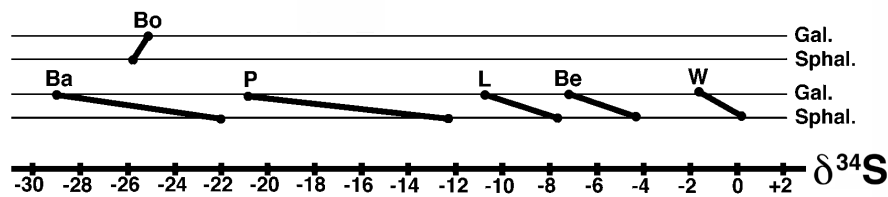


Abb.6:

$\delta^{34}\text{S}$ -Werte von Sphalerit und Galenit von jeweils gleichen Vorkommen im Buntsandstein (Chalkopyrit fehlt in diesen Vorkommen).

Bis auf das Paar von Bobenthal (Südpfalz), das von einem kleinen Stück stammt, bei dem Sphalerit und Galenit zusammen auftraten, entsprechen alle anderen Paare der Möglichkeit von Fraktionierungsgleichgewichten gegenüber der gleichen Ausgangslösung bei Bildung.

2.4 Darstellungen im Diagramm $\delta^{34}\text{S}(\text{Galenit})/\delta^{34}\text{S}(\text{Sphalerit})$

Verwendung in der Darstellung fanden überwiegend Paare, die

- möglichst vom gleichen Stück,
- ersatzweise aus örtlich eng begrenztem Material,
- selten von einer Halde und damit von potentiell sehr verschiedenen Stellen stammen.

Die Diagramme sind besonders aussagekräftig, da nach bisheriger Beobachtung Sphalerit und Galenit tatsächlich unter den jeweiligen Bedingungen in die gleiche Phase gehören, wenn auch nicht gesichert ist, dass lediglich eine einzige derartige Phase auftritt.

Die nach geologischen Kriterien unterschiedenen Proben finden sich im Diagramm in meist klar abgegrenzten Feldern. Zieht man auch Einzelproben von Galenit oder Sphalerit in Betracht, bei denen der zweite Wert fehlt, so zeigt sich, dass die Felder erweitert werden müssten. Es stellt sich dabei die prinzipielle Frage, ob man dabei nicht einen Definitionsbereich überschreitet, nämlich Bedingungen, bei denen die beiden Minerale tatsächlich innerhalb einer Paragenese auftreten, wobei es noch offen bleibt, ob sie dabei im Fraktionierungsgleichgewicht zur gleichen Ausgangslösung stehen oder nicht. Es steht zu vermuten, dass enge Feldegrenzen eher für gute Gleichgewichtseinstellung stehen.

Ich definiere daher:

Das Diagramm stellt Probenpaare dar, bei denen am gleichen Ort beide Minerale nebeneinander vorkommen. Die beiden Minerale müssen in ungefährtem zeitlichem Zusammenhang stehen. Die Frage der Gleichgewichtseinstellung bleibt offen.

Allgemeine Aussagen zu den Diagrammen:

- Die Diagonale entspricht gleicher Isotopie bei Galenit wie Sphalerit.
- Bei im Gleichgewicht gegenüber der gleichen Ausgangslösung gebildeten Paaren sollte wegen der Fraktionierung der darstellende Punkt unterhalb der Diagonale liegen. Bei Proben oberhalb der Diagonale konnten sich entweder keine Fraktionierungsgleichgewichte ausbilden oder die Ausgangslösungen waren nicht einheitlich

- Bei Bildung im jeweiligen Fraktionierungsgleichgewicht gegenüber der gleichen Ausgangslösung entspricht der Abstand zur Diagonale abnehmender Bildungstemperatur.

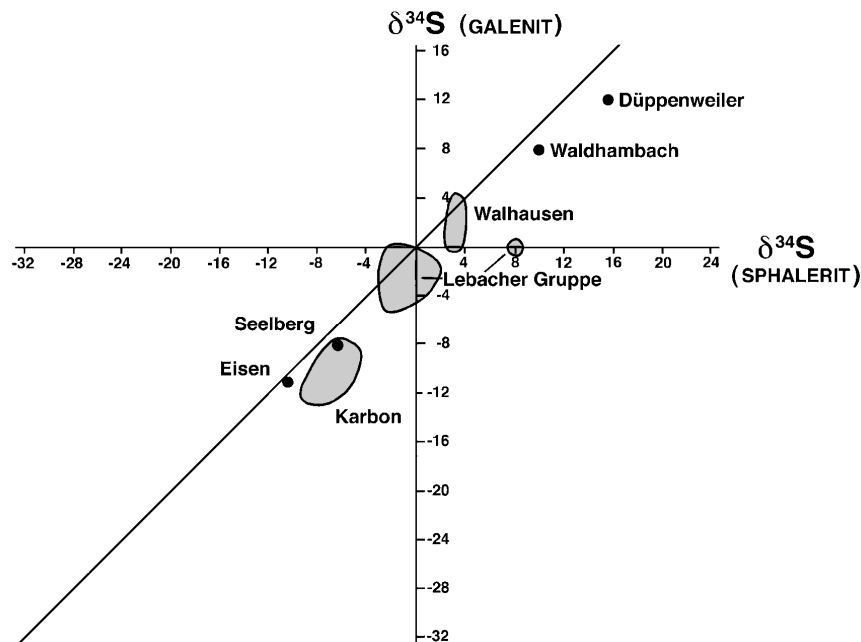


Abb.7:

$\delta^{34}\text{S}$ -Werte(Galenit) gegen $\delta^{34}\text{S}$ -Werte(Sphalerit) von Proben jeweils gleicher Lokalitäten aus Nebengesteinen, die älter als Buntsandstein sind.

2.4.1 Karbon

Die aus dem produktiven Karbon stammenden Probenpaare kommen alle aus dem Westfal. Galenit ist in der Regel dort selten bis sehr selten.

Insgesamt 4 Probenpaare:

- 3 von jeweils einem Stück,
- eine von verschiedenen Stücken der gleichen Halde (Grube Kohlwald).

Die Proben bilden ein gut geschlossenes Feld.

2.4.2 Lebacher Gruppe

Insgesamt 8 Probenpaare, meist nicht aus Einzelstücken, zu einem Teil von verschiedenen Stellen eines größeren Areals.

Die Proben bilden zwei Felder. Das kleinere Feld geht auf eine Sphalerit-Analyse von Oberlöstern zurück, die einer Überprüfung bedarf. Ansonsten bilden die Proben ein geschlossenes, enges Feld.

2.4.3 Weitere Vorkommen in dieser Darstellung

Eisen = Mineralisation im Devon

Seelberg = Vererzung im Unterrotliegenden

Walhausen = Vererzungen an der Basis des "Grenzlagers" (oberrotl. bas./int. Magmatite)

Waldhambach (Südpfalz) = Mineralisation in oberrotl. bas./int. Magmatit direkt über

dem Grundgebirge
 Düppenweiler = Mineralisation im Rhyolith (direkt unter oberrotl oder Buntsand-
 steinüberdeckung)

2.4.4 Buntsandstein

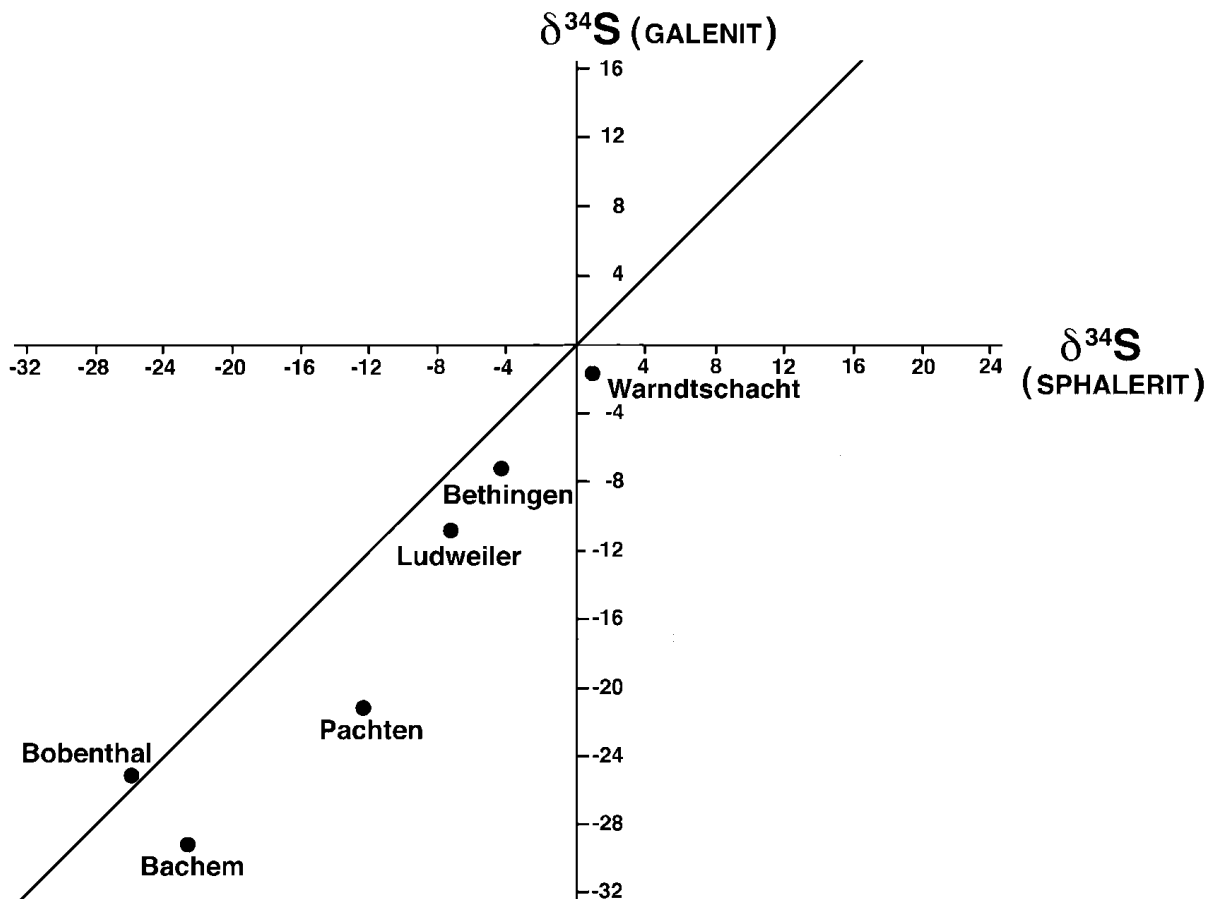


Abb.8:

$\delta^{34}\text{S}$ -Werte(Galenit) gegen $\delta^{34}\text{S}$ -Werte(Sphalerit) von Proben jeweils gleicher Lokalitäten aus dem Buntsandstein.

In den Vorkommen ist Galenit häufig und kann in großen Mengen auftreten. Sphalerit ist seltener.

Insgesamt 6 Probenpaare, davon eines aus der Südpfalz (Bobenthal):

- 4 von jeweils einem Stück,
- 2 aus jeweils sehr begrenzter Örtlichkeit,

Die Proben aus dem Buntsandstein streuen sehr stark.

2.4.5 Grenzbereich Muschelkalk/Keuper

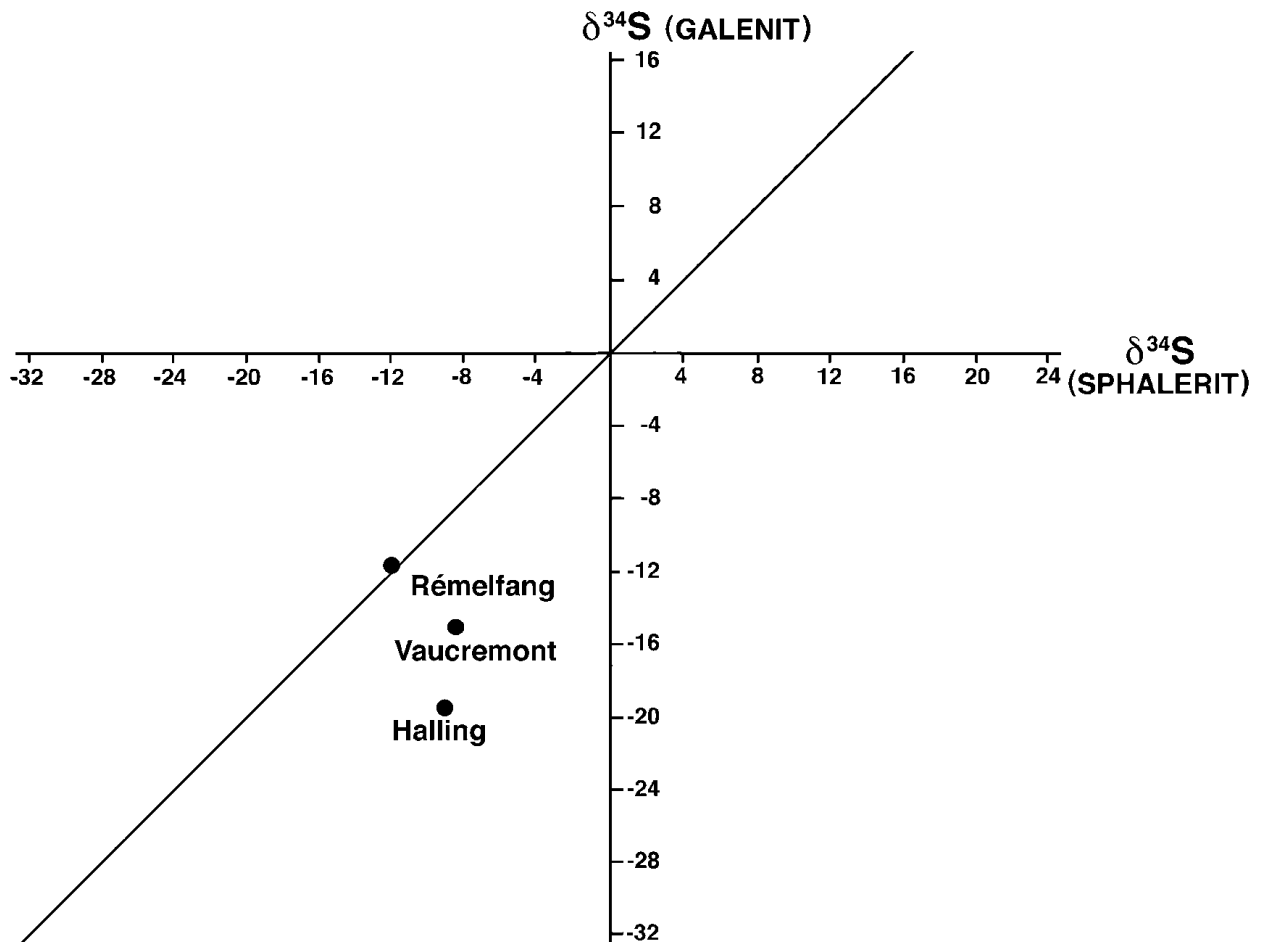


Abb.9:

$\delta^{34}\text{S}$ -Werte(Galenit) gegen $\delta^{34}\text{S}$ -Werte(Sphalerit) von Proben jeweils gleicher Lokalitäten aus dem Grenzbereich Muschelkalk/Keuper in Lothringen.

Die Nebengesteine sind Kalke oder sekundäre Dolomite, häufig mit hohen Gehalten an Vertebratenresten.

Die Proben streuen wesentlich weniger als die des Buntsandsteins, entsprechen durchaus einem Teil des Buntsandsteinfeldes. Verglichen mit den Mineralisationen im Karbon ist die Streuung deutlich stärker.

2.5 Vergleich $\delta^{34}\text{S}(\text{Chalkopyrit})/\delta^{34}\text{S}(\text{Pyrit})$

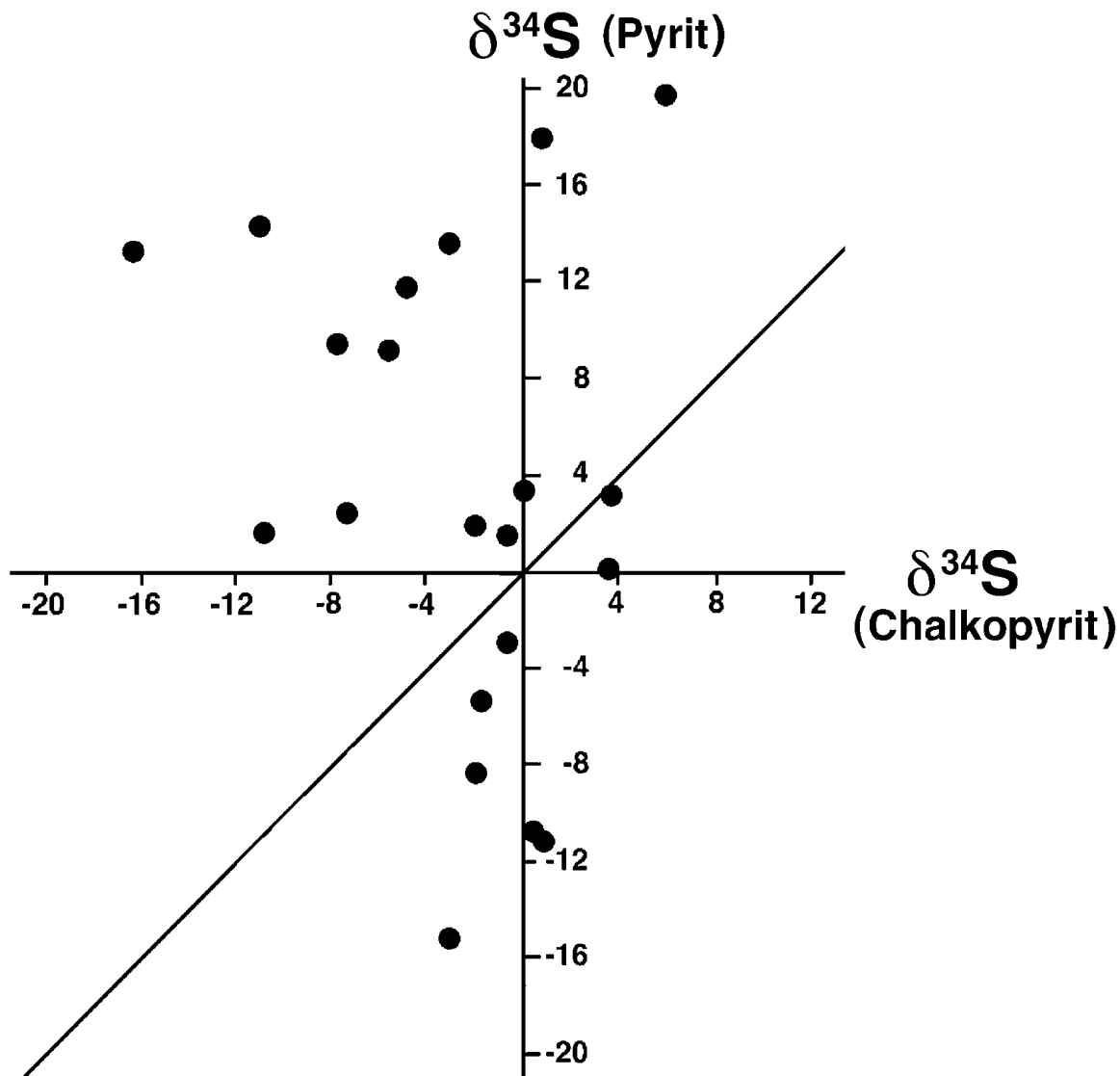


Abb.10:

$\delta^{34}\text{S}$ -Werte (Chalkopyrit) gegen $\delta^{34}\text{S}$ -Werte (Pyrit) jeweils gleicher Lokalitäten.

Pyrit kann zusammen mit Chalkopyrit vorkommen, gelegentlich zu beobachten als eingewachsene Würfel von Pyrit/Bravoit in Chalkopyrit. Insoweit kann man versuchen, einen Zusammenhang im Diagramm zu suchen. Allerdings fehlen Analysen solcher Verwachsungen bislang.

Da in den meisten Fällen Pyrit und Chalkopyrit zu verschiedenen Phasen gehören, kann es eigentlich keinen direkten Zusammenhang geben. Dennoch lässt sich eine Aussage machen:

je positiver die Werte von Pyrit sind, desto größer ist die Streubreite von Chalkopyrit.

2.6 Vergleich $\delta^{34}\text{S}(\text{Pyrit})/(\delta^{34}\text{S})\text{Markasit}$

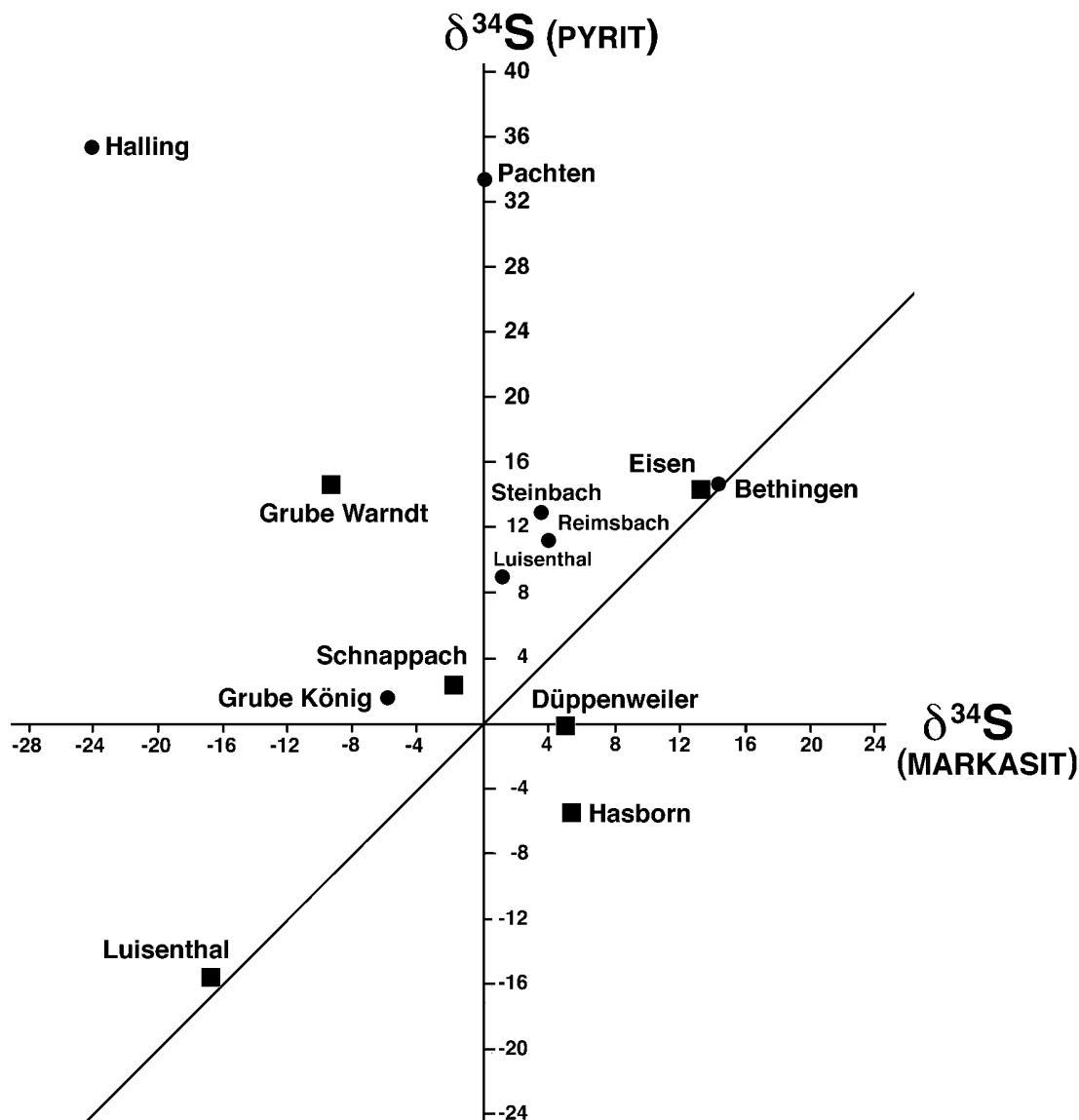


Abb.11:

$\delta^{34}\text{S}$ -Werte (Pyrit) gegen $\delta^{34}\text{S}$ -Werte (Markasit) von jeweils gleichen Lokalitäten.

Paare, bei denen sowohl Pyrit wie Markasit vom gleichen Stück stammen, sind als Quadrate dargestellt.

Die Proben von Eisen, Luisenthal und Bethingen kann man als wirklich gleichzeitig entstanden ansehen. Bei allen anderen muss man unterstellen, dass ein zeitlicher Ablauf vorliegt, der auch eine Veränderung der S-Isotopie bewirkt hat.

3. Deutungsansätze

3.1 Stratigraphische Kontrolle

Stratigraphische Kontrolle stellt keine Deutung dar, gibt also keine Erklärung. Der Inhalt des Begriffs besagt lediglich, dass für die S-Isotopie Einflüsse vorliegen, die mit der Strati-

graphie, besser gesagt mit den durch stratigraphische Begriffe bezeichneten Gesteinspaketen, verknüpfbar sind.

Eine stratigraphische Kontrolle ist klar erkennbar. Die ältesten Gesteine (Westfal) zeigen meist sehr einheitliche Werte, die jüngsten betroffenen Gesteine der Trias weisen besonders im Buntsandstein sehr starke Streuungen auf. Das ist ein Effekt, der ähnlich auch bei der Pb-Isotopie auftritt (KRAHN und unveröffentlichte Analysen WERNER/LIPPOLT), wobei ich keinesfalls einen direkten Zusammenhang unterstelle. Die Ursachen für diese Gleichartigkeit können in jeweils unterschiedlichen Eigenschaften der Gesteine begründet liegen.

Das Alter der Gesteine an sich kann keine Rolle spielen. Infrage kommen aber Gesteinseigenschaften, die altersabhängig sein können, das ist vor allem die Porosität, die sich einmal auf das Volumen von Lösungen im Gestein und zum anderen auf den Lösungsdurchgang auswirkt. Tonige/siltige Gesteine können zunächst sehr hohe Wassergehalte aufweisen, die aber am Ort festgelegt sind. Bei immer stattfindender Kompaktion werden die Porositäten minimal. Sandige Gesteine haben primär zwar geringere Porositäten, halten diese aber länger aufrecht und zeigen auf längere Sicht immer einen deutlichen Wasserdurchgang.

Betrachtet man so die untersuchten Proben, so kann man feststellen:

— Das Karbon zeigt im Westfal praktisch nur stark kompaktierte Gesteine, auch die Sandsteine und Konglomerate haben die Fähigkeit zu Lösungsdurchgängen über das Porenvolumen verloren.

Im Stefan ist es anders, da treten in der Heusweiler Formation reichlich Sandsteine und Konglomerate mit hohen Porositäten auf.

Dieser vom Ansatz her reizvolle Gegensatz kann nicht weiter verfolgt werden, da die Proben aus dem Saarland fast alle aus dem Westfal stammen. Wenige Proben aus dem Stefan kommen aus feinkörnigen und entsprechend kompaktierten Gesteinen.

Etwas anders ist es in der Westpfalz. Alle Hg-Mineralisationen am Potzberg finden sich in der Heusweiler Formation.

Ein direkter Vergleich (Westfal: Chalkopyrit, Sphalerit, Galenit, Millerit und Fe-Sulfide — Potzberg: Cinnabarit und Fe-Sulfide) ist wegen sehr unterschiedlicher Verhältnisse nicht möglich.

— Im Unterrotliegenden ist es ähnlich. Die untersuchten Sulfide stammen aus feinkörnigen und kompaktierten Gesteinen, aus porösen Sandsteinen würden allenfalls Fe-Sulfide als Proben vorliegen.

— Im Oberrotliegenden stammen die untersuchten Sulfide weitgehend aus Magmatiten, wenige Mineralisationen in grobkörnigen Sedimenten sind entweder primär oxidischer Natur oder oxidiert (jüngere Cu-Sulfide).

— Im Buntsandstein stammen die Sulfide aus zwei Mineralisationstypen. Im mittleren Buntsandstein sind es Klüfte, die meist wesentlich Siderit und in bescheidenen Mengen Galenit und Sphalerit führen. Daneben gibt es damit verknüpft oder auch selbstständig starke Mineralisationen an Fe-Sulfiden.

Im oberen Buntsandstein sind die Mineralisationen stratiform, gebunden an Sandsteine mit hoher Porosität und Gehalten an sedimentärem Dolomit und inkohlten Hölzern. Die älteren Galenit/Sphalerit-Vorkommen zeigen immer noch Galenit aber fast keinen Sphalerit mehr. Die jüngere Cu-Mineralisation ist fast ausnahmslos oxidiert.

3.2 Entwicklungstendenz der Werte.

Ich beziehe mich hier auf die im Kapitel 2.2 aufgezeigte Tendenz zu positiveren Werten von Cinnabarit zu Galenit.

Eine Bildung der Sulfide aus einem einheitlichen sehr großen Reservoir bei gleichbleibender Temperatur und vollständiger Gleichgewichtseinstellung bei der Fraktionierung zwischen der Lösung und den einzelnen Sulfiden ist mit der dargestellten Tendenz nicht vereinbar.

Für einen Teil der behandelten Minerale fehlen mir Daten zur Fraktionierung. Ich unterstelle daher, dass so wie zwischen Chalkopyrit und Sphalerit der Unterschied der $\delta^{34}\text{S}$ -Werte bei Einstellung der jeweiligen Fraktionierungsgleichgewichte mit der gleichen Ausgangslösung nur gering ist, dies auch für Tetraedrit und Cinnabarit zutrifft. Dann würden bezogen auf die obigen Durchschnittswerte die teilweise großen Differenzen meist zu unrealistisch niedrigen Bildungstemperaturen führen. Die Anwendung des gebräuchlichen Sphalerit-Galenit-Thermometers führte dagegen zu einer unrealistisch hohen Temperatur.

Die Diagramme der Tripel Chalkopyrit/Sphalerit/Galenit deuten darauf hin, dass es Fälle gibt, bei denen solche Gleichgewichtseinstellungen anzunehmen sind, andererseits aber auch solche, bei denen dies nicht der Fall ist. In der Summe gehe ich hier davon aus, dass die dargestellte Entwicklung der Werte kein Produkt einer Gleichgewichtseinstellung bei der Fraktionierung der einzelnen Sulfiden aus einer unveränderlichen Quelle ist, sondern letztlich eine zeitliche Entwicklung der S-Isotopie der Lösungen von negativen zu positiven Werten hin darstellt, die allenfalls durch die Fraktionierungen überprägt werden konnte.

Eine solche zeitliche Entwicklung ist zu erwarten, wenn im Reaktionsraum eine Komponente begrenzt ist, was sich bei Fällung der Sulfide in Veränderungen von Gleichgewichten auswirkt.

Solche Begrenzungen lassen sich schon bei Betrachtung der Mineralisationen feststellen. Es hieß früher einmal "Die Pfalz ist reich an armen Lagerstätten", was man auf den gesamten betrachteten Raum beziehen kann. Eine große Zahl der Proben stammt aus minimalen Mineralisationen. Die größte örtliche Konzentration findet sich in Lothringen in der Größenordnung von >10.000 t Galenit.

Als Möglichkeiten lassen sich betrachten, die Mengen von

- Reduktionsmitteln,
- Metall-Ionen,
- Sulfat-Ionen.

Betrachtet man die Mineralisationen im Westfal des Saar-Karbons, die abgesehen von den Eisensulfiden alle ganz ärmlich sind, so ist bei dem Reichtum an Methan zunächst eine Begrenzung des Reduktionsmittels nicht einsichtig zu machen. Eine Begrenzung wäre in diesem Fall noch über eine geringe Geschwindigkeit der thermochemischen Reduktion vorstellbar, wovon ich bei vergleichsweise großen Zeiträumen, die zur Verfügung standen, nicht ausgehen kann. Lässt sich die Mineralisation allerdings an ein möglichst kurzes thermisches Ereignis knüpfen, so wäre dieser Gedanke weiter zu verfolgen.

Eine Begrenzung durch das verfügbare Reduktionsmittel ist dagegen gut vorstellbar bei Mineralisationen im Taunusquarzit, der als Gestein frei von Reduktionsmitteln ist.

Eine Begrenzung sowohl des Angebots an Metall-Ionen wie an Sulfat-Ionen ist anzunehmen bei weitgehend geschlossenen Kluftsystemen in kompaktierten Gesteinen.

Bei großen Gesteinskörpern mit hohem Porenvolumen (nicht kompaktierte Sandsteine des Buntsandsteins) ist am wenigsten mit solchen Begrenzungen zu rechnen.

In einzelnen Fällen halte ich solche Mechanismen für beweisbar, etwa, wenn bei minimalen Cinnabarit-Mineralisationen sehr niedrige $\delta^{34}\text{S}$ -Werte auftreten. Eine sehr niedrige Konzentration an Hg-Ionen wird durch die kinetische Fraktionierung bei der Reduktion von Sulfat-Ionen zu Sulfid-Ionen im begrenzten Volumen einen maximalen Effekt bewirken. In der Gesamtheit dagegen ist die dargestellte Tendenz auch durch stärkere Zumischung salinärer Wässer zu ursprünglichen Süßwässern erzeugbar.

3.3 Temperatur und Sulfatreduktion

Im Allgemeinen werden die Massen an Fe-Sulfiden in der Region unterschätzt, das hängt damit zusammen, dass sie bei schlechtem Gitterbau (vielfach Mosaikbau, Vizinalflächen) sehr leicht zersetzt werden und zerfallen. An der Oberfläche sind dann meist nur noch Limonit, Goethit oder Jarosit nachzuweisen.

Im Vergleich zu den hauptsächlich bearbeiteten und viel stärker beachteten Sulfiden sind die Massen der Fe-Sulfide wohl um mehrere Zehnerpotenzen größer.

Man kommt also nicht an der Frage vorbei, unter welchen Bedingungen diese großen Mengen an Sulfidionen entstanden sind, wenn andererseits deutlich wird, dass die übrigen Sulfide vielfach mit einer Begrenzung der Mengen an Sulfidionen verknüpft sind.

Man kann nun mit einiger Wahrscheinlichkeit unterstellen, dass die Bildung der großen Eisensulfidmassen bei niedriger Temperatur, die der anderen Sulfide dagegen eher bei höheren Temperaturen stattgefunden hat, damit ist aber keineswegs direkt zu erklären, wieso es im einen Fall zur Erzeugung vergleichsweise riesiger Mengen an Sulfidionen kam, im anderen aber nur geringe Mengen erzeugt wurden.

Verschiebt man das Problem nun zur Annahme bakterieller Sulfatreduktion bei niedriger Temperatur und thermochemischer Sulfatreduktion bei hoher Temperatur, so sind damit immer noch nicht die Begleitumstände und tieferen Ursachen erfasst. Wenn in der Grube Luisenthal heute in einer bestimmten Zone eine intensive Pyrit/Markasit-Mineralisation vorliegt bei 800-1000 m Teufe, so kann diese bei Bildung keine geringere Teufe aufgewiesen haben. Für niedrige Temperaturen ist dies kein Hinderungsgrund, wohl aber erfordert dies in einem bereits kompaktierten Sediment entsprechende Reaktionsumsätze in einem begrenzten Volumen, zugleich die Zufuhr von Sulfat- und Fe-Ionen wie auch die der Reduktionsmittel.

Im Westfal hat man gegebenenfalls kein Problem mit einem Reduktionsmittel, da man mit riesigen Methanmengen rechnen kann. Betrachtet man eine entsprechend große Mineralisation im mittleren Buntsandstein, so ist dort kein originäres Reduktionsmittel verfügbar.

Ich spreche diese Problematik hier nur an. Schon allein von den vorliegenden Analysen her, verbieten sich weitere Spekulationen.

Bildung bei niedrigen Temperaturen ist zumindest teilweise wahrscheinlich.

3.4 Herkunft des Schwefels.

Die eigentliche Schwefelquelle wird immer in Form von Sulfationen zu suchen sein. Damit kommt man automatisch zu salinaren Lösungen beziehungsweise zu salinaren Sedi-

menten, die man für Ableitungen heranziehen kann.

Die S-Isotopie der salinaren Sedimente ist in ihrem Verlauf als Mittelwertkurve gut bekannt. Zu fragen ist, ob diese Mittelwertkurve direkt im regionalen Bereich benutzt werden kann. Daten liegen bislang vor für:

— Oberrotliegendes (Zechstein?)	5,1-8,8	(MÜLLER, NIELSEN u. HOEFS 1966, sowie HEYL, NIELSEN u. RAMBOW 1979)
— Mittlerer Muschelkalk	18,0-19,3	(LANG, unveröffentlicht)

Es fehlen mir also Daten für potentiell mögliche devonische Sedimente, Buntsandstein und für das Keupersalinare. Die obigen Werte stehen im Einklang mit der Standardkurve. Gehe ich nun insgesamt von der Standardkurve aus, so kann ich ausgehend von Oberdevon/Unterkarbon von 20 aus herabgehen bis 8 im Perm und wieder ansteigen auf 20 in der Trias. Das birgt die Gefahr, isolierte Werte jeweils auf passende Alter der salinaren Sedimente oder von verbliebenen Porenwässern zu beziehen.

Es erscheint einsichtig, Baryt und hydrothermalen Anhydrit in ihrem Sulfatschwefel solchen ursprünglichen salinaren Sulfaten zu assoziieren.

Die S-Isotopie von Baryten wurde bislang untersucht von KRIMMEL u. EMMERMANN (1980) sowie von LANG (unveröffentlicht). Die Daten von LANG liegen mir teilweise vor, da ich dazu auch Proben geliefert habe.

Betrachtet man die vorliegenden Werte so findet sich für postvariskischen Baryt und Anhydrit ein Bereich von 5,9 bis 17,9. Macht man es sich einfach, so kann man grob einen Anstieg der Werte von Ost nach West erkennen. Man kann dann im Osten den Einfluss von Zechstein- und im Westen den von Muschelkalkwässern unterlegen und dazwischen entsprechend mischen.

Ich halte ein solch Vorgehen nicht von der Geologie her zu rechtfertigen.

Ein Modell, das ich eher diskutieren würde, wäre die Unterstellung von Wässern des Keuper-Salinars und dessen Beeinflussung durch kontinentale Wässer (mit Werten gegen 0) in Abhängigkeit von Entfernung zum Beckenzentrum und vom Relief.

Anmerkung:

Cinnabarit und Chalkopyrit sind sehr häufig mit Baryt verknüpft. Die Anzahl solcher Analysenpaare ist bislang ganz gering. Das Programm von LANG enthält keinen Cinnabarit, mein Programm keinen Baryt, auch wenn ich durchaus reichlich passende Proben hätte. Ich möchte mein jetziges Programm nicht überlasten, als Nachfolgeprogramm hielte ich solche Analysen möglicherweise für sinnvoll.

Ein entsprechendes Diagramm zeigt für Vorkommen, die nur Cinnabarit neben Baryt aufweisen einen anderen Schwerpunkt (negativere Werte) als für solche, wo mit Baryt nur oder auch Chalkopyrit auftritt. Die Felder lassen sich allerdings auch regional deuten, nämlich Pfalz u. Nahe einerseits, Saarland andererseits. Ich stelle das Diagramm nicht dar, da ich über die Werte von LANG nicht verfügen kann.

4. Geologische Betrachtungen

4.1 Größe von gelaugten Gesteinskörpern.

Für die meist minimalen Mineralisationen aus Karbon und Lebacher Gruppe kann man davon ausgehen, dass die Metallmengen aus der direkten Umgebung stammen können, wie auch die Bindung des Galenits an Sandsteine oder deren Nähe ausweist.

Deutlich anders wird es aber, wenn man von den hier behandelten Sulfiden jeweils die größten Lagerstätteninhalte heranzieht. Ich behandle hier Galenit und Cinnabarit. Nicht behandelt werden die vergleichsweise ebenso bedeutsamen Vorkommen von Fe-Sulfiden, Siderit und Baryt, die ihre Inhalte alle aus Laugung von Gesteinen beziehen müssen.

Galenit

Das größte Vorkommen ist das vom Castelberg in der Nähe von St. Avold mit einem geschätzten Inhalt von 10.000 t. Bei Annahme von 1 g lösbarem Pb/t Sandstein ergibt sich ein Volumen von 4 km³ Sandstein. Der Buntsandstein liegt in dem Bereich der lothringischen Pb-Vorkommen auf dem Karbon auf und besitzt hier grob nur eine Mächtigkeit von 100 m. Es muss dann für ein solches Vorkommen der Buntsandstein im Umkreis von 4 km Radius vollständig gelaugt werden.

Cinnabarit

Mit einer Annahme von jeweils 1000 t Hg-Inhalt für die größten Vorkommen vom Stahlberg und Landsberg glaube ich auf der sicheren Seite zu sein.

Bei einem durchschnittlichen Gehalt von 0,1 g/t Gestein, gehe ich von einem extrahierbaren Gehalt von 0,01 g/t aus. Daraus ergibt sich ein Gesteinsvolumen von 40 km³, bei einer Teufenannahme von 1 km ebenfalls ein Radius von rund 4 km um das Vorkommen.

Im Gegensatz zum Buntsandstein liegen hier aber keineswegs weitgehend poröse Gesteine vor. Es gibt als Lösungsmöglichkeiten:

- Entsprechende Vergrößerung des gelaugten Gesteinsvolumens.
- Verlagerung der Laugung in einen tieferen, stärker porösen Gesteinskörper.
- Verlagerung der Laugung in einen höheren, stärker porösen Gesteinskörper.

4.2 Spezielle Bedingungen bei der Cinnabarit-Genese.

Die unabhängig von den Mengen nachgewiesenen Cinnabarit-Vorkommen verteilen sich über geologisch sehr unterschiedliche Bereiche. Man kann sie zwar in Teilgebieten geologischen Einheiten zuordnen, etwa Pfälzer Sattel oder im Saarland Hunsrücksüdrandstörung, aber es gibt von Stratigraphie und Tektonik her zunächst keinen gemeinsamen Nenner. Von daher verneine ich als durchaus denkbare Gründe für die Lage der Vorkommen:

- spezielle Nebengesteine mit Hg-Voranreicherungen,
- spezielle tektonische Position,
- spezielle Eigenschaften der Nebengesteine.

Das einzige gemeinsame Merkmal ist eine Verknüpfung mit deutlich erkennbarer Oxidation. Diese Verknüpfung muss differenziert werden.

Oxidation bedeutet hier eindeutig Luftsauerstoff, also eine Oberflächennähe. Landoberflächen sind nachweisbar:

- im Zeitraum Oberperm / unterer Buntsandstein,
- im salinaren mittleren Muschelkalk,
- im salinaren mittleren und oberen Keuper.

Setzt man als Zeitraum der Mineralisation obersten Keuper /unterer Jura (MERTZ / LIP-POLT) an, so geht der letzte dieser Zeiträume der Mineralisation direkt voraus.

Die direkte zeitliche Verknüpfung ist nicht erforderlich. Die bei niedrigen Temperaturen stattfindende Oxidation ist nicht die Bildungszeit des Zinnobers, die ohne Zweifel bei höheren Temperaturen erfolgt ist. Wesentlich mag sein, dass nicht zu kleine Bereiche und Gesteinskörper entstanden sind, die frei von reduzierenden Stoffen und reich an potenziellen Oxidationsmitteln waren. In einer solchen Umgebung konnte es zur Ausbildung einer

Grenze zwischen zwei Bereichen kommen, deren Redoxmilieu nur geringe Konzentrationen an Sulfidionen und deren Abfangen durch Hg-Ionen zuließ.

Nicht unwesentlich erscheint mir die Möglichkeit, dass die Zersetzung größerer Fe-Sulfidmassen ein für die Laugung sehr günstiges Substrat geliefert haben dürfte, womit über solche Massen eine gewisse Vorkonzentration möglich erscheinen könnte.

Bei minimalen Cinnabarit-Vorkommen kommt es zu stark negativen $\delta^{34}\text{S}$ -Werten, bei großen Vorkommen sind die Werte mäßig negativ und, bislang nur im Fall der Grube Elisabeth sicher nachgewiesen, ziemlich einheitlich.

Mit Cinnabarit verknüpft ist einerseits Chalkopyrit und andererseits Tetraedrit. Im bereits einmal erwähnten Vorkommen bei Nonnweiler findet sich Cinnabarit mit Baryt und Chalkopyrit in Klüften im unterlagernden Taunusquarzit. In den Toneisensteinen des Hauptton-eisensteinlagers dagegen in minimalen Mengen Tetraedrit neben reichlich Chalkopyrit, Sphalerit und Galenit.

4.3 Grenzen von Gesteinskörpern unterschiedlicher Porositäten.

Zunächst Beispiele:

- Die massive Magmatitfolge des sogenannten "Grenzlagers" findet sich direkt über einer vielfach grobkörnigen Sandsteinserie (Freisener Schichten). An der Basis der Magmatite, also nahe dieser Grenze sitzen die Vorkommen von Walhausen wie auch vom Hosenberg (Fischbach) und andere.
- In Düppenweiler wird der Komplex aus einer ursprünglichen sedimentären Karbonat- und rhyolithischen Tuffserie, in die der Rhyolith später intrudierte überlagert von einer groben und porösen Sandfolge, die entweder oberrotliegend ist oder zum Buntsandstein gehört. Die Mineralisation gehört in den Grenzbereich.
- In Eisen entspricht die heutige Tagesoberfläche der alten Oberfläche im Unterrotliegenden, wo mit einer Überdeckung durch Freisener Schichten zu rechnen ist (Reste in der direkten Nähe).

Solche Bindungen sind leicht erklärlich.

- In den porösen Gesteinskörpern erfolgt ein langsamer Transport über insgesamt große Querschnitte, was sie am ehesten für Laugung und damit als Stoffquelle disponiert.
- In den kompaktierten oder primär dichten (Magmatite) Gesteinskörper gehen Bewegungen nur über Kluftsysteme, die bei größeren freien Volumina schnelle Bewegungen, dabei auch gleichzeitige Auf- und Abbewegungen, Ausgleich von Differenzen und damit auch Mischungen erlauben.
- Die Grenzen solcher Körper zu einander werden auch immer Stellen von Temperaturdifferenzen sein, da sie unterschiedliche Wärmekapazitäten besitzen. Bei schneller Bewegung von Wässern auf Kluftsystemen treffen aufsteigende heiße Wässer zunächst immer auf eine kühlere Umgebung, da der Wärmetransport über schnell fließendes Wasser wesentlich schneller erfolgt als über Gesteine.

5. Wertung

Die S-Isotopie der Sulfide ist bei kleiner Probenanzahl nicht aussagefähig. Auch bei großer Probenzahl ergibt eine rein statistische Aussage nur magere Ergebnisse. Es bedarf der Verknüpfung mit den Einzelheiten der regionalen Geologie und Mineralogie, dann werden Gesetzmäßigkeiten klar erkennbar. Es sind dies wohl bemerkt Zusammenhänge, deren

Deutung aber noch Schwierigkeiten bereitet. Ich habe mich immer als Jemand verstanden, der regionale Zusammenhänge erarbeitet, auch im Wissen darum, dass Tatsachenbefunde auf Dauer bleiben, Deutungen aber schnell wechseln können.

Das besagt nun nicht, dass ich keinen Wert auf die Deutung lege, denn die Deutung liefert rückwirkend Argumente zu dem Bild der Genese, und ein solches Bild ist immer auch notwendig, um Fragen stellen zu können. Ich habe voreilige Deutungen vermieden, weil ich mir viel zu sehr bewusst bin, dass einfach die meisten wesentlichen Details der letztlich chemischen Reaktionen in der geologischen Realität unbekannt sind.

Ein Laborversuch ist etwas ganz anderes als eine Sulfidausscheidung auf Zerrklüften in einem Toneisenstein des Westfals,

— wo zwar ein Hohlraum gegeben ist, aber keineswegs vor Ort direkt der Elementinhalt in der notwendigen Masse,

— wo kompaktierte Gesteine vorliegen, aber dennoch ein Ionentransport und Reaktionen stattfinden müssen,

— wo ich die Vorgeschichte nicht kenne (restliche Porenwässer der Diagenese),

— wo ich nicht weiß, habe ich es mit einer Lösung oder der Reaktion zweier Lösungen zu tun,

— wo ich den Lösungsinhalt nicht wirklich kenne, weder nach Elementen noch nach Konzentrationen,

— wo ich nicht weiß ob eine anzunehmende hohe Bildungstemperatur als einheitliche Gesteinstemperatur oder als Temperatur von Lösungen gegenüber einer niedrigeren Gesteinstemperatur zu verstehen ist,

— wo unklar ist, ob eine gleichzeitige Dolomitbildung den Inhalt aus der Tiefe (Devon) oder von der Oberfläche (salinare Lösungen) her bezieht, wobei die Zunahme der Löslichkeit der Karbonate mit der Teufe gegen die Oberfläche spräche,

und dennoch an Orten, die über 50 km auseinander liegen können, die gleiche S-Isotopie entstanden sein kann.

2002-07-04.

S-ISOTOPIE AN SULFIDEN IM SAARLAND UND NACHBARGE- BIETEN

Mu 206/18-2

Gerhard MÜLLER

1. Überblick über die S-Isotopie der Sulfide
2. Die S-Isotopie von Cinnabarit
 - 2.1 Die regionale Verteilung von Cinnabarit
 - 2.2 Die Qualität der regionalen Untersuchungen
 - 2.3 Cinnabarit und Chalkopyrit
 - 2.4 Das Hg-Erzrevier Erzweiler-Rathsweiler
 - 2.5 Das Hg-Erzrevier des Potzbergs
3. Die S-Isotopie von Tetraedrit
4. Die S-Isotopie von Markasit
5. Die S-Isotopie von Pyrit
6. Die S-Isotopie im Bereich der Grube "Korb" Eisen
 - 6.1 Sichere und mögliche postvaristische Mineralisationen
 - 6.2 Arsenopyrit
 - 6.3 Pyrit

Hinweise:

- Unveränderte Aussagen im Bericht zu Mu 206 werden hier nicht wiederholt
- Die Analysenwerte verstehen sich auch ohne entsprechende Angaben als $\delta^{34}\text{S}$ [‰]. Die Standardabweichung (1σ) liegt zwischen 0,04 und 0,07 ‰.
- Die Darstellung der Häufigkeit von Analysenwerten summieren immer über einen Bereich von 3‰, von -1,5 bis +1,5 des angegebenen Wertes.

1. Überblick über die S-Isotopie der Sulfide

Aussagen über die gängigen Sulfide Sphalerit, Chalkopyrit und Galenit habe ich im vorhergehenden Bericht ausführlich gemacht. Die Zahl der Analysen hat sich vergrößert, aber die meisten haben lediglich ergänzenden Charakter. Auf eine Wiederholung der Aussagen verzichte ich daher.

Ich gebe zunächst lediglich eine verbesserte Darstellung der Häufigkeit der Analysenwerte für die jeweiligen Minerale (einschließlich Tetraedrit und Cinnabarit). Ich betone, dass diese Darstellung alle meine Analysen vereint, das heißt es finden sich sowohl postvaristische wie wenige varistische Mineralisationen, in der Hauptsache aus dem Saar-Nahe-Raum, untergeordnet aus dem Hunsrück. Es werden aber auch vereint Mineralisationen, die bei den genannten Kriterien zusammengehören, die aber erkennbar bei unterschiedlichen Bedingungen der Mineralisation gebildet wurden.

Dennoch lassen sich Aussagen gewinnen:

- Cinnabarit hat klar erkennbar negativere Analysenwerte als alle anderen Minerale.
- Tetraedrit schließt sich an Cinnabarit an. Das ist bei der geringen Zahl von 14 Analysen hier nur undeutlich zu erkennen, ich zeige das aber noch an späterer Stelle.
- Chalkopyrit zeigt ein klareres Maximum als Sphalerit und Galenit. Es geht dies einher mit der Beobachtung, dass es grob gesehen zwei Haupttypen der Mineralisation gibt, eine mit Chalkopyrit, Sphalerit und Galenit, sowie eine nur mit Sphalerit und Galenit, bei der Chalkopyrit völlig fehlt.

Ich gebe weiter drei Darstellung von Paaren

- Sphalerit und Chalkopyrit,
- Sphalerit und Galenit,
- Chalkopyrit und Galenit.

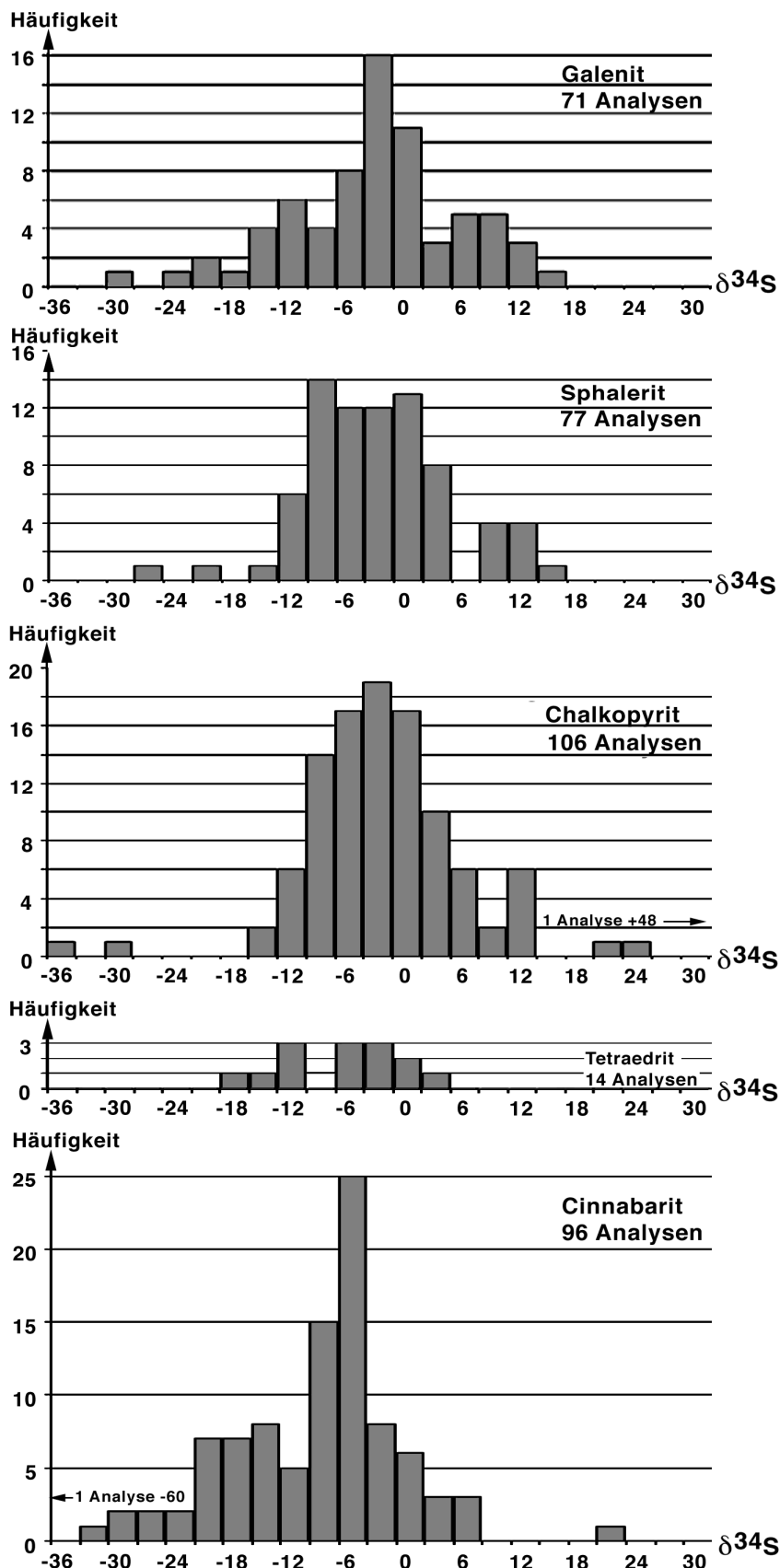
Das Analysenmaterial stammt soweit möglich vom jeweils gleichen Handstück, aus einem engeren Probenmaterial oder selten nur von der gleichen Lokalität.

Bei allen Diagrammen wurden die gleiche Symbole verwendet:

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| Saarkarbon | Quadrat, auf der Ecke stehend. |
| Lebacher Toneisensteine | Quadrat auf der Seite stehend. |
| Hunsrück, varist. Mineralisation | Kreise. |
| Hunsrück, postvar. Mineralisation | Dreiecke. |
| Sonstige Mineralisationen | Kreuze. |

Die Diagramme, bei denen Chalkopyrit beteiligt ist, kommen für jedes der beteiligten Sulfide mit einem Bereich von -15 bis +15 aus. Wo Chalkopyrit fehlt, muss der Bereich von Sphalerit und Galenit jeweils bis auf -30 erweitert werden. Die Ursache wurde schon oben angesprochen, dass hier nämlich zwei verschiedene Mineralisationstypen vorliegen.

Wenn alle Probenpaare Fraktionierungsgleichgewichte gegenüber der gleichen Ausgangslösung ausgebildet hätten, so müssten die darstellenden Punkte alle auf der gleichen Seite unter- oder oberhalb der jeweiligen Diagonale liegen. Je höher die Bildungstemperatur desto näher, je niedriger desto ferner von der Diagonale.



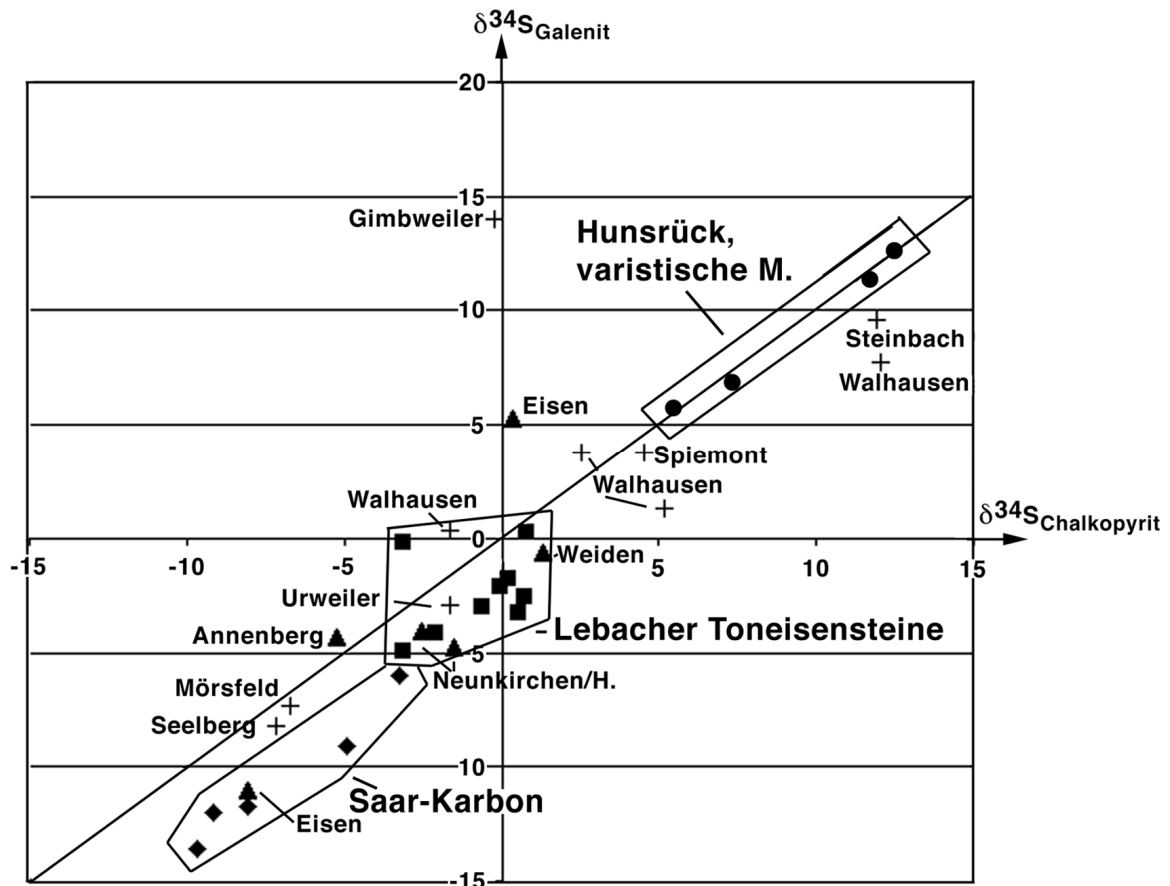
Ein solches Bild zeigt sich einigermaßen klar bei den Paaren, an denen Galenit beteiligt ist, da bei der Fraktionierung zwischen Galenit einerseits und Sphalerit oder Chalkopyrit andererseits sich starke Unterschiede ausbilden. Da die Unterschiede bei der Fraktionierung zwischen Sphalerit und Chalkopyrit vergleichsweise klein sind, ist die Darstellung in diesem Diagramm weniger klar. Es zeigt sich hier deutlich, dass keineswegs saubere Gleichgewichtseinstellungen bei der Fraktionierung vorgelegen haben können.

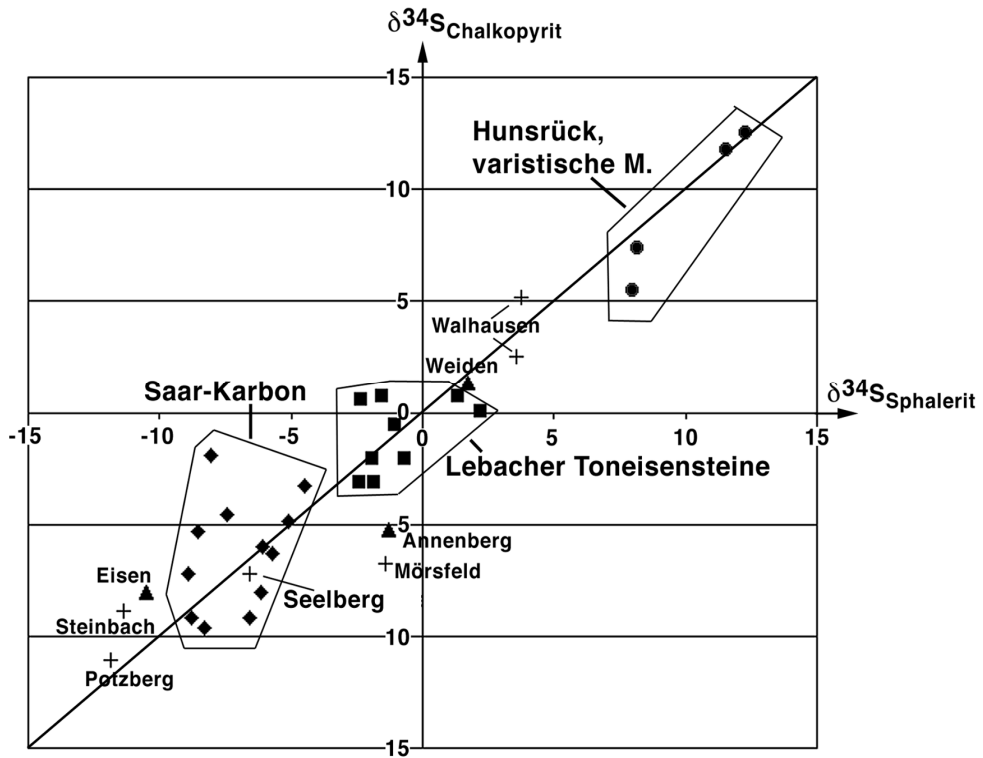
Ich betone:

Ich gehe davon aus, dass nur in seltenen Fällen es wirklich zu einer einwandfreien zeitgleichen Gleichgewichtseinstellung bei der Fraktionierung gegenüber der Ausgangslösung gekommen ist. Bei Sphalerit/Chalkopyrit ist das im Diagramm offensichtlich, bei den Diagrammen mit Galenit wird dies durch die größeren Unterschiede überspielt.

Meist handelt es sich wohl um ein zeitliches Nacheinander der Ausscheidung, wobei die Größe des zeitlichen Abstands dann darüber bestimmen kann, wie nahe die Analysenwerte dem theoretischen Idealzustand nahe kommen.

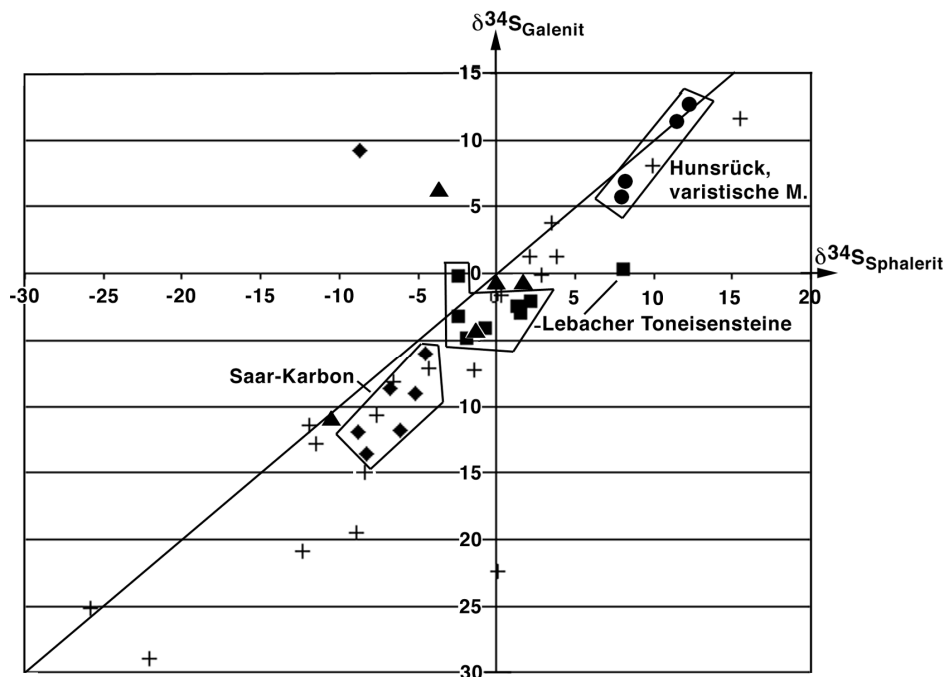
In allen drei Diagrammen sind die Felder von Saar-Karbon und Lebacher Toneisensteinen klar getrennt, schließen aber direkt aneinander an. Die geologischen, speziell petrographischen Bildungsumstände sind sicherlich sehr ähnlich, sodass sich die Frage nach dem hier bestimmenden Faktor stellt. Es lässt sich als Möglichkeit eine Teufenabhängigkeit vermuten, die bei Reaktionen über längere Wanderwege für das Saar-Karbon zu einer Verarmung an ^{34}S geführt haben könnten (bislang reine Spekulation).





Das Feld der varistischen Mineralisation im Hunsrück ist lediglich durch vier Proben belegt, davon zwei aus der gleichen Lagerstätte Gondenau. Ob sich hier wirklich ein klar begrenztes Feld erweisen wird, sei dahin gestellt. Es erscheint aber lohnend, sich damit zu beschäftigen.

Die postvaristischen Mineralisationen des Hunsrücks streuen dagegen stark und fallen bislang nicht ins gleiche Feld..



2. Die S-Isotopie von Cinnabarit.

Cinnabarit hat unter allen Sulfiden nach meiner Meinung eine besondere Stellung, es ist das Sulfid, das noch bei Redoxbedingungen entstehen kann, bei denen sonst keine Sulfide mehr gebildet werden. Es geht dies einher mit dem sehr niedrigen Löslichkeitsprodukt. Das heißt Hg-Ionen können bereits bei sehr niedrigen Konzentrationen von Sulfid-Ionen diese binden. Das bedeutet, dass bei entsprechenden Bildungsbedingungen neu entstehende Sulfid-Ionen direkt gebunden werden können. Sofern bei dieser Entstehung von Sulfid-Ionen eine Isotopenfraktionierung erfolgt, wird diese direkt durch den entstandenen Cinnabarit dokumentiert.

Die Entstehung von Cinnabarit unter derartigen Grenzbedingungen liefert zugleich ein Modell für die Anreicherung von Quecksilber aus niedrig haltenden Lösungen. Im Allgemeinen sind Quecksilbergehalte so niedrig, dass sie als Fremdionen in Sulfidgittern verschwinden dürften. Entstehen aus einem Reservoir ohne Austausch über längere Zeit größere Mengen an Cinnabarit, so nähert sich die S-Isotopie dem Ausgangswert an, die Unterschiede sollten kleiner werden.

Es wäre sicherlich verfehlt, diesen Effekt überall und ausschließlich zu sehen.

Ich halte als wesentlich fest:

Cinnabarit **kann** auf Grenzbedingungen hinweisen.

Was dabei im Einzelnen begrenzt ist, bleibt offen:

- Konzentration an ursprünglichen Sulfat-Ionen
- Konzentration an Reduktionsmitteln
- Konzentration an Fremdionen, die ebenfalls zu Sulfiden führen könnten.

Es liegen 96 Analysen vor, zusätzlich 3 (nicht dargestellt) von KRIMMEL u. EMMERMANN, von denen zufälligerweise zwei zu Extremwerten gehören.

Die Häufigkeit der Analysenwerte ist im nachstehenden Diagramm wiedergegeben.

Der Mittelwert der untersuchten Cinnabarite ist deutlich negativer als der aller anderen Sulfide:

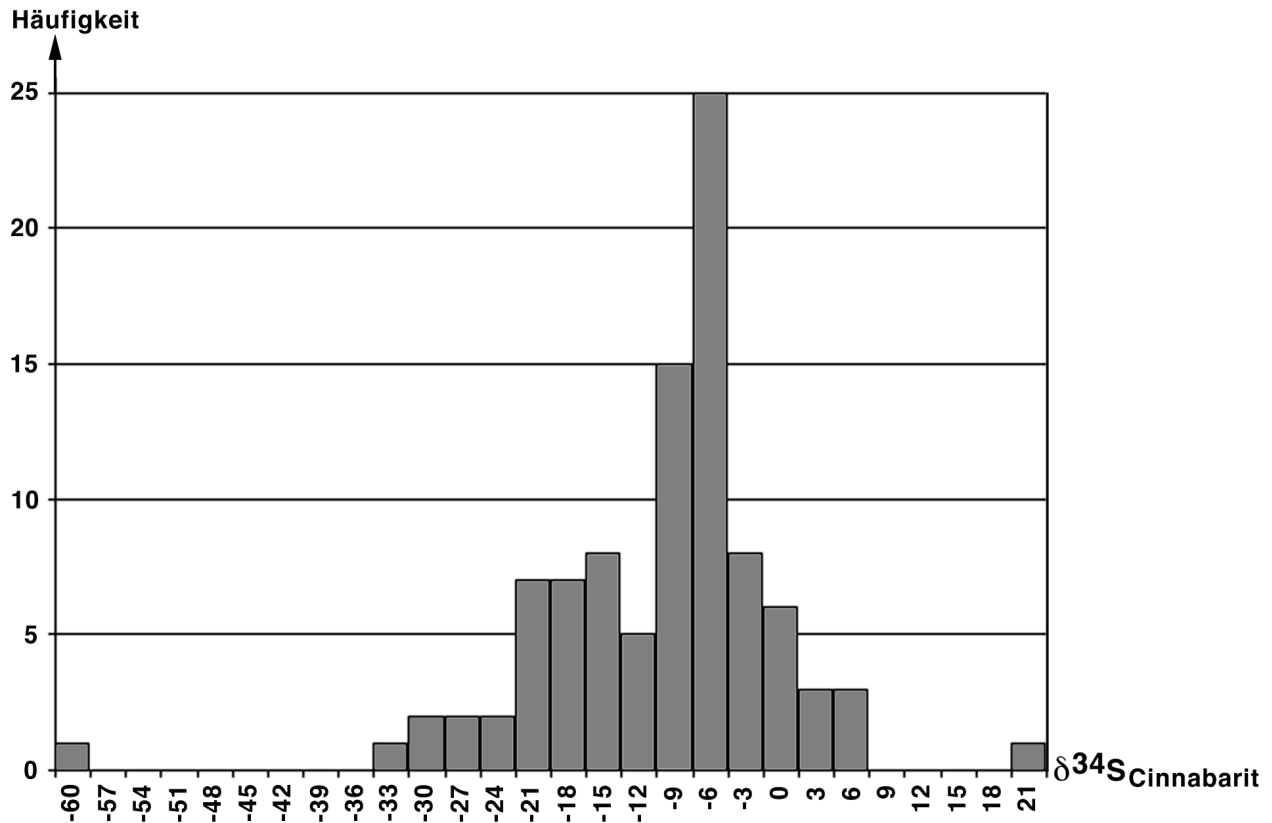
	$\delta^{34}\text{S}$
Chalkopyrit	-1,87
Sphalerit	-3,17
Galenit	-3,52
Tetraedrit	-6,98
Cinnabarit	-9,95

In diese Mittelwertbildung sind alle Proben einbezogen, auch wenige varistische Mineralisationen. Im Detail sind sie daher zu hinterfragen:

- Auffallend ist die im Vergleich deutlich positivere S-Isotopie des Chalkopyrits, obwohl dieser oft als einziger Begleiter des Cinnabarits erscheint. Es ist zu fragen, ob hier grundsätzlich unterschiedliche Bildungsbedingungen bei Teilmengen vorliegen können.
- Gliedert man die Analysen von Tetraedrit auf, so erhält man als Mittelwerte:

		$\delta^{34}\text{S}$
Hg-führende	-	11,86 (7 Proben)
Hg-freie		-2,10 (7 Proben)

Die Hg-freien Tetraedrite stammen alle aus dem Hunsrück (postvaristisch). Im Vergleich zu den anderen Sulfiden aus diesem Raum stellen sie dort auch die negativsten Analysenwerte, wenn auch bei bescheidenem Abstand. Weitere Aussagen zum Tetraedrit in einem eigenen Kapitel.



2.1 Die regionale Verteilung der Cinnabarit-Proben.

In die Betrachtung und Darstellung wurden nur Lokalitäten einbezogen, bei denen wenigstens 3 Analysenwerte vorliegen.

	06	07	08	09	10	11	12	13	14
61									
62							Lemberg Landsberg	Mörsfeld	
63			Eisen		Baumholder Erzweiler-Rathweiler		Stahlberg		Koppelberg
64					Potzberg	Hermannsberg Königsberg			
65	Düppenweiler								

Übersicht der Cinnabarit-Vorkommen im Raster der TK25.

	06	07	08	09	10	11	12	13	14
61									
62							-8 -17*	4	
63			-3		-8 -6		-11*		-13
64					-12*	-15 -21*			
65	0								

Mittelwerte der Analysen der jeweiligen Cinnabarit-Vorkommen.

Der räumlichen Verteilung der Mittelwerte der dargestellten Cinnabarit-Vorkommen kann man bei vordergründiger Sicht Trends unterlegen. Bei kritischer Sicht muss man sich jedoch klarmachen, dass lediglich ein einziges gemeinsames Kriterium vorgegeben wurde, nämlich dass wenigstens 3 Analysen je Vorkommen vorlagen.

Ganz wesentliche Kriterien sind nicht berücksichtigt:

- Oberflächen- und Volumengröße der Vorkommen.
- Absolute Gehalte der Vorkommen.
- Verteilung des Cinnabarits im Vorkommen.

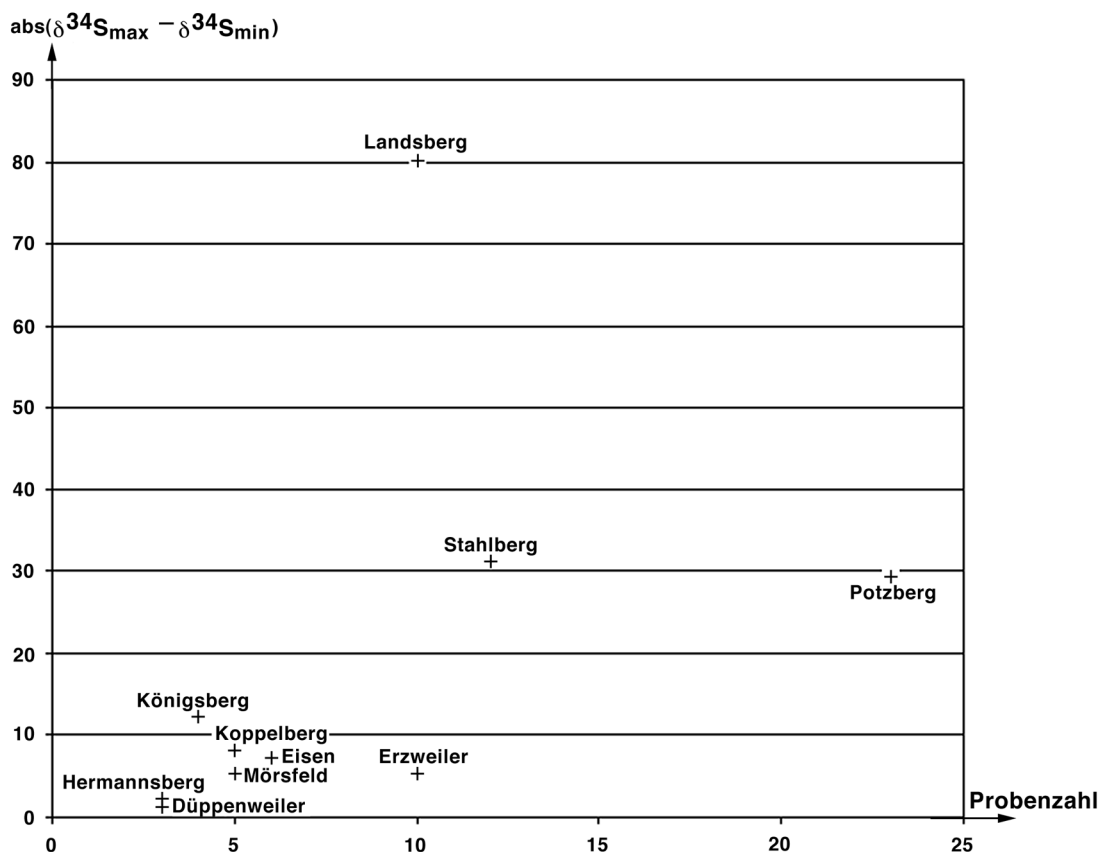
- Ausbildung des Cinnabarits.
- Paragenese des Cinnabarits.
- Probe von einem Handstück oder aus aufbereitetem Haldenmaterial.

Versucht man die vorhandenen Analysen nach all diesen Kriterien aufzuschlüsseln, so nimmt die Vergleichbarkeit stark ab.

– Es gibt Vorkommen, in denen durch Zersetzung aus Tetraedrit neugebildeter Cinnabarit auftritt, eventuell auch sekundäre Umlagerungen stattfanden. Gesichert sind solche Erscheinungen von Königsberg, Stahlberg und Landsberg. Die Mittelwerte werden durch solche Proben zu negativeren Werten hin verschoben.

– Es gibt Vorkommen, bei denen über die Fläche keine Trends erkennbar sind. Dagegen steht zumindest ein Beispiel, wo eine sehr starke Differenzierung nachgewiesen ist (Pötzberg). Die Berücksichtigung randlicher Nachweise mit minimalen Gehalten führt ebenfalls zu deutlich negativeren Mittelwerten.

Die erwähnten Vorkommen, bei denen eine undifferenzierte Mittelwertbildung nicht statt-
haft ist, sind mit einem Stern (*) gekennzeichnet.



Absolutbetrag der maximalen Differenz der Analysen eines Vorkommens aufgetragen gegen die Probenzahl.

Das Diagramm ergibt als Aussagen:

- Bei kleinen Vorkommen und kleiner Analysenzahl streuen die Analysenwerte wenig.
- Es kann auch bei einem flächenmäßig ausgedehnten Vorkommen (Erzweiler) eine recht einheitliche S-Isotopie vorliegen.
- Im Falle des Pötzbergs sind die absoluten Differenzen zwar schon beachtlich, doch überdeckt die große Probenzahl ein größeres Gebiet mit deutlicher Differenzierung. Es lassen sich Detailbereiche aushalten, die wesentlich einheitlicher sind.

- Königsberg, Stahlberg und insbesondere Landsberg sind Beispiele, bei denen sekundäre Prozesse zu starken Veränderungen der S-Isotopie geführt haben, speziell die Zersetzung von Tetraedrit.

Es lassen sich weitere Aussagen machen:

- Wenn nebeneinander derber (spätig, dunkel) und gut kristallisierter Cinnabarit (hellrot, durchscheinend) vorliegen, so unterscheiden sie sich in ihrer S-Isotopie nur wenig.. Das macht wahrscheinlich, dass man Vorkommen mit geringen Gehalten durchaus vergleichen darf mit solchen, die einmal bauwürdig waren.
- Teufenabhängigkeiten lassen sich bislang nicht sichern. Die Verteilung des Cinnabarits in einem Vorkommen ist dreidimensional. Für die Beschreibung einer solchen Verteilung sind die wenigen Proben aus Untertageaufschlüssen nicht ausreichend. Ich unterstelle, dass solche Trends vorliegen können, aber zu schwach sind, sich bei den geringen Probenzahlen bemerkbar zu machen.
- Feinkörnige Cinnabarite sind fast ausnahmslos sekundäre Bildungen mit gegenüber den primären Cinnabariten der Umgebung deutlich negativerer S-Isotopie. Zum Teil gehen sie eindeutig auf die Zersetzung von Tetraedrit zurück.

2.2 Die Qualität der regionalen Untersuchungen.

Durch Proben ohne Kenntnis der genauen Herkunft lassen sich keine wirklich befriedigende Ergebnisse erzielen.

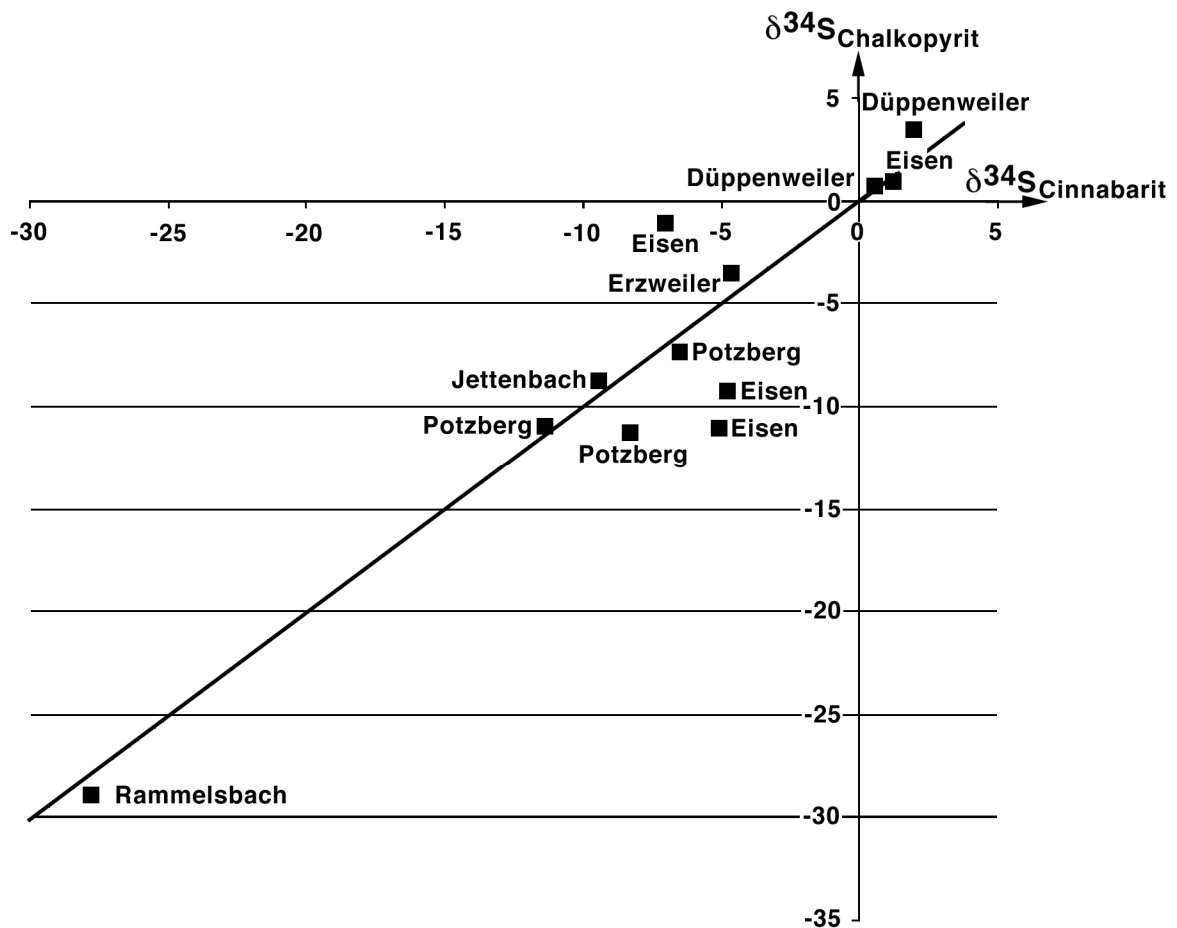
- Bei kleinen Objekten mit eingeschränkten Möglichkeiten der Probenahme steht meist dahin, ob eine größere Probenzahl ein differenziertes Bild ergeben kann.
- Bei großen Objekten steht außer Zweifel, dass sie differenzierbar sind. Ob man brauchbare Ergebnisse erzielt, hängt ausschließlich davon ab, wie gut die Probenahme ist.

Bei zwei Objekten (Potsberg und Erzweiler-Rathweiler) lagen durch intensive Geländearbeit (ALTMANN/OCKFEN) auch aus Bereichen, die man fast zum Background rechnen kann, einigermaßen flächendeckende Proben vor. Diese werden detailliert beschrieben.

Insbesondere bei den beiden größten Vorkommen des Stahlbergs und des Landsbergs mit zusätzlich sekundär entstandenen Cinnabariten ist auch ansatzweise noch keine Differenzierung möglich.

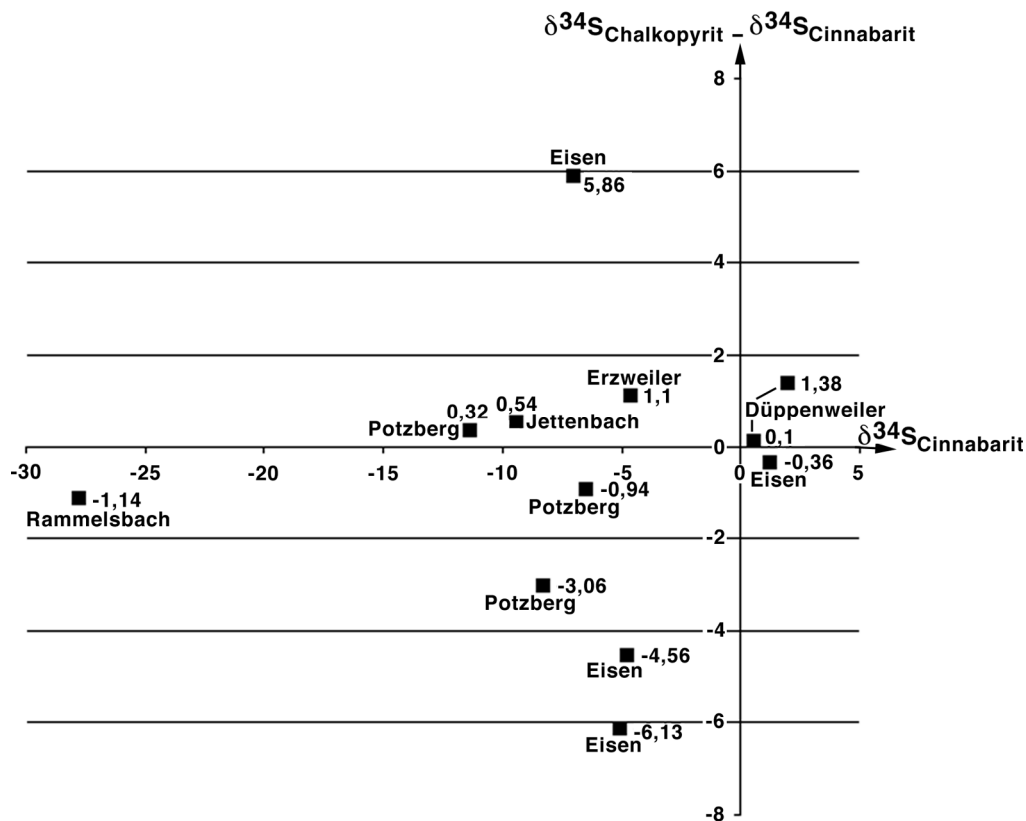
2.3 Cinnabarit und Chalkopyrit

Da Chalkopyrit das Mineral ist, das neben Cinnabarit am ehesten zu erwarten und weit stärker verbreitet ist, ergibt sich daraus die Frage, ob die S-Isotopie des Cinnabarits über dessen Verbreitungsgrenze hinaus durch die von Chalkopyrit ersetzt werden kann. Diese Frage lässt sich nur beurteilen, wenn genügend Paare Cinnabarit/Chalkopyrit möglichst vom gleichen Stück vorliegen. Verwendbar sind bislang 12 Paare.



S-Isotopien von Cinnabarit/Chalkopyrit-Paaren. Die Diagonale entspricht jeweils gleicher Isotopie.

Angaben zur Isotopenfraktionierung zwischen Cinnabarit und Chalkopyrit liegen mir nicht vor. Ich gehe, auch nach den vorliegenden Proben, davon aus, dass der Effekt verhältnismäßig klein ist. Das Diagramm zeigt dann, dass sicherlich nur ein Teil der Paare wirklich der gleichzeitigen Bildung im Gleichgewicht mit der Ausgangslösung entsprechen kann. Da die Darstellung durch das Wertepaar von Rammelsbach kleinere Differenzen schwer erkennbar macht, stellt das nächste Diagramm diese genauer dar.



Differenzen der $\delta^{34}\text{S}$ -Analysen von Cinnabarit/Chalkopyrit-Paaren.

Der Mittelwert der Differenzbeträge zwischen -2 und +2 als Grenzen ergibt 0,125.

Von den 12 Paaren liegen 8 in einem Bereich, der für einen Zusammenhang spricht. Ich gehe aber davon aus, dass es sich weniger um völlig gleichzeitige Bildungen handelt als eher um zeitlich sehr eng aufeinander folgende, wie es teilweise auch dem Bild der Mineralisationen entspricht.

Damit kann man bei kritischer Verwendung durchaus versuchen, Bereiche der Cinnabarit-Mineralisationen mit solchen des Chalkopyrits zu verknüpfen.

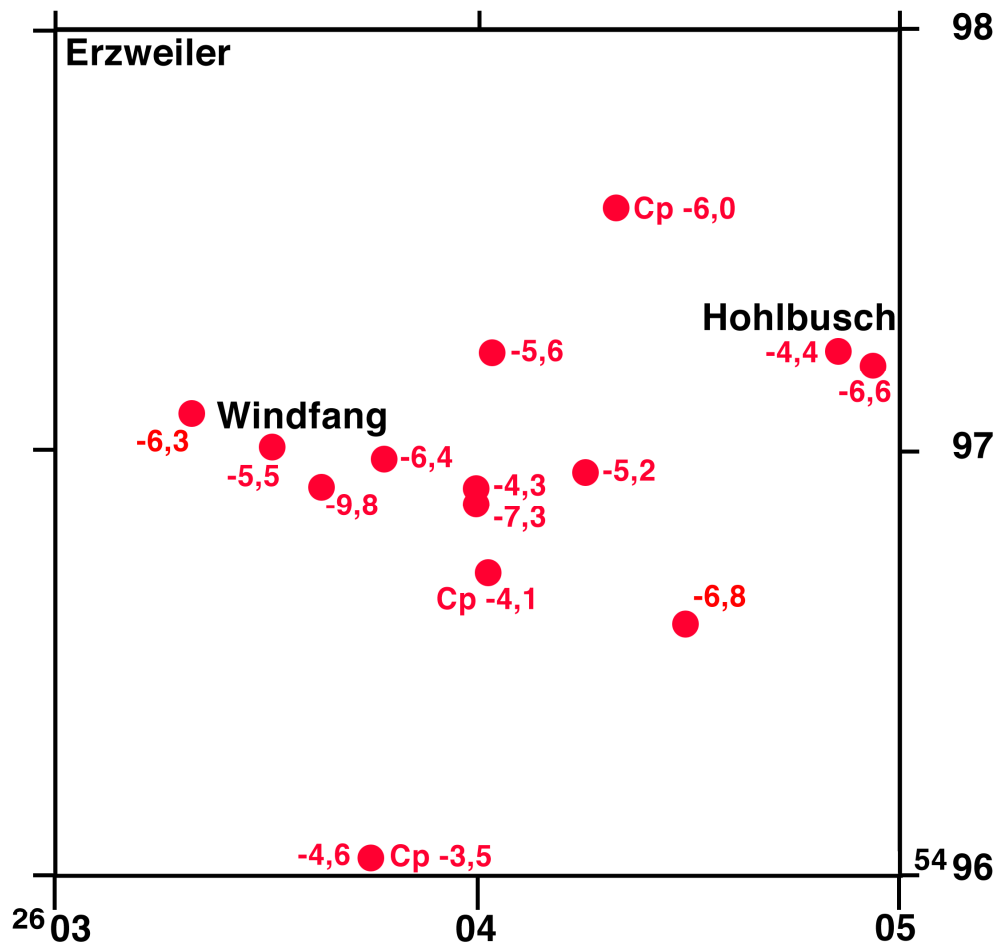
2.4 Das Hg-Erzrevier Erzweiler-Rathweiler.

Das Revier umfasst maximal etwa 4 km², in dem Baryt weiter und stärker verbreitet ist als Cinnabarit. Die früher gewinnbare Cinnabarit-Mineralisation beschränkt sich auf wenige Objekte, die in einem zentralen Streifen vom Windfang zum Hohlbusch liegen. Untersuchungsarbeiten sind teilweise so arm, dass aus Mengen bis 10 kg noch nicht einmal die notwendigen 10 mg Cinnabarit zu gewinnen sind.

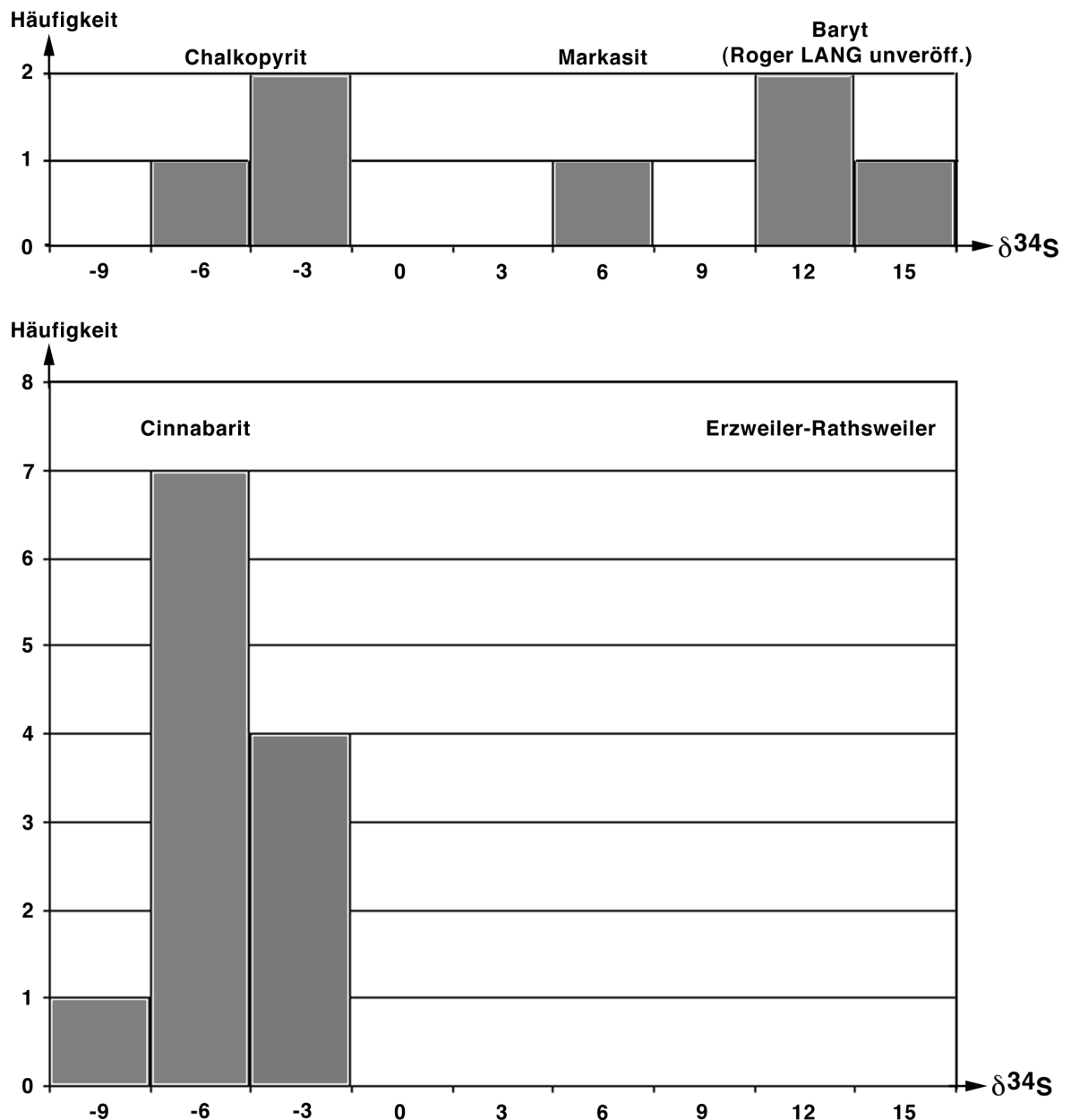
In den zahlreichen Barytgängen und -trümchen liegen folgende Verhältnisse vor:

- Der weiß-rote blättrige ältere Baryt führt teilweise deutlich Chalkopyrit, daneben nur Spuren von Cinnabarit (bislange keine Probe gewinnbar).
- Die jüngeren, völlig klaren Baryt-xx können merklich Cinnabarit führen, wobei Chalkopyrit fehlt.

Fahlerz findet sich nur in Spuren.



Revier Erzweiler-Rathweiler mit Probepunkten und Analysenwerten. Cp = Analysen von Chalkopyrit. Gerundete Analysenwerte. Die drei Analysen an Chalkopyrit lassen einen Anstieg der Werte von N nach S erkennen; die Zahl der Werte ist zu klein, dies als wirklich zu betrachten.



Häufigkeit der Analysenwerte in Gruppen von je 3‰ (der Wert bei -6 summiert beispielsweise von $-7,5$ bis $-4,5$).

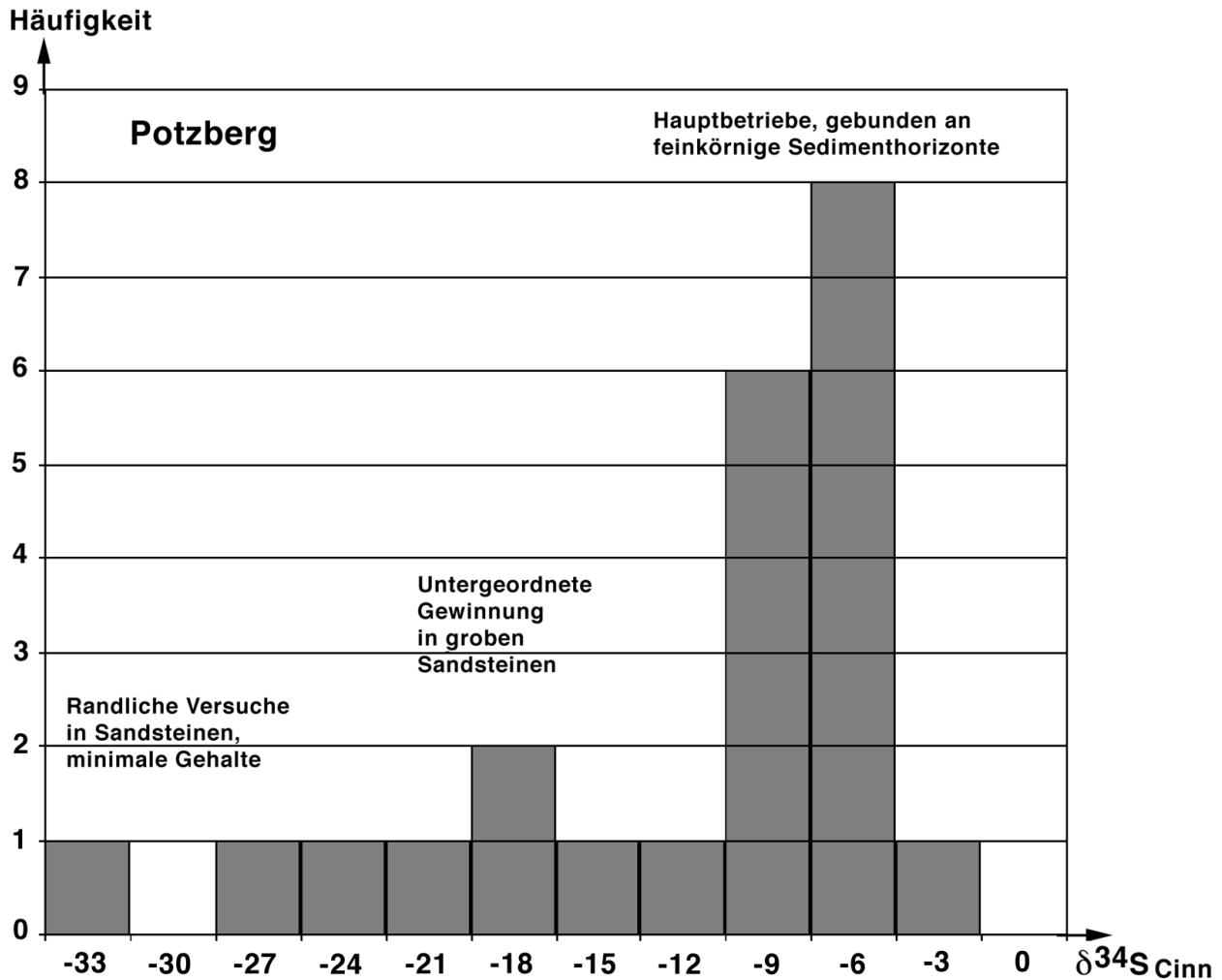
Die Streuung der Analysen bei Cinnabarit, wie bei Chalkopyrit ist recht gering. Es fehlen Zersetzungsprodukte aus Fahlerzen. Als mögliche Umlagerungsprodukte lassen sich nur die Cinnabarite in klarem Baryt mit $\delta^{34}\text{S} = -9,8$ (Windfang) sowie $-4,4$ (Hohlbusch) ansehen.

2.4 Das Hg-Erzrevier des Potzbergs.

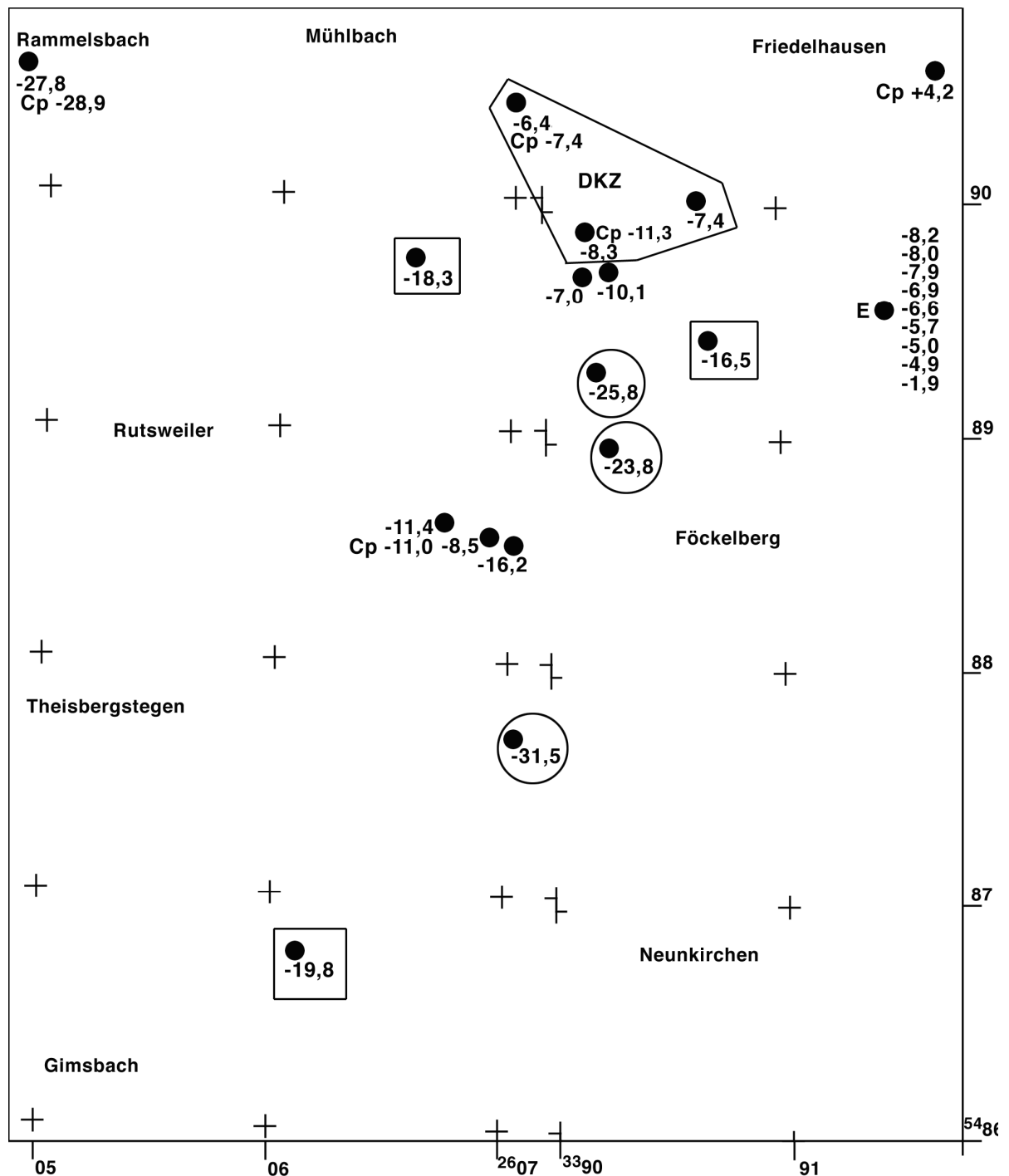
Die Cinnabarit-Mineralisationen am Potzberg umfassen mindestens eine Fläche von 6 km², über die entweder Abbau oder Versuche verstreut sind. Es wäre falsch, dies so zu sehen, dass die Mineralisation überall anzutreffen wäre. Bauwürdige Vorkommen gab es nur beschränkt, und viele der Versuche waren letztlich völlig ergebnislos.

Als Proben diente beliebiges Haldenmaterial. Bei armen Proben waren 10-20 kg nötig, um die Mindestmenge von 10 mg Cinnabarit zu erreichen. Bei Proben, die im ersten Ansatz (6-7 kg) lediglich 1-2 mg erbrachten oder noch weniger, wurde auf eine weitere Bearbeitung verzichtet.

Lediglich von der Grube Elisabeth, deren Baue zugänglich sind, kamen vor Ort gewonnene Proben zur Analyse.



Die Grenzen für die Summierung im Diagramm sind die gleichen wie bei allen anderen. Bei einer anderen Wahl lassen sich die drei durch Beschriftungen angegebenen Teilmengen klarer abtrennen. Dies lässt sich auch aus der nachfolgenden kartenmäßigen Darstellung erkennen.



Übersicht über den Potzberg mit den bergbaubezogenen Probenpunkten und Analysen.

DKZ = Dreikönigszug, E = Elisabeth

Die beiden Hauptgruben, die über vergleichsweise lange Zeit förderten liegen in einem engen Bereich von -8,3 bis -4,9 (ein Wert von -1,9) ‰. Bei den drei im Zentrum dargestellten Proben ist die Zuordnung nicht völlig klar. Von der Geologie treten die Mineralisationen hier verknüpft mit Siltsteinhorizonten auf, die im Bereich des Dreikönigszugs sehr deutliche Gehalte an sedimentäre Sideritknotten aufweisen. Es gibt viele Versuche, die solche Gesteine verfolgt haben, ohne eine Mineralisation anzutreffen.

Kurzzeitige Gewinnungen und Versuchsbaue finden sich in sehr groben Sandsteinen bis Konglomeraten. Die 3 Proben wurden jeweils durch ein Quadrat gekennzeichnet. Die Analysen liegen mit -16,5 bis -19,8 ‰ wieder eng zusammen.

Drei Proben, mit Kreis markiert, von sehr armen Halden liegen mit -23,8 bis -31,5 ‰ zwar nicht so eng zusammen, sind aber als Gruppe deutlich abgrenzbar. Ihnen entspricht auch ein Cinnabarit aus einer Kluft mit minimalem Inhalt aus dem Kuselitbruch von Rammelsbach, das nicht mehr zum eigentlichen Potzberg zählt.

Im Vergleich der letzten mit jeder der beiden anderen Gruppen kann man von Grenzbedingungen der Mineralisation ausgehen. Ich sehe es aber nicht so, dass man einen einfachen Trend von den Zentren der Mineralisation zu den Rändern oder entsprechend der Bauwürdigkeit ansetzen darf. Die beiden ersten Gruppen unterscheiden sich in den Bedingungen sehr stark. Zwischen den Gruppen gibt es keine Übergänge.

Die erste Gruppe ist gekennzeichnet durch teilweise mächtige Siltsteinpakete in Kombination mit Sandsteinen. Die Siltsteine enthalten zumindest teilweise Siderit, der geeignet ist, mit Lösungen zu reagieren. Die Sandsteine besitzen oft hohe Porositäten und ermöglichen damit Lösungstransporte. Die Siltsteinhorizonte sind wenig durchlässig und haben damit eher einen Charakter als Diaphragma, das heißt sie trennen unterschiedliche Poren- und Kluftwässer, die im Bereich des Diaphragmas miteinander reagieren können.

Solche Verhältnisse sind bei den Vorkommen in den Konglomeraten nicht gegeben. Hier ist die Mineralisation eher auf das Kluftnetz beschränkt, und es ist wohl ein anderer Reaktionsmechanismus zu suchen.

3. Die S-Isotopie von Tetraedrit

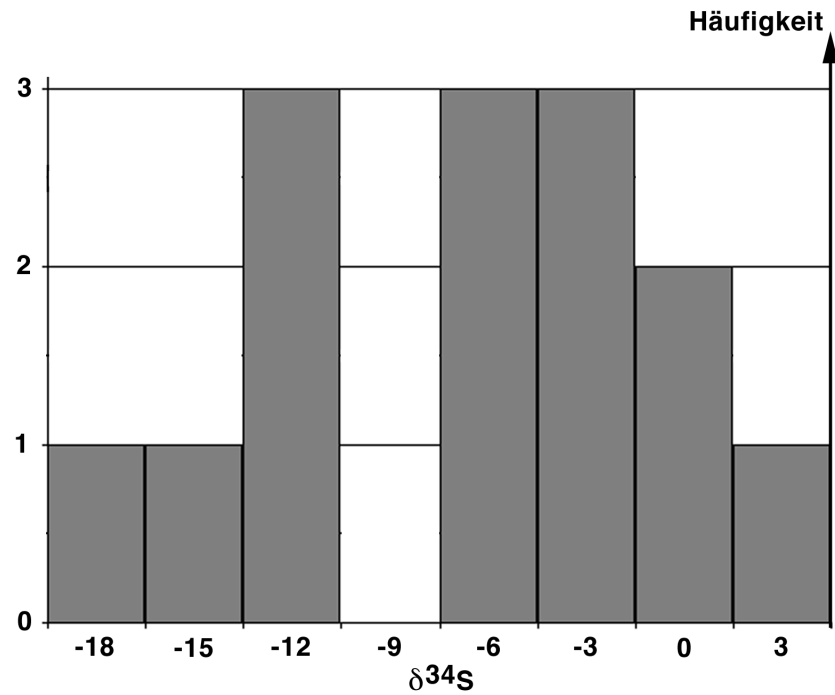
Tetraedrit tritt im Saar-Nahe-Raum vergleichsweise selten auf. Die Nachweise beschränken sich fast ausschließlich auf und um die Cinnabarit-Vorkommen und sind häufig so begrenzt, dass kein Analysenmaterial gewonnen werden konnte.

Die postvaristischen Mineralisationen im Hunsrück sind teils frei an Tetraedrit, teils tritt er in kleineren Mengen häufig auf.

Varistisch gebildete Tetraedrite lagen nicht vor.

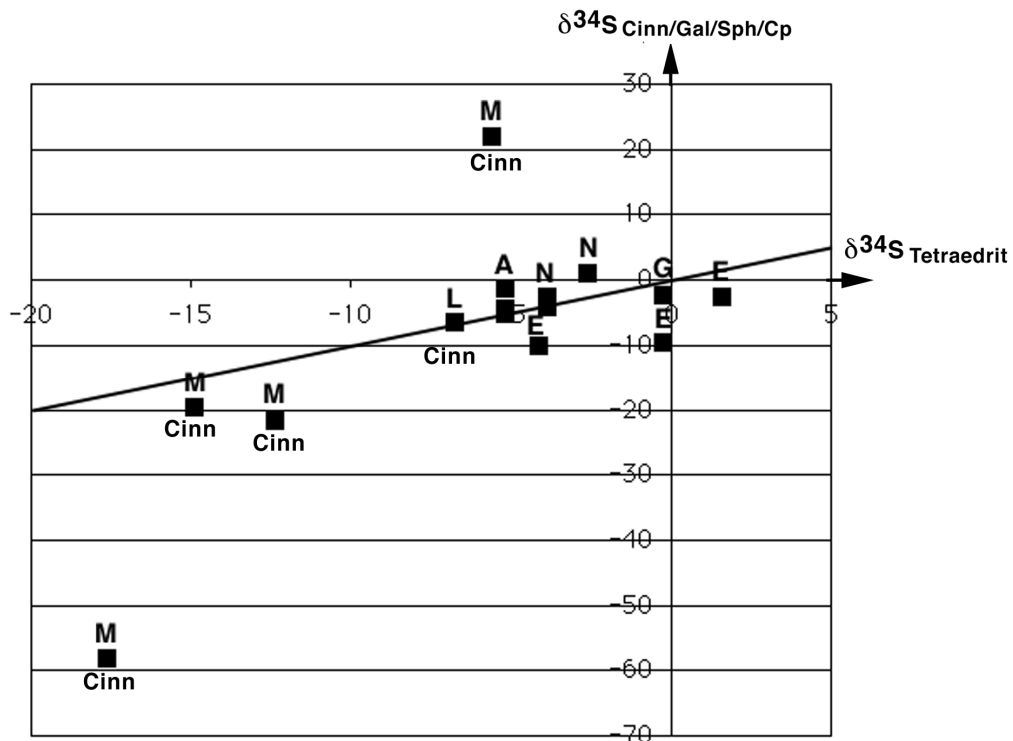
Das wichtigste Vorkommen findet sich am Moschellandsberg, wo die Verfügbarkeit von Sb auch zur Bildung von Stibnit führte. Im Bereich der eigentlichen Hg-Mineralisation führen die Tetraedrite deutliche Hg-Gehalte, außerhalb sind sie Hg-frei.

Die $\delta^{34}\text{S}$ -Analysenwerte der Hg-freien Tetraedrite streuen sehr wenig, stammen aber von vier verschiedenen Vorkommen über größere Distanzen. Wenig streuen auch die Analysen von Hg-führenden Tetraedriten. Dabei muss man aber beachten, dass die fünf Werte vom Moschellandsberg mehr oder weniger aus einem sehr begrenzten Areal der Lagerstätte stammen, der im 19. Jahrhundert Sammlungsmaterial geliefert hat.



Häufigkeit der $\delta^{34}\text{S}$ -Analysenwerte von Tetraedrit, jeweils summiert über einen Bereich von 3‰ (als Beispiel: der Wert 0 steht für einen Bereich von $-1,5$ bis $+1,5$).

Die fünf Werte links stammen alle vom Moschellandsberg. Der rechte Block enthält einen Wert vom Lemberg und sonst nur postvaristische Vorkommen aus dem Hunsrück.



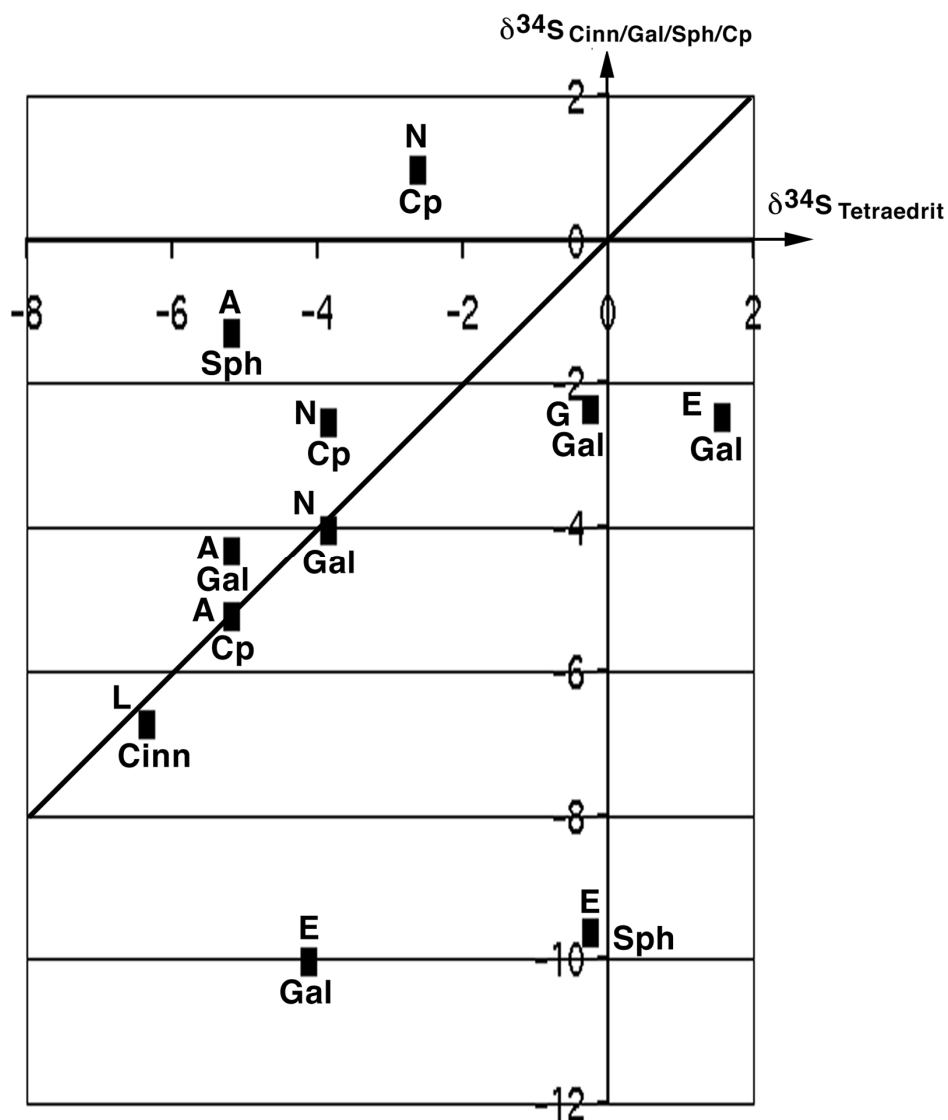
Übersicht der $\delta^{34}\text{S}$ -Analysenwerte von Tetraedrit und von weiteren Sulfiden, die in den untersuchten Proben mit vorliegen. Da die Maßstäbe auf beiden Achsen verschieden sind, wird die Diagonale (gleiche Isotopie der Minerale) verflacht dargestellt.

Die 5 Proben Tetraedrit + Cinnabarit lassen sich deuten:

- 1 als gleichzeitig (vom Lemberg mit fast identischer Isotopie, auf der Diagonale),
- 3 mit Tetraedrit als Erstausscheidung und Cinnabarit als daraus resultierendem Zersetzungsprodukt (unter der Diagonale),
- 1 mit Tetraedrit als Erstausscheidung und einer davon unabhängigen jüngeren Bildung von Cinnabarit.

Die Erscheinungsformen unterscheiden sich deutlich:

- spätig, dunkel, massiv (gleichzeitig)
- feinkörnig (Zersetzungsprodukt),
- große xx mit absolut glatten Spaltflächen, aber ohne x-Flächen (spätere Phase).



Übersicht der $\delta^{34}\text{S}$ -Analysenwerte von Tetraedrit und von weiteren Sulfiden, die in den untersuchten Proben mit vorliegen. Die Darstellung ist ein Ausschnitt der vorhergehenden und weist von den Cinnabarit führenden Proben nur noch die vom Lemberg auf.

L = Lemberg (Nahe) A = Annenberg (bei Monzelfeld)

E = Eisen

N = Neunkirchen (Hunsrück)

G = Gielert (Hunsrück)

Während bei Chalkopyrit und Galenit teilweise gleichzeitige Bildung mit Tetraedrit bei Gleichgewichtseinstellung mit der Lösung möglich erscheint, trifft dies auf den Sphalerit in keinem der beiden vorliegenden Fälle zu. Dies ist besonders klar zu sehen im Beispiel Annenberg, wo alle vier bezogenen Sulfide vom gleichen Stück analysiert werden konnten.

4. Die S-Isotopie von Markasit.

Markasit ist mit Pyrit sehr stark verknüpft und weist prinzipiell die gleichen Probleme auf:

- Bildung vermutlich bei niedrigen Temperaturen in vergleichsweise großen Massen.
- Auftreten in zwei getrennten Phasen, die häufig schlecht zu identifizieren sind.
- Starke Streuung der Analysenwerte allgemein und auch in der Einzelprobe.

Die Folge daraus war zunächst, dass aus der Gesamtheit der Proben keine Gliederungsmöglichkeiten ableitbar waren.

Es gibt jedoch auch Unterschiede zwischen Markasit und Pyrit, die die Deutung der Ergebnisse bei Markasit leichter machen:

- Die Bildungsbedingungen für Markasit sind dem Anschein nach streng an die zwei erwähnten Phasen gebunden. Pyrit wird auch gebildet außerhalb dieser Hauptphasen. Allgemein liegen fast immer die Bildungsbedingungen für Pyrit vor. Die Bildungsbedingungen für Markasit werden seltener erreicht und betreffen vielfach nur Randbereiche des möglichen Existenzfeldes, da Markasit vor allem in der älteren Phase häufig mit Pyrit zusammen auftritt.
- Der Habitus von Markasit lässt zumindest teilweise eine Zuordnung zu den beiden Phasen zu. Die ältere Phase zeigt üblicherweise eher isometrische Kristalle, die Pyrit-xx sehr ähnlich erscheinen können. Die jüngere Phase führt dagegen deutlich dünnplattige xx.

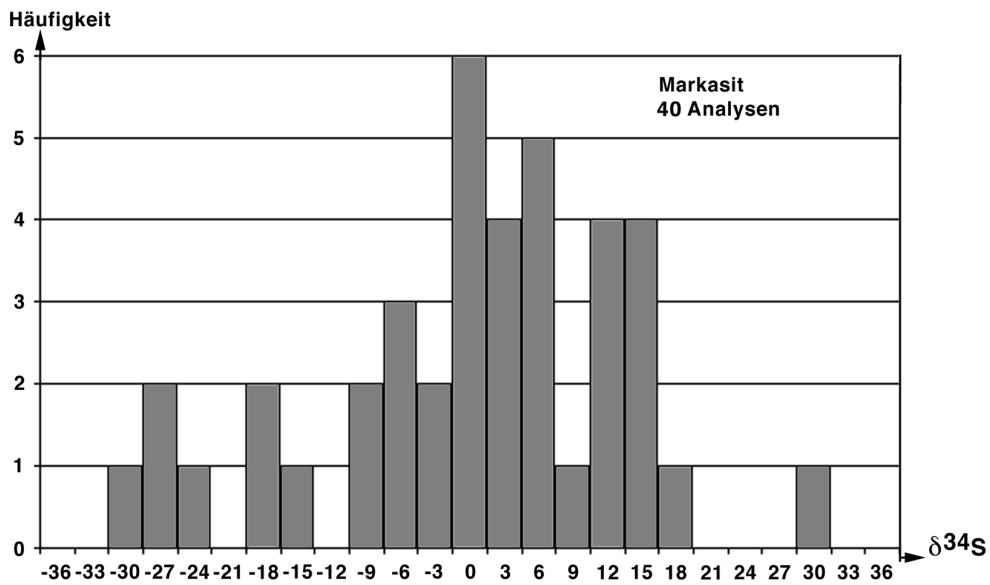
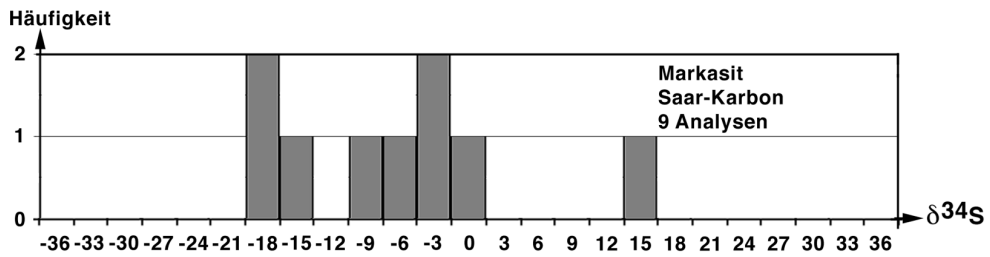
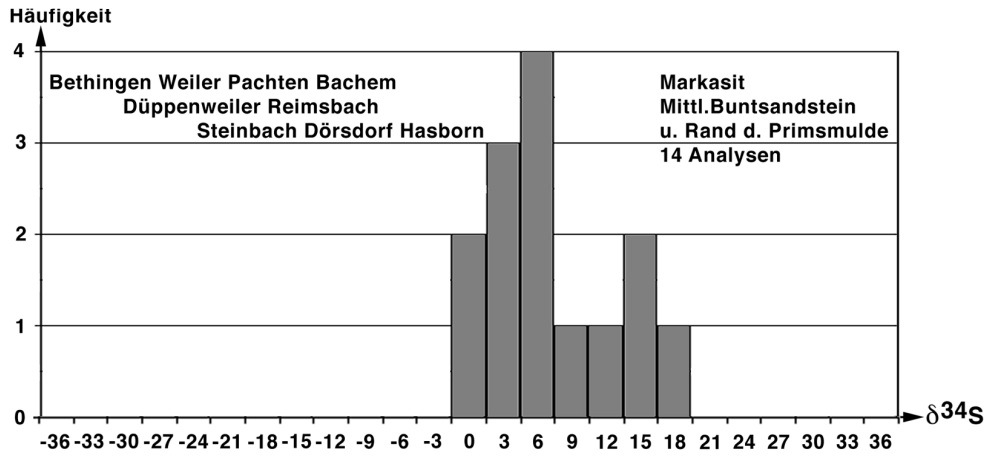
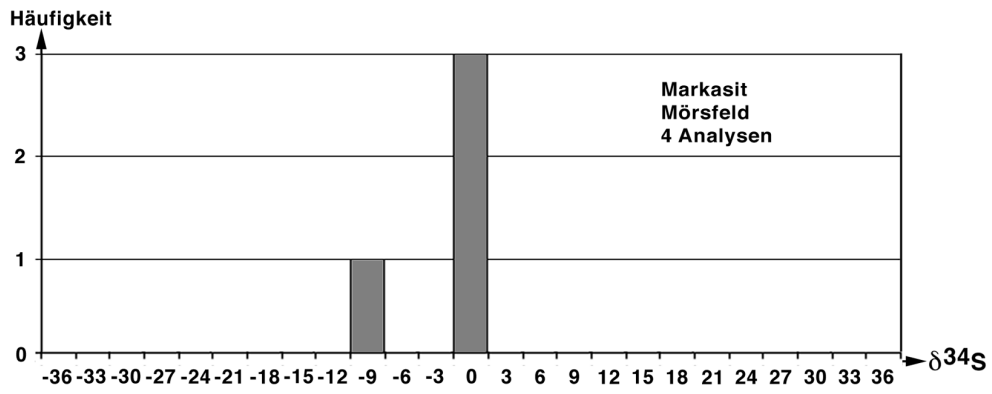
Das bedeutet, dass man wenigstens ansatzweise eine Gliederung versuchen kann. Bislang war es dennoch nicht möglich, generell der älteren Phase positivere Werte zuzuweisen, was in Einzelfällen erkennbar ist.

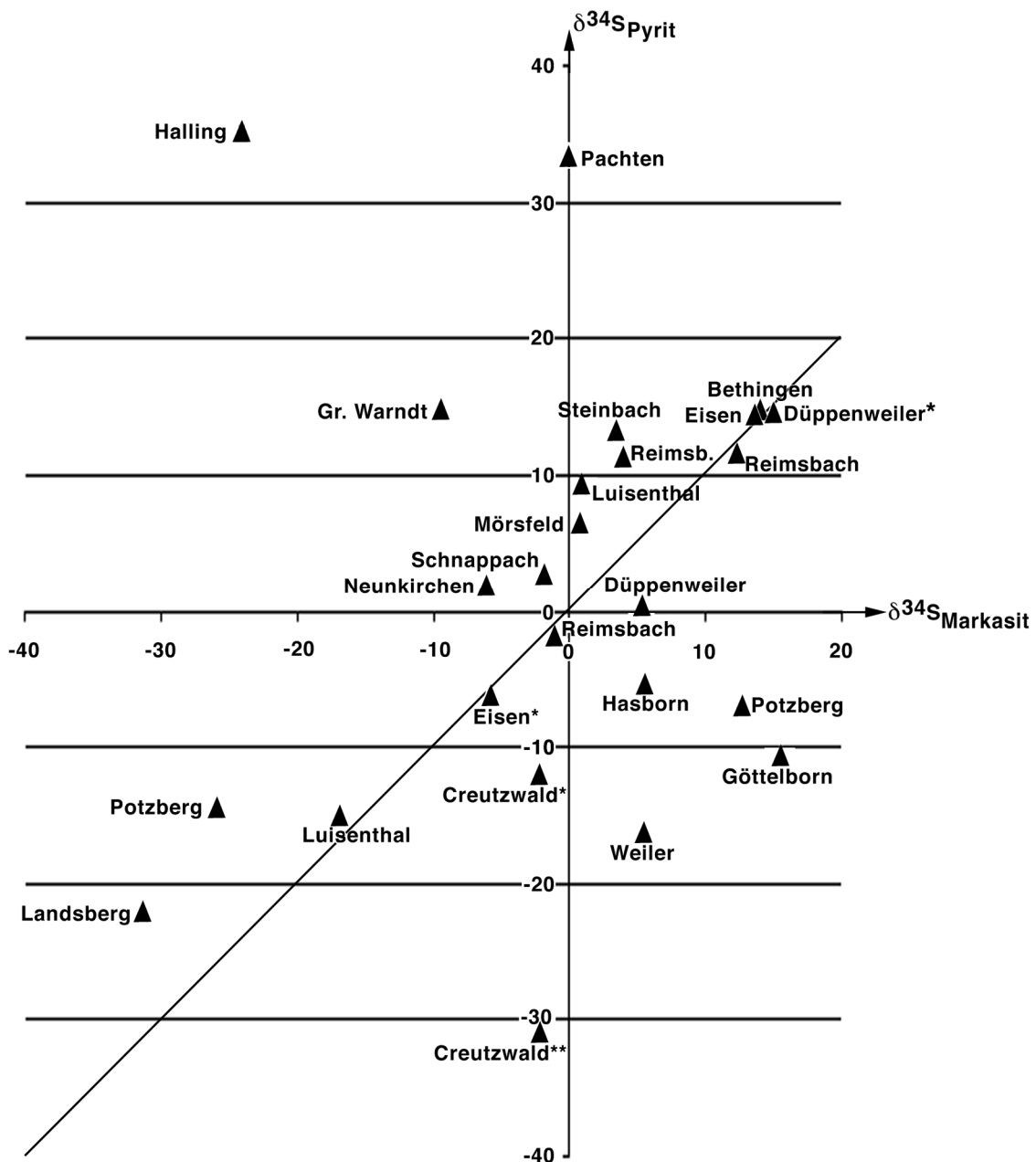
Erläuterung zu den Diagrammen der folgenden Seite:

S-Isotopie von Markasit. Das unterste Diagramm zeigt die Gesamtheit der Analysen, die oberen Teilmengen davon.

Die Aussage ist sehr bescheiden, aber die erste brauchbare überhaupt, dass es bei regionaler und/oder thematischer Zuordnung Unterschiede gibt.

Besonders interessant ist beim dritten Diagramm von unten, dass bei durchaus starker Streuung innerhalb des Einzelvorkommens für die Gesamtheit der Vorkommen recht enge Grenzen vorliegen. Diese Vorkommen befinden sich in einem Streifen im W im mittleren Buntsandstein und nach E hin in intrusiven Magmatiten. Man kann, besonders auch bei Betrachtung der Einzelwerte von zwei Verteilungen ausgehen, von -1,12 bis 7,38 (8 Werte) und von 10,06 bis 16,70 (5 Werte).





Das Diagramm zeigt die S-Isotopie von Markasit/Pyrit-Paaren, in der Regel vom gleichen Stücke oder der gleichen Probe. Neben den Wertepaaren, die der Diagonale direkt benachbart liegen und als gleichzeitige Bildung aufzufassen sind, fallen Wertepaare auf, die in einem weit gehend ähnlichen Abstand oberhalb liegen und sich durch eine Linie darstellen ließen, die leicht von einer Parallele abweicht. Es stellt sich die Frage, ob hier Paare dargestellt sind, die aus verschiedenen Phasen stammen, wobei alle Pyrit-Analysen um einen ähnlich großen Betrag positiver sind als die Markasit-Analysen.

Drei Fälle erläutere ich gesondert, die mit Sternen gekennzeichnet sind:

- Eisen*. Aus der gleichen Probe liegen hier neben Markasit insgesamt drei verschiedene Pyrite vor (-17,65 / -6,05 / 6,92, Markasit -5,85). Die Zuordnung des einen Wertes ist willkürlich. Im gegebenen Fall passt aber die Differenz der Analysenwerte durchaus zur Annahme einer Zusammengehörigkeit.
- Creutzwald*/Cr.**. Es liegen zwei Pyrit-Analysen vor, die beide nicht zum Markasit passen. Wäre nur ein Pyrit analysiert worden, so hätte man sich über die Dar-

stellung im Diagramm keine Gedanken gemacht. Es zeigt sich daran, dass der größte Teil solcher Wertepaare keinerlei Sinnzusammenhang liefern kann.

– Düppenweiler*. Hier handelt es sich um ein parallel aggregiertes strahliges Aggregat von miteinander verwachsenen dickeren Pyrit- und dünneren Markasitlamellen. Die beiden Minerale waren zwar schwierig zu präparieren, ließen sich aber ausnahmsweise gut unterscheiden, da der Pyrit leicht angewittert, der Markasit aber völlig blank und glänzend war. Der Wert für Markasit ist um 0,2 größer als der für Pyrit (bei einer Standardabweichung von etwa 0,04 bis 0,07 ‰ je nach Analyserie).

5. Die S-Isotopie von Pyrit.

Zusätzlich zu den beiden Phasen, in denen auch Markasit auftritt, kann Pyrit untergeordnet auch in anderen Mineralisationen auftreten. Die unterschiedlichen Bildungsmöglichkeiten, die sich gegebenenfalls in unterschiedlichen S-Isotopien auswirken, lassen sich höchst selten an äußeren Kennzeichen oder an Begleitern festmachen. Pyrit ist damit zunächst mit Abstand das unangenehmste der hier betrachteten Minerale, bei dem Gesetzmäßigkeiten nicht zu erkennen waren.

Erstmals bei der intensiven Durcharbeitung für diesen Bericht wurden Aussagemöglichkeiten im speziellen Fall der ehemaligen Schwerspatgrube in Eisen möglich, die ich im Kapitel über diese Lagerstätte darstelle. Allerdings sind die dortigen Verhältnisse sehr speziell und haben nur wenig mit den postvaristischen Mineralisationen gemeinsam.

Hier beschränke ich mich auf zwei Darstellungen.

Erläuterungen zu den beiden nachfolgenden Diagrammen:

Das erste Diagramm stellt die Analysen aus der Grube "Korb" in Eisen dar. Es handelt sich zum größten Teil um varistische Mineralisationen und nur um einen kleineren Anteil an postvaristischer Mineralisation.

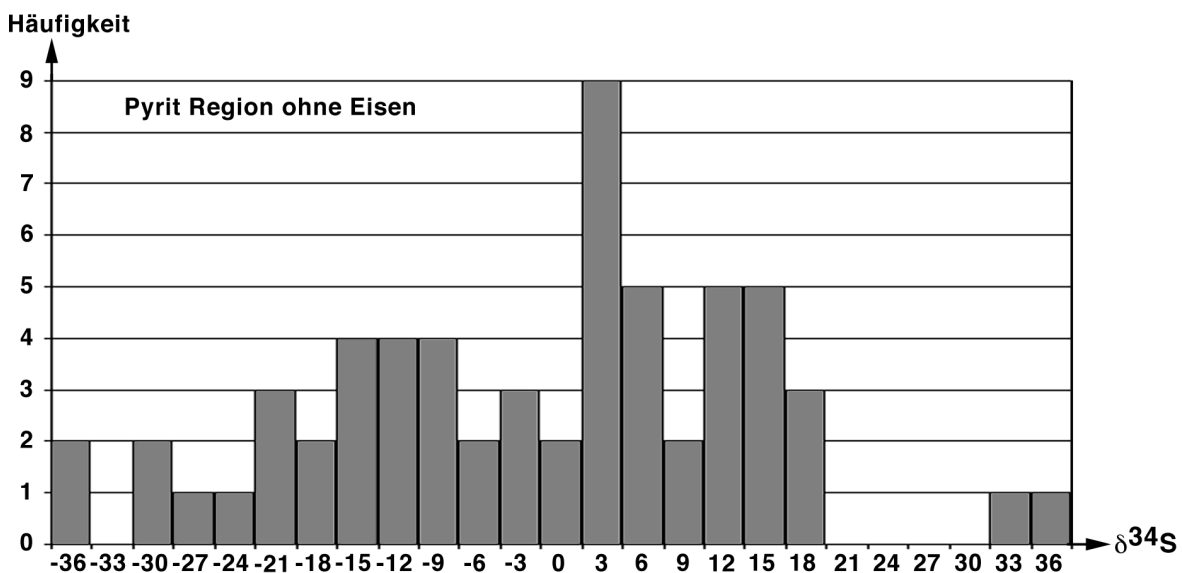
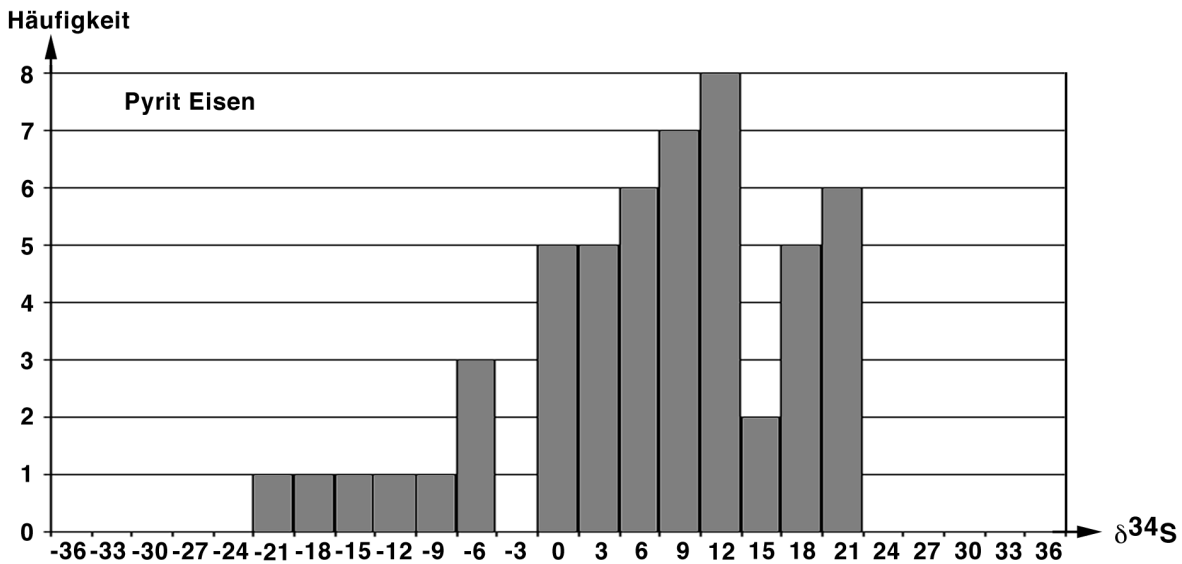
Das zweite Diagramm fasst alle anderen Analysen von Pyrit zusammen. Diese sind postvaristisch gebildet. Hinzu kommen wenige varistisch gebildete Pyrite aus dem Hunsrück.

Es ist sehr deutlich zu erkennen, dass die varistisch gebildeten Pyrite deutlich positivere Werte aufweisen als die postvaristisch gebildeten.

Mittelwerte:

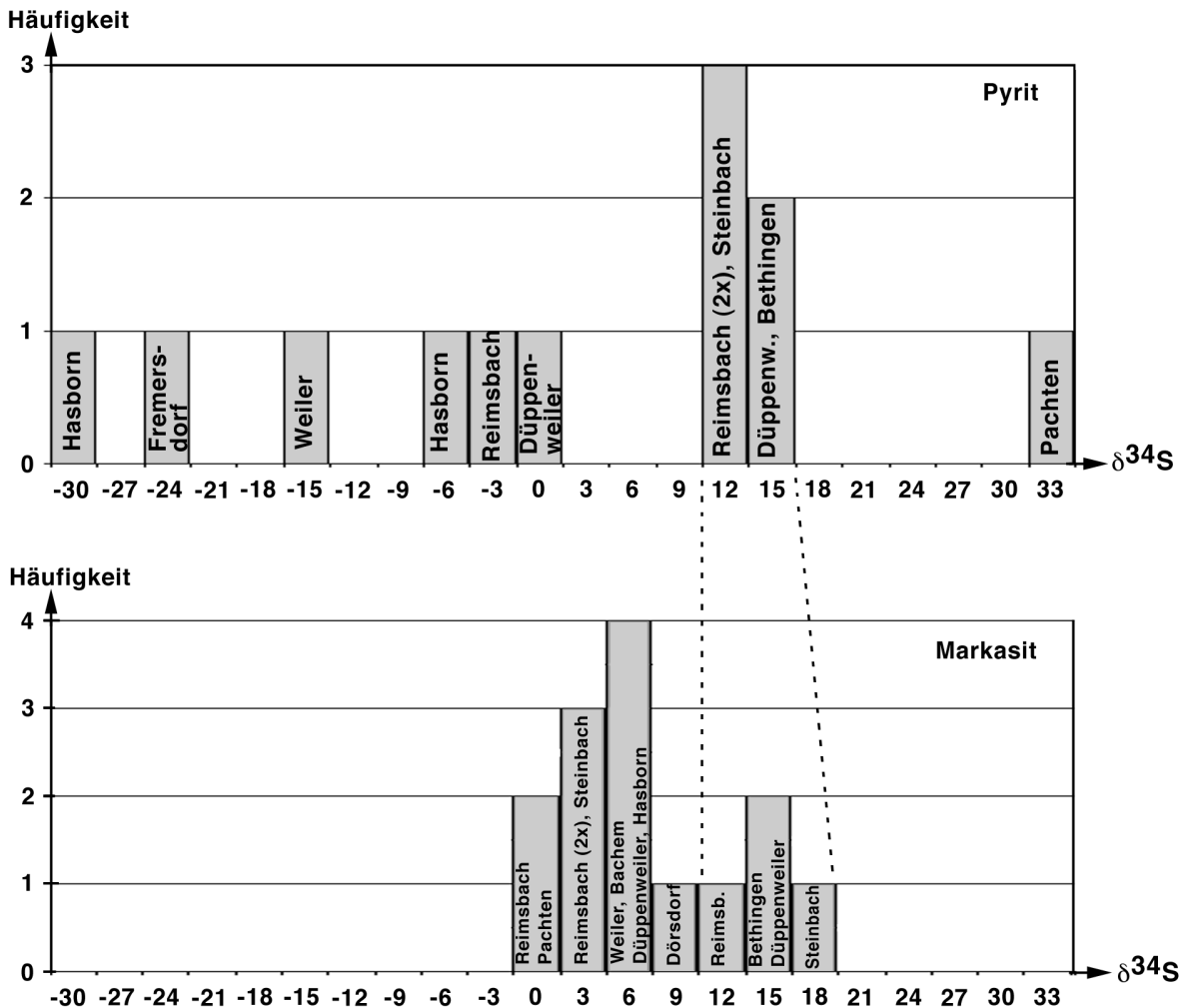
varistisch	+7,37
postvaristisch	-2,13

Da die Mittelwerte hier nur der Demonstration dienen, spielt es keine Rolle, dass die jeweiligen Mengen auch kleine nicht zugehörige Anteile aufweisen.



Die zweite Darstellung (untenstehend) stellt einen Vergleich her zwischen Pyrit und Markasit in einem Teilbereich des Arbeitsgebietes. Es handelt sich um Vorkommen im mittleren Buntsandstein und in intrusiven Magmatiten, die bereits im Kapitel Markasit dargestellt wurden. Während die Analysen von Markasit sich auf zwei sich kaum überschneidende Verteilungen zurückführen lassen, sind die Verhältnisse beim Pyrit viel komplizierter und für sich allein überhaupt nicht deutbar.

Erst im Vergleich mit Markasit lässt sich zeigen, dass eine Gruppe von Analysen des Markasits eine gute Entsprechung beim Pyrit findet mit praktisch identischer Isotopie. Hierzu gehört auch das bereits dargestellte Pyrit/Markasit-Paar von Düppenweiler.



6. Die S-Isotopie im Bereich der Grube "Korb", Eisen.

Die ehemalige Schwespatgrube "Korb" ist von der Geologie her hochkomplex. Sie findet sich an der Grenze Rhenohercynicum zum Saxothuringicum in einer stark verschuppten Folge. Die einzelnen Schuppen entsprechen unterschiedlichen Faziesbereichen.

Die in der Grube "Korb" auftretenden Sulfide können im Prinzip an unterschiedlichen Orten und zu unterschiedlichen Zeiten gebildet worden sein:

- sedimentär,
- frühdiagenetisch am ursprünglichen Ort der Ablagerung,
- spätdiagenetisch nach Verschuppung,
- hydrothermal während der varistischen Orogenese,
- hydrothermal während der postvaristischen Tektonik.

Da die S-Isotopie allgemein weder direkt mit Ort noch Zeit, sondern lediglich mit den damit verknüpften Bedingungen der Lösungen verbunden ist, gibt es von vornherein keinerlei Aussagemöglichkeit, ob verwertbare Unterschiede bestehen, die eine Zuordnung zu den aufgezählten Kategorien erlauben.

Wesentlich ist daher zunächst, wieweit einer analysierten Probe von vornherein durch

- Mineralart,
- Ausbildung,

- Paragenese oder
- Ort

Unterscheidungskriterien zugeordnet werden können.

Es gibt in dieser Hinsicht brauchbare Möglichkeiten, die aber nur bei einer begrenzten Zahl der Proben weiterhelfen, dies sind die postvaristischen Mineralisationen und Arsenopyrit. Nur teilweise hilft dies bei der Ausdeutung der Pyrit-Proben.

6.1 Sichere und mögliche postvaristische Mineralisationen.

Obwohl bei verschiedenen Proben, die aus Löserückständen und nicht von erkennbaren Klüften stammen, Zweifel bestehen, ob sie postvaristisch gebildet wurden, passen die S-Isotopien gut zusammen. Es lassen sich zwei klare Gruppen unterscheiden.

	Minimum	Mittelwert	Maximum	Probenzahl
Tetraedrit	-4,12	-0,93	1,57	3
Cinnabarit	-7,02	-4,14	1,24	8
Galenit	-11,00	-3,19	6,36	6
Chalkopyrit	-11,29	-2,62	6,30	12
Sphalerit	-10,54	-4,64	5,86	6

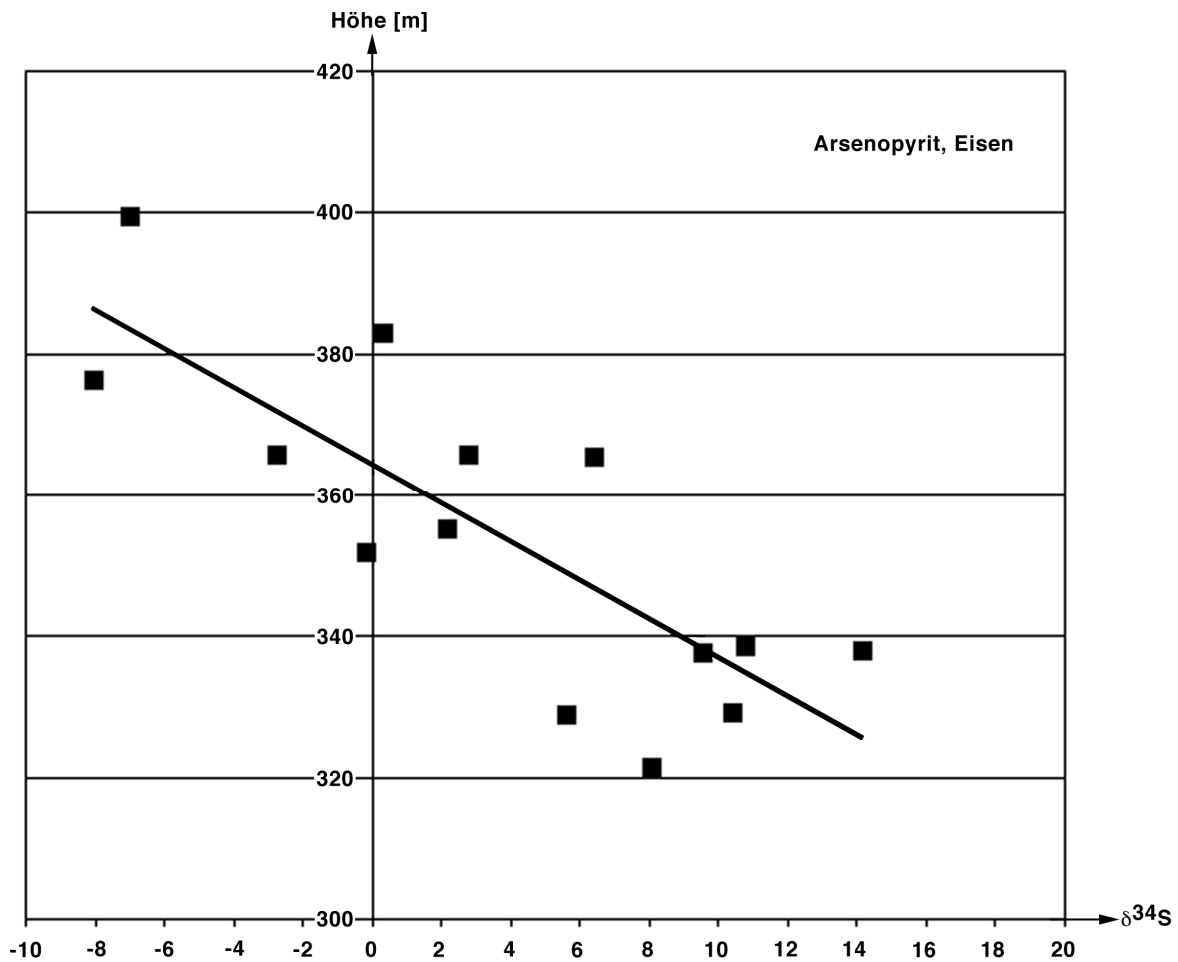
Deutlich ist der Unterschied bei den Grenzen, weniger bei den Mittelwerten.

6.2 Arsenopyrit.

Arsenopyrit ist der varistischen Mineralisation zuzuordnen. Er sitzt verteilt in Gesteinen, ähnlich wie man es von Pyrit-xx in Schiefen häufig kennt, deren Genese man entweder der Diagenese oder einer beginnenden Metamorphose zuschreibt. Im Druckschatten der xx lässt sich gelegentlich auch Quarzwachstum nachweisen, wie es für den vergleichbaren Pyrit häufig der Fall ist.

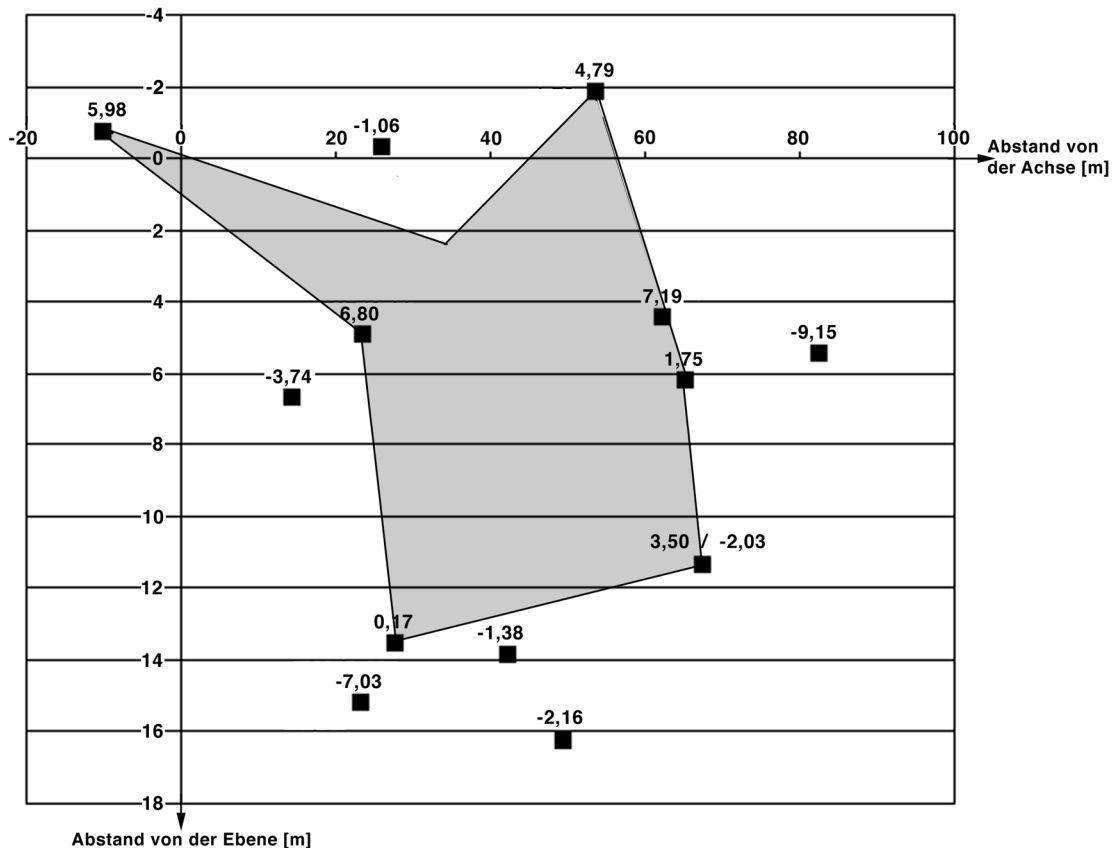
Eine gleichzeitige Bildung mit diesem Pyrit ist zu verneinen, es gibt keine gegenseitige Abhängigkeit der S-Isotopie.

Arsenopyrit tritt nur in einem begrenzten Raum südlich des gebauten Barytkörpers auf. Die S-Isotopie des Arsenopyrits in diesem Saum ist wohl in drei Dimensionen differenziert. Die Abhängigkeit von der Teufe ist aber so stark, dass sie auch bei eindimensionaler Betrachtung klar erkenntlich wird.



S-Isotopie von Arsenopyrit in der ehemaligen Schwerspatgrube bei Eisen in Abhängigkeit von der Teufe mit Trendlinie.

Die Änderung von $\delta^{34}\text{S}$ mit zunehmender Höhe [m NN] beträgt $-0,36 \text{ ‰}$ je m. Für das nachstehende Diagramm wurden die Analysen um diesen Wert reduziert. Als Bezugsgröße wurde der Trendwert bei 364 m gewählt.



Projektion der um die Teufenabhängigkeit reduzierten Analysenwerte auf eine horizontale Ebene.

Zu Grunde liegt eine idealisierte senkrecht stehende Ebene durch den Schwerspatkörper. Die Achse ist definiert durch die Schnittlinie einer senkrecht darauf stehenden Ebene, die durch den Schacht der Grube geht.

Die Rechtsachse (grob im Schwerspatkörper) entspricht dem varistischen Streichen, etwa SW nach NE.

Die zentrale Fläche entsteht aus der Summe aller Verbindungslinien positiver Analysenwerte, soweit keine negativen Werte eingeschlossen werden.

Zu beachten ist, dass diese Rechenergebnisse durch die willkürliche Wahl der Vergleichshöhe keinen Bezug mehr haben zum ursprünglichen Standard.

Der ausschließliche Wert der Darstellung liegt darin, dass sie klar macht, dass die Lösungen, aus denen Arsenopyrit entstand, eine ursprünglich deutlich positive S-Isotopie aufwiesen, die bei den stattgefundenen Reaktionen nach außen wie nach oben hin negativer wurde. Die Lösungen, die den Schwefel (als Sulfat-Ionen) lieferten, stammten aus der Tiefe.

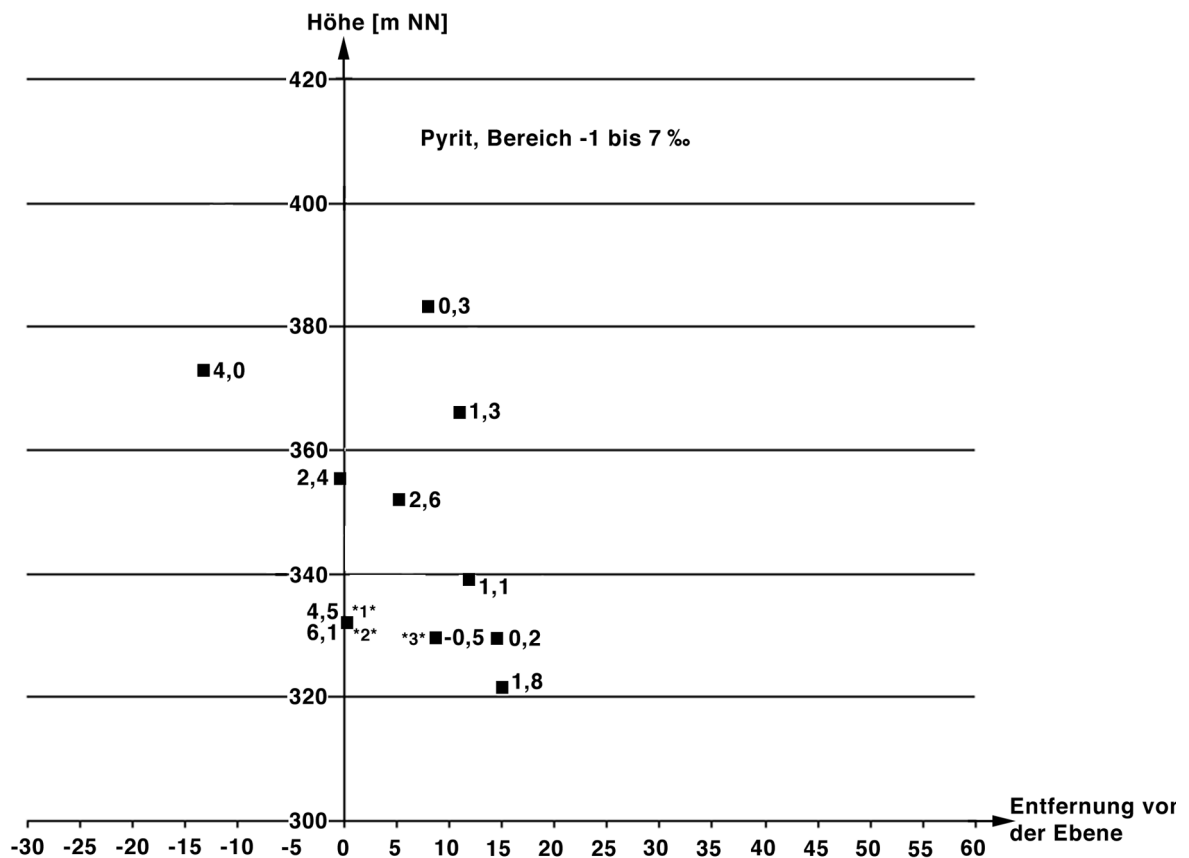
6.3 Pyrit

Die Zahl der Pyrit-Analysen ist mit 55 nicht ganz klein, davon lassen sich aber 18 (noch) nicht koordinatenmäßig darstellen, sodass für eine saubere Auswertung nur 37 verbleiben.

Erste Versuche, nach Merkmalen der Ausbildung zu sortieren, führten nie zu einem klaren Ergebnis. Insbesondere die Hoffnung, für die in den Gesteinen isolierten Pyrit-xx (meist

Würfel), die dem Arsenopyrit im Auftreten ähnlich erschienen, klare Aussagen zu bekommen, enttäuschten.

Aus diesem Mangel heraus kam der Versuch zu Stande, eine willkürliche Teilmenge in zweidimensionaler räumlicher Projektion dazustellen, was zu einem ersten Ergebnis führte, wonach sich weitere Teilmengen definieren ließen.



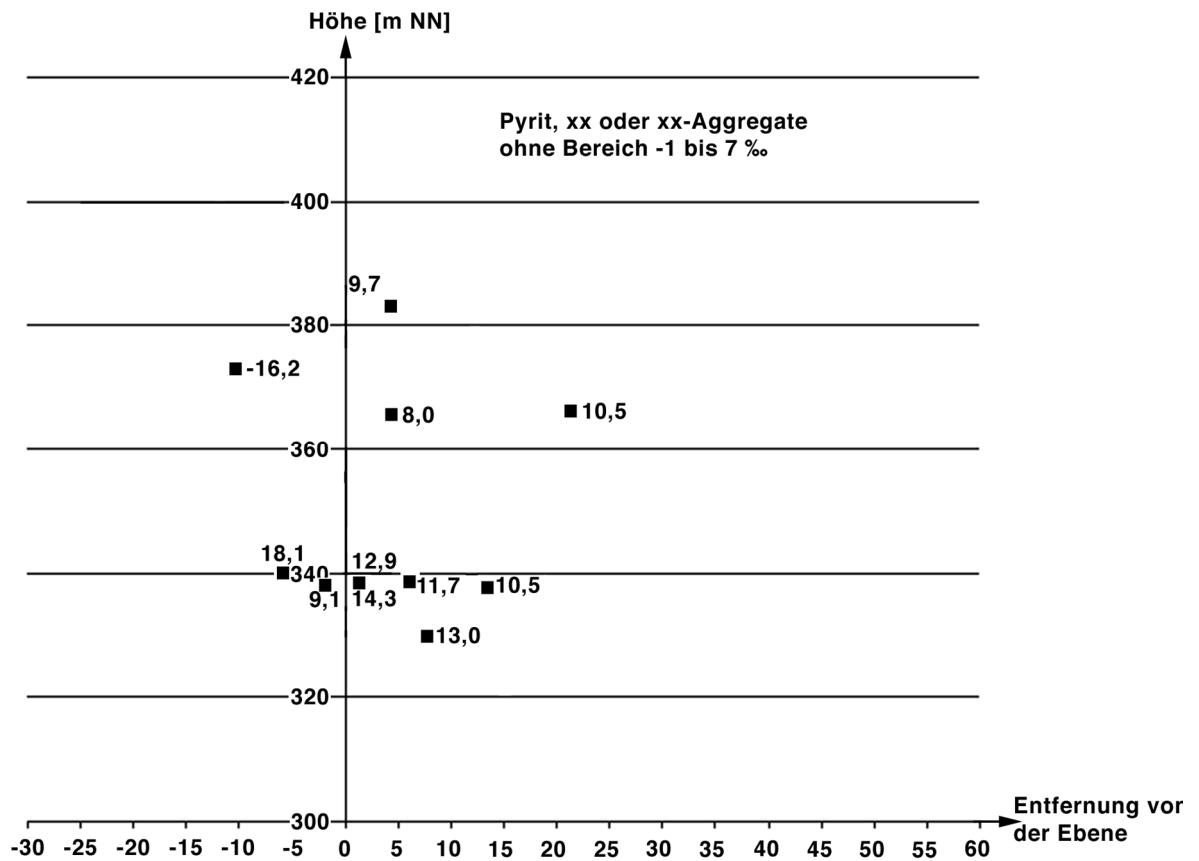
Analysenwerte von Pyrit zwischen -1 und 7 ‰.

Abgesehen von den drei Proben, die mit "*" gekennzeichnet sind, handelt es sich um isolierte Pyrit-xx aus Gesteinen, meist Würfel, bei der Probe mit dem hier höchsten Analysenwert von 4,0 um Pentagondodekaeder.

Insgesamt sind es 8 Proben von 0,2 bis 4,0 ‰, mit einem Mittelwert von 1,7 ‰.

Zu dieser Teilmenge passen nicht:

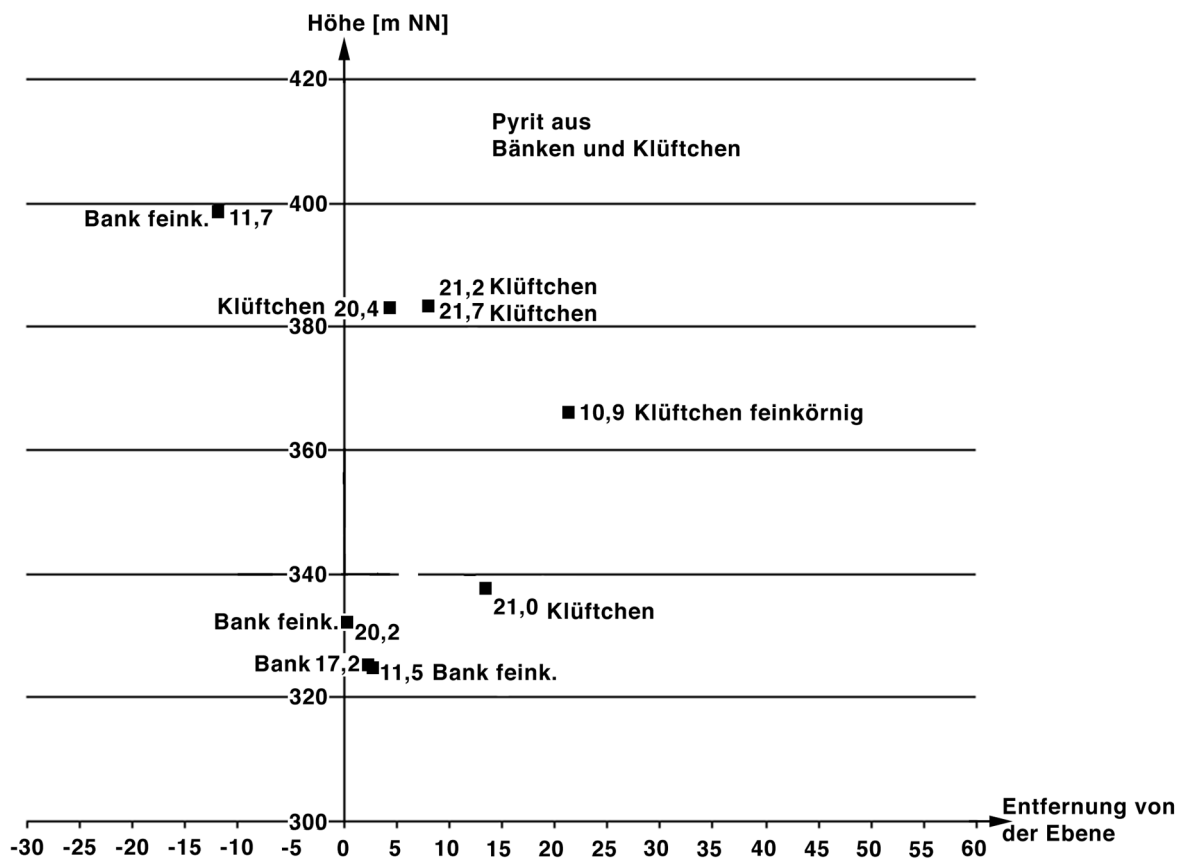
- *1* Dichte Pyrit-Bank, kristallin und glänzend.
- *2* Pyrit-Aggregate in Schiefer, direkt benachbart.
- *3* Querkluft in kieseligem Gestein mit streifig angeordnetem Baryt und Pyrit.



Analysenwerte von einzelnen Pyrit-xx oder xx-Aggregaten ohne den Bereich -1 bis 7 ‰.

Es findet sich hier eine Menge von 9 Analysenwerten von 8,0 bis 14,3 ‰, mit einem Mittelwert von 11,1 ‰. Sie ist von der erstdefinierten Gruppe klar zu trennen.

Es passen dazu nicht zwei Analysen von -16,2 und 18,1 ‰. Die zweitgenannte Probe ist ein xx-Aggregat von 4mm. Der Analysenwert passt von der Größe her gut zur Analyse einer Pyritbank mit 17,2 ‰, die im nächsten Diagramm erscheint.

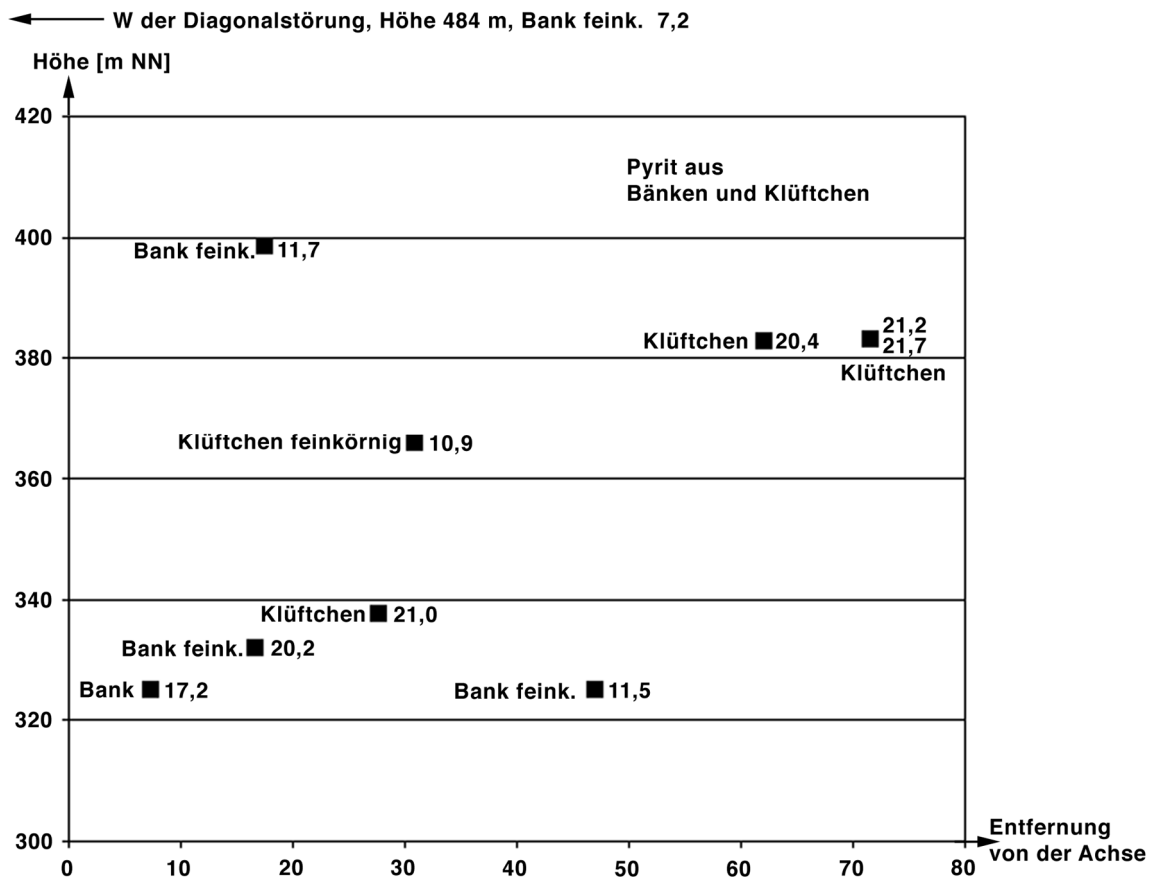


Analysenwerte von Pyritbänken und von feinen Klüftchen (mm-Bereich aus Löse-
rückständen).

Die Analysen zeigen 3 Wertebereiche:

- Den isolierten Wert von 17,2 ‰ für eine Pyritbank, der mit einem Wert aus dem vorhergehenden Diagramm verknüpft werden kann.
- 5 eng zusammenliegende Werte von 20,2 bis 21,7 ‰, von denen einer auf eine feinkörnige Pyritbank, die restlichen auf Klüftchen entfallen.
- 3 ebenfalls eng zusammenliegende Werte von 10,9 bis 11,7 ‰, von denen zwei auf feinkörnige Pyritbänke bezogen sind und einer auf ein ebenfalls feinkörniges Klüftchen.

Die feinkörnigen Pyritbänke gelten bei den meisten Bearbeitern des Vorkommens als Beweis für eine syngedimentäre Genese. Insbesondere wird dabei auch das Auftreten kleiner Kugeln aus Pyrit (Framboide) erwähnt. Die von den Analysendaten her enge Verknüpfung mit Pyritklüftchen im diagenetisch verfestigten Sediment, lässt diese Deutung als fraglich erscheinen. Auch das einzige bezogene feinkörnige Klüftchen zeigt teilweise kugelige Ausbildung des Pyrits.



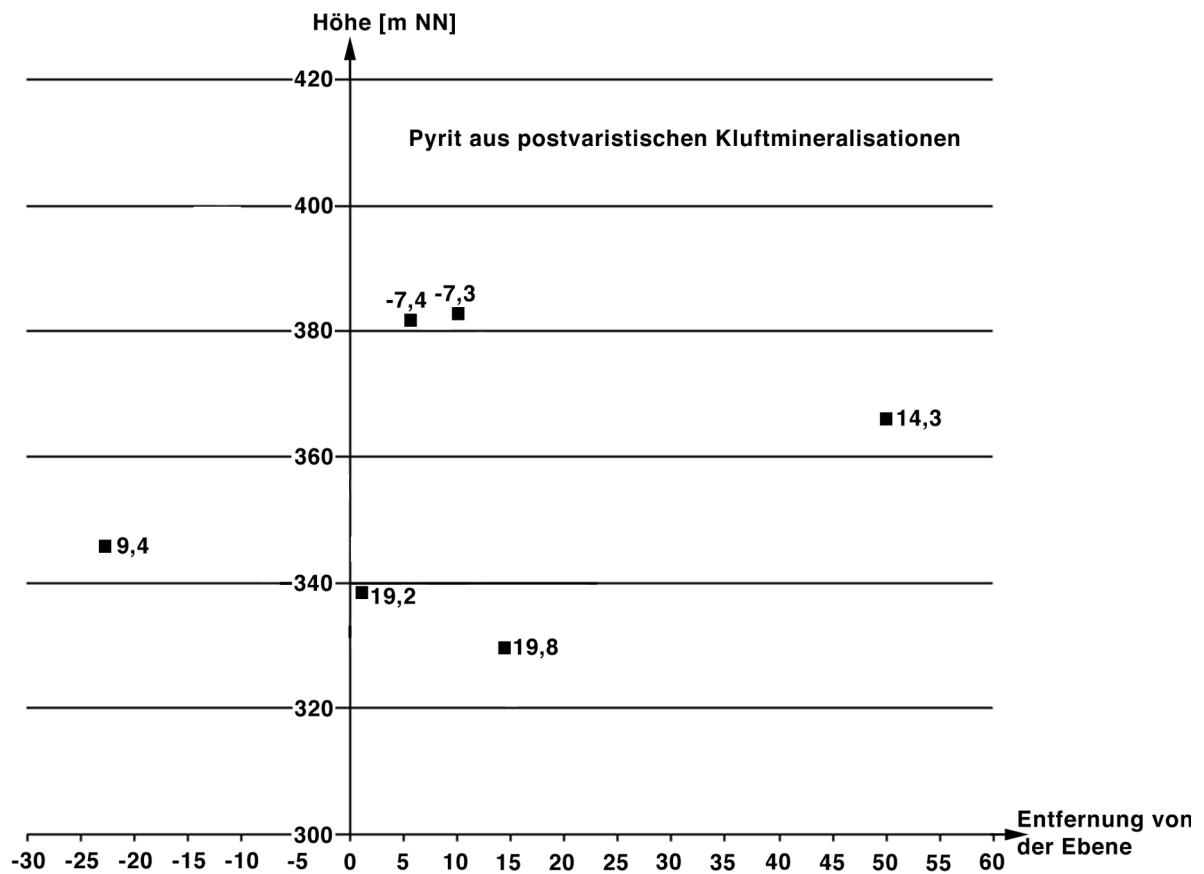
Daten wie in der vorhergehenden Abbildung, jedoch projiziert auf die idealisierte Körperebene.

Zusätzlich Angabe einer Analyse aus größerer streichender Entfernung und Höhe.

Würde ich meine Daten fälschen, so würde ich eine solche Darstellung nicht zulassen. Die beiden beschriebenen Gruppen der Analysenwerte liegen jeweils auf einer Geraden. Im Augenblick erscheint mir dies lediglich als ein Zufall, wenn auch einer, der einen zur Vorsicht mahnt bei weniger offensichtlichen Verhältnissen.

Von den varistisch gebildeten Pyriten sind die postvaristisch gebildeten leicht abzutrennen, soweit es dickere Kluftmineralisationen mit Dolomit betrifft. Offen ist eine solche Abgrenzung noch bei mikroskopisch kleinen Klüftchen, die lediglich Pyrit führen.

Die nachfolgende Darstellung zeigt die Analysen aus typischen postvaristischen Mineralisationen.



Analysen von Pyrit aus eindeutig postvaristischen Klüftmineralisationen mit Dolomit.

Zu erkennen ist, dass die wenigen Werte eine große Streubreite aufweisen. Die Werte zwischen 19 und 20 ‰ schließen dabei an die von Klüftchen an.

Man könnte durchaus einen Trend unterlegen, doch ist die Probenzahl zu klein.

Abschließende Gedanken:

Die ersten Analysen von Pyrit, die gezielt auf Pyritausbildungen für sich allein, also ohne Begleiter, abzielten, waren nicht aussagefähig. Als Konsequenz daraus wurde Pyrit nur noch dann berücksichtigt, wenn gleichzeitig andere Sulfide analysiert wurden. Speziell vermieden wurden zum Beispiel die mikroskopischen Pyrit-Klüftchen.

Stand der Erkenntnis ist nun, dass Pyrit kaum mit den anderen Sulfiden verknüpfbar ist, sodass eine weitere Bearbeitung nur auf Pyrit nach bestimmten Ausbildungen und nach räumlichen Kriterien abstellen müsste.

Saarbrücken, 2006-01-10

Nr.	Mineral	Ort	$\delta^{34}\text{S}$
001	Pyrit	Eisen	+19,75
002	Chalkopyrit	Eisen	+6,30
003	Cinnabarit	Eisen	-3,84
004	Cinnabarit	Eisen	-2,26
005	Arsenopyrit	Eisen	+9,53
006	Pyrit	Eisen	+10,46
007	Pyrit	Eisen	+21,02
008	Baryt	Eisen	+22,81
009	Pyrit	Eisen	+17,18
010	Pyrit	Eisen	+0,32
011	Pyrit	Eisen	+21,19
012	Pyrit	Eisen	+21,68
013	Baryt	Eisen	+24,79
014	Pyrit	Eisen	-0,49
015	Baryt	Eisen	+15,60
016	Baryt	Eisen	+18,76
017	Pyrit	Eisen	-16,15
018	Pyrit	Eisen	+4,03
019	Pyrit	Eisen	+10,85
020	Pyrit	Eisen	+10,53
021	Baryt	Eisen	+22,09
022	Baryt	Eisen	+19,45
023	Arsenopyrit	Eisen	-8,06
024	Baryt	Eisen	+17,78
025	Baryt	Eisen	+13,84
026	Baryt	Eisen	+19,23
027	Baryt	Eisen	+13,41
028	Baryt	Eisen	+16,50
034	Pyrit	Eisen	+11,70
035	Baryt	Eisen	+18,68
036	Pyrit	Eisen	+18,80
037	Baryt	Eisen	+15,39
038	Baryt	Eisen	+16,46
039	Baryt	Eisen	+20,05
040	Pyrit	Eisen	+3,76
041	Arsenopyrit	Eisen	+5,61
101	Markasit	Steinbach	+3,46
102	Pyrit	Steinbach	+13,30
103	Chalkopyrit	Kreimbach	-1,79
104	Digenit	Walhausen	+7,99
105	Cinnabarit	Königsberg	-18,48
106	Cinnabarit	Hermannsberg	-14,67
107	Sphalerit	Otzenhausen	-0,69
108	Chalkopyrit	Otzenhausen	-2,10
109	Galenit	Oberlöstern	+0,22
110	Cinnabarit	Baumholder	-8,51
111	Cinnabarit	Moschellandsberg	-13,74
112	Tetraedrit	Moschellandsberg	-12,36
113	Galenit	Rémelfang	-11,49

114	Sphalerit	Rémelfang	-11,92
115	Cinnabarit	Jettenbach	-9,36
116	Chalkopyrit	Jettenbach	-8,82
117	Chalkopyrit	Walhausen	+ 2,53
118	Chalkopyrit	Kreimbach	-1,84
119	Cinnabarit	Stahlberg	-19,84
120	Sphalerit	Walhausen	+3,55
121	Galenit	Walhausen	+ 3,79
122	Cinnabarit	Potzberg	-4,94
123	Cinnabarit	Potzberg	-5,02
124	Cinnabarit	Königsberg	-29,47
125	Cinnabarit	Koppelberg	-9,35
126	Cinnabarit	Potzberg	-6,92
127	Chalkopyrit	Grumbach b. Lauterecken	-13,27
128	Cinnabarit	Spitzenberg	-2,08
129	Cinnabarit	Königsberg	-17,11
130	Cinnabarit	Rathweiler	-5,23
131	Cinnabarit	Rathweiler	-4,40
132	Chalkopyrit	Oberthal	+9,50
133	Cinnabarit	Rathweiler	-6,64
134	Cinnabarit	Potzberg	-18,27
135	Cinnabarit	Hermannsberg	-16,92
136	Cinnabarit	Potzberg	-5,71
137	Cinnabarit	Rammelsbach	-27,78
138	Chalkopyrit	Rammelsbach	-28,92
139	Chalkopyrit	Luisenthal	-5,78
140	Chalkopyrit	Düppenweiler	+3,85
141	Cinnabarit	Düppenweiler	+1,98
142	Chalkopyrit	Düppenweiler	+3,36
143	Cinnabarit	Ruschberg	-7,63
144	Chalkopyrit	Oberlinxweiler	+3,61
145	Bornit	Oberlinxweiler	+4,00
146	Sphalerit	Höchen	-8,89
147	Chalkopyrit	Höchen	-7,24
148	leer		
149	Chalkopyrit	Grube Kohlwald	-8,06
150	Sphalerit	Grube Kohlwald	-6,14
151	Chalkopyrit	Luisenthal	-6,00
152	Galenit	Grube Kohlwald	-11,77
153	Sphalerit	Neunkirchen	-6,55
154	Chalkopyrit	Neunkirchen	-9,21
155	Sphalerit	Rockenhausen	+13,20
156	Cinnabarit	Moschellandsberg	+3,31
157	Galenit	Moschellandsberg	+0,64
158	Chalkopyrit	Niedermoschel	-7,18
159	Sphalerit	Niedermoschel	-6,55
160	Galenit	Niedermoschel	-8,20
161	Chalkopyrit	Rammelsbach	-24,38
162	Chalkopyrit	Eisen	-11,29
163	Markasit	Eisen	+13,63
164	Pyrit	Eisen	+14,33
165	Chalkopyrit	Bildstock	-5,31

166	Sphalerit	Bildstock	-8,55
167	Markasit	Bildstock	-16,93
168	Chalkopyrit	Düppenweiler	+22,70
169	Cinnabarit	Essweiler	-23,29
170	Chalkopyrit	Neunkirchen	-1,95
171	Markasit	Neunkirchen	-6,06
172	Pyrit	Neunkirchen	+1,82
173	Sphalerit	Neunkirchen	-8,05
174	Pyrit	Luisenthal	+9,27
175	Markasit	Luisenthal	0,89
176	Millerit	Luisenthal	-6,34
177	Chalkopyrit	Friedelhausen	+4,21
178	Cinnabarit	Hermannsberg	-14,70
179	Markasit	Rathsweiler	+5,56
180	Pyrrhotin	Friedelhausen	+2,92
181	Galenit	Bachem	-29,00
182	Markasit	Bachem	+7,38
183	Sphalerit	Bachem	-22,04
184	Sphalerit	Rümmelbach	-1,53
185	Chalkopyrit	Rümmelbach	+0,69
186	Markasit	Düppenweiler	+5,33
187	Pyrit	Düppenweiler	+0,22
188	Sphalerit	Düppenweiler	-2,96
189	Chalkopyrit	Urweiler	-1,65
190	Galenit	Urweiler	-2,90
191	Chalkopyrit	Maybach	-8,38
192	Chalkopyrit	Steinbach	-16,47
193	Galenit	Lebach	-3,27
194	Chalkopyrit	Lebach	+0,53
195	Sphalerit	Lebach	-2,35
196	Chalkopyrit	Fischbach	-7,59
197	Markasit	Fischbach	+29,77
198	Pyrit	Grube Warndt	+14,86
199	Markasit	Grube Warndt	-9,46
200	Chalkopyrit	Grube Warndt	-3,25
201	Sphalerit	Grube Warndt	-7,18
202	Chalkopyrit	Schnappach	-7,38
203	Markasit	Schnappach	-1,82
204	Pyrit	Schnappach	+2,64
205	Sphalerit	Walhausen	+ 2,87
206	Galenit	Walhausen	- 0,09
207	Chalkopyrit	Walhausen	+ 5,74
208	Galenit	Nalbach	+ 8,35
209	Sphalerit	Rümmelbach	+ 0,25
210	Pyrit	Lebach	- 10,87
211	Chalkopyrit	Quierschied	- 9,71
212	Galenit	Düppenweiler	+ 11,58
213	Sphalerit	Bethingen	- 4,33
214	Galenit	Bethingen	- 7,21
215	Pyrit	Bethingen	+ 14,75
216	Markasit	Bethingen	+ 14,02
217	Pyrit	Walhausen	+ 3,49

218	Galenit	Walhausen	+ 4,37
219	Digenit	Walhausen	+ 4,98
220	Chalkopyrit	Walhausen	+ 3,58
221	Bornit	Walhausen	+ 3,54
222	Tennantit	Düppenweiler	+ 1,89
223	Cinnabarit	Potzberg	- 19,84
224	Chalkopyrit	Nonnweiler	- 36,93
225	Bornit	Sonnenberg	+ 2,61
226	Sphalerit	Luisenthal	- 3,18
227	Chalkosin	Reimsbach	- 1,67
228	Chalkopyrit	Walhausen	+ 3,11
229	Chalkopyrit	Erzweiler	-4,09
230	Chalkopyrit	Walhausen	-0,62
231	Chalkopyrit	Steinberg-Deckenhardt	+48,67
232	Cinnabarit	Nalbach	-3,75
233	Cinnabarit	Reichenbach	-2,73
234	Markasit	Eisen	+3,23
235	Chalkopyrit	Gimbweiler	-0,20
236	Galenit	Gimbweiler	+14,03
237	Cinnabarit	Erzweiler	-4,63
238	Chalkopyrit	Erzweiler	-3,53
239	Pyrit	Fremersdorf	-23,88
240	Covellin	Reichenbach	+4,97
241	Chalkopyrit	Walhausen	+0,32
242	Pyrit	Weiler	-16,27
243	leer		
244	leer		
245	Pyrit	Ellweiler	+7,74
246	Chalkopyrit	St. Ingbert	-11,24
247	Pyrit	Vaucremont	+12,89
248	Sphalerit	Vaucremont	-8,32
249	Galenit	Vaucremont	-14,97
250	Chalkopyrit	Schmelz	+12,03
251	Galenit	Rémelfang	-14,21
252	Pyrit	Lauterbach	-3,23
253	Pyrit	Lauterbach	+17,68
254	Chalkopyrit	Lauterbach	-6,03
255	Galenit	Ludweiler	-10,74
256	Sphalerit	Ludweiler	-7,66
257	Sphalerit	Kastel	-1,03
258	Chalkopyrit	Kastel	-0,58
259	Pyrit	Kastel	1,58
260	Pyrit	Lauterbach	-27,13
261	Sphalerit	Bouzonville	-14,05
262	Pyrit	Lauterbach	+2,93
263	Chalkopyrit	Lauterbach	-3,29
264	Sphalerit	Alzing	-5,78
265	Sphalerit	Lauterbach	-3,55
266	Pyrit	Lauterbach	+1,66
267	Sphalerit	Oberlöstern	+8,11
268	Chalkopyrit	Oberlöstern	+0,80
269	Markasit	Halling	-24,10

270	Pyrit	Halling	+35,26
271	Sphalerit	Halling	-8,96
272	Galenit	Halling	-19,45
273	Pyrit	Luisenthal	-14,77
274	Pyrit	Lauterbach	+5,81
275	Galenit	Waldhambach	+8,07
276	Sphalerit	Waldhambach	+9,96
277	Galenit	Bobenthal	-25,15
278	Sphalerit	Bobenthal	-25,78
279	Chalkopyrit	Reimsbach	+15,87
280/1	Markasit	Reimsbach	+4,16
280/2	Markasit	Reimsbach	+3,90
281	Pyrit	Reimsbach	+11,36
282	Millerit	Luisenthal	-6,20
283	Sphalerit	Luisenthal	-5,13
284	Pyrit	Luisenthal	+11,87
285	Chalkopyrit	Luisenthal	-4,91
286	Galenit	Luisenthal	-9,10
287	Galenit	Mariahütte	-0,18
288	Chalkopyrit	Mariahütte	-3,13
289	Pyrit	Mariahütte	-15,26
290	Sphalerit	Mariahütte	-2,42
291	Galenit	Schwarzenbach	-2,16
292	Sphalerit	Schwarzenbach	+2,20
293	Chalkopyrit	Schwarzenbach	-0,01
294	Galenit	Otzenhausen	-2,55
295	Sphalerit	Otzenhausen	+1,38
296	Chalkopyrit	Otzenhausen	+0,71
297	Pyrit	Luisenthal	-15,11
298	Markasit	Luisenthal	-16,85
299	Pyrit	Oberlöstern	-10,91
300	Pyrit	Otzenhausen	+17,93
300/1	Pyrit	Otzenhausen	+17,91
301	Pyrit	Schwarzenbach	3,42
302	Chalkopyrit	Schmelz, Steinacker	+16,75
303	Galenit	Grube Reden, Halde	-12,01
304	Sphalerit	Grube Reden, Halde	-8,81
305	Chalkopyrit	Grube Reden, Halde	-9,15
306	Chalkopyrit	Hasborn	-5,84
307	Galenit	Otzenhausen	-4,13
308	Cinnabarit	Bad Kreuznach	-7,44
309	Pyrit	Niederkirchen	-36,51
310	Chalkopyrit	Niederkirchen	-5,25
311	Markasit	Hasborn	+5,53
312	Pyrit	Hasborn	-5,32
313	Galenit	Kastel	-2,97
314	Sphalerit	Kastel	1,62
315	Sphalerit	Grube Warndt	-5,69
316	Chalkopyrit	Grube Warndt	-6,29
317	Chalkopyrit	Grube Götzelborn	-7,19
318	Sphalerit	Grube Ensdorf	-1,01
319	Sphalerit	Grube Ensdorf	-0,66

320	Pyrit	Grube Ensdorf	-21,89	
321	Chalkopyrit	Hasborn	-1,85	
322	Chalkopyrit	Grube Jägersfreude	-8,06	
323	Chalkopyrit	Walhausen	+5,17	
324	Sphalerit	Walhausen	+3,78	
325	Galenit	Walhausen	+1,33	
326	Chalkopyrit	Eisen	-8,04	
327	Sphalerit	Eisen	-10,54	
328	Galenit	Eisen	-11,00	
329	Pyrit	Eisen	+9,42	
330	Chalkopyrit	Walhausen	+12,02	
331	Galenit	Walhausen	+7,73	
332	Millerit	Grube Franziska	-7,87	
333	Sphalerit	Grube Franziska	-6,18	
334	Chalkopyrit	Maybach	-11,21	
335	Pyrit	Maybach	+1,66	
336	Pyrit	Hasborn	-29,11	
337	Galenit	Weiler	-14,68	
338	Cinnabarit	Lemberg	-8,12	
339	Tetraedrit	Lemberg	-6,35	
340	Cinnabarit	Lemberg	-6,75	
341	Sphalerit	Eisen	+1,44	
342	Galenit	Grube Frankenholz	-8,71	
343	Sphalerit	Grube Frankenholz	-6,75	
344	Chalkopyrit	Dörsdorf	-1,65	
345	Chalkopyrit	Grube Camphausen	-8,71	
346	Galenit	Castelberg	-2,13	
347	Chalkopyrit	Sötern	-3,10	
348	Sphalerit	Sötern	-1,85	
349	Pyrit	Sötern	+13,57	
350	Galenit	Sötern	-4,91	
351	Chalkopyrit	Grube Simon	-5,99	
352	Sphalerit	Grube Simon	-6,06	
353	Galenit	Mainville, Dép.M-et-M, 12 km NW Briey		-5,94
354	Chalkopyrit	Braunshausen	-2,07	
355	Sphalerit	Braunshausen	-1,91	
356	Pyrit	Braunshausen	-8,41	
357	Markasit	Steinbach	+16,70	
358	Sphalerit	Düppenweiler	+ 15,54	
359	Chalkopyrit	Fischbach	-3,36	
360	Markasit	Weiler	+5,49	
361	Tetraedrit	Eisen	+1,57	
362	Galenit	Eisen	-2,47	
363	Sphalerit	Velsen	-8,70	
364	Galenit	Velsen	+9,22	
365	Tetraedrit	Eisen	-4,12	
366	Galenit	Eisen	-10,04	
367	Cinnabarit	Moschellandsberg	-21,79	
368	Tetraedrit	Moschellandsberg (?)	-12,75	
369	Pyrit	Pachten	+33,42	
370	Markasit	Pachten	0,00	
371	Sphalerit	Pachten	-12,34	

372	Galenit	Pachten	-20,85
373	Chalkopyrit	Walhausen	-1,65
374	Galenit	Walhausen	+0,31
375	Galenit	Warndtschacht	-1,65
376	Sphalerit	Warndtschacht	+0,30
377	Chalkopyrit	Kastel	+9,83
378	Chalkopyrit	Rathweiler	-6,02
379	Galenit	Steinbach	+9,61
380	Chalkopyrit	Steinbach	+11,94
381	Sphalerit	Steinbach	-11,40
382	Chalkopyrit	Steinbach	-8,86
383	Galenit	Spiemont	+3,79
384	Chalkopyrit	Spiemont	+4,53
385	Sphalerit	Walhausen	+2,13
386	Galenit	Walhausen	+1,23
387	Sphalerit	Jägersfreude	-8,29
388	Chalkopyrit	Jägersfreude	-9,67
389	Pyrit	Dorf	-3,95
390	Cinnabarit	Erzweiler	-6,39
391	Galenit	Jägersfreude	-13,57
392	Galenit	Walhausen	-0,82
393	Chalkopyrit	Eisen	+2,66
394	Pyrit	Eisen	+1,13
395	Cinnabarit	Eisen	+1,24
396	Chalkopyrit	Eisen	+0,88
397	Pyrit (1)	Eisen	+12,94
398	Pyrit (2)	Eisen	+14,31
399	Pyrit (3)	Eisen	+19,19
400	Sphalerit	Werschweiler	+3,66
401	Galenit	Otzenhausen	-1,77
402	Chalkopyrit	Otzenhausen	+0,21
403	Markasit	Eisen	+11,22
404	Chalkopyrit	Eisen	+4,15
405	Pyrit	Eisen	+18,08
406	Arsenopyrit	Eisen	+2,18
407	Pyrit	Eisen	+2,41
408	Pyrit (1)	Eisen	-17,65
409	Pyrit (2)	Eisen	-6,05
410	Pyrit (3)	Eisen	+6,92
411	Markasit	Eisen	-5,85
412	Cinnabarit	Eisen	-5,39
413	Pyrit	Luisenthal	-16,62
414	Cinnabarit	Erzweiler	-5,58
415	Cinnabarit	Erzweiler	-7,28
416	Cinnabarit	Erzweiler	-9,77
417	Pyrit	Eisen	-7,38
418	Cinnabarit	Eisen	-4,78
419	Chalkopyrit	Eisen	-9,34
420	Cinnabarit	Potzberg	-6,59
421	Cinnabarit	Potzberg	-1,89
422	Cinnabarit	Stahlberg	-18,03
423	Pyrit	Eisen	+7,96

424	Arsenopyrit	Eisen	+6,44
425	Pyrit	Eisen	+1,26
426	Arsenopyrit	Eisen	-2,75
427	Sphalerit	Potzberg	-7,56
428	Cinnabarit	Potzberg	-7,38
429	Markasit	Mörsfeld	-0,25
430	Cinnabarit	Potzberg	-11,36
431	Sphalerit	Potzberg	-11,86
432	Chalkopyrit	Potzberg	-11,04
433	Markasit	Potzberg	-25,98
434	Pyrit (1)	Potzberg	-14,33
435	Cinnabarit	Potzberg	-16,54
436	Cinnabarit	Potzberg	-7,06
437	Cinnabarit	Potzberg	-31,52
438	Cinnabarit	Potzberg	-8,54
439	Sphalerit	Potzberg	-9,77
440	Cinnabarit	Moschellandsberg	-5,28
441	Cinnabarit	Moschellandsberg	-21,33
442	Pyrit	Moschellandsberg	-22,06
443	Cinnabarit	Mörsfeld	+0,31
444	Cinnabarit	Mörsfeld	+6,30
445	Cinnabarit	Koppelberg	-14,67
446	Cinnabarit	Moschellandsberg	-15,58
447	Cinnabarit	Koppelberg	-13,87
448	Cinnabarit	Koppelberg	-14,78
449	Cinnabarit	Koppelberg	-12,87
450	Cinnabarit	Moschellandsberg	-31,22
451	Markasit	Moschellandsberg	-31,25
452	Chalkopyrit	Gondenu	+5,51
453	Pyrit	Gondenu	+5,66
454	Sphalerit	Gondenu	+8,00
455	Galenit	Gondenu	+5,71
456	Pyrit	Gondenu	+7,01
457	Sphalerit	Gondenu	+8,18
458	Chalkopyrit	Gondenu	+7,34
459	Galenit	Gondenu	+6,85
460	Galenit	Sitzerath	-1,45
461	Pyrit	Grube Göttelborn	-10,62
462	Chalkopyrit	Grube Göttelborn	-15,29
463	Markasit	Grube Göttelborn	+15,45
464	Galenit	Hargarten	-6,04
465	Arsenopyrit	Eisen	+10,44
466	Pyrit	Eisen	+0,22
467	Arsenopyrit	Eisen	+8,09
468	Pyrit	Eisen	+1,75
469	Arsenopyrit	Eisen	+0,35
470	Pyrit (1)	Eisen	+9,65
471	Pyrit (2)	Eisen	+20,39
472	Arsenopyrit	Eisen	-6,98
473	Chalkopyrit	Eisen	-1,93
474	Arsenopyrit	Eisen	-0,15
475	Pyrit	Eisen	+2,64

476	Arsenopyrit	Eisen	+10,75
477	Pyrit	Eisen	+11,66
478	Arsenopyrit	Eisen	+2,78
479	Galenit	Reimsbach	-12,85
480	Sphalerit	Reimsbach	-11,49
481	Pyrit	Reimsbach	-1,69
482	Markasit	Reimsbach	-1,12
483	Arsenopyrit	Eisen	+14,15
484	Pyrit	Eisen	+9,08
485	Pyrit	Eisen	+13,43
486	Galenit	Eisen	+5,27
487	Chalkopyrit	Eisen	+0,34
488	Sphalerit	Eisen	-7,57
489	Pyrit	Eisen	-8,21
490	Cinnabarit	Potzberg	-16,17
491	Pyrit	Bundenbach	+5,65
492	Chalkopyrit	Bundenbach	+12,51
493	Galenit	Bundenbach	+12,62
494	Sphalerit (1)	Bundenbach	+12,28
495	Sphalerit (2)	Bundenbach	+11,75
496	Cinnabarit	Düppenweiler	+1,76
497	Cobaltit	Düppenweiler	+3,86
498	Cinnabarit	Düppenweiler	+0,56
499	Chalkopyrit	Düppenweiler	+0,66
500	Covellin	Düppenweiler	+6,05
501	Djurleit	Düppenweiler	+5,27
502	Pyrit	Eisen	-20,42
503	Galenit	Eisen	-7,28
504	Chalkopyrit	Eisen	-2,86
505	Arsenopyrit	Eisen	-1,17
506	Pyrit (1)	Eisen	+4,73
507	Pyrit (2)	Eisen	+9,83
508	Tennantit	Hochwald	-0,52
509	Cinnabarit	Stahlberg	-11,74
510	Cinnabarit	Stahlberg	-19,23
511	Cinnabarit	Potzberg	-8,28
512	Chalkopyrit	Potzberg	-11,34
513	Cinnabarit (1)	Stahlberg	-20,42
514	Cinnabarit (2)	Stahlberg	-7,65
515	Cinnabarit (3)	Stahlberg	-12,12
516	Markasit	Creutzwald	-2,23
517	Pyrit (1)	Creutzwald	-12,05
518	Pyrit (2)	Creutzwald	-31,02
519	Chalkopyrit	Creutzwald	-4,56
520	Sphalerit	Creutzwald	-7,45
521	Cinnabarit	Mörsfeld	+6,78
522	Sphalerit	Mörsfeld	-2,66
523	Cinnabarit	Mörsfeld	-1,04
524	Markasit	Mörsfeld	-1,50
525	Markasit	Mörsfeld	-9,53
526	Cinnabarit (1)	Stahlberg	-0,78
527	Cinnabarit (2)	Stahlberg	-0,36

528	Pyrit	Mörsfeld	-8,08
529	Cinnabarit	Stahlberg	-10,47
530	Cinnabarit	Stahlberg	-20,68
531	Sphalerit	Stahlberg	-5,74
532	Galenit	St.Avoid	-3,13
533	Cinnabarit	Erzweiler	-4,25
534	Pyrit (1)	Eisen	+11,52
535	Pyrit (2)	Eisen	+9,97
536	Markasit	Düppenweiler	+15,01
537	Pyrit	Düppenweiler	+14,64
538	Sphalerit	Mörsfeld	-1,39
539	Chalkopyrit	Mörsfeld	-6,73
540	Galenit	Mörsfeld	-7,33
541	Cinnabarit	Mörsfeld	+7,08
542	Pyrit	Mörsfeld	+6,57
543	Markasit	Mörsfeld	+0,76
544	Cinnabarit	Erzweiler	-5,53
545	Cinnabarit (1)	Potzberg	-8,02
546	Cinnabarit (2)	Potzberg	-8,19
547	Cinnabarit (2)	Potzberg	-23,77
548	Cinnabarit	Lemberg	-8,54
549	Sphalerit	Altlay	+11,57
550	Galenit	Altlay	+11,34
551	Chalkopyrit	Altlay	+11,74
552	Galenit/Sphalerit	Altlay	+10,56
553	Sphalerit	Reimsbach	+0,04
554	Galenit	Reimsbach	-22,42
555	Pyrit	Reimsbach	+11,49
556	Markasit	Reimsbach	+12,33
557	Sphalerit	Eisen	-3,63
558	Galenit	Eisen	+6,36
559	Pyrit	Eisen	+12,97
560	Pyrit (1)	Eisen	+20,16
561	Pyrit (2)	Eisen	+6,14
562	Pyrit (3)	Eisen	+4,51
563	Cinnabarit	Potzberg	-25,75
564	Pyrit	Potzberg	+0,15
565	Cinnabarit	Potzberg	-10,11
566	Chalkopyrit	Eisen	-11,17
567	Cinnabarit	Eisen	-5,04
568	Pyrit	Eisen	-7,34
569	Sphalerit	Primsmulde	-4,48
570	Galenit	Primsmulde	-6,05
571	Chalkopyrit	Primsmulde	-3,25
572	Sphalerit (1)	Lieg, Hunsrück	0,01
573	Galenit	Lieg, Hunsrück	-0,60
574	Sphalerit (2)	Lieg, Hunsrück	-1,05
575	Cinnabarit	Potzberg	-6,43
576	Chalkopyrit	Potzberg	-7,37
577	Sphalerit	Potzberg	-9,56
578	Pyrit	Potzberg	-6,96
579	Markasit	Potzberg	+12,70

580	Cinnabarit	Potzberg	-7,85
581	Sphalerit	Wallerfangen	-9,57
582	Pyrit	Neunkirchen/Hunsrück	-8,74
583	Galenit	Neunkirchen/Hunsrück	-4,03
584	Chalkopyrit	Neunkirchen/Hunsrück	-2,53
585	Tetraedrit	Neunkirchen/Hunsrück	-3,86
586	Tetraedrit	Neunkirchen/Hunsrück	-2,62
587	Chalkopyrit	Neunkirchen/Hunsrück	+0,97
588	Galenit	Neunkirchen/Hunsrück	-4,74
589	Chalkopyrit	Neunkirchen/Hunsrück	-1,48
590	Galenit	Gielert	-2,34
591	Pyrit	Gielert	+14,73
592	Tetraedrit	Gielert	-0,25
593	Bornit	Düppenweiler	-28,07
594	Molybdänit	Dörsdorf	-3,68
595	Markasit	Dörsdorf	+10,06
596	Galenit	Weiden	-0,63
597	Sphalerit	Weiden	+1,72
598	Chalkopyrit	Weiden	+1,29
599	Cinnabarit	Moschellandsberg	+22,06
600	Tetraedrit	Moschellandsberg	-5,6
601	Tetraedrit	Moschellandsberg	-13,40
602	Pyrit	Moschellandsberg	-8,09
603	Tetraedrit	Moschellandsberg	-17,66
604	Cinnabarit	Moschellandsberg	-58,06
605	Chalkopyrit	Burtscheid	-1,18
606	Cinnabarit	Eisen	-7,02
607	Chalkopyrit	Eisen	-1,16
608	Pyrit	Eisen	-4,63
609	Tetraedrit	Moschellandsberg	-14,88
610	Cinnabarit	Moschellandsberg	-19,53
611	Cinnabarit	Baumholder	-10,51
612	Cinnabarit	Baumholder	-6,99
613	Cinnabarit	Erzweiler	-6,31
614	Galenit	Annenberg	-4,31
615	Chalkopyrit	Annenberg	-5,24
616	Sphalerit	Annenberg	-1,30
617	Tetraedrit	Annenberg	-5,18
618	Galenit	Hergarten	-2,82
619	Cinnabarit	Rathsweiler	-6,77
620	Galenit	Falck	-2,75
621	Pyrit (1)	Eisen	+7,23
622	Pyrit (2)	Eisen	+12,58
623	Sphalerit	Eisen	-9,64
624	Tetraedrit	Eisen	-0,24
625	Pyrit	Eisen	+1,66
626	Sphalerit	Eisen	-2,31
627	Pyrit	Eisen	+5,58
628	Sphalerit	Eisen	+5,86
629	Sphalerit	Xocourt	-4,78
630	Pyrit	Xocourt	+8,72
631	Bornit	Düppenweiler	+2,52

632	Markasit	Mörsfeld	-11,25
633	Galenit	Weiden	-4,37
634	Chalkopyrit	Weiden	-3,97
635	Sphalerit	Weiden	+4,18
636	Pyrit (1)	Weiden	+1,91
637	Pyrit (2)	Weiden	+16,30
638	Galenit	Franzenheim	+4,11
639	Sphalerit	Franzenheim	+3,98
640	Chalkopyrit	Franzenheim	+4,32
641	Pyrit	Franzenheim	+4,41
642	Pyrit	Hockweiler	+3,97
643	Sphalerit	Hockweiler	+4,78
644	Galenit	Hockweiler	+2,98
645	Chalkopyrit	Hockweiler	+4,29
646	Sphalerit	Hockweiler	+4,29
647	Galenit	Hockweiler	+2,36
648	Chalkopyrit	Hockweiler	+4,05
649	Galenit	Hockweiler	+2,92
650	Sphalerit	Hockweiler	+4,95
651	Pyrit	Hockweiler	+4,29
652	Chalkopyrit	Gimbweiler	-4,31
653	Pyrit	Luisenthal	-13,32
654	Sphalerit	Luisenthal	-6,70
655	Sphalerit	Weiden	+3,23
656	Chalkopyrit	Weiden-Hottenbach	-3,74
657	Sphalerit	Weiden-Hottenbach	-3,75
658	Arsenopyrit	Eisen	-5,70
659	Pyrit	Düppenweiler	+19,16
660	Bornit	Düppenweiler	+2,15
661	Djurleit	Düppenweiler	+14,08
662	Galenit	Weiden	-6,41
663	Galenit	Weiden	-5,06
664	Markasit	Düppenweiler	+14,18
665	Cobaltit	Düppenweiler	+4,15
666	Chalkopyrit	Düppenweiler	+1,69
667	Cinnabarit	Rathweiler	-6,62
668	Cinnabarit	Rathweiler	-6,31
669	Cinnabarit	Düppenweiler	-1,66
670	Bornit	Düppenweiler	+2,14
671	Cinnabarit	Düppenweiler	-1,41
672	Cinnabarit	Düppenweiler	-1,39
673	Cinnabarit	Düppenweiler	-1,23
674	Pyrit	Reimsbach	-19,15
675	Markasit	Reimsbach	-11,79
676	Cinnabarit	Düppenweiler	-1,62
677	Galenit	Kautenbach	-41,84
678	Chalkopyrit	Hunolstein	+9,42
679	Sphalerit	Hunolstein	+9,23
680	Galenit	Hunolstein	+7,36
681	Pyrit	Hunolstein	+5,62
682	Chalkopyrit	Hunolstein	+3,28
683	Pyrit	Hunolstein	+3,10

684	Chalkopyrit	Etgert	+9,52
685	Sphalerit	Etgert	+9,35
686	Galenit	Etgert	+7,88
687	Tetraedrit	Bernkastel	-1,40
688	Chalkopyrit	Bernkastel	+0,02
689	Galenit	Bernkastel	-4,01
690	Chalkopyrit	Walhausen	+2,44
691	Bornit	Walhausen	+2,61
692	Chalkosin	Walhausen	-7,41
693	GREENOCKIT	Kreimbach	-3,22
694	Chalkopyrit	Gimbweiler	-4,68
695	Pyrit	Gimbweiler	+10,69
696	Sphalerit	Buhlenberg	+4,14
697	Chalkopyrit	Annenberg bei Monzelfeld	-2,39
698	Chalkosin	Reimsbach	+18,74
699	Sphalerit	Fenne	-1,15
700	Pyrit	Fenne	+23,06
701	Cinnabarit	Baumholder	-11,40
702	Galenit	Odert	+1,66
703	Chalkopyrit	Odert	+1,52
704	Sphalerit	Odert	+4,01
705	Pyrit	Odert	+3,24
706	Cinnabarit	Stahlberg	-2,72
707	Galenit	Ensdorf	-8,60
708	Chalkopyrit	Ensdorf	-5,23
709	Chalkopyrit	Düppenweiler	+2,94
710	Chalkopyrit	Düppenweiler	+4,08
711	Chalkopyrit	Düppenweiler	+4,08
712	Cinnabarit	Jettenbach	+15,49
713	Sphalerit	Dudweiler	-15,15
714	Pyrit	Dudweiler	-25,71
715	Pyrit	Walhausen	+3,44
716	Pyrit	Reichweiler	-3,84
717	Pyrit	Eisen	+8,71
718	Pyrit	Eisen	+14,92
719	Pyrit	Eisen	+0,44
720	Bornit	Düppenweiler	+6,53
721	Digenit	Walhausen	+6,26
722	Pyrit	Luisenthal	-17,13
723	Digenit	Düppenweiler	+3,78
724	Pyrit	Eisen	+1,13

Nr.	Ort	Details des Ortes	Details der Probe
001	Eisen	Dolomitkluft Pkt.81076 - 81078	xx, massiv über klaren Dol.-xx
002	Eisen	Dolomitkluft Pkt.81076 - 81078	xx mit etwas Pyrit/Ni-Pyrit-xx
003	Eisen	Dolomitklüfte, Bereich 61187	xx (jüngere Phase)
004	Eisen	Dolomitkluft mit viel Cinn., Pkt. 61 165	massiv, dunkel (ältere Phase)
005	Eisen	CON 328	
006	Eisen	CON 328	Große xx
007	Eisen	CON 328	Klüftchen
008	Eisen	CON 328	
009	Eisen	Bei Pkt. 82015	P.bank in Dol.lage im schiefrigen Ober-Ems
010	Eisen	Bei Pkt. 61132	Phengitschiefer
011	Eisen	Bei Pkt. 61132	P.klüftchen,möglichst ohne aufgewachs. xx
012	Eisen	Bei Pkt. 61132	P.klüftchen,möglichst mit viel aufgewachs. xx
013	Eisen	Firste bei Pkt. 81083	Große Querkluft m. Baryt/Pyrit(streifig)
014	Eisen	Firste bei Pkt. 81083	Große Querkluft m. Baryt/Pyrit(streifig)
015	Eisen	Bei Pkt. 74113	Druse mit großen klaren Baryt-xx.
016	Eisen	Bei Pkt. 71149	Barytlage in Kalken.
017	Eisen	Nähe Pkt.71117. CON 307	Pyrit-xx-Aggregate,großenteils kugelig
018	Eisen	Pkt.71092. CON 281	Einzel-xx, nur Pentagondodekaeder.
019	Eisen	Bei Pkt. 72229, CON 300	Derbe Klüftchen, feinkörnig.
020	Eisen	Bei Pkt. 72229, CON 300	Aggregate, unregelmäßige Form
021	Eisen	KB 3/1984 bei 54,85 m	Kluft in kiesligem Schiefer
022	Eisen	KB 3/1984, 57,60-57,70 m	Lage in kiesligem Schiefer
023	Eisen	Pkt. 71185	Aus Schiefer.
024	Eisen	Pkt. 61169	Mineralis. in Kalk u. Phengitschiefer.
025	Eisen	Pkt. 61167, CON 467	Alte Querkluft in Kalk.
026	Eisen	Pkt. 61167, CON 467	wie 025, aber vereinzelt in Kalk.
027	Eisen	Pkt. 61167, CON 467	Klarer mit Chalkopyrit, verm.postvaristisch.
028	Eisen	Pkt. 61167, CON 467	Pseudomorph nach Fossilien.
034	Eisen	Pkt. 63026	Feinkörnige Bank, blüht stark aus.
035	Eisen	5.Sohle,Verbr.neben Versatzrolle.<mittl.TS	„Hahnenkamm“baryt im Nebengestein.

036	Eisen	5.Sohle,Verbr.neben Versatzrolle.<mittl.TS	Würfel,Rasen auf Querkluft (postvaristisch)	
037	Eisen	5.Sohle,Verbr.neben Versatzrolle.<mittl.TS	Derb,blättrig wie 035,aber dickere Blätter.	
038	Eisen	5.Sohle,Verbr.neben Versatzrolle.<mittl.TS	Rosa Kluff(postvaristisch)in ält.massiven Baryt.	
039	Eisen	6.Sohle,Abbauhohlraum im E,Firstnachfall		
040	Eisen	6.Sohle,Abbauhohlraum im E,Firstnachfall		
041	Eisen	Bei Pkt.81074, CON 478	Pentagondodekaeder bis 17 mm	
101	Steinbach	Steinbruch Setz	Ältere Generation.	
102	Steinbach	Steinbruch Setz	Ältere Generation, 2.Wert 13,45	
103	Kreimbach		Steinbruch. Aus Aplit mit Baddeleyit.	
104	Walhausen		Bergener Stollen	
105	Königsberg		Unterer Pfälzer Muth,Halde	
106	Hermannsberg		Grauelsdell	
107	Otzenhausen		Kloppbruchweiher. Aus Koproolith neben Chalkopyrit	
108	Otzenhausen		Kloppbruchweiher. Aus Koproolith neben Sphalerit	
109	Oberlöstern			
110	Baumholder,	Albenkleeb		
111	Moschellandsberg		Galgenwald, BISTAN Nr.3	
112	Moschellandsberg		Carolina, Material Schlabach	
113	Rémelfang		alter Wert (vertauscht) -12,54	005
114	Rémelfang		alter Wert (vertauscht)	005
115	Jettenbach		Steinbr. Potschberg. Mit Chalkopyrit.	097
116	Jettenbach		Steinbr. PotschbergCinnabarit.	097
117	Walhausen		Sieh dich vor, Halde. Mit Sphalerit u. Galenit.	099
118	Kreimbach		Steinbruch. Mit Pump./Julg,Quarz, Epidot/Allanit ...	093
119	Stahlberg	Katzenbach,Steinkreuz, NE-Seite, Magmatit	Hellrot.	
120	Walhausen		Sieh dich vor, Halde. Mit Chalkopyrit u. Galenit.	099
121	Walhausen		Sieh dich vor, Halde. Mit Chalkopyrit u. Sphalerit.	099
122	Potzberg	Elisabeth, Pkt.884	Hellrot	100
123	Potzberg	Elisabeth, Pkt. 884	Dunkelrot. -5,13/-4,91	100
124	Königsberg		Hohe Buche, Uranschurf	
125	Koppelberg			
126	Potzberg	Elisabeth, Spatgang	Auf Baryt	
127	Grumbach b.	Lauterecken	Steinbruch	
128	Spitzenberg		Spitzenberg, Hinterer Zug	

129	Königsberg	Grube Aschbach	
130	Rathsweiler	Rotkampf	
131	Rathsweiler	Hohlbusch, Tagebau. Auf Baryt	
132	Oberthal Gronig, Schachthalde		
133	Rathsweiler	Hohlbusch, direkt am Gesenk	
134	Potzberg Kellerhäuschen		
135	Hermannsberg	Pfaffenborn bei Oberweiler. Auf Baryt	
136	Potzberg Elisabeth,Pkt.912=Probe 6(1993-8-7)	Dunkel, spätig	
137	Rammelsbach	Steinbruch. Mit Chalkopyrit u. Hämatit	101
138	Rammelsbach	Steinbruch. Mit Cinnabarit u. Hämatit	101
139	Luisenthal, QS W 80-4 (1998-7-23)		102
140	Düppenweiler	Ausräumung Firstenstoßbau, Dolomitgest., lange xx	
141	Düppenweiler	Grabung am MOTSCH-Sch. 1998-7-4. Sehr reich an Cinnabarit, mit Chalkopyrit	104
142	Düppenweiler	Grabung am MOTSCH-Sch. 1998-7-4. Mit Cinnabarit.	104
143	Ruschberg	Gr. Clarashall. Auf Baryt	
144	Oberlinxweiler	Steinbr.Spiemont,Barytgang(OCKFEN 1998). Mit Bornit.	
145	Oberlinxweiler	Steinbr.Spiemont,Barytgang(OCKFEN 1998). Mit Chalkopyrit.	
146	Höchen Grube Frankenholz,Halde Höchen	Mit derb.Kaolinit auf Siderit-mineral.Sandst.	
147	Höchen Grube Franholz,Halde Höchen	Auf Siderit-xx, Probe Fr 003.	
148	Leer		
149	Grube Kohlwald	Grube Kohlwald, Halde. Mit Sphalerit.	
150	Grube Kohlwald	Grube Kohlwald, Halde. Mit Chalkopyrit	
151	Luisenthal, Alsbachfeld bei Rich.Sch.2,Richtstr.A 86		
152	Grube Kohlwald	Grube Kohlwald, Halde. mit Siderit,sehr wenig Sphal. u. Chalkop.	
153	Neunkirchen	Straßenbaust. am Kohlwald-Aufstieg.	
154	Neunkirchen	Straßenbaust. am Kohlwald-Aufstieg.	
155	Rockenhausen	Steinbr.Hintersteinerhof. Löserückst.KOHOUT mit Quarz u. Pyrit.	
156	Moschellandsberg	Gr.Carolina, Schwarzer Gang. Mit Galenit	
157	Moschellandsberg	Gr.Carolina, Schwarzer Gang. Mit Cinnabarit	
158	Niedermoschel	Seelberg, Stollenhalde. Mit Sphalerit u.Galenit	
159	Niedermoschel	Seelberg, Stollenhalde. Mit Chalkopyrit u. Galenit	
160	Niedermoschel	Seelberg, Stollenhalde. Mit Chalkopyrit u. Sphalerit	
161	Rammelsbach	N-Bruch	

162	Eisen, 7.Sohle,2.Teils., Pkt.72069	Mit Markasit u. Pyrit
163	Eisen, 7.Sohle,2.Teils., Pkt.72069	Mit Chalkopyrit u. Pyrit
164	Eisen 7.Sohle,2.Teils., Pkt.72069	Mit Chalkopyrit u. Markasit
165	Bildstock Grube Helene, Halde	Mit Sphalerit
166	Bildstock Grube Helene, Halde	Mit Chalkopyrit
167	Bildstock Grube Helene, Halde	
168	Düppenweiler	Lesestück auf Mauer beim Kunstschacht. Feinkörniger,derber Chalkop.-Gang,keine xx
169	Essweiler Sportplatz	
170	Neunkirchen, Grube König	
171	Neunkirchen, Grube König	
172	Neunkirchen, Grube König	
173	Neunkirchen, Grube König	
174	Luisenthal Förderberg Flöz 1 aus QS W 80-4	
175	Luisenthal Förderberg Flöz 1 aus QS W 80-4	
176	Luisenthal Förderberg Flöz 1 aus QS W 80-4	
177	Friedelhausen, Kalkbergwerk	
178	Hermannsberg, Neue Hoffnung	
179	Rathweiler, Rotkampf	
180	Friedelhausen, Kalkbergwerk	
181	Bachem	Mit Markasit u. Sphalerit
182	Bachem	
183	Bachem	Mit Galenit u.Markasit
184	Rümmelbach	Mit Chalkopyrit
185	Rümmelbach	
186	Düppenweiler	
187	Düppenweiler	
188	Düppenweiler	Mit Markasit u. Pyrit
189	Urweiler	
190	Urweiler	
191	Maybach	
192	Steinbach Steinbruch Setz	
193	Lebach Todenbachgraben	
194	Lebach Todenbachgraben	

195	Lebach Todenbachgraben	Mit Chalkopyrit.	
196	Fischbach Grube Franziska		
197	Fischbach Grube Franziska		
198	Grube Warndt, -420 m Sohle, Flöz F-43		
199	Grube Warndt, -420 m Sohle, Flöz F-43		
200	Grube Warndt, -420 m Sohle, Flöz F-43		
201	Grube Warndt, -420 m Sohle, Flöz 12/47		
202	Schnappach, Untere Anlage	Mit Markasit u. Pyrit	
203	Schnappach, Untere Halde		
204	Schnappach, Untere Halde		
205	Walhausen, Bleyschacht	Mit Galenit	
206	Walhausen, Bleyschacht	Mit Sphalerit	
207	Walhausen, Bleyschacht		
208	Nalbach, Steinbruch am Litermont		
209	Rümmelbach, Bieseltwald		
210	Lebach Todenbachgraben	Mit Galenit	115
211	Quierschied, Lasbachschacht		
212	Düppenweiler, aus „Filon marcassiteur“ (Mat. Paul ZIMMER)		
213	Bethingen Sandgrube		
214	Bethingen Sandgrube		
215	Bethingen Sandgrube		
216	Bethingen Sandgrube		
217	Walhausen, Husarenschacht		6/124
218	Walhausen, Husarenschacht		3/124
219	Walhausen, Husarenschacht		4/124
220	Walhausen, Husarenschacht		5/124
221	Walhausen, Husarenschacht	+ weitere Mineralien	1/124
222	Düppenweiler, Bergbauegebiet		1/127
223	Potzberg Grube Alter Potzberg		
224	Nonnweiler, Steinbruch im Taunusquarzit	Aus Barytgang	
225	Sonnenberg, Unterer Rosa-Stollen		2/128
226	Luisenthal, Förderberg Flöz 1(ansteig.) ausg.v.QS W 80-4		131
227	Reimsbach	Steinbruch Arweiler.	126
228	Walhausen	Schachthalde zw. St. Seibert u.Sieh dich vor.	1/132

229	Erzweiler, Sauermilchkammer		
230	WalhausenSchlitzloch		134
231	Steinberg-Deckenhardt	Steinbruch Bier. Keine xx, derb.	
232	Nalbach, Steinbruch Litermont		
233	Reichenbach	Hohfels	
234	Eisen,Känelbachtal, Stollenhalde	Starke Streuung +1,57, +2,42, +6,89	
235	Gimbweiler		
236	Gimbweiler		
237	Erzweiler, Flursbachtal	Rhomboeder u. wenige Nadeln.	068
238	Erzweiler, Flursbachtal		068
239	Fremersdorf	Saarausbau. Mathey Nr.2, Pyrit nach Leitgefäßen.	
240	Reichenbach	St. Johann 2.	
241	Walhausen	Schlitzloch. xx-Aggregat, gut ausgebildet, aus Mat.Hettrich	
242	Weiler, BAB-Aufstieg	kleines Aststück	
243	Weiler, BAB-Aufstieg		
244	Weiler, BAB-Aufstieg		
245	Ellweiler, Grube Haumbach	Nur kristalline Kappe über feinkörnigem Pyrit.	
246	St. Ingbert, Halde St. Ingbert		
247	Vaucremont		
248	Vaucremont		
249	Vaucremont		
250	Schmelz Gottesbelohnung		
251	Rémelfang	Rémelfang 2	
252	Lauterbach	Bohrung Hirschgestell, 874,23 m	
253	Lauterbach	Bohrung Lauterbach, 580,62 m	
254	Lauterbach	Bohrung Lauterbach, 580,62 m	
255	Ludweiler, Schacht Ludweiler, 292 m	"Rotliegendes"	
256	Ludweiler, Schacht Ludweiler, 292 m	"Rotliegendes"	
257	Kastel, Toneisensteinabbau		
258	Kastel, Toneisensteinabbau		
259	Kastel, Toneisensteinabbau	sehr feinkörnig mit Silt/Ton	
260	Lauterbach	Bohrung Lauterbach, 529,96 m	
261	Bouzonville, Houdel		
262	Lauterbach, Bohrung Hirschgestell, 847,44 m	Ein xx-Aggregat	

263	Lauterbach, Bohrung Hirschgestell, 847,44 m		
264	Alzing, Volkersholz		
265	Lauterbach, Bohrung Hirschgestell, 724,53 m		
266	Lauterbach, Bohrung Hirschgestell, 354,48 m		
267	Oberlöstern		
268	Oberlöstern		
269	Halling	Mit etwas Pyrit zu rechnen	
270	Halling		
271	Halling		
272	Halling		
273	Luisenthal W 40-3, 1995-09-27		
274	Lauterbach, Bohrung Hirschgestell, 799,70 m.	xx aus Sideritknauern	
275	Waldhambach		
276	Waldhambach		
277	Bobenthal		
278	Bobenthal		
279	Reimsbach		141
280/1	Reimsbach		141
280/2	Reimsbach		141
281	Reimsbach		141
282	Luisenthal, W 40-3 (1995-11-06)		142
283	Luisenthal, W 40-3 (1995-11-06)		142
284	Luisenthal, W 40-3 (1995-11-06)		142
285	Luisenthal, W 40-3 (1995-11-06)		142
286	Luisenthal W 40-3 (1995-11-06)		142
287	Mariahütte		145
288	Mariahütte		145
289	Mariahütte		145
290	Mariahütte		145
291	Schwarzenbach	Probe Nr.7	
292	Schwarzenbach	Probe Nr.7	
293	Schwarzenbach	Probe Nr.7	
294	Otzenhausen, Industriegelände		
295	Otzenhausen, Industriegelände.	Mittel aus Einzelproben +1,24 u. 1,52	

296	Otzenhausen, Industriegelände		
297	Luisenthal, W 40-3 (29.22.95)	Vom gleichen Stück wie Nr.298	
298	Luisenthal, W 40-3 (29.22.95)	Vom gleichen Stück wie Nr.297	
299	Oberlöstern	Klüftchen	
300	Otzenhausen	Industriegelände. Mat.Hemmer, aus der Matrix	
300/1	Otzenhausen	Industriegelände. Mat.Hemmer, aus der Matrix	
301	Schwarzenbach	Feinkörnig aus der Matrix	
302	Schmelz, Steinacker		
303	Grube Reden, Halde	Gleiches Stück wie Nr.304 und 305	
304	Grube Reden, Halde	Gleiches Stück wie Nr.303 und 305	
305	Grube Reden, Halde	Gleiches Stück wie Nr.303 und 304	
306	Hasborn, Hühnerberg		147
307	Otzenhausen	Kloppbruchwiese	
308	Bad Kreuznach	Rheingrafenstein	
309	Niederkirchen	Steinbr. Aral-Tankstelle	
310	Niederkirchen	Steinbr. Aral-Tankstelle	
311	Hasborn, Igelskopf	Gleiches Stück wie Nr.312	148
312	Hasborn, Igelskopf	Gleiches Stück wie Nr.311	148
313	Kastel, Betriebswasserleitung bei Fe-Tagebau	Aus Toneisenstein	
314	Kastel, Betriebswasserleitung bei Fe-Tagebau	Aus Dolomitkluft im Sandstein	
315	Grube Warndt. Westl.Förderrichtstr.zw.QS43 und 42,T.660m	gGleiches Stück wie Nr.316	
316	Grube Warndt. Westl.Förderrichtstr.zw.QS43 und 42,T.660m	Gleiches Stück wie Nr.315	
317	Grube Götzelborn. 600 m - Sohle, Juni 1974	Gö 004	
318	Grube Ensdorf. Halde 1972	als Probe 1 bezeichnet	
319	Grube Ensdorf. Halde 1972	als Probe 2 bezeichnet, gl.St. wie Nr.320	
320	Grube Ensdorf. Halde 1972	als Probe 2 bezeichnet, gl.St. wie Nr.319	
321	Hasborn Igelskopf		148
322	Grube Jägersfreude	Spitzkegelhalde 1974	
323	Walhausen	St. Seibert, ung.5m vor Aufbruch,gr.Kluft i.Firste	
324	Walhausen	St. Seibert,ung.5m vor Aufbruch,gr.Kluft i.Firste	
325	Walhausen	St. Seibert,ung.5m vor Aufbruch,gr.Kluft i.Firste	
326	Eisen, 7.S,4.zur 5.TS, Pkt 508-510, Kluft		150
327	Eisen, 7.S,4.zur 5.TS, Pkt 508-510, Kluft		150
328	Eisen, 7.S,4.zur 5.TS, Pkt 508-510, Kluft		150

329	Eisen, 7.S,4.zur 5.TS, Pkt 508-510, Kluft	150
330	Walhausen, Pinge 1, 1974-06-17	
331	Walhausen, Pinge 1, 1974-06-17	
332	Grube Franziska, =Feld4 Camph.6.S.,Streb4West,Flöz10a	
333	Grube Franziska, =Feld4 Camph.6.S.,Streb4West,Flöz10a	
334	Maybach, BAB-Einschnitt	
335	Maybach, BAB-Einschnitt	
336	Hasborn, Kramer-Berg, großer Einschnitt	151
337	Weiler, BAB, großer Einschnitt	
338	Lemberg, Martinszug, Halde	
339	Lemberg, Blindschacht, 20 m-Sohle (ALTPETER)	
340	Lemberg, Blindschacht, 20 m-Sohle (ALTPETER)	
341	Eisen, Erzkaul, Toneisenstein	
342	Grube Frankenholz	
343	Grube Frankenholz	
344	Dörsdorf, Eulenkopf	
345	Grube Camphausen, 7.S.,Mittelfeld,Flöz 13-4 West Kopfstrecke	
346	Longeville-les-St.Avoid, Castelberg	
347	Sötern, Ziegeleigrube (E 001)	
348	Sötern, Ziegeleigrube (E 001)	
349	Sötern, Ziegeleigrube	2.Wert 13,40
350	Sötern, Ziegeleigrube	
351	Grube Simon, Stiring-Wendel	
352	Grube Simon, Stiring-Wendel	
353	Mainville,Dép.M-et-M, 12 km NW Briey, Grube Mairy	
354	Braunshausen, BAB-Einschnitt	
355	Braunshausen, BAB-Einschnitt	
356	Braunshausen, BAB-Einschnitt	
357	Steinbach Steinbruch Setz	Jüngere Generation
358	Düppenweiler	Filon marcassiteur (Paul ZIMMER)
359	Fischbach, Tonsteingrube	
360	Weiler, BAB, großer Einschnitt	
361	Eisen, Pkt 75076-75078	
362	Eisen, Pkt 75076-75078	

363	Velsen, Ausbildungsanlage, Blindschacht	erster Wert -9,59	
364	Velsen, Ausbildungsanlage	erster Wert +9,77	
365	Eisen, 5.Sohle, direkt hinter Störung		
366	Eisen, 5.Sohle, direkt hinter Störung		
367	Moschellandsberg	Carolina, Material Schlabach	
368	Moschellandsberg (?)	Altes Stück, Schönig	
369	Pachten, Saarausbau		
370	Pachten, Saarausbau		
371	Pachten, Saarausbau		
372	Pachten, Saarausbau		
373	Walhausen, Steinbr. Grubenberg		
374	Walhausen, Steinbr. Grubenberg		
375	Grube Warndt, Warndtschacht,	sm (Mat. Becker)	
376	Grube Warndt, Warndtschacht,	sm (Mat. Becker)	
377	Kastel, Neben Grubenloch	Kollomorph	154
378	Rathweiler, Frenkendell		
379	Steinbach, Material KLESER		
380	Steinbach, Material KLESER		
381	Steinbach, Material SCHÄFER		
382	Steinbach, Material SCHÄFER		
383	Oberlinxweiler, Spiemont		
384	Oberlinxweiler, Spiemont		
385	Walhausen, Schlitzloch		
386	Walhausen, Schlitzloch		
387	Jägersfreude		
388	Jägersfreude		
389	Dorf	Aus Hornfels	
390	Erzweiler, Windfang, E-Objekt		
391	Jägersfreude		
392	Walhausen, Siebenschläferstollen		
393	Eisen, Pkt.75176-75175		159
394	Eisen, Pkt.75176-75175	Evt. aus Gestein.	159
395	Eisen, Pkt.75186 (Umbruchstrecke)		160
396	Eisen, Pkt.75186 (Umbruchstrecke)		160

397	Eisen, Pkt.75186 (Umbruchstrecke)	Kleine Würfel in Schiefer	160
398	Eisen, Pkt.75186 (Umbruchstrecke)	Großer Würfel in Quarz	160
399	Eisen, Pkt.75186 (Umbruchstrecke)	xx über Dolomit u. Cinnabarit	160
400	Werschweiler, Straßenkreuzung		
401	Otzenhausen, Straße im Moosbruch (?)		
402	Otzenhausen, Straße im Moosbruch (?)		
403	Eisen, 7.S., Einf.Str.4. zur 5.TS, bei Pkt 75042		162
404	Eisen, 7.S., Einf.Str.4. zur 5.TS, bei Pkt 75042		162
405	Eisen, 7.S., Einf.Str.4. zur 5.TS, bei Pkt 75042		162
406	Eisen, Pkt.73062		164
407	Eisen, Pkt.73062		164
408	Eisen, 6.S., westl Abbauhohlraum 3. bis 4. TS		164
409	Eisen, 6.S., westl Abbauhohlraum 3. bis 4. TS		164
410	Eisen, 6.S., westl Abbauhohlraum 3. bis 4. TS		164
411	Eisen, 6.S., westl Abbauhohlraum 3. bis 4. TS		164
412	Eisen, 6.S., westl Abbauhohlraum 3. bis 4. TS		166
413	Luisenthal, 8.S., Flöz 2, Kopfstrecke W-82-4 Aus dem Hangenden		167
414	Erzweiler, Versuchsstollen (Nr.3), Probe im Gesenk		
415	Erzweiler, "Erzstollen" aus Baryt		168
416	Erzweiler, Sprengplatz, Lesestücke Baryt		169
417	Eisen, 60 cm S von Pkt.61113		170
418	Eisen, 60 cm S von Pkt.61113		170
419	Eisen, 60 cm S von Pkt.61113		170
420	Potzberg, Gr. Elisabeth, Pkt.575-576		171
421	Potzberg, Gr. Elisabeth, Pkt.83		006
422	Stahlberg, Rosswald (Mat. ALTMANN 1993)		
423	Eisen, bei Pkt.72166 (CON 263)		
424	Eisen, bei Pkt.72166 (CON 263)		
425	Eisen, 7.S., 2.TS, direkt S von Pkt.72190 (CON 267)		
426	Eisen, 7.S., 2.TS, direkt S von Pkt.72190 (CON 267)	Erste, schlechte Analyse -1,3	
427	Potzberg, Bereich Lichtenkopf, Halde Nr.3		176
428	Potzberg, Hutschbach 1		185
429	Mörsfeld, Untere Halde (SCHRÖDER)		
430	Potzberg, Gelbes Wasser		175

431	Potzberg, Gelbes Wasser	175
432	Potzberg, Gelbes Wasser	175
433	Potzberg, Gelbes Wasser	175
434	Potzberg, Gelbes Wasser	175
435	Potzberg, Wackerhübel	174
436	Potzberg, SE Dreikönigszug, Halde Nr.9	181
437	Potzberg, Schützenbrunnen Nr.3	178
438	Potzberg, oberhalb Stollenquelle zw.Fahrweg 2u.3.	197
439	Potzberg, oberhalb Stollenquelle zw. Fahrweg 2 u.3.	197
440	Moschellandsberg, Backofen	
441	Moschellandsberg, Speyerer Weitung, Tiefsohle	
442	Moschellandsberg, Speyerer Weitung, Tiefsohle	
443	Mörsfeld, Daimbacher Hof	
444	Mörsfeld, Laboratorium	
445	Koppelberg, Halde 8	
446	Moschellandsberg, Vorderes Lazarustrum	
447	Koppelberg, Halde Nr.3	
448	Koppelberg, Halde Nr.4	
449	Koppelberg, Halde Nr.6	
450	Moschellandsberg, Tiefbau	
451	Moschellandsberg, Tiefbau	
452	Gondenau, Probe 1	
453	Gondenau, Probe 1	
454	Gondenau, Probe 1	
455	Gondenau, Probe 1	
456	Gondenau, Probe 2	
457	Gondenau, Probe 3	
458	Gondenau, Probe 3	
459	Gondenau, Probe 3	
460	Sitzerath, Toneisensteingrube Erker	
461	Grube Göttelborn, Halde (Nachlass SALM)	202
462	Grube Göttelborn, Halde (Nachlass SALM)	202
463	Grube Göttelborn, Halde (Nachlass SALM)	202
464	Hargarten, „Lavoir“,Gerinne in Kiesgrube am Bach	

465	Eisen, Pkt.81076, CON 476		
466	Eisen, Pkt.81076, CON 476	Würfel, modif. Würfel-Pentagondodek. <0,4 mm	
467	Eisen, Pkt.82048, CON 513		
468	Eisen, Pkt.82048, CON 513	Würfel mit Quarzhülle	
469	Eisen, Pkt.61124-61113, CON 426		
470	Eisen, Pkt.61124-61113, CON 426	Kleine, scharfe Würfel	
471	Eisen, Pkt.61124-61113, CON 426	Dünne Klüftchen	
472	Eisen, Pkt.63057, CON 007		
473	Eisen, Pkt.63057, CON 007		
474	Eisen, Pkt.74012, CON 120		
475	Eisen, Pkt.74012, CON 120	scharfe Würfel in Quarzhülle	
476	Eisen, Pkt.75179, CON 490		
477	Eisen, Pkt.75179, CON 490	Würfel	
478	Eisen, Pkt.72190, CON 266		
479	Reimsbach		203
480	Reimsbach		203
481	Reimsbach		203
482	Reimsbach		203
483	Eisen, Pkt.75066, CON 245		
484	Eisen, Pkt.75066, CON 245		
485	Eisen, Probe 1/8/1 KB (scharfe Würfel)		
486	Eisen, Probe 1/8/1 KB		
487	Eisen, Probe 1/8/1 KB		
488	Eisen, Probe 1/12/4KB		
489	Eisen, Probe 1/12/4KB		
490	Potzberg, Oberer Himmelfahrtsstollen=Fahrweg 4,490m		182
491	Bundenbach, Grube Friedrichsfeld	Stück mit Calcit in Schiefer.	207
492	Bundenbach, Grube Friedrichsfeld		
493	Bundenbach, Grube Friedrichsfeld		
494	Bundenbach, Grube Friedrichsfeld	Dunkel, alt.	
495	Bundenbach, Grube Friedrichsfeld	Hell, jung.	
496	Düppenweiler, Kunstschacht, Bodenhorizont 1		
497	Düppenweiler		206
498	Düppenweiler, Hohe Halde, Vertiefung Wassergraben		206

499	Düppenweiler, Hohe Halde, Wassergraben		206
500	Düppenweiler		210
501	Düppenweiler		210
502	Eisen, Probe 2/6/4, KB		
503	Eisen, Probe 2/6/4, KB		
504	Eisen, Probe 1/6/4, KB		
505	Eisen, Probe 1/6/4, KB		
506	Eisen, Probe 1/6/4, KB	Nur scharfe Würfel.	
507	Eisen, Probe 1/6/4, KB	Pseudomorph. nach Styliolinen/Tent.	
508	Longeville-les-St.Avoid, Hochwald	+ andere Cu-Sulfide, Diff.8476,Pulver.	
509	Stahlberg, Schachthalde i. Feld St.Peter		213
510	Stahlberg, Halde Nr.3 bei WÜRTZ	Hellrot von einem Stück	214
511	Potzberg, Nr.7, Schachthalde a.d. Dreikönigszug	184	
512	Potzberg, Nr.7, Schachthalde a.d. Dreikönigszug	184	
513	Stahlberg, Schachthalde Königstuhl	Hellrote, ausgebildete xx	209
514	Stahlberg, Schachthalde Königstuhl	Dunkelrote kristall. Aggregate ohne x-Flächen	209
515	Stahlberg, Schachthalde Königstuhl	Hellrot,sehr feinkörnig, Pseudomorphosen	209
516	Creutzwald, La Houve II	Aus dichtem Toneisenstein.	
517	Creutzwald, La Houve II	Pseudomorph nach Pflanzenstengeln.	
518	Creutzwald, La Houve II	Große xx.	
519	Creutzwald, La Houve II	Klüftchen in lagigem Toneisenstein.	
520	Creutzwald, La Houve II		
521	Mörsfeld, Altes Werk		220/1
522	Mörsfeld, Altes Werk		220/1
523	Mörsfeld, Altes Werk		220/2
524	Mörsfeld, Altes Werk	Dünne xx.	220/2
525	Mörsfeld, Altes Werk	Dicke xx.	220/3
526	Stahlberg, Pingengelände St.Peter	Dunkelrot,deutlich kristallin,größere xx.	215
527	Stahlberg, Pingengelände St.Peter	Hellrot,porös.Aggr.,zwar krist,aber feiner als 1	215
528	Mörsfeld, Altes Werk	220/4	
529	Stahlberg, Halde 9 bei WÜRTZ	Nur kräftig hellrot durchscheinende xx	221
530	Stahlberg, Rosswald,Halde 42 bei WÜRTZ	Nur ein Stück Derberz	222
531	Stahlberg, Rosswald,Halde 42 bei WÜRTZ		222
532	St.Avoid, Bleiberg	223	

533	Erzweiler, Windfang, Halde „Tiefer Stollen“	Gemisch dunkel und hellrot	224
534	Eisen, KB 5/84, 10,57-11,10 m	Feinkörnig dicht aus Pyritbank (vergl.034)	
535	Eisen, KB 5/84, 10,57-11,10 m	xx größer 0,2 mm, immer schlecht ausgebildet	
536	Düppenweiler, Schurf Kockler 2,	Verwachsen mit 537	
537	Düppenweiler, Schurf Kockler 2,	Verwachsen mit 536	
538	Mörsfeld, Altes Werk	538-543 von einem Stück.	220/5
539	Mörsfeld, Altes Werk	538-543 von einem Stück.	220/5
540	Mörsfeld, Altes Werk	538-543 von einem Stück.	220/5
541	Mörsfeld, Altes Werk	538-543 von einem Stück.	220/5
542	Mörsfeld, Altes Werk	538-543 von einem Stück.	220/5
543	Mörsfeld, Altes Werk	538-543 von einem Stück.	220/5
544	Erzweiler, Windfang, Gipfel	Ein einziges derbes Stück.	225
545	Potzberg, Gr. Elisabeth „Wiesenhalde“	Dunkel, spätig	227
546	Potzberg, Gr. Elisabeth „Wiesenhalde“	Hellrot, durchscheinend.	227
547	Potzberg, Kleine Halde ung.100 m N Sportplatz	Hellrot, durchscheinend.	205
548	Lemberg, Tagebau	Ein Stück, derb. 2. Wert 8,27	228
549	Altlay	Gleiches Stück wie 550 u.551.	229
550	Altlay	Gleiches Stück wie 549 u.551. 2.W. +11,22	229
551	Altlay	Gleiches Stück wie 549 u.550.	229
552	Altlay	Feinkörniges Mischerz.	229
553	Reimsbach, Steinbr. Arweiler		230
554	Reimsbach, Steinbr. Arweiler		230
555	Reimsbach, Steinbr. Arweiler		230
556	Reimsbach, Steinbr. Arweiler		230
557	Eisen, Einf.Strecke bei Pkt.81050		232
558	Eisen, Einf.Strecke bei Pkt.81050		232
559	Eisen, Einf.Strecke bei Pkt.81050	Nur ordentliche xx.	232
560	Eisen, Pkt.81032-81046	Dichte Pyritbank, sehr feinkörnig matt	233
561	Eisen, Pkt.81032-81046	Dichte Pyritbank, kristallin, glänzend	233
562	Eisen, Pkt.81032-81046	Pyrit-Aggregate in Schiefer.	233
563	Potzberg, Bereich Lichtenkopf Nr.1		195
564	Potzberg, Bereich Lichtenkopf Nr.1		195
565	Potzberg, SE Dreikönigszug Nr.8		183
566	Eisen, Kluft bei Pkt.61141		234

567	Eisen, Kluft bei Pkt.61141		234
568	Eisen, Kluft bei Pkt.61141		234
569	Grube Ensdorf, Primsmulde, KA 2		
570	Grube Ensdorf, Primsmulde, KA 2		
571	Grube Ensdorf, Primsmulde, KA 2		
572	Lieg, Hunsrück	dunkel, alt, wie 573 und 574	
573	Lieg, Hunsrück	alt, wie 572 und 574	
574	Lieg, Hunsrück	alt, wie 572 und 573	
575	Potzberg, Dreikönigszug, tiefe Halde		173
576	Potzberg, Dreikönigszug, tiefe Halde		173
577	Potzberg, Dreikönigszug, tiefe Halde		173
578	Potzberg, Dreikönigszug, tiefe Halde		173
579	Potzberg, Dreikönigszug, tiefe Halde		173
580	Potzberg, Elisabeth, Pkt.43-45 (1992-05-28)		
581	Wallerfangen, Limberg, unterhalb Li-2		
582	Neunkirchen/Hunsrück	Gr.Margaretha, Pingenzug, Mittl.Halde	
583	Neunkirchen/Hunsrück	Gr.Margaretha, Pingenzug, Mittl.Halde	
584	Neunkirchen/Hunsrück	Gr.Margaretha, Pingenzug, Mittl.Halde	
585	Neunkirchen/Hunsrück	Gr.Margaretha, Pingenzug, Mittl.Halde	
		582-585 alle von einem Stück	
586	Neunkirchen/Hunsrück	Gr.Margaretha, Sammlerhalde	
587	Neunkirchen/Hunsrück	Gr.Margaretha, Sammlerhalde	
		586-587 von einem Stück m. viel Tetraedrit	
588	Neunkirchen/Hunsrück	Gr.Margaretha, Sammlerhalde	
589	Neunkirchen/Hunsrück	Gr.Margaretha, Sammlerhalde	
		588-589 von einem Stück	
590	Gielert, Untere Halde	590-592 von einem Stück	
591	Gielert, Untere Halde	590-592 von einem Stück	
592	Gielert, Untere Halde	590-592 von einem Stück	
593	Düppenweiler, Untere Halde, BISTAN 1991 oder 1993		
594	Dörsdorf, Eulenkopf		
595	Dörsdorf, Eulenkopf	2.Wert 10,66	
596	Weiden, Grube Aurora	596-598 von einem Stück	
597	Weiden, Grube Aurora	596-598 von einem Stück	

598	Weiden, Grube Aurora	596-598 von einem Stück	
599	Moschellandsberg	Probe POSER, Krupp 03	
600	Moschellandsberg	Probe POSER, Krupp 03	
		599-600 von einem Stück.	
601	Moschellandsberg	Probe POSER, Slg RP M 1982/5	
602	Moschellandsberg	Probe POSER, Slg RP M 1982/5	
		601-602 von einem Stück.	
603	Moschellandsberg	Probe POSER, Krupp 01. Zu wenig S!	
604	Moschellandsberg	Probe POSER, Krupp 01. Mit Hämatit	
		603-604 von einem Stück.	
605	Burtscheid, Diabasbruch	Aus Dolomitgang	
606	Eisen, Pkt.64016 (606-608 von einem Stück)		161
607	Eisen, Pkt.64016 (606-608 von einem Stück)		161
608	Eisen, Pkt.64016 (606-608 von einem Stück)		161
609	Moschellandsberg	Probe POSER, Slg.RP 1986/1980	
610	Moschellandsberg	Probe POSER, Slg.RP 1986/1980	
611	Baumholder, Albenkleeb 2		
612	Baumholder, Albenkleeb 1		
613	Erzweiler, Windfang N Schachtpinge		
614	Annenberg	Nr.614-617 von einem Stück.	
615	Annenberg	Nr.614-617 von einem Stück.	
616	Annenberg	Nr.614-617 von einem Stück.	
617	Annenberg	Nr.614-617 von einem Stück.	
618	Hergarten, Katzenrech		
619	Rathweiler, Objekt oberhalb Rotkamp		
620	Falck, Kleiner Zoll		
621	Eisen, 3.Sohle, W der Diagonalstörung,Pyritbank	Feinkörnig	
622	Eisen, 3.Sohle, W der Diagonalstörung,Pyritbank	Gut kristallin	
623	Eisen, KB 5,Kiste 10, 89,21-89,90 m		
624	Eisen, KB 5,Kiste 10, 89,21-89,90 m		
625	Eisen, KB 5,Kiste 10, 89,21-89,90 m		
626	Eisen, Großer Fluoritfund knapp unter 4.Sohle.		
627	Eisen, Großer Fluoritfund knapp unter 4.Sohle.		
628	Eisen, KB 5, 2m-Probe.	Gut kristallin,gleichaltrig m.Sphal.oder jünger.	

629	Xocourt		
630	Xocourt		
631	Düppenweiler	Göpelgrabung 2006-05-20	
632	Mörsfeld, Altes Werk	Ältere Generation	220
633	Weiden, Marienstollen		
634	Weiden, Marienstollen		
635	Weiden, Marienstollen		
636	Weiden, Marienstollen	Würfel in Kieselgalle	
637	Weiden, Marienstollen	Strahlig über Quarz-xx	
638	Franzenheim		
639	Franzenheim		
640	Franzenheim		
641	Franzenheim		
642	Hockweiler, Ortslage	Rechtwinklige Pseudomorphose	241/1
643	Hockweiler, Ortslage	Rechtwinklige Pseudomorphose	241/1
644	Hockweiler, Ortslage	Rechtwinklige Pseudomorphose	241/1
645	Hockweiler, Ortslage		241/2
646	Hockweiler, Ortslage		241/2
647	Hockweiler, Ortslage		241/2
648	Hockweiler, Tiefer Stollen		242/1
649	Hockweiler, Tiefer Stollen		242/1
650	Hockweiler, Tiefer Stollen		242/1
651	Hockweiler, Tiefer Stollen		242/1
652	Gimbweiler, Cu-Stollen		
653	Luisenthal, W41-2, Westfeld,4.Sohle, Flöz 1	älterer Pyrit	
654	Luisenthal, W41-2, Westfeld,4.Sohle, Flöz 1		
655	Weiden Marienstollen	Zweitprobe zur Kontrolle	
656	Weiden-Hottenbach, Schieferhalde		
657	Weiden-Hottenbach, Schieferhalde		
658	Eisen, Pkt.81065		
659	Düppenweiler, Haus am Linsenber	flach,fasrig/strahlig u. schalig	
660	Düppenweiler, Haldenmaterial neben Mauern 2006-10-07		
661	Düppenweiler, Haldenmaterial neben Mauern 2006-10-07		
662	Weiden Stollen im Beilfels		

663	Weiden Franzosenstollen		
664	Düppenweiler, Haldenmaterial neben Mauern 2006-09-30		
665	Düppenweiler, Aus altem Haldenmaterial zum Vermauern.		249
666	Düppenweiler, Baggerschurf K.am Rand der Hohen Halde		250/1
667	Rathsweiler, Heidenfeld, untertage,	dunkel	
668	Rathsweiler, Heidenfeld, untertage,	hell	
669	Düppenweiler, Baggerschurf K. am Rand der Hohen Halde		250
670	Düppenweiler, Baggerschurf K. am Rand der Hohen Halde	Einheitliches Stück ohne Rest.	250
671	Düppenweiler, Baggerschurf K. am Tor	Einheitliches Stück ohne Rest.	251/2
672	Düppenweiler, Linsenbergschurf 4,	Dol./Baryt-Kluft	251/2
673	Düppenweiler	Göpel, Hangschuttmassen, Tuffit	257
674	Reimsbach, randlich gegen Modellflugplatz	Häm,Baryt,Quarz	261
675	Reimsbach, randlich gegen Modellflugplatz	Häm,Baryt,Quarz	261
676	Düppenweiler, Linsenbergschurf 3		256
677	Kautenbach	Pseudomorphose nach Pyromorphit	
678	Hunolstein, Grube Hunolstein		
679	Hunolstein, Grube Hunolstein		
680	Hunolstein, Grube Hunolstein		
681	Hunolstein, Grube Hunolstein		
682	Hunolstein, Feld Hunolstein, Klippenzone,Kessel-Berg		
683	Hunolstein, Feld Hunolstein, Klippenzone,Kessel-Berg	Pyrit-Würfel	
684	Etgert, Grube Caroline-Auguste	Gleiches Stück wie 685 und 686	
685	Etgert, Grube Caroline-Auguste	Gleiches Stück wie 684 und 686	
686	Etgert, Grube Caroline-Auguste	Gleiches Stück wie 684 und 685	
687	Bernkaste, SE-Ende Barbara-Gang		
688	Bernkastel, SE-Ende Barbara-Gang		
689	Bernkaste, SE-Ende Barbara-Gang		
690	Walhausen, Beim Mundloch Bergener Stollen		263
691	Walhausen, Beim Mundloch Bergener Stollen	pseudom. nach Chalkopyrit	263
692	Walhausen, Beim Mundloch Bergener Stollen		263
693	Kreimbach, Steinbruch		
694	Gimbweiler, Cu-Stollen		
695	Gimbweiler, Cu-Stollen		
696	Buhlenberg, Rechte Talseite des Hombergsbaches		

697	Annenberg bei Monzelfeld, Pyromorphit-Fundstelle		
698	Reimsbach, Steinbruch Arweiler, von Thomas KLESER		
699	Fenne, etwa 100m oberhalb Kraftwerk Fenne	gleiches Stück wie 700	266
700	Fenne, etwa 100m oberhalb Kraftwerk Fenne	gleiches Stück wie 699	266
701	Baumholder, Alben Kleeb Süd 1		267
702	Odert	702-705 von einem Stück	
703	Odert	702-705 von einem Stück	
704	Odert	702-705 von einem Stück	
705	Odert	702-705 von einem Stück	
706	Stahlberg, Block im Tal		272
707	Ensdorf, Förderberg Prims-4	Gleiches Stück wie 708	274
708	Ensdorf, Förderberg Prims-4	Gleiches Stück wie 707	274
709	Düppenweiler, Glückauf-Schacht (aus Verfüllmasse)		
710	Düppenweiler, Glückauf-Schacht (Anstehendes)		284
711	Düppenweiler, Stollen beim Glückauf-Schacht (Verfüllmasse)		283
712	Jettenbach, Steinbruch Potschberg	absolut feinkörnig	
713	Dudweiler, Grube Dudweiler	Gleiches Stück wie Nr.714, Toneisenstein.	
714	Dudweiler, Grube Dudweiler	Gleiches Stück wie Nr.713, Toneisenstein.	
715	Walhausen, Bleyschacht, am Gesenk		
716	Reichweiler, Steinbruch Karrenberg		
717	Eisen, Pkt.71 149	Pyrit-Würfel = Analyse PYR 03.	313
718	Eisen, 5.Sohle,mittlere Teilsohle, großer Fluorit-Fund	= Analyse PYR 01	314
719	Eisen, Pkt. 71 149	Pyrit, feinkörnig, matt = Analyse PYR 03	313/4
720	Düppenweiler, Untere Halde, 1995-09-23	= Analyse BOR 01	324
721	Walhausen, Bergener Schacht, Mat. Ockfen	= Analyse DIG 01	321
722	Luisenthal Querschlag W 40-1	Feinkörnig, = Analyse PYR 06/ u. PYR 06/2	334
723	Düppenweiler, Kunstschacht	Nach XRD etwas Sphalerit, = Analyse DIG 02	339
724	Eisen, Bei Pkt. 63 030, Pyritlage in Schiefer(+“Achat“)	Feinkörnig, nach HF porös, = Analyse PYR 07	