

FID Biodiversitätsforschung

Decheniana

Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und
Westfalens

Mineralchemie eines Fahlerzkristalls von der Grube Glückauf in Velbert,
Niederbergisches Land

Harms, Udo

2010

Digitalisiert durch die *Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main* im
Rahmen des DFG-geförderten Projekts *FID Biodiversitätsforschung (BIOfid)*

Weitere Informationen

Nähere Informationen zu diesem Werk finden Sie im:

Suchportal der Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main.

Bitte benutzen Sie beim Zitieren des vorliegenden Digitalisats den folgenden persistenten
Identifikator:

[urn:nbn:de:hebis:30:4-196745](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hebis:30:4-196745)

Mineralchemie eines Fahlerzkristalls von der Grube Glückauf in Velbert, Niederbergisches Land

Mineral Chemistry of a Fahlore Crystal from the Glückauf Deposit in Velbert, Niederberg Area

UDO HARMS

(Manuskripteingang: 2. Dezember 2009)

Kurzfassung: Der untersuchte Fahlerzkristall von der Grube Glückauf / Velbert weist eine ausgeprägte Sb-As Zonierung auf. As ist im Kern (≈ 71 Mol % Tennantit) und Sb am Rand des Kristalls (max. ≈ 97 Mol % Tetraedrit) angereichert. Cu ist mit 10,311–10,017 Atome pro Formeleinheit (A.p.F.), bzw. 42,94–38,80 Gew. % das dominierende Metall. Zn+Fe zeigt 1,822–1,736 A.p.F. (7,32–6,73 Gew. %) und Ag ist mit max. 0,55 Gew. % sehr niedrig. Bi und Hg sind vernachlässigbar. Ein Vergleich erbrachte eine fast übereinstimmende Chemie zwischen postvariszischen Fahlerzen aus dem Linksrheinischen Schiefergebirge und dem Fahlerzkristall der Grube Glückauf. Hingegen enthalten variszische Fahlerze aus dem Linksrheinischen Schiefergebirge deutlich mehr Ag. Die Anwendung der Fahlerz-Geothermometrie erbrachte im Kristallkern geschätzte durchschnittliche Bildungstemperaturen von 118 °C, die im Verlauf des Kristallwachstums am Rand auf 125 °C ansteigen.

Schlagworte: Fahlerz, Mineralchemie, postvariszische Vererzung, Grube Glückauf, Niederbergisches Land

Abstract: The fahlore crystal from Glückauf deposit/Velbert displays a pronounced Sb-As zonation. As is enriched in the core (≈ 71 mole % tennantite) whereas the rim is enriched in Sb (max. ≈ 97 mole % tetraedrite). Cu is the dominant metal (10,311–10,017 a.p.f.u., 42,94–38,80 wt % respectively). Zn+Fe show 1,822–1,736 a.p.f.u. (7,32–6,73 wt %). Ag content is very low (max. 0,55 wt %). Bi and Hg can be neglected. Comparison of the fahlore crystal from Glückauf deposit with post-Variscan fahlores from the Rhenish Massif west of the Rhine valley revealed almost equal compositions. However, Variscan fahlores from the Rhenish Massif west of the Rhine valley display distinctly higher Ag contents. The application of fahlore geothermometry yields estimated formation temperatures in the core of 118 °C (mean). During crystal growth the formation temperatures increase toward the rim (125 °C, mean).

Keywords: Fahlore, mineral chemistry, post-Variscan mineralization, Glückauf deposit, Niederberg area

1. Einleitung

Fahlerz ist ein komplex zusammengesetztes Sulfosalz mit der allgemeinen Formel $(\text{Cu,Ag})_{10}(\text{Fe,Zn,Cu,Hg,Cd})_2(\text{Sb,As,Bi,Te})_4(\text{S,S e})_{13}$, welches weltweit sowohl auf hydrothermalen Erzgängen als auch kontaktmetamorphen Lagerstätten anzutreffen ist. Insbesondere der Ag-Gehalt mancher Fahlerze macht dieses Mineral ökonomisch interessant. PAAR et al. (1978) geben für Fahlerz aus dem mittelalterlichen Bergbau „Knappenstube“ (Österreich) zwischen 45,5 und 55 Gew. % Ag an. JOHNSON et al. (1986) geben eine Übersicht über die gegenseitigen Substitutionstrends der Elemente in natürlich gebildeten Fahlerzen. Durch die Substitution von Sb durch As ist häufig in der Natur die vollständige Mischkristallreihe zwischen den Fahlerz-Endgliedern Tetraedrit ($\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$) und Tennantit ($\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$) zu beobachten.

Fahlerz tritt im Niederbergischen Land nur auf den Erzgängen der Grube Glückauf im Hefel nördlich von Velbert (Rheinland) in geringen Mengen auf und ist somit hier, anders als im restlichen Rheinischen Schiefergebirge, ein seltenes Mineral. HECKMANN & SCHERTL (1990) erwähnen Tetraedrit als Haldenfunde von der Grube Glückauf. Ziel dieser Arbeit ist die Darstellung der Mineralchemie eines Fahlerzkristalls von der Grube Glückauf.

2. Vorkommen

Die Grube Glückauf (aufgelassen 1916) liegt im Hefel im Norden des Stadtgebietes von Velbert (Gauss-Krüger Koordinaten: R 2573950 H 5691050, topographische Karte 1:25000, Blatt 4608 Velbert).

Auf der Grube Glückauf stehen drei NNW-SSE streichende, saiger stehende 0,5–1 m mäch-

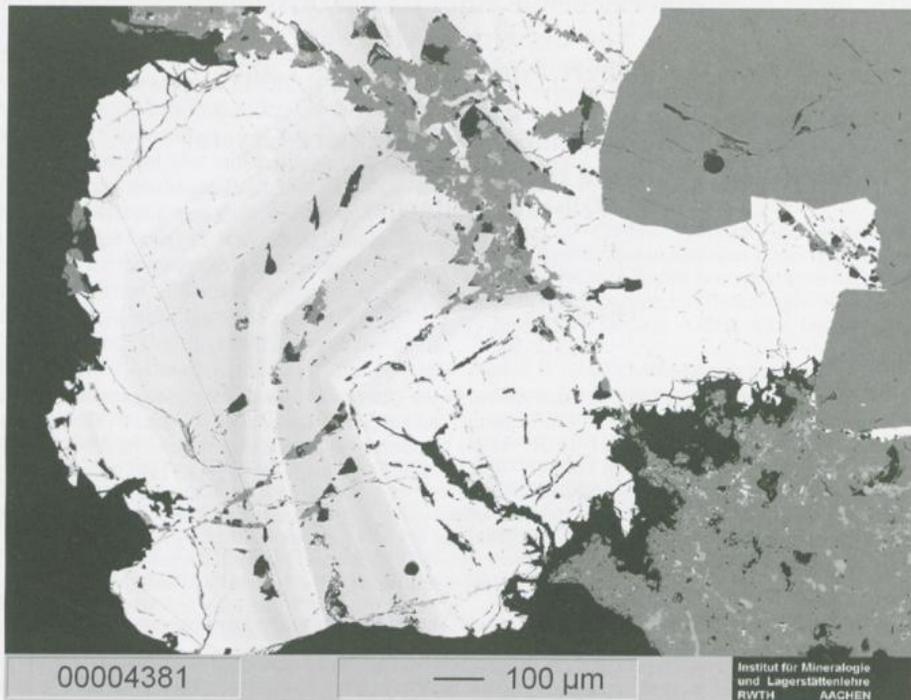


Abbildung 1. Elektronenrückstreubild. Weißer Bereich mit Zonen = Fahlerz, dunkelgrau = Chalkopyrit, hellgrau = Sphalerit.

Figure 1. BSE image. White area with zonation = fahlore, dark grey = chalcopyrite, light grey = sphalerite.

tige Gänge, sowie ca. 380 m weiter östlich, der ebenfalls NNW-SSE streichende, 5–6 m (lokal bis 25 m) mächtige Hauptgang an. Nordöstlich davon streicht der Helenengang (1–1,5 m, NNW-SSE, Einfallen: 80° E), der weiter südlich auch von der Prinz Wilhelm-Grube abgebaut wurde (BÖKER 1906). Die Mineralausfüllung der Erzgänge beschränkt sich BÖKER (1906) folgend auf Galenit (PbS), der in Drusen bis sechs Zentimeter große Kristalle bildet, Sphalerit (ZnS) und Markasit (FeS_2) mit den Gangarten Quarz (SiO_2) und Calcit (CaCO_3). Erwähnt werden weder der auf der Halde der Grube Glückauf überaus häufig als Verkittung von Nebengesteinsbruchstücken und in Drusen anzutreffende Dolomit ($\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$), sowie in den Dolomitdrusen vorkommende Chalkopyritkristalle (Cu-FeS_2), noch Fahlerz. Das Nebengestein der oben bezeichneten Erzgänge bilden variszisch gefaltete oberdevonische Velberter Schichten. Zusätzlich quert der Helenengang noch den unterkarbonischen Kohlenkalk. Die Velberter Schichten bilden dunkelblaue, meist feinglimmerhaltige und streifige, teilweise flaserige Ton- und Schluffsteine mit wechselnden Kalk- und Sand-

gehalten, sowie Kalkknotenschiefer. Die stark geschieferten Velberter Schichten werden bei der Verwitterung heller, graugrün bis gelbbraun. Die Velberter Schichten bilden zusammen mit Flinzschiefern (Tonschiefer und Konglomeraten) und den mittel- bis oberdevonischen Massenkalken den Kern des Velberter Großsattels (Streichrichtung NNE-SSW), dessen Faltenachse nach NNE unter die ebenfalls variszisch gefalteten oberkarbonischen Schichten des südlichen Ruhrgebietes abtaucht. Die Flanken des Velberter Großsattels werden durch Gesteine des Unterkarbons (Kohlenkalk, teilweise dolomitisiert, Alaunschiefer, Kieselschiefer) gebildet. RICHTER (1996) präsentiert einen ausführlichen Überblick der Stratigraphie und Tektonik des Niederrheinischen Landes.

Der untersuchte Fahlerzkristall ist ein Haldenfund, da eine Untertagebefahrung der Grube Glückauf nicht mehr möglich ist. Der Fahlerzkristall mißt ca. einen Millimeter im Durchmesser, zeigt im Anbruch eine stahlgraue Farbe und wird von idiomorph ausgebildetem Chalkopyrit umhüllt. Dieses Kristallaggregat ist auf Dolomit aufgewachsen. Derartige Strukturen er-

Tabelle 1. Analysen eines Fahlerzkristalls mit errechneten Mineralformeln, Grube Glückauf im Hefel in Velbert. Analyse Nr. 1–17 = Meßprofil von Rand zu Rand. Analyse-Nr.: 18–20 zusätzliche Analysen vom Kristallrand.

Table 1. Analyses of a fahlore crystal with formulae, Glückauf deposit, Hefel at Velbert. Nos. 1–17 = rim to rim profile. Nos. 18–20 additional rim analyses.

No.	Gew. %								
	Cu	Ag	Fe	Zn	Sb	As	Bi	S	Total
1	38,80	0,44	1,12	5,61	27,78	0,61	–	25,41	99,77
2	39,44	0,29	0,85	6,07	27,03	1,37	0,01	25,29	100,33
3	41,06	0,25	1,77	5,23	20,09	6,06	0,05	26,16	100,67
4	40,25	0,22	1,01	5,83	21,15	5,30	–	26,22	100,03
5	41,90	0,19	1,84	5,40	15,37	9,41	0,03	26,74	100,88
6	40,73	0,23	1,60	5,35	19,38	6,83	0,14	26,54	100,79
7	42,40	0,14	2,12	5,18	12,92	11,15	0,03	27,00	100,94
8	42,85	0,15	2,64	4,65	8,67	14,03	0,10	27,58	100,67
9	42,94	0,17	2,88	4,44	9,55	13,47	0,05	27,32	100,83
10	42,74	0,12	2,52	4,77	9,11	14,05	–	27,49	100,79
11	41,59	0,20	2,14	5,01	15,04	9,67	0,08	27,11	100,83
12	42,16	0,15	2,37	4,87	12,59	11,31	0,05	27,12	100,61
13	42,73	0,13	2,55	4,74	8,31	14,47	–	27,49	100,42
14	41,88	0,11	2,09	5,08	13,49	10,72	0,05	26,78	100,21
15	41,65	0,17	1,69	5,51	16,61	8,58	0,15	26,61	100,96
16	41,21	0,17	1,25	5,87	18,51	7,10	0,07	26,40	100,58
17	41,00	0,11	1,15	5,85	18,95	7,13	0,05	26,46	100,68
18	40,31	0,38	1,60	5,35	21,89	4,90	0,04	26,16	100,64
19	39,23	0,47	1,29	5,45	27,63	0,83	0,13	25,46	100,50
20	39,14	0,55	1,06	5,76	27,87	0,47	0,31	25,22	100,37

No.	Formeln normiert auf 13 Schwefelatome								
	Cu	Ag	Fe	Zn	Sb	As	Bi	S	
1	10,017	0,067	0,328	1,407	3,743	0,134	–	13	
2	10,231	0,044	0,250	1,530	3,659	0,302	–	13	
3	10,296	0,037	0,506	1,276	2,630	1,289	0,004	13	
4	10,071	0,033	0,286	1,418	2,761	1,125	–	13	
5	10,279	0,027	0,515	1,288	1,968	1,957	0,002	13	
6	10,067	0,034	0,451	1,284	2,499	1,431	0,010	13	
7	10,301	0,020	0,587	1,223	1,638	2,296	0,002	13	
8	10,192	0,021	0,716	1,076	1,076	2,831	0,007	13	
9	10,311	0,024	0,786	1,037	1,197	2,744	0,004	13	
10	10,200	0,016	0,683	1,107	1,134	2,843	–	13	
11	10,064	0,029	0,589	1,178	1,899	1,984	0,006	13	
12	10,197	0,021	0,652	1,145	1,589	2,320	0,004	13	
13	10,197	0,018	0,692	1,100	1,035	2,929	–	13	
14	10,258	0,016	0,583	1,211	1,724	2,227	0,004	13	
15	10,266	0,025	0,473	1,321	2,137	1,794	0,011	13	
16	10,238	0,024	0,354	1,416	2,400	1,497	0,005	13	
17	10,165	0,015	0,324	1,409	2,451	1,498	0,003	13	
18	10,107	0,056	0,457	1,305	2,865	1,043	0,003	13	
19	10,106	0,071	0,379	1,366	3,716	0,181	0,010	13	
20	10,182	0,084	0,312	1,457	3,783	0,103	0,025	13	

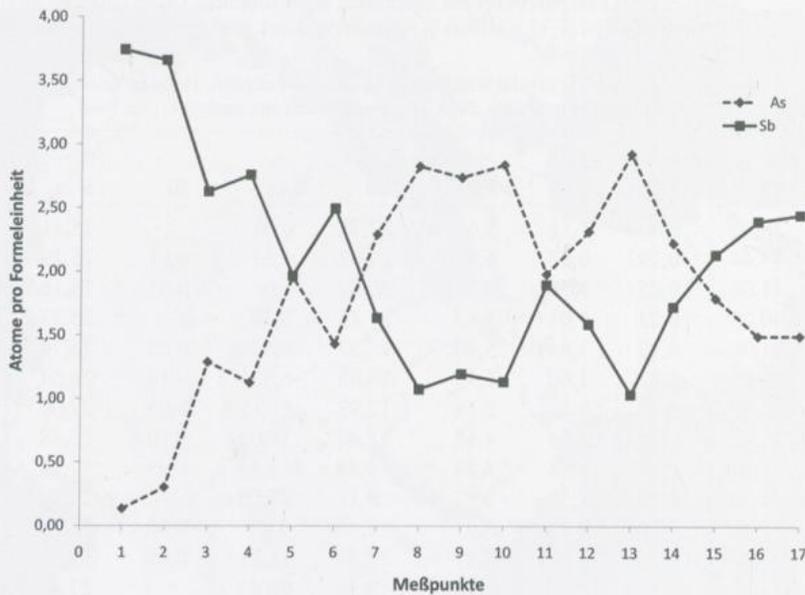


Abbildung 2. As-Sb Variationen im Meßprofil.

Figure 2. As-Sb variations of the microprobe profile.

innern an aufplatzende Knospen. Ähnliche Gebilde beschreiben auch HECKMANN & SCHERTL (1990). Abb. 1 zeigt ein Elektronenrückstreubild des untersuchten Fahlerzkristalls (heller Bereich) mit ihm umhüllenden Chalkopyrit (dunkelgrauer Bereich). Die kleineren, hellgrauen Ein-

schlußpartien sind Sphalerit. Man erkennt deutlich eine ausgeprägte Zonierung des Fahlerzes. Diese ist bei mikroskopischen Untersuchungen im polarisierten Auflicht nicht zu erkennen.

3. Untersuchungsmethode

Die chemische Zusammensetzung des Fahlerzkristalls wurde mit einer Wellenlängen-dispersiven JEOL JXA 8900R SUPERPROBE Elektronenstrahlmikrosonde am Institut für Mineralogie und Lagerstättenlehre an der RWTH Aachen gemessen. Die Meßbedingungen sind 25 kV Anregungsspannung, Strahlstrom 27 nA und Strahldurchmesser ca. 1–2 µm. Meßzeiten: zehn Sekunden auf dem Peak und fünf Sekunden auf dem Hintergrund. Benutzte Standards und Strahlung wie folgt: NiAs (As-K α), Sb-Metall (Sb-L α), ZnS (Zn-K α , S-K α), CuFeS $_2$ (Cu-K α , Fe-K α), Ag-Metall (Ag-L α), Bi-Metall (Bi-M α), HgS (Hg-L α). Die Nachweisgrenzen (in ppm) betragen: S = 89, Sb = 181, As = 367, Fe = 75, Bi = 399, Ag = 150, Hg = 707, Cu = 147, Zn = 170. Die Korrekturmethode ist ZAF.

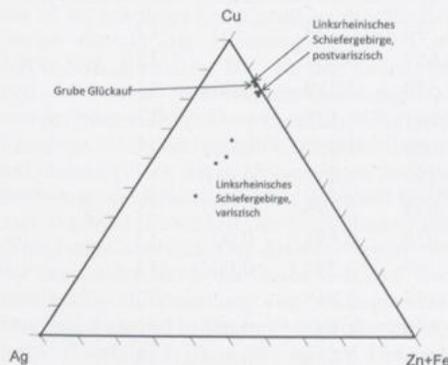


Abbildung 3. Ternäre Darstellung der Fahlerzanalysen (Mol %). Daten aus dem Linksrheinischen Schiefergebirge von Krahn (1988).

Figure 3. Ternary image of fahlore analyses (mole %). Data from the Rhenish Massif west of the Rhine valley from Krahn (1988).

4. Mineralchemie

Aufgrund der festgestellten Zonierung wurde über den Fahlerzkristall ein Meßprofil von Rand zu Rand gelegt. Die Ergebnisse sind in Tab. 1

(Analysen-Nr. 1–17) einzusehen. Die Analysen-Nr. 18–20 in Tab. 1 sind drei zusätzliche Messungen am Rand des Fahlerzkristalls. Abb. 2 zeigt die Variationen von Sb und As über das Meßprofil. Sb ist in Abb. 2 am Kristallrand mit maximal 3,743 Atome pro Formeleinheit (A.p.F.) entsprechend 27,78 Gew. % angereichert und fällt, verbunden mit einer leichten Oszillation, zum Kern des Kristalls hin stetig auf ein Minimum von 1,076 A.p.F. (8,67 Gew. %) bzw. 1,035 A.p.F. (8,31 Gew. %, Analyse-Nr. 13) ab. Spiegelbildlich dazu verhält sich die As-Verteilung. Sie ist im Kernbereich des Fahlerzkristalls am höchsten (2,843 bzw. 2,929 A.p.F. entsprechend 14,05 bzw. 14,47 Gew. %) und sinkt zum Rand hin ebenfalls mit einer leichten Oszillation ab (Minimum 0,134 A.p.F., entsprechend 0,61 Gew. %). Dies bedeutet, dass der Fahlerzkristall im Kernbereich aus ca. 71 Mol % Tennantit-Endglied und 29 Mol % Tetraedrit-Endglied zusammengesetzt ist. Der Tetraedrit-Anteil steigt am Rand auf einen maximalen Wert von rund 97 Mol % an (Analyse-Nr. 1 und 20 in Tab. 1). Die Untersuchungsdaten von JOHNSON et al. (1986) unterstützen die oben gemachten Ergebnisse einer kompletten Substitutionsreihe von As und Sb.

In Abb. 3 sind die Cu, Ag sowie Zn+Fe Gehalte aller Fahlerzanalysen aus Tab. 1 in Mol % eingezeichnet. Alle Analysen plotten praktisch auf einem Punkt. Eine ausgesprochene Variation ist, anders als bei den Sb und As Gehalten, nicht vorhanden. Gemäß Abb. 3 ist Cu im Fahlerzkristall das dominierende Metall (10,311–10,017 A.p.F., bzw. 42,94–38,80 Gew. %), wohingegen Zn+Fe mit 1,822–1,736 A.p.F. (7,32–6,73 Gew. %) recht hohe Gehalte aufweisen. Dabei macht Fe mit 0,786–0,250 A.p.F. (2,88–0,85 Gew. %) den geringeren Anteil aus. Eine nähere Untersuchung des molaren Zn/Zn+Fe Verhältnisses zeigt eine Verarmung im Kristallkern (0,57) und eine kontinuierliche Anreicherung zum Rand hin (0,81). Desweiteren fällt in Abb. 3 insbesondere der außerordentlich niedrige Ag-Gehalt des Fahlerzkristalls auf (max. 0,55 Gew. % Ag, Tab. 1). Bi ist mit maximal 0,31 Gew. % vernachlässigbar niedrig. Hg wurde mit analysiert. Jedoch bewegten sich die Gehalte immer unterhalb der Nachweisgrenze und sind deshalb nicht in Tab. 1 aufgeführt.

5. Diskussion

Die Anreicherung von As im Kern des Fahlerzkristalls (Abb. 2) deutet auf eine hohes As/Sb Verhältniss der hydrothermalen Fluide zu Beginn des Kristallwachstums hin, welches sich dann im Verlauf des weiteren Kristallwachstums zu im-

mer niedrigeren As/Sb Werten verschob um schließlich am Kristallrand fast reinen Tetraedrit (Sb-Fahlerz) zu bilden.

Der im Fahlerzkristall gemessene Fe-Gehalt erscheint nicht sehr hoch (0,786–0,250 A.p.F.). Dennoch ist auf Grund von experimentellen Untersuchungen von TATSUKA & MORIMOTO (1977) im Cu-Fe-Sb-S System ein geringer Fe-Gehalt von etwa 0,5 A.p.F. notwendig, um die Stabilität von Tetraedrit bei niedrigen Temperaturen zu gewährleisten. Reiner Tetraedrit ($\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$) zerfällt beim tempern bei Temperaturen von $\leq 250^\circ\text{C}$ zu Famatinit (Cu_3SbS_4), Digenit (Cu_9S_5) und Sb-Metall. Tetraedrit mit der Zusammensetzung $\text{Cu}_{11,5}\text{Fe}_{0,5}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ blieb bis auf Raumtemperatur stabil. Der im Fahlerzkristall der Grube Glückauf gemessene Fe-Gehalt ist größenordnungsmäßig mit dem experimentell ermittelten Wert vergleichbar und dürfte daher für die Stabilität unverzichtbar sein.

In Abb. 3 sind zum Vergleich Fahlerzanalysen aus variszischen und postvariszischen Erzgängen des Linksrheinischen Schiefergebirges (KRAHN 1988) mit eingezeichnet worden. Jeder Punkt repräsentiert einen Durchschnittswert mehrerer Mikrosondenanalysen aus jeweils einer Erzlagerstätte. Die mineralchemische Zusammensetzung des Fahlerzkristalls von der Grube Glückauf ist praktisch identisch mit Fahlerzanalysen aus postvariszischen Erzgängen des Linksrheinischen Schiefergebirges. Davon heben sich, bedingt durch ihre hohen Ag- und niedrigeren Cu-Gehalte, die Fahlerzanalysen aus Erzgängen variszischen Ursprungs deutlich ab (Abb. 3). Diese Fahlerze zeigen eine ausgeprägte Substitution von Cu durch Ag, die durch JOHNSON et al. (1986) auf der Grundlage von Fahlerzanalysen aus vielen über die Welt verteilten Erzlagerstätten gut belegt ist. Durch diese ausgeprägte Ag-Cu Verteilung läßt sich Krahn (1988) folgend Fahlerz variszischen und postvariszischen Ursprungs im Linksrheinischen Schiefergebirge gut unterscheiden. HARMS & HECKMANN (2004) haben für die Pb-Zn Erzgänge im Niederbergischen Land mittels Fluidinclusionuntersuchungen (Homogenisierungstemperaturen: Quarz 160–90 °C, Sphalerit 130–60 °C, Salinität ≈ 22 Gew. % CaCl_2 -Äquivalent) und Sphaleritchemie (0,1–0,5 Gew. % Fe, 0,2–0,6 Gew. % Cd) eine Vergleichbarkeit mit postvariszischen Erzgängen festgestellt. Gleichzeitig konnten sie mittels S-Isotopenuntersuchungen plausibel machen, dass für den Großteil der Buntmetallsulfide als Schwefelquelle Zechsteinsulfat in Frage kommt. Damit läßt sich das Alter der Vererzungen auf < 248 M. a. schätzen. Durch petrographische Untersuchungen konnte HARMS (2007) ein Mindestalter der Ver-

erzungen von 32 M.a. angeben. Somit sind die Vererzungen im Niederbergischen Land mit großer Sicherheit als postvariszisch einzustufen. Insofern folgt der Fahlerzkristall von der Grube Glückauf mit seinen Cu und Ag Gehalten den von KRAHN (1988) festgestellten Unterscheidungskriterien für Fahlerze variszischen (hohe Ag-, niedrigere Cu-Gehalte) und postvariszischen (sehr niedrige Ag-, hohe Cu-Gehalte) Ursprungs.

Hinsichtlich des Zn+Fe Einbaus in das Kristallgitter zeigen sowohl das Fahlerz der Grube Glückauf als auch variszische und postvariszische Fahlerze aus dem Linksrheinischen Schiefergebirge keine Unterschiede (Abb. 3).

Die Anwendung des von SACK & LOUCKS (1985) entwickelten Fahlerz-Geothermometers setzt die stabile Koexistenz von Fahlerz mit Sphalerit voraus. Der untersuchte Fahlerzkristall liegt jedoch nicht in Berührungsparenese mit Sphalerit vor. Jedoch ist Sphalerit auf den Erzgängen des Niederbergischen Landes, neben Galenit, das häufigste Erzmineral, sodass angenommen werden kann, dass die hydrothermale Lösung, die sich mit dem Fahlerz equilibrierte gleichzeitig auch mit Sphalerit im chemischen Gleichgewicht gestanden hat. Unter dieser Voraussetzung wurde eine aus den Daten von HARMS & HECKMANN (2004) errechnete durchschnittliche Sphaleritzusammensetzung für das Niederbergische Land von $Zn_{0,989}Fe_{0,007}S$ für die geothermometrischen Abschätzungen verwendet. Unter Verwendung des Fe-Zn Austauschgleichgewichtes für Fahlerz und Sphalerit (Gl. 18 plus folgende Gleichungen u. Parameter) von SACK & LOUCKS (1985), sowie verbesserter Parameter (ΔG°_{24}) von SACK (2005) läßt sich für den Kristallkern eine durchschnittliche Bildungstemperatur von 118 °C (Durchschnitt: Analysen 9,8,10 in Tab. 1) abschätzen, während am Kristallrand die geschätzte Bildungstemperatur auf durchschnittlich 125 °C ansteigt (Durchschnitt: Analysen 1, 17, 18, 19, 20 in Tab. 1). Dies weist auf das Vordringen von mäßig heißen Fluiden mit erniedrigten As/Sb Verhältnissen (s. oben) während der Fahlerzbildung in die Gangspalten der Grube Glückauf hin. Diese Fluide scheinen sich nicht mit kühleren Oberflächenwässern im Verlauf des Kristallwachstums gemischt zu haben, noch deuten die Befunde auf eine simple Abkühlung der Fluide während der Erzbildung hin, wie sie die Ergebnisse von HARMS & HECKMANN (2004) nahelegen. Im Übrigen sind die abgeschätzten, vergleichsweise niedrigen Bildungstemperaturen des Fahlerzes kompatibel mit den bereits oben erwähnten Homogenisierungstemperaturen von HARMS & HECKMANN (2004).

Danksagung

HELMUT LORENZ, Wuppertal, danke ich, trotz des geringen Umfangs vorhandenen Materials, für die Überlassung von Fahlerz der Grube Glückauf zur Untersuchung und Dokumentation. ROMAN KLINGHARDT (Inst. f. Mineralogie u. Lagerstättenlehre, RWTH Aachen) schulde ich besonderen Dank für seine freundliche und geduldige Hilfestellung bei der Anfertigung der Elektronenstrahlmikrosondenanalysen. Dank geht an Dr. SVEN SINDERN (Inst. f. Mineralogie u. Lagerstättenlehre, RWTH Aachen) für die Gewährung des Zugangs zur Elektronenstrahlmikrosonde.

Literatur

- BÖKER, H. E. (1906): Die Mineralausfüllung der Quarverwerfungsspalten im Bergrevier Werden und einigen angrenzenden Gebieten. – Glückauf **42**: 1065–1083, 1101–1120
- HARMS, U. & HECKMANN, H. (2004): Die Vererzungen des Niederbergischen Landes am Nordwestrand des Rechtsrheinischen Schiefergebirges: Beiträge zu Bildungsbedingungen und Genese anhand Sphalerit-Chemie, Fluideinschlussuntersuchungen und Schwefel-Isotopengeochemie. – N. Jb. Miner. Abh. **180**, 287–327. Stuttgart
- HARMS, U. (2007): Markiert die sedimentäre Glaukonitbildung in Ratingen-Lintorf (Rheinland) eine Zeitmarke für die postvariszische hydrothermale Mineralisation im Niederbergischen Land? – Eine Kurzmitteilung. – Z. dt. Ges. Geowiss. **158**, 207–211
- HECKMANN, H. & SCHERTL, H.P. (1990): Der Niederbergische Erzbergbau und seine Mineralien. – Emser Hefte **11**, 2–40
- JOHNSON, N. E., CRAIG, J. R. & RIMSTDT, J.D. (1986): Compositional trends in Tetrahedrite. – Canadian Mineralogist **24**, 385–397
- KRAHN, L. (1988): Buntmetall-Vererzung und Blei-Isotopie im Linksrheinischen Schiefergebirge und in angrenzenden Gebieten. – unveröffentlichte Dissertation, Aachen. 199 S.
- PAAR, W. H., CHEN, T. T. & GÜNTHER, W. (1978): Extrem silberreicher Freibergit in Pb-Zn-Cu Erzen des Bergbaues „Knappenstube“, Hochtort, Salzburg. – Carinthia II **168/88**, 35–42
- RICHTER, D. (1996): Ruhrgebiet und Bergisches Land. Zwischen Ruhr und Wupper. Sammlung Geologischer Führer 55. Gebr. Borntraeger, Berlin, Stuttgart. 222 S.
- SACK, R. O. & LOUCKS, R. R. (1985): Thermodynamic properties of tetrahedrite-tennantites: constraints on the interdependence of Ag – Cu, Fe – Zn, Cu – Fe, and As – Sb exchange reactions. – American Mineralogist **70**, 1270–1289
- SACK, R. O. (2005): Internally consistent database for sulfides and sulfosalts in the system $Ag_2S - Cu_2S - ZnS - FeS - Sb_2S_3 - As_2S_2$: Update. – Geochimica et Cosmochimica Acta **69**, 1157–1164
- TATSUKA, K. & MORIMOTO, N. (1977): Tetrahedrite stability relations in the Cu-Fe-Sb-S system. – American Mineralogist **62**, 1107–1109

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Min. UDO HARMS, Luxemburger Allee 47, D-45481 Mülheim/Ruhr

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Decheniana](#)

Jahr/Year: 2010

Band/Volume: [163](#)

Autor(en)/Author(s): Harms Udo

Artikel/Article: [Mineralchemie eines Fahlerzkristalls von der Grube Glückauf in Velbert, Niederbergisches Land 185-190](#)