



**Martin-Luther-Gymnasium
Frankenberg/Sachsen**

**Besondere Lernleistung
im Fach Geographie**

**Vergleichende strukturelle und geochemische
Untersuchungen an Erzproben der historischen
Gruben „Alte Hoffnung Erbstolln“ Schönborn-
Dreiwerden und „Hülfe des Herrn“ Biensdorf bei
Frankenberg in Sachsen**

von

Daniel Fischer und Tobias Bergelt

**Externer Betreuer: Dr. rer. nat. Bernd Ullrich,
TU Bergakademie Freiberg**

**Interner Betreuer: Diplom-Lehrer Ullrich Kirchhübel,
Martin-Luther-Gymnasium**

Frankenberg, den 22.12.2009

Vorwort

Der Bergbau im sächsischen Erzgebirge hat eine jahrhundertlange Tradition. Mit der Entdeckung des Silbererzes in der Nähe der heutigen Altstadt von Freiberg wurde eine Grundlage der bergbaulichen und wirtschaftlichen Entwicklung in Sachsen geschaffen.

Heute scheint es, als wäre der Bergbau in Sachsen vollständig erloschen. Es haben sich jedoch bis heute etliche Bergbauvereine in den Landkreisen und Gemeinden erhalten. Das Ziel besteht darin, die bergbaugeschichtlichen Traditionen zu bewahren. Dazu benötigt es große Kräfte und einsatzbereite Menschen, die versuchen, dieses Ziel mit Begeisterung umzusetzen.

Die vorliegende „Besondere Lernleistung“ (BELL) nimmt sich dieses Anliegens an, indem geschichtliche Hintergründe aufgearbeitet und geologische Beschaffenheiten erkundet, analysiert und ausgewertet werden.

Da es den Bergbauvereinen kaum möglich ist, Erzproben untersuchen zu können, möchten wir mit unserer „Besonderen Lernleistung“ die Bergbauvereine „Alte Silberfundgrube Hülfe des Herrn e.V.“ in Biensdorf und „Alte Hoffnung Erbstolln e.V.“ in Schönborn-Dreiwerden unterstützen.

Auf diesem Wege möchten wir uns besonders bei unserem externen Betreuer Herrn Dr. Ullrich von der TU Bergakademie Freiberg bedanken, der uns mit seinen geologischen und gerätetechnischen Voraussetzungen und Erfahrungen unterstützte.

Weiterer Dank gilt unserem internen Betreuer Herrn Kirchhübel, der uns als Lehrer des Martin-Luther-Gymnasiums Frankenberg bei der Ausarbeitung der „Besonderen Lernleistung“ begleitete.

Besonderen Dank verdienen ebenso die beiden Bergbauvereine „Alte Silberfundgrube Hülfe des Herrn e.V.“ in Biensdorf und „Alte Hoffnung Erbstolln e.V.“ in Schönborn-Dreiwerden, besonders ihren Vorsitzenden Lutz Mitka aus Biensdorf und Gerold Riedl aus Schönborn-Dreiwerden, welche uns mit Literatur, Gesteinsproben und Untertageexkursionen unterstützten.

Nicht zuletzt möchten wir uns auch bei unseren Eltern bedanken, welche uns die ganze Zeit zur Seite standen und uns durch ihre Fahrdienste einen Erfolg unserer „Besonderen Lernleistung“ ermöglichten.

Frankenberg, den 22.12.2009

Daniel Fischer und Tobias Bergelt

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Historische Betrachtungen zum Freiburger Bergbaurevier	5
3	Die Geschichte des Bergbaus im nordwestlichen Randgebiet des Freiburger Lagerstättenbezirks in den Gruben „Alte Hoffnung Erbstolln“ in Schönborn-Dreiwerden und „Hülfe des Herrn“ Stolln in Biensdorf	6
3.1	Die Geschichte der Grube „Alte Hoffnung Erbstolln“ in Schönborn-Dreiwerden	6
3.2	Die Geschichte der Grube „Hülfe des Herrn“ Stolln in Biensdorf	9
4	Zur Lagerstättenausbildung und Geologie der Erzgruben in Schönborn-Dreiwerden und Biensdorf	10
4.1	Entstehung, Einteilung und Ausbildung von magmatischen Lagerstätten	10
4.2	Die Mineralisationszyklen im Freiburger Lagerstättenbezirk	11
4.2.1	Der 1. Mineralisationszyklus	12
4.2.1.1	Die Sn-W-Formation	12
4.2.1.2	Die kb-Formation	12
4.2.1.3	Die uq-Formation	12
4.2.1.4	Die eb-Formation	12
4.2.2	Der 2. Mineralisationszyklus (eba-fba-BiCoNiAg)	13
4.2.2.1	Die Eisen-Baryt-Abfolge (eba i.e.S.)	13
4.2.2.2	Die fluorbarytische Bleierzformation (fba)	13
4.2.2.3	Die BiCoNiAg-Formation („Edle Geschicke“)	13
4.3	Die geologischen Verhältnisse im westlichen Randgebiet des Freiburger Lagerstättenbezirks in den Gruben Schönborn-Dreiwerden und Biensdorf	14
4.3.1	Geologische Verhältnisse in der Grube „Alte Hoffnung Erbstolln“ in Schönborn-Dreiwerden	14
4.3.2	Geologische Verhältnisse in der Grube „Hülfe des Herrn“ Stolln in Biensdorf ..	15
5	Die Probennahme und Probendokumentation der Gruben von Schönborn-Dreiwerden und Biensdorf	16
5.1	Schönborn-Dreiwerden	16
5.2	Biensdorf	16
6	Untersuchungsverfahren zur Charakterisierung der gewonnenen Erzproben ...	17
6.1	Untersuchungen mit dem Rasterelektronenmikroskop und der Elektronenstrahlmikrosonde	17
6.2	Historische Betrachtungen zur Rasterelektronenmikroskopie	17
6.3	Aufbau und Funktionsweise von Rasterelektronenmikroskopen und Elektronenstrahlmikrosonden	18
6.4	Zur Untersuchung der Erzproben	19
7	Ergebnisse der Untersuchungen an den gewonnenen Erzproben	20
7.1	Grube „Alte Hoffnung Erbstolln“ Schönborn-Dreiwerden	20
7.2	Grube „Hülfe des Herrn“ Stolln Biensdorf	42
8	Zusammenfassung	59
9	Literaturverzeichnis	60
10	Selbstständigkeitserklärung	62

11	Anlagenverzeichnis	63
11.1	Ausgewählte REM-Bilder von idiomorphen Mineralbildungen	63
11.2	Geologischer Überblick vom Gebiet Schönborn-Dreiwerden-Seifersbach	65
11.3	Lufffoto von der Flussbiege der Zschopau in Schönborn-Dreiwerden	65
11.4	Kartenriss von Schönborn-Dreiwerden-Seifersbach mit den Probennummern der Fundorte	66
11.5	Kartenriss von Biensdorf mit den Probennummern der Fundorte	67
11.6	Schematische 3D-Darstellung des Grubengebäudes des Biensdorfer Schachtes, Höhenrelief bei 252 m NN gesplittet	68

1 Einleitung

Mit der Übernahme der BELL erhielten wir die Aufgabe, auf der Basis der uns vorliegenden historischen Erkenntnisse, die geschichtliche und geologische Situation des Bergbaus im mittleren Zschopautal zu untersuchen.

Unsere Beweggründe für die Wahl des Themas „Vergleichende strukturelle und geochemische Untersuchungen an Erzproben der historischen Gruben „Alte Hoffnung Erbstolln“ Schönborn-Dreiwerden und „Hülfe des Herrn“ Biensdorf bei Frankenberg in Sachsen“ liegen in unseren Interessen begründet. Daniel interessiert sich mit Begeisterung für die Naturwissenschaft Chemie, während Tobias' Augenmerk hauptsächlich auf der Geschichte der Region liegt. Mit der Wahl dieses Themas erscheinen uns beide Interessensfelder gut miteinander verknüpft.

Ziel unserer Arbeit soll es sein, einen Gesamtüberblick über die geologische Beschaffenheit der Region zu gewinnen. Aus diesem Grund haben wir uns die Gruben „Alte Hoffnung Erbstolln“ in Schönborn-Dreiwerden und „Hülfe des Herrn“ in Biensdorf als exemplarische Beispiele ausgesucht. Unser Anliegen ist es, die hiesigen Bergbauvereine zu unterstützen, indem wir Gesteinsproben der Gruben untersuchen, analysieren und die Ergebnisse für weitere Forschungen zur Verfügung stellen.

Nachdem wir den Kontakt zu den erwähnten Bergbauvereinen aufgenommen haben, war es zunächst nötig, uns mit unseren Betreuern Herrn Dr. Ullrich von der TU Bergakademie Freiberg und unserem internen Betreuer des Martin-Luther-Gymnasiums Frankenberg Herrn Kirchhübel zusammenzufinden, um das Thema unserer BELL abzugrenzen. Dies war ein wichtiger Wegweiser, der uns zeigte, in welche Richtung sich unsere Arbeit entwickeln sollte. Daraufhin hatten wir uns mit Fachliteratur und historischen Quellen auseinander zu setzen. Anschließend begann der praktische Teil unserer Arbeit. Dazu suchten wir unsere Partnerbergwerke in Schönborn-Dreiwerden und Biensdorf auf, um Gesteinsproben aus den Gruben zu gewinnen, welche anschließend dokumentiert, analysiert und ausgewertet wurden. Zu den Untersuchungen konnten wir auf ein Rasterelektronenmikroskop in Freiberg zurückgreifen, welches sich in der dortigen TU Bergakademie unter Leitung von Herrn Dr. Ullrich befindet. Somit war es auch unsere Aufgabe, den Aufbau und die Funktionsweise eines Rasterelektronenmikroskops zu erarbeiten. Nach der Analyse der Gesteinsproben folgte die Auswertung der Ergebnisse, welche einige spannende Erkenntnisse nach sich zog.

Schwierigkeiten hatten wir bei der Beschaffung von Informationsmaterial. Gerade die Zeche in Biensdorf stellt ein eher kleines Bergwerk dar, worüber nur wenige Informationen vorhanden sind. Doch auch die Auseinandersetzung mit der Fachliteratur sollte uns einige Probleme bereiten, weil wir uns in das ungewohnte Milieu erst einarbeiten mussten.

Letztendlich hoffen wir, dass es uns gelungen ist, die genannten Ziele zu verwirklichen, um die Bergbauvereine „Alte Silberfundgrube Hülfe des Herrn e.V.“ in Biensdorf und „Alte Hoffnung Erbstolln e.V.“ in Schönborn-Dreiwerden mit unserer „Besonderen Lernleistung“ zu unterstützen und unsere Arbeit erfolgreich abzuschließen.

2 Historische Betrachtungen zum Freiburger Bergbaurevier

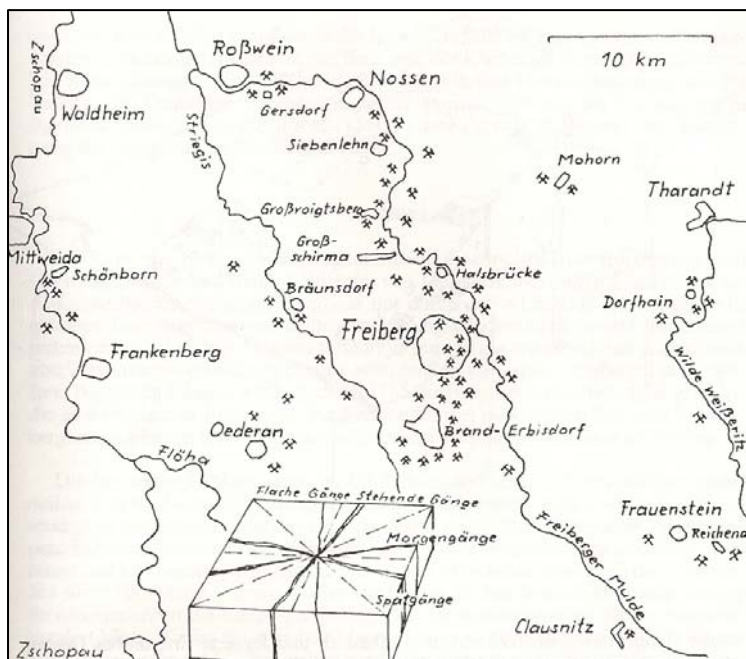
Der Freiburger Bergbau ist der älteste Silberbergbau, der sich im Freistaat Sachsen befindet. Er erstreckt sich von Claußnitz bis Roßwein und von Dorfhain bis Schönborn [1, S.10]. Dabei umfasst er eine räumliche Erstreckung von 40 km in Nord-Süd- und in West-Ost-Richtung. In diesem Gebiet trifft man bis zu 1000 Erzgänge an. Mittelpunkt des Freiburger Reviers bildet die Bergstadt Freiberg, von der aus sich der Bergbau ausbreitete und viele Jahrhunderte dauerte. Heute unterscheidet man in dieser Entwicklung vier Blütezeiten.

Die erste große Blüte entwickelte sich durch die Entdeckung des Silbererzes in der Nähe der heutigen Freiburger Altstadt um 1168. Man geht davon aus, dass der erste Erzgang in Regenerinnen eines Talhanges entdeckt wurde. Am Anfang konnte man die oberen Erzsichten im Tagebau fördern, später jedoch im Tiefbau. Durch Markgraf Otto von Meißen war es jedermann erlaubt, Bergbau zu betreiben. Wenn man Erfolg hatte, bekam man eine so genannte „Fundgrube“ zugewiesen. Diese konnte man hangabwärts bzw. hangaufwärts durch „untere und obere Maßen“ erweitern.

Zwischen den Jahren 1520 bis 1620 folgte die zweite Blütezeit. Da in den davorliegenden Jahrzehnten der Bergbau in Annaberg, Schneeberg und Marienberg einen weiteren Aufschwung verzeichnete, kam viel Kapital nach Freiberg. Die Teufen wurden immer größer. Dies hatte zur Folge, dass man gezwungen war, maschinelle Kunstgezeuge einzubauen, die das Grundwasser aus maximal 300 Meter Tiefe an die Erdoberfläche heben konnten. Beendet wurde diese Periode durch den 30-jährigen Krieg.

Erst um 1765 begann man, den Freiburger Bergbau wieder zu intensivieren. Dafür musste man in noch größere Teufen vordringen, was eine noch höher entwickelte Technik voraussetzte. Weil man fortan gut ausgebildete Ingenieure und Verwaltungsbeamte benötigte, entschloss man sich 1765 die Bergakademie Freiberg zu gründen. Mit Hilfe neuer technischer Entwicklungen, wie Druckpumpen, Turbinen und Kolbendampfmaschinen, konnte man nun Erze bis in 600 Meter Teufe abbauen. 1873 wurde die Silberdeckung der Währung zu Gunsten einer Golddeckung abgeschafft. Damit verringerte sich die Silbernachfrage drastisch und trotz einer Modernisierung der Bergbauanlagentechnik erfolgte eine Stilllegung des gesamten Bergbaus bis 1913. Die letzte Periode wurde durch die Kriegswirtschaft des Dritten Reiches eingeleitet und durch die Planwirtschaft in der Deutschen Demokratischen Republik 1970 fortgesetzt.

Im Laufe der geschichtlichen Entwicklung teilte man das Freiburger Bergbaurevier in verschiedene Lagerstättegebiete ein. Nach [2, S.9] umfasst der Freiburger Lagerstättebezirk den NE-Teil des sächsischen Erzgebirges, mit seinem Zentralteil und den umliegenden Randgebieten.



Begrenzt wird der Lagerstättenbezirk im NE durch die Mittelsächsische Störung. Im SE wird er durch den Hartmannsdorfer Granitporphyrgang begrenzt. Die Grenze im SW bildet die Flöhatalsynklinale. Im NW erfolgt die Begrenzung durch das sächsische Granulitgebirge. In der Nähe dieser Grenze befinden sich die Gruben von Biersdorf und Schönborn-Dreiwerden.

Abbildung 1:
Das Freiburger Bergbaurevier mit seinen historischen Bergbauanlagen [1]

3 Die Geschichte des Bergbaus im nordwestlichen Randgebiet des Freiburger Lagerstättenbezirks in den Gruben „Alte Hoffnung Erbstolln“ in Schönborn-Dreiwerden und „Hülfe des Herrn“ Stolln in Biensdorf

3.1 Die Geschichte der Grube „Alte Hoffnung Erbstolln“ in Schönborn-Dreiwerden

Der Bergbau in Schönborn ist nach montanarchäologischen Grabungen in der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts aufgenommen worden [1]. Zur selben Zeit ist auch die Bergstadt Bleiberg auf dem Treppenhauer bei Sachsenburg entstanden. Wichtige Abbauprodukte waren Silber-, Kupfer- und Bleierze. Man nimmt heute an, dass der erste Silberbergbau in Schönborn-Dreiwerden bis zum 14. Jahrhundert betrieben wurde. Belege dafür findet man in den Bergbelehnbüchern des 16. Jahrhunderts, die darauf hinweisen, dass dieser Bergbau oftmals schon von älteren Grubenbauen ausging.

Im 16. Jahrhundert ist der Schönborner Silberbergbau neu entflammt. Nicht selten wurden alte Baue wieder verwendet und vergrößert, weshalb heute die damaligen Abbauorte kaum mehr erkennbar sind. Als ein Beispiel gilt der Wildemannstollen, in dem sich verschiedene bergbauhistorische Abschnitte überlagern.

Im Jahre 1515 wurde dem Eigenlehner Weiß eine Fundgrube in diesem Bereich zugeschrieben. 180 Jahre später übereignete man dem Lehner Zeidler den „Alte Hoffnung Stolln“. Der damalige Bergbau befand sich nordwestlich der Biege. Dies ist ein Bergrücken in der Nähe von Schönborn-Dreiwerden, bei dem die Zschopau einen 180° Bogen umfließt. Um 1700 wurde diese Zeche an Michael Zenker weitergegeben, der sich wiederum mit Aufschlussarbeiten beschäftigte. Bis 1708 hatte man das Bergwerk vollständig aufgewältigt. Diese Arbeiten wurden aber wegen zu starken Wasserzuläufen eingestellt. Außerdem wurde der finanzielle Aufwand durch hohe Ausbaurkosten der Strecken für den Bergbau in dieser Zeche zu gewaltig. 1714 gab man die Zeche auf. 1736 und 1753 sind neue Abbauarbeiten in diesem Bereich nachgewiesen. Die endgültige Einstellung des Bergbaus im Schönborner Revier erfolgte 1805.

Im 19. Jahrhundert bahnte sich die wichtigste bergbaugeschichtliche Etappe im Schönborner Bergbaurevier an. Man vermutete in größeren Teufen reiche Erzlager, die die bisherigen geringen Ausbeuten beenden sollten [1]. Man gründete eine neue Gewerkschaft. Im „Clementine-Spatgang“ erwartete man einen Haupterzgangzug mit silberhaltigen Blei- und Fahlerzen.

Gottlob Benjamin Puschmann aus Schönborn griff mit seinen Bergleuten den Gedanken auf, einen Zentralstollen durch die Zschopau-Biege anzulegen. Die Zschopau sollte mit Hilfe eines Röschensystems durch den Bergrücken der Biege geleitet werden und ein Wasserrad in einer Radstube antreiben. Mit der entstandenen Kraft wollte man ein Kunstgezeug bis zur 3. Gezeugstrecke betreiben. 1831 wurde dieser Bergbauplan vom Oberbergamt in Freiberg bestätigt.

Am Anfang hatte man mit dem Mundloch an der Zschopau größere Probleme, da dort das Gestein brüchig war und man Stabilisierungsmaterial benötigte. Ebenfalls wurden die Arbeiten durch häufige Hochwasser der Zschopau behindert. Der Stollen wurde weiter vorgetrieben und durchstieß im Mai 1834 den Goldbachstollen. Da man immer weniger Erze in den Stollen fand, traten neue finanzielle Probleme auf.

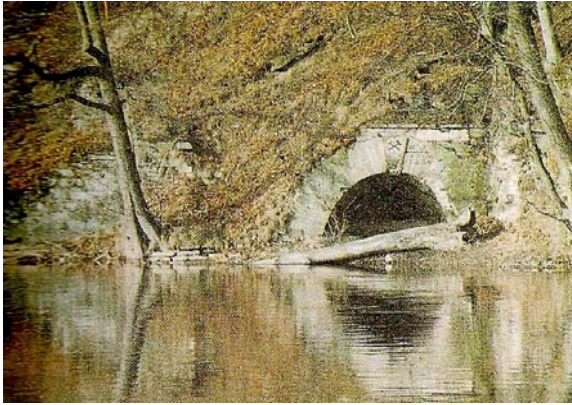


Abbildung 2: Das Mundloch der Aufschlagrösche oberhalb des Grubenwehres (1992)



Abbildung 3: Das Grubenwehr im Oktober 1993 [1]

Durch diesen Ausbau des Schönborner Bergwerks war der Abbau von Erzen prinzipiell auch in größeren Teufen möglich. 1847 erreichte man im Richtschacht den Clementine-Spatgang in 126 Meter Teufe. Dort fand man einen Erzgang, der in der zweiten Gezeugstrecke Mächtigkeiten bis sechs Meter aufwies. Durch abbauwürdigen Bleiglanz waren alle finanziellen Probleme beseitigt und die Belegschaft wuchs bis 1851 auf 105 Beschäftigte.

Tabelle über das erzielte Liefererz in den Jahren von 1849 bis 1851 [1]

Jahr	Menge an Liefererz in dt (Dezitonnen)
1849	625
1850	1250
1851	1650

Man erweiterte das Bergwerk durch eine Schmiede, ein Pulverlager und einen Pferdegeöpel. Im Folgenden teufte man einen Wetterschacht, der 1857 eine Teufe von rund 220 Metern erreichte. Bis zum Jahre 1860 erhöhte sich die Zahl der Beschäftigten auf 245 Personen.

Tabelle zur Entwicklung der Förderquoten von „Alte Hoffnung Erbstolln“ 1848-1860 [1]

Jahr	Blei in dt	Silber in dt	dt/Bergmann (Durchschnitt)
1848	25	0,30	0,92
1849	200	0,75	9,88
1850	175	2,23	13,60
1851	550	1,30	15,70
1852	725	1,33	15,02
1853	710	1,35	12,98
1854	1500	4,80	25,30
1855	1975	5,85	28,13
1856	2850	8,25	32,13
1857	3225	8,85	29,80
1858	2875	8,45	27,75
1859	2750	8,95	27,40
1860	3600	7,55	33,50

In diesen Jahren erreichte der Schönborner Bergbau seine höchste Blütezeit. Überall waren Aufschlussarbeiten durchgeführt worden. Des Weiteren legte man zwischen den Sohlen verschiedene Schächte an, die sich positiv auf die Wetterführung des Bergwerkes auswirkten. Auch kam man durch das Abteufen im Clementine Kunst- und Treibeschacht der sechsten Gezeugstrecke immer näher. Dort fand man Fahlerze mit einem hohen Silbergehalt. Zu dieser Zeit setzte sich die Grubenleitung aus Beamten zusammen, die die Bergakademie Freiberg besuchten. Durch die großen Mengen an gewonnenen Erzen erbaute man ein neues Huthaus, sowie 1864 einen Dampf-Backenbrecher, der das Material auf eine bestimmte Größe zerkleinerte. Durch die Vergrößerung des Bergwerks bekam man zunehmende Probleme mit dem Wasserzulauf. Dies führte 1863 dazu, dass das Oberbergamt einen Wasserhaltungsplan aufstellte. Im darauf folgenden Jahr wurde eine „neue Aufschlagrösche neben der alten bis an das rechte Zschopauufer vollends durchgetrieben“ und „dieselbe wegen des anfänglich an sich feigen Gesteins [...] in zwölfzölliges elliptisches Ziegelgewölbe von 1 Ltr. Weite und Höhe gesetzt [1].“ Außerdem wurde eine neue zweite Turbine gebaut. 1867 wurde in der zweiten Gezeugstrecke eine Sprengung durchgeführt. Durch Niederschlagswässer flossen pro Minute 680 Liter Wasser in den Gang ein und verhinderten den Abbau der Erze. Folglich sollte ein Kunstschacht erbaut werden, indem eine leistungsfähige Wasserkunst betrieben werden konnte. Diese musste in der Lage sein, bis zur siebten Gezeugstrecke (326 Meter) mindestens 1000 Liter Wasser in der Minute auf das Röschenniveau zu pumpen. 1869 begann man den Kunstschacht, der auch Herrmannschacht genannt wurde, rund um die Uhr abzuteufen. Zwei Jahre später wurde das Kunstgezeug bis zur halbfünften Gezeugstrecke in Dauerbetrieb genommen. Durch diese Baumaßnahme konnte nun an den stark wasserführenden Gezeugstrecken der Erzabbau fortgeführt werden. 1872 entstand, die bis dahin weggelassene vierte Gezeugstrecke, welche sich als erzführend erwies. Die in den letzten Jahrzehnten neu eingebauten Techniken führten dazu, dass sich die siebziger Jahre des 19. Jahrhunderts zu einer weiteren Blütezeit des Schönborner Bergbaus entwickelten.

Durch die fallenden Silber- und Bleipreise sowie die unkontinuierliche Erzführung der Grube, verschlechterte sich die Lage des Bergwerks zunehmend. Dazu kam 1873 ein so großer Wassereinbruch, dass die Grube bis über die vierte Gezeugstrecke überflutet wurde. Dagegen führte im gleichen Jahr eine trockene Witterungsperiode zu Wassermangel, weshalb die zwei Turbinen nur noch zur Hälfte betrieben werden konnten. In Folge dessen fielen zu hohe Kohlekosten an, um das Dampfkunstgezeug zu betreiben.

Außerdem nahm die Mächtigkeit des Erzganges rapide ab. Hinzu kamen Reparaturarbeiten, welche zusätzliche Kosten verursachten. In den folgenden Jahren sprachen sich immer weniger Stimmen für den Erhalt des Schönborner Bergwerks aus.

1883 wurde auf Verlangen des Oberbergamtes Freiberg der Grubenbetrieb unterhalb der dritten Gezeugstrecke eingestellt. Man dachte die Stilllegung des Dampfkunstgezeuges wegen zu hoher Brennstoffkosten an. Es wurde bestätigt, dass unterhalb der siebten Gezeugstrecke abbauwürdige Erze vorhanden waren. Man konnte aber nicht einschätzen, ob der Erlös aus dem Abbau der Erze die Kosten der aufwendigen Wasserhaltung decken würden. Deshalb orientierte man sich an der horizontalen Erschließung des Clementine-Spatgangs in den oberen drei Gezeugstrecken. Unterhalb versanken durch dieses Vorhaben abbauwürdige Grubenabschnitte im Wasser, obwohl die Jacobi-Dampfwasserkunst den Wasserspiegel problemlos hätte halten können.

1883 wurde das Bergwerk mit noch vorhandenen Geldern aus einem Reservefonds über Wasser gehalten. Zwei Jahre später wurden aber Unterstützungen aus der Bergbaukasse nötig. So waren nur noch 105 Bergleute im Bergwerk beschäftigt. Bis 1885 verschlechterte sich die ökonomische Lage noch mehr, da sich die Erzförderung weiter verringerte.

All diese Umstände führten dazu, dass sich das Oberbergamt Freiberg am 09.12.1885 dazu entschloss, den „Alte Hoffnung Erbstolln“ stillzulegen. Der Schichtmeister Friedrich Fritzsche, der als Wächter im Bergdienst blieb, schrieb am 6. April 1886 einen Brief an die Nachwelt. Diesen fand am 21. Juli 1986 Gerold Riedl bei Aufwältigungsarbeiten in einer Flasche im Herrmann-Kunstschacht.

3.2 Die Geschichte der Grube „Hülfe des Herrn“ Stolln in Biensdorf

Die Grube in Biensdorf ist durch eine sehr wechselvolle Geschichte geprägt. Sie befindet sich im Düstergrund zwischen Biensdorf und Merzdorf. Nach unterschiedlichen Angaben soll hier der Bergbau bereits im 10. Jahrhundert umgegangen sein. Sicher ist jedoch, dass mit den ersten Besiedlungen um das Jahr 1200, der Bergbau begann [3]. So entstand neben den größeren Siedlungen am Treppenhauer auch in Biensdorf eine kleinere Bergbausiedlung [4]. Damals hoffte man auf die Förderung von Silber-, Blei- und Kupfererzen. Die folgenden Jahrzehnte hatte man stets eine reiche Ausbeute verzeichnet, doch als es Anfang des 12. Jahrhunderts zu Hungersnöten aufgrund von Teuerungen kam, nahm die bergbauliche Aktivität stetig ab. Mit der ersten großen Pestwelle des Jahres 1318 und verschiedenen technischen Schwierigkeiten, besonders der Wasserhaltung, konnte die Erschließung neuer Erzgänge nicht mehr gewährleistet werden. Der Abbau von Erzen wurde zunächst eingestellt.

Des Weiteren schienen die regionalen und überregionalen Konflikte dieser Zeit immer wieder den flächendeckenden Abbau von Erzen zu behindern, sodass auch die Folgezeit kaum eine Veränderung der Situation um die Grube in Biensdorf mit sich brachte. Über den weiteren Verlauf ist aus Literatur und historischen Quellen nur wenig bekannt. Im 15. Jahrhundert scheint es eine lohnende Ausbeute gegeben zu haben, welche maßgeblich durch den Aufschwung der Bergstädte wie zum Beispiel Freiberg begünstigt wurde. Im 16. Jahrhundert stellten sich mit der Zugehörigkeit Biensdorfs zum Bergamt Marienberg, durch erneute Erkundungen, Erzfunde ein, welche wiederum zum Aufleben des Bergbaus führten [5].

Erst ab 1756 sind wieder sicherere Quelle nachweisbar. Zu dieser Zeit gründete der Eigenlöhner Johann Hussar die Gesellschaft „Hülfe des Herrn“ und verhalf der Grube wieder zu wirtschaftlichem Erfolg [6, S. 42]. Aber schon ein Jahr später taucht Hussar nicht mehr in den Bergakten auf [7]. Danach wurde die Fundgrube von Ernst Heinrich Geißler übernommen. Das Unternehmen hatte noch bis 1789 Bestand und es fanden umfangreiche Arbeiten in der Biensdorfer Zeche statt. So baute man ein 10,5 Meter hohes Wasserrad, welches über einen Kunstgraben mit Wasser versorgt wurde. Schon 1783 war ein Huthaus erbaut wurden. Nach dem Niedergang dieser Abbauetappe wurde der Bergbau mehr als ein Jahrhundert nicht betrieben. Erst nach dem 2. Weltkrieg erfolgte in diesem Zechenbereich eine Uranerzkerkundung durch die SAG Wismut.

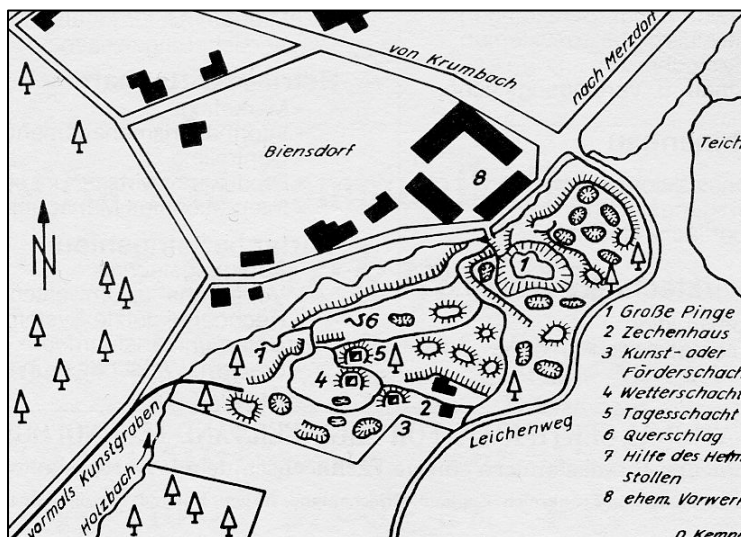


Abbildung 4: Pingen- und Haldenfeld in Biensdorf [8, S. 19]

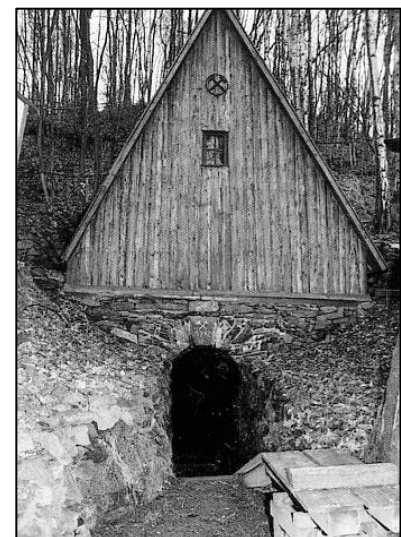


Abbildung 5: Mundloch des „Hülfe des Herrn“ Stollns [9, S.62]

4 Zur Lagerstättenausbildung und Geologie der Erzgruben in Schönborn-Dreiwerden und Biensdorf

4.1 Entstehung, Einteilung und Ausbildung von magmatischen Lagerstätten

Durch geologische Vorgänge können nutzbare Metalle in der Erdkruste angereichert sein und einen effizienten Abbau ermöglichen [10, S. 226 f.]. Infolge magmatischer Vorgänge steigen große Mengen flüssigen Materials aus der Asthenosphäre in die Lithosphäre auf, kühlen dort über einen längeren Zeitraum ab und differenzieren sich u.a. in nutzbare Mineralbildungen.

Das zähflüssige Magma bleibt beim Aufsteigen aus dem Erdmantel durch tektonische Schwächezonen in der Erdkruste stecken und erstarrt langsam. Aus derartigen Granitplutonen, die sich über lange Zeit abkühlen, können die verschiedensten Erzlagerstätten entstehen. Diese Vorgänge beinhalten im Wesentlichen drei Phasen der Lagerstättenentstehung. Als Erstes können sich liquidmagmatische Lagerstätten bilden, in denen sich besonders Feldspäte und Glimmer ausscheiden können. In der nächsten Abkühlungsstufe erfolgt die Ausbildung von pneumatolytischen Lagerstätten. Diese ist durch die Ausscheidung von zahlreichen Mineralen charakterisiert. Als Letztes folgt die Bildung von hydrothermalen Lagerstätten. Von den drei bisher genannten Lagerstättentypen ist dies die ökonomisch wichtigste. Sie führt zur Abscheidung von Gold-, Silber-, Kupfer-, Blei- und Zinkmineralen.

- Liquidmagmatische Lagerstätten

Die erste Möglichkeit Minerale anzureichern, bietet sich bei der Erstarrung des flüssigen Magmas [10, S. 226 f.]. Aus diesen Magmen können sich besonders spezifisch schwere Erzminerale absetzen und sich an der Basis derartiger Magmenkörper anreichern. Es sind gediegene Metalle wie Platin und Gold zu nennen, die sich bei Bildungstemperaturen von 1500-600°C abscheiden. Am Ende der Haupterstarrung haben sich die Gesteinssilikate vollständig verfestigt. Zurückgeblieben sind nur leichtflüchtige Bestandteile, welche silikatfremde Verbindungen wie Metallchloride, -sulfide und -fluoride enthalten.

- Pneumatolytische Lagerstätten

Durch stetige Zunahme des Dampfdruckes im erstarrenden Magmakörper werden die pneumatolytischen Phasen gezwungen, über tektonische Schwächezonen (Risse, Spalte, Klüfte) den Pluton zu verlassen, um sich besonders im Nebengestein anreichern zu können [10, S. 226 f.]. Aus diesen heißen Gasen, die die Magmen in großen Mengen besitzen, können sich pneumatolytische Lagerstätten bilden. Bei Temperaturen von circa 600-400°C scheiden sich je nach Siedepunkten Minerale wie Magnetit (Fe_3O_4), Kupferkies (CuFeS_2), Bleiglanz-Zinnblende ($\text{PbS}+\text{ZnS}$), Wismut sowie Zinnstein-Wolframit-Molybdänglanz ($\text{SnO}_2+\text{FeWO}_4+\text{MoS}_2$) ab. Bei einer weiteren Abkühlung des Primärkörpers bilden sich nunmehr hydrothermale Lagerstätten.

- Hydrothermale Lagerstätten

Man unterscheidet in folgende Typen von hydrothermalen Lagerstätten.

Lagerstätte [10, S. 226 f.]	Bildungstemperatur	entstandenes Material
Katathermale Lagerstätte	400-300°C	Goldquarz Nickelmagnetkies Pyrit-Kupfererz
Mesothermale Lagerstätte	300-200°C	Kupfererz Silber-Kobalt-Nickel-Uran- pechblende Bleiglanz-Zinnblende
Epithermale Lagerstätte	200-100°C	Bleiglanz-Zinnblende Gold-Silber Quecksilber Antimonglanz
Telethermale Lagerstätte	<100°C	Bleiglanz-Zinkblende

Nach der pneumatolytischen Phase kommt es zur weiteren Abkühlung der Restlösungen in und am Magmakörper [11, S. 230 ff.]. Wenn die kritische Temperatur des Wasserdampfes von 374°C unterschritten wird, nehmen die bei höheren Temperaturen auftretenden Dämpfe zunehmend den Charakter von wässrigen Lösungen an. Dadurch werden in einer bestimmten Reihenfolge mit sinkenden Temperaturen wichtige Erze ausgeschieden. Durch Risse und Spalten wandern die Lösungen vom ehemaligen Magmaherd weg und kühlen sich ab. In den entstehenden Gängen sind hauptsächlich Cu, Ag, Au, Bi, Zn, Hg, Ga, Mn, Pb, Fe, Se und andere Elemente vertreten, die sich meist sulfidisch abscheiden. Gediegen können aber auch Cu, Ag, Au, Bi, und As vorkommen.

Die Erze können auch mit Quarz, Kalkspat, Eisenspat oder Baryt vergesellschaftet sein (Gangart) [11, S. 230 ff.].

Den Prozess von nebeneinander und nacheinander entstehenden Mineralen oder auch die Vergesellschaftung von verschiedenen Mineralen bezeichnet man als **Paragenese** (griech. Paragenesis). Der Begriff Paragenese wurde 1849 von August Breithaupt eingeführt und stammt aus dem Griechischen. Übersetzt heißt Paragenese so viel wie „neben und Entstehung“ von „para und genesis“.

Die verschiedenen hydrothermalen Erzlagerstätten hat man in „Gangformationen“ systematisiert. Im Lagerstättenbezirk Freiberg ist zum Beispiel die Pb-Ag-Zn-Formation vorherrschend. Weitere Formationen sind zum Beispiel eine Au- und Au-Ag-Formation oder Ag-Co-Ni-Bi-U-Formation in Schneeberg. In den meist mehrere Kilometer langen Erzgängen wechseln sich verschiedenste Minerale ab.

Durch absteigende Oberflächenwässer können Elemente aus den Erzgängen herausgespült werden. Da an der Erdoberfläche Sauerstoff zur Verfügung steht, werden die in den Erzgängen befindlichen Eisenverbindungen zu Brauneisen (eiserner Hut) oxidiert (Oxidationszone). Gelöste Elemente können mit Hilfe von Sickerwasser in große Tiefen transportiert werden, wo sie im Grundwasserbereich (Reduktionszone) wieder ausgeschieden werden (Zementationszone). Der Bergmann nutzt diese Dreiteilung, denn je stärker der eiserne Hut sich ausgebildet hat, desto größer ist die Anreicherung von wertvollen Elementen in der Zementationszone.

4.2 Die Mineralisationszyklen im Freiburger Lagerstättenbezirk

Aufgrund der Erkenntnisse von [12, S.203-206] lassen sich im Freiburger Lagerstättenbezirk und seinen Randbezirken zwei Mineralisationszyklen nachweisen, welche unterschiedlichen metallogenetischen Epochen zuzuordnen sind. Der 1. Mineralisationszyklus entstand

während der variskischen Orogenese. Diese frühe Orogenese lieferte die Zinn-Wolfram Formation (Sn-W), kiesig-blendige-Formation (kb), Uran-Quarz-Formation (uq) sowie die edle Braunspatformation (eb). Der zweite Mineralisationszyklus entstand während der alpidischen Orogenese. Im 2. Mineralisationszyklus entstanden die Eisen-Baryt-Abfolge (eba), die fluorbarytische Bleierzformation (fba) und die BiCoNiAg- Formation.

4.2.1 Der 1. Mineralisationszyklus

4.2.1.1 Die Sn-W-Formation

Die Sn-W-Formation führt zur Ausbildung der so genannten erzgebirgischen Sn-W-Paragenesen. Diese enthalten neben den Silikaten Quarz, Feldspat und Glimmer und verschiedensten Zinn- und Eisenoxiden (Zinnstein und Hämatit) auch Mangan-, Eisen- und Calciumwolframate (Wolframit und Scheelit).

4.2.1.2 Die kb-Formation

In Folge starker tektonischer Öffnungsbewegungen auf den Gangspalten begann zunächst die eigentliche Ausscheidung von Quarz und Eisensulfiden (Arsenkies I, Pyrit I und Magnetkies), die so genannte „kiesige Abfolge“ [12, S.203-206].

Nach einer weiteren tektonischen Öffnungsbewegung wurde die Zn-Sn-Cu-Abfolge abgesetzt, welche in einigen Lagerstätten einen vorherrschenden Status erlangte (Freiberger Kupferformation). Wichtige Hauptminerale sind zum Beispiel die eisenreiche Zinkblende I und der Kupferkies I.

Durch eine weitere tektonische Öffnungsbewegung wurde der Absatz von Bleiglanz I ermöglicht (= Pb-Abfolge).

4.2.1.3 Die uq-Formation

Nach einer erneuten tektonischen Öffnungsbewegung und Erweiterung von Störungen und Klüften in der Erdkruste wurde die räumliche Voraussetzung für den Absatz der uq-Formation geschaffen, welche in Verbindung mit der eb-Formation auftritt [12, S.203-206]. Sie begann mit der Zufuhr von SiO_2 , die als Gelbildungen von Hornstein und später als kristalliner Quarz zur Ausscheidung kam.

Durch das ansteigende Redoxpotential kam es innerhalb des Quarzes teilweise zur Bildung von fein verteiltem Hämatit, welcher ihm eine typische Rotfärbung verlieh.

Die Uranpechblende I ist das wichtigste Erzmineral dieser Abfolge und trotz seines seltenen Vorkommens die eigentliche und wichtigste Uranabfolge des Erzgebirges.

4.2.1.4 Die eb-Formation

Unmittelbar nach den zuvor beschriebenen Geschehnissen stiegen karbonatische Lösungen der eb-Formation auf und korrodierten intensiv mit älteren SiO_2 -Absätzen [12, S.203-206]. Durch diese Entwicklung kam es häufig zur Rotspatbildung. Durch weiteres Abnehmen des Oxidationspotentials setzte sich die Ausscheidung von Eisen weiter fort. So kam es zur Bildung von Siderit, Manganspat, Braunspat und Kalkspat.

4.2.2 Der 2. Mineralisationszyklus (eba-fba-BiCoNiAg)

Charakteristische Elemente für den 2. Mineralisationszyklus sind zum Beispiel Co, Ni, Mn, Ba, Cu und Fe. In allen vier Randgebieten des Freiburger Reviers, also auch im westlichen Randgebiet, wo sich die Gruben von Biensdorf und Schönborn-Dreiwerden befinden, hat die Mineralisation des 2. Mineralisationszyklus stattgefunden.

4.2.2.1 Die Eisen-Baryt-Abfolge (eba i.e.S.)

In den Randgebieten des Freiburger Reviers ist die schon lang bekannte Eisen-Baryt-Abfolge eher weniger anzutreffen [12, S.57-73]. Quarz, Baryt, Fluorit mit eingesprengten Eisen- bzw. Manganmineralien zählen zu den Hauptbestandteilen dieser Abfolge. In Verbindung mit Sulfiden können sich Kupferkies, Zinkblende und Bleiglanz bilden. Durch das hohe Oxydationspotential konnten sich große Mengen an Eisenoxiden bilden, zum Beispiel Roteisen-Hämatit oder Magnetit.

4.2.2.2 Die fluorbarytische Bleierzformation (fba)

Durch neue tektonische Öffnungsbewegungen kam es zu weiteren Quarz-Baryt-Fluorit-Ausscheidungen und es bildete sich die fba-Formation [12, S.57-73].

Im Freiburger Revier ist die fba-Formation und die dazu gehörende BiCoNi-Mineralisation auf eigenen Gangtrümmern vorzufinden. Charakteristisch für die fluorbarytische Bleierzformation ist das konstante und durchgängige Auftreten von Cu, meist als Kupferkies. Gangarten bilden hauptsächlich Baryt, Fluorit und Quarz.

Zum Abbau und zur Verarbeitung in der Industrie dient der Bleiglanz (PbS) zu den wichtigsten Erzmineralen. Des Weiteren können Kupferkies (CuFeS₂) und Zinkblende (ZnS) als Erzminerale auftreten.

4.2.2.3 Die BiCoNiAg-Formation („Edle Geschicke“)

Diese Formation schließt direkt an die fba-Formation an und ist nach paragenetischen Untersuchungen nur deren Fortsetzung [12, S.57-73]. Es haben demnach weitere Baryt-Fluorit-Quarz-Ausscheidungen mit annähernd denselben Lösungscharakteren stattgefunden. Die BiCoNiAg-Formation kann in 2 Abfolgen unterteilt werden:

1. Arsenidische Abfolge
2. Silbersulfid-Abfolge

Hauptgangarten sind Baryt (BaSO₄), Fluorit (CaF₂), Quarz (SiO₂) und ebenfalls Karbonate. Wichtige neue primäre Erzminerale sind unter anderem gediegen Wismut und Co-Ni-Fe Arsenide. Arsen ist in der arsenidischen Abfolge als Anion vorzufinden und steht als Schwefelvertreter. Oftmals war die Konzentration so hoch, dass gediegen Arsen ausgeschieden werden konnte. Nach der arsenidischen Abfolge folgte die karbonatische „Silbersulfid-Abfolge“ oder auch „Edle Geschicke“ genannt. In dieser Abfolge wurden neben den Karbonaten auch die Sulfide abgelagert. In Folge dessen fand eine Anreicherung von Silber aus den Hydrothermallösungen statt.

4.3 Die geologischen Verhältnisse im westlichen Randgebiet des Freiburger Lagerstättenbezirks in den Gruben Schönborn-Dreiwerden und Biensdorf

Wie im Kapitel „Historische Betrachtungen im Freiburger Revier“ schon erläutert, gliedert sich das Freiburger Revier in verschiedene Lagerstättenbezirke. Eines davon ist das westliche Randgebiet [12, S.73]. Im Wesentlichen befinden sich dort die Gangbezirke von Bräunsdorf, Oberschöna, Oederan und Langenstriegis. Auf Grund der geringen Entfernung und geologischen Unterschiede zwischen Langenstriegis und Biensdorf/Schönborn-Dreiwerden haben wir uns entschlossen, jene Gruben mit in dieses Areal einzubeziehen. Das westliche Randgebiet umfasst einen Bereich von Eppendorf bis zum nördlich gelegenen Mobendorf und hat eine Ausbreitung von circa 23 km Länge und 14 km Breite.

Das Zschopautal ist morphologisch durch eine einzigartige Landschaft mit Felsen, kleinen Auen und Talhängen gekennzeichnet [1, S.5-10]. Entstanden ist es durch Erosion der Zschopau, die sich in das Sächsische Granulitgebirge eingeschnitten hat, welches zur Zeit der variskischen Gebirgsbildung entstanden ist. Durch gebildete Risse und Spalte konnten sich über den hydrothermalen Weg Minerale anreichern. Durch nochmaliges Aufreißen wurde der Vorgang wiederholt und der Erzgang immer mächtiger.

Das Granulitgebirge, auf dem sich die Gruben von Schönborn-Dreiwerden und Biensdorf befinden, nimmt eine 20 mal 50 Kilometer große, elliptische Fläche ein (siehe Abbildung 6). Auf diesem Granulitgebirge hat sich im Laufe der Zeit ein Schiefermantel mit Gneisglimmerschiefer und Glimmerschiefer gebildet. Granulit ist ein hochgradig metamorphes (hoher Druck und Temperatur) basisches oder saures Gestein, welches hauptsächlich aus den Mineralen Feldspat und Quarz besteht [13]. Es ist ein fein- bis mittelkörniges Gestein und somit feinkörniger als Granit.

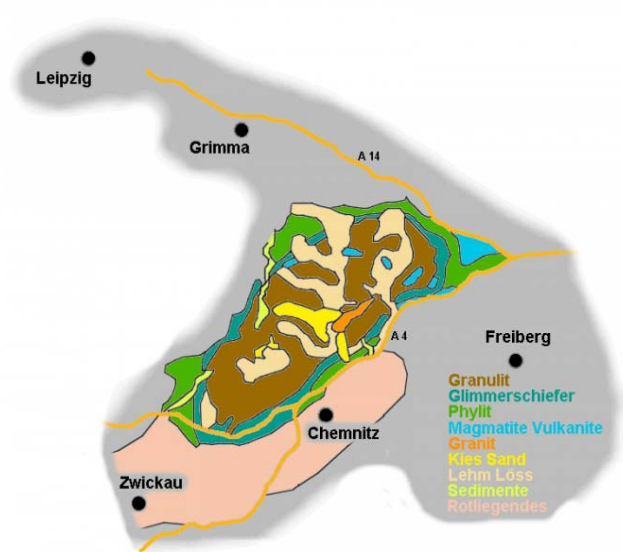


Abbildung 6: Das Sächsische Granulitgebirge [13]

4.3.1 Geologische Verhältnisse in der Grube „Alte Hoffnung Erbstolln“ in Schönborn-Dreiwerden

Wie eben schon erläutert befindet sich die Grube von Schönborn im Gebiet des Granulitgebirges [1, S.5-10]. Durch ein Amphibolitmassiv am Schönborner Grubenwehr wird die Zschopau in die so genannte Biege gezwungen. Amphibolit ist ein Gestein, das durch eine Metamorphose von Basalt entstanden ist. In diesem Bereich ist in den Gängen die fluorbarytische Bleierzformation (fba) entstanden.

Allgemein ist die Lagerstätte in Schönborn-Dreiwerden sehr zerklüftet und hat eine Gesamtlänge von mehr als 2 Kilometern. Der Hauptgang, auch „Clementine Spatgang“ bezeichnet, hat Mächtigkeiten von 1,5 bis 2,5 Metern, manchmal aber auch bis zu 7 Metern. Er streicht von WNW-OSE (circa 122°) und fällt im Mittel mit 68° gegen NE ein. Die Seitentrümer, die sich an den Hauptgang anschließen, müssen etwa zur gleichen Zeit, wie der Haupterzgang entstanden sein, denn sie besitzen die gleiche Mineralisation. Auch hier

ist der Gang mit der charakteristischen fluorbarytischen Bleierzformation (fba) gefüllt. Die vorherrschenden Gangarten bilden Quarz, Fluorit (Flußspat), Baryt (Schwerspat) und Calcit (Kalkspat). Häufige Erze sind Galenit (Bleiglanz), Pyrit (Schwefelkies), Chalkopyrit und Fahlerz (geologischer Überblick vom Gebiet Schönborn-Dreiwerden-Seifersbach [1], siehe Anhang S.65).

Das wichtigste gewonnene Erz war der Galenit (Bleiglanz). Er ist in der Schönborn-Dreiwerdener Lagerstätte in zwei Varietäten vorzufinden. Dies ist zum einen der grobblättrige, dunkelbleigraue Galenit mit 75% Blei- und 0,02 bis 0,03% Silbergehalt und zum anderen der feinblättrige, bleigraue Galenit mit 75% Blei, allerdings 0,05-0,1% Silbergehalt. Der silberärmere Galenit in Schönborn-Dreiwerden überwiegt. Des Weiteren ist Pyrit (Schwefelkies) und Chalkopyrit (Kupferkies) anzutreffen. Schwefelkies kann in größeren und kleineren Nestern vorkommen. Ein weiterer Silberlieferant war das Fahlerz, das dieses Metall enthalten kann. Meist kommt es in Körnerform im Quarz, Hornstein und feinblättrigen Galenit feinstverteilt vor. Das in Schönborn untersuchte Fahlerz hat einen Silbergehalt von 2,0 bis 2,7% und einen Kupfergehalt von 10,0 bis 37,5%.

4.3.2 Geologische Verhältnisse in der Grube „Hülfe des Herrn“ Stolln in Biensdorf

Die Grube Biensdorf befindet sich nahe der Sachsenburg ebenfalls am Südrand des sächsischen Granulitgebirges [4]. Sie setzt sich aus Gangstollnsystemen zusammen. Zum einen aus dem mittelalterlichen „Hülfe des Herrn“ Stolln und zum anderen aus dem wesentlich jüngeren „Wismutstollen“.

Der „Wismutstollen“ ist am südlichen Talhang des Kalkbaches südwestlich in den Berg getrieben worden. Er wurde circa 135 Meter in den Berg aufgefahren und schneidet dabei (nach 33 Meter) den alten „Hülfe des Herrn“ Stolln, welcher an dieser Stelle als barytischer Hauptergang aufgeschlossen ist.

Die Grubenanlage Biensdorf befindet sich durchschnittlich auf einem Höhengniveau von 251 Meter über NN.

Der „Wismutstollen“ zeichnet sich durch eine starke tektonische Beeinflussung aus, was sich an zahlreichen Störungszonen und Faltungen beweisen lässt [14]. Er durchörtert auf seinem Weg in den Berg verschiedenste Gesteine des Schiefermantels des Granulitgebirges. Im Eingangsbereich ist eine Abfolge schwarzgrauer Schiefer vorzufinden, die rostbraune Eisenhydroxitbeläge aufweisen. Diese kohlenstoffreichen Schiefer streichen in SW-NO Richtung. Im weiteren Verlauf des Haupterganges sind Kieselschiefer aufgeschlossen. Außerdem sind mehrere zentimetermächtige Mineralgänge mit Quarz und Baryt in der Biensdorfer Grube vorhanden. Nach Carl Hermann Müller ist die fluorbarytische Bleierzformation die Hauptergformation im Biensdorfer Bergbaurevier. Gangarten bilden hauptsächlich Fluorit, Baryt, Hornstein, Braunspat sowie Kalkspat. Des Weiteren sind zahlreiche Minerale wie Bleiglanz, Kupferkies, Eisenkies, Fahlerz, Buntkupferkies, Machalit und Kupferglasur in der Grube am Kalkbach anzutreffen.

5 Die Probennahme und Probendokumentation der Gruben von Schönborn-Dreiwerden und Biensdorf

5.1 Schönborn-Dreiwerden (Probennummern im Kartenriss verzeichnet, siehe Anhang S.66)

Probennummer	Ort der Probennahme
S1	2.Gezeugstrecke, 75-100m SO
S2	2.Gezeugstrecke, Querschlag 92
S3	Haldenmaterial
S4	Linzgrube, Querschlag rechts
S5	Wildemannstolln, Nebengestein
S6	Wildemannstolln, Haldenmaterial
S7	Wildemannstolln, Haldenmaterial,
S8	2.Gezeugstrecke, Zschopauspatgang
S9	2.-3. Gezeugstrecke, Clementine-Spatgang
S10	2. Gezeugstrecke, 300m SO
Die nachfolgenden Proben sind aus der Mineraliensammlung der TU Bergakademie Freiberg	
S50995	Alte Hoffnung Erbstolln
S50996	Alte Hoffnung Erbstolln, Clementine-Spatgang
S50998	Alte Hoffnung Erbstolln, Clementine-Spatgang
S51002	Alte Hoffnung Erbstolln
S51020	Alte Hoffnung Erbstolln
S51022	Alte Hoffnung Erbstolln
S51024	Alte Hoffnung Erbstolln, 5. Gezeugstrecke
S51025	Alte Hoffnung Erbstolln

5.2 Biensdorf (Probennummern im Kartenriss verzeichnet, siehe Anhang S.67)

Probennummer	Ort der Probennahme
C1	Wetterstolln, auf der linken Seite kurz nach dem Mundloch
W1	Wismutstolln, Hauptstollentrakt
W2	Wismutstolln, Hauptstollentrakt, Abzweig „Der Alte Mann-Haupttrakt“
W3	Mettenschichtraum, Nebenstollentrakt
W4	Nebenort, Durchschlag im Altbergbau
H1	Hülfe des Herrnstolln, zwischen Mundloch und Döringschacht, rechte Gangseite
H2	Hülfe des Herrnstolln, Abzweig Haggepeterschacht
H3	Radstube
H4	38m Stolln/ Radstube, südlicher Seitenstoß
H5	38m Stolln/ Radstube, westlicher Seitenstoß
Die nachfolgende Probe ist aus der Mineraliensammlung der TU Bergakademie Freiberg	
B51030	Hülfe des Herrnstolln, Schliffprobe, Biensdorf?

6 Untersuchungsverfahren zur Charakterisierung der gewonnenen Erzproben

6.1 Untersuchungen mit dem Rasterelektronenmikroskop und der Elektronenstrahlmikrosonde

Die Mikroskopie dient allgemein dazu, kleine Objekte so zu vergrößern, dass kleine und kleinste Objektdetails beobachtet werden können. Gerätetechnisch sind heute

- Lichtmikroskope
- Durchstrahlungselektronenmikroskope und
- Rasterelektronenmikroskope

gebräuchlich. Durchstrahlungselektronenmikroskope und Rasterelektronenmikroskope lassen sehr hohe Objektvergrößerungen zu und sind im Zusammenhang mit verschiedenen analytischen Zusatzgeräten aus den modernen Geo- und Werkstoffwissenschaften nicht mehr wegzudenken.

Für die Untersuchungen an den gewonnenen Erzproben der Gruben Schönborn-Dreiwerden und Biensdorf wird ein modernes Rasterelektronenmikroskop (REM) mit einer Elektronenstrahlmikrosonde (ESMA) eingesetzt.

6.2 Historische Betrachtungen zur Rasterelektronenmikroskopie

Die Entwicklung der Rasterelektronenmikroskopie basiert auf der Beschreibung des Wellen-Teilchen-Dualismus von Elektronen durch den französischen Physikers Louis Victor De Broglie (1892–1987) im Jahre 1925 [17]. Der Dualismus zeigt, dass Elektronen nicht nur Teilchen sind, sondern zugleich einen Wellencharakter besitzen.

Diese neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse nutzte Ernst Ruska und entwickelte die Idee der magnetischen Bündelung von Elektronenstrahlen. Mit Unterstützung des deutschen Elektrotechnikers Max Knoll baute Ernst Ruska 1931 das erste Durchstrahlungselektronenmikroskop (TEM) unter Verwendung von magnetischen Linsen. Der gebündelte Elektronenstrahl durchstrahlt dünne Materialproben oder deren Oberflächenabdrücke und ermöglicht die Darstellung von atomaren Strukturen.

Manfred von Ardenne gelang es, mit Hilfe eines Elektronenstrahls die Oberflächen von kompakten Proben zeilenförmig abzutasten. Dies ermöglicht die oberflächengetreue und räumliche Darstellung von Objektoberflächen kompakter Proben bei hohen Vergrößerungen und großen Tiefenschärfen.



Abbildung 7: Ernst Ruska
(1906-1988) [15]

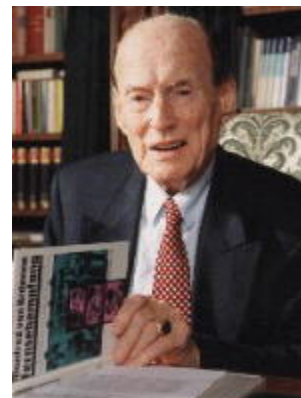


Abbildung 8: Manfred von Ardenne
(1907-1997) [15]

6.3 Aufbau und Funktionsweise von Rasterelektronenmikroskopen und Elektronenstrahlmikrosonden

Um Elektronenstrahlen zu erzeugen, benötigt man eine Elektronenquelle. Dazu kann zum Beispiel ein haarnadelförmiger Draht aus Wolfram (W) verwendet werden. Dieser wird durch seinen Widerstand erhitzt (Glühkathode) und emittiert infolge Elektronen. Der so erzeugte Primärelektronenstrahl wird mit Hilfe von elektromagnetischen Linsen gebündelt. Die emittierten Elektronen werden von einem Wehnelt-Zylinder durch Hochspannung beschleunigt. Der so entstandene Primärelektronenstrahl wird mit Hilfe inhomogener magnetischer Felder (erzeugt von Magnetspulen, die als magnetische Linsen dienen) gebündelt und fällt auf die zu untersuchende Probe [18]. Durch die Wechselwirkungen der Elektronen mit den Probenatomen werden Signale aus der Probe emittiert, die ausgewertet werden können.

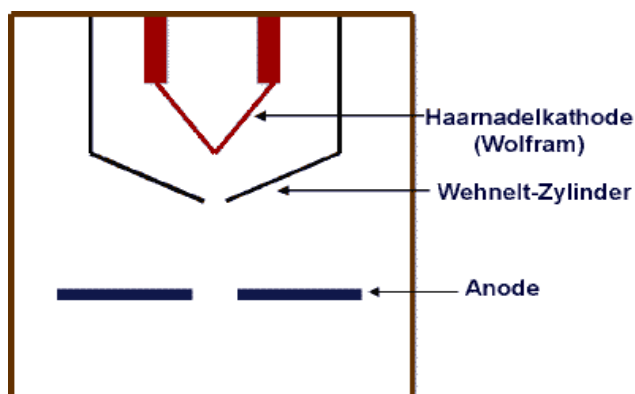


Abbildung 9: Aufbau eines Wolframglühkatodensystems eines REM [18]

Der optische Strahlengang eines Rasterelektronenmikroskops besteht aus einem Kondensorlinsensystem und einer Objektivlinse [15]. Aufgabe dieser Baugruppen ist es, Elektronen in einem feinen Punkt auf der zu untersuchenden Probenoberfläche zu fokussieren.

Der Primärelektronenstrahl wird mittels Ablenkspulen zeilenförmig über die Objektoberfläche gerastert (Begriff: **Rasterelektronenmikroskop**) [16]. Wenn der Primärelektronenstrahl auf die Probenoberfläche auftrifft, ergeben sich verschiedene Wechselwirkungen der Primärelektronen und der Probenatome.

- Sekundärelektronen (SE):

Die Elektronen des Elektronenstrahls nehmen Plätze der Valenzelektronen der Probenatome ein. Diese Elektronen, aus den äußeren Schalen der Probenatome (Sekundärelektronen), liefern Informationen über die Reliefbeschaffenheit der Probe. Das geschilderte Prinzip entspricht unelastischen Stößen. Die Sekundärelektronen werden mittels eines Everhart-Thornley-Detektors aufgefangen [15].

- Rückstreuielektronen (RE):

Die Rückstreuielektronen liefern materialspezifische Informationen der Proben. Wenn die Primärelektronen auf die Probenfläche prallen, kann es zu elastischen Wechselwirkungen zwischen den Primärelektronen des Elektronenstrahls und den Probenatomen kommen. Durch schwere Elemente werden die Primärelektronen stark rückgestreut, wodurch helle Bereiche auf dem Monitor erscheinen [16]. Elemente, die leichter sind, werden deutlich dunkler definiert. Dadurch können Rückschlüsse auf die Elementführung und deren Verteilung in den untersuchten Materialien der Probe geschlossen werden.

- Charakteristische Röntgenstrahlung:

Um Erkenntnisse über die qualitative und quantitative chemische Zusammensetzung der Proben zu gewinnen, benötigt man die charakteristische Röntgenstrahlung. Die Primärelektronen des Elektronenstrahls gelangen zu kernnahen Schalen der Probenatome und regen die dort befindlichen inneren Elektronen an, auf weiter vom Kern entfernte Schalen zu springen. Die entstandenen Elektronenlücken werden durch energiereichere Elektronen aus höheren Orbitalen aufgefüllt. Anschließend nehmen sie wieder ihr altes Energieniveau ein. Dabei wird die vorher zugeführte Energie in Form von einer elementspezifischen Röntgenstrahlung frei. Die abgegebene Energie kann mit Hilfe eines EDX-Detektors aufgefangen werden und ermöglicht die qualitative und quantitative Analyse der in der Probe befindlichen Elemente [18]. Es ist ein Probenvolumen von größer gleich $5\mu\text{m}^3$ analysierbar.

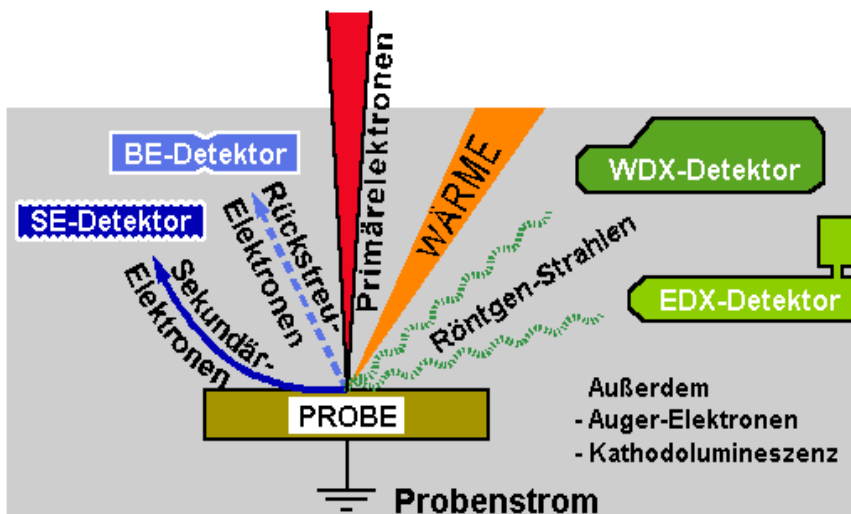


Abbildung 10: Schematische Darstellung der physikalischen Wechselwirkungen zwischen den Primärelektronen und der zu untersuchenden Probe [15]

6.4 Zur Untersuchung der Erzproben

Um die Erzproben untersuchen zu können, müssen sie auf speziellen Objektträgern fixiert werden (Maximalprobendurchmesser 50 mm) [15]. Damit sich die nichtleitenden Erzprobenmaterialien unter dem Elektronenbeschuss im REM nicht aufladen, werden sie oberflächlich mit einer nm-dicken Kohlenstoffschicht bedampft.

In der Vakuumprobenkammer des REM werden die Untersuchungsproben durch den Primärelektronenstrahl abgetastet und die oben genannten Signale mit den entsprechenden Detektoren verarbeitet und auf Beobachtungsbildschirmen sichtbar gemacht.

7 Ergebnisse der Untersuchungen an den gewonnenen Erzproben

7.1 Grube „Alte Hoffnung Erbstolln“ Schönborn-Dreiwerden [19]

Probe-Nr.: S1

Lagebeschreibung: 2.Gezeugstrecke, 75-100m SO, Schönborn-Dreiwerden

Makroskopische Betrachtung: grünlich gefärbtes Gangstück

Analysenergebnisse:

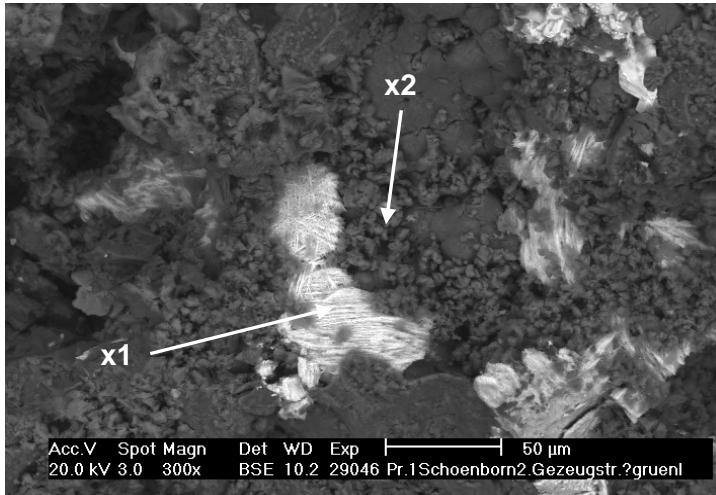


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysenpunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 300fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe S1:

Elemente [Gewichts-%]	x1	x2
Aluminium	4,46	17,19
Silicium	0,61	0,46
Calcium	5,49	65,00
Kupfer	1,35	2,88
Blei	88,08	14,47

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Der hohe Bleigehalt sowie die grünliche Farbe des Fundmaterials deuten auf Cerussit (Weißbleierz, $PbCO_3$) hin. Die tafelige Kristallform des Materials bestätigt Cerussit.

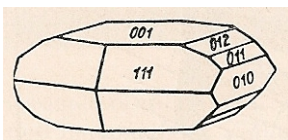


Abbildung 11: Kristallform des Cerussits

x2: Ein hoher Aluminiumgehalt und Calciumgehalt sprechen für eine tonreiche Matrix. Dieses tonige Material umschließt den Cerussit.

Ergebnis:

x1: Weißbleierz (Cerussit, $PbCO_3$)

x2: toniges Material

Probe-Nr.: S2

Lagebeschreibung: 2. Gezeugstrecke, Querschlag 92, Schönborn-Dreiwerden

Makroskopische Betrachtung: Gangerzstück mit makroskopisch sichtbarem Bleiglanz

Analysenergebnisse:

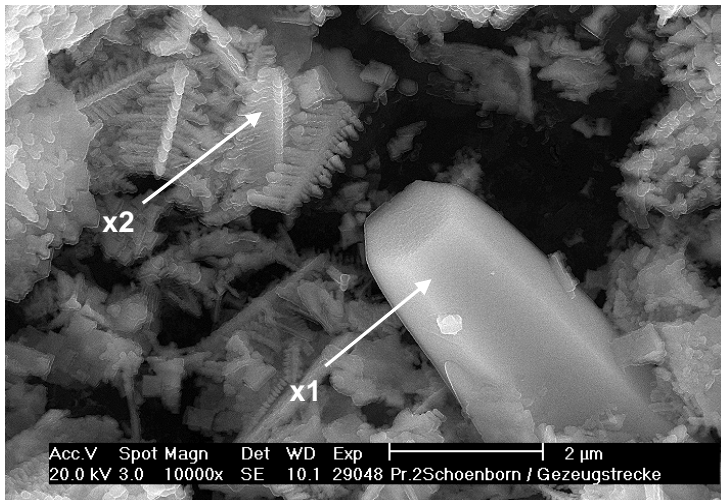


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysepunkte
REM-Bild (SE), Vergr.:10000fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe S2:

Elemente [Gewichts-%]	x1	x2
Strontium	2,93	-
Phosphor	1,14	-
Cadmium	0,48	-
Eisen	0,44	0,71
Arsen	4,92	-
Blei	90,09	95,24
Aluminium	-	1,55
Silicium	-	2,49

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Dieser Analysenpunkt liefert 90% Blei. Auf Grund des erhöhten Arsengehalts und des hexagonalen Kristallhabitus könnte sich Gratonit ($9\text{PbS} \cdot 2\text{As}_2\text{S}_2$) gebildet haben.

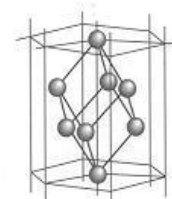
x2: Es handelt sich hier offenbar um dendritische Bleiglanzbildungen (Kristallskelette).

Ergebnis:

x1: Gratonit ($9\text{PbS} \cdot 2\text{As}_2\text{S}_2$)

x2: Kristallskelette von Bleiglanz (Galenit, PbS)

Abbildung 12: hexagonale Kristallhabitus von Gratonit



Probe-Nr.: S3

Lagebeschreibung: Haldenmaterial, Schönborn-Dreiwerden

Makroskopische Betrachtung: typisches Gangstück mit sichtbaren Bleiglanz, Quarz-, und Calciteinschlüssen (CaCO₃)

Analysenergebnisse:

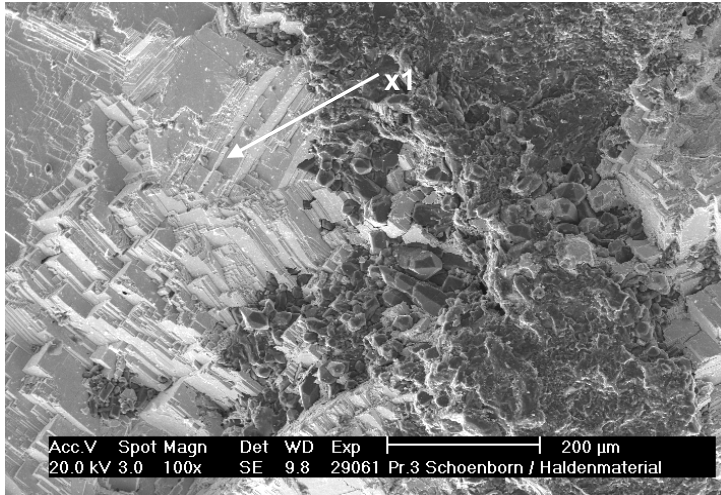


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysenpunkte
REM-Bild (SE), Vergr.: 100fach

Tabelle des Analysenergebnisses der Probe S3:

Elemente [Gewichts-%]	x1
Silicium	1,51
Schwefel	11,81
Blei	86,68

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Galenit (Bleiglanz, PbS) besteht idealerweise aus 86,6% Blei und 13,4% Schwefel. Bleiglanz kann bis zu Zehntel Prozent Silber enthalten und kristallisiert im kubischen Kristallsystem. Er ist besonders in hydrothermalen Lagerstätten vorzufinden und kann in Paragenese mit Zinkblende (ZnS) auftreten. In diesem Fall wird der Bleiglanz von idiomorphen (ideal auskristallisierten) Quarzkristallen umgeben.

Ergebnis:

x1: Bleiglanz (Galenit, PbS)

Probe-Nr.: S4

Lagebeschreibung: Linzgrube, Querschlag rechts, Schönborn-Dreiwerden

Makroskopische Betrachtung: massiges Gangstück mit fleischfarbigem Mineral (Gangart)

Analysenergebnisse:

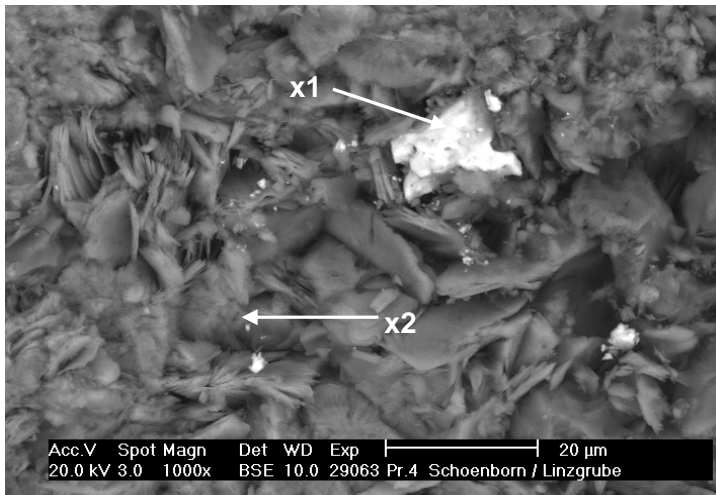


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysepunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 1000fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe S4:

Elemente [Gewichts-%]	x1	x2
Magnesium	0,10	4,51
Aluminium	1,29	12,41
Silicium	2,66	40,32
Schwefel	16,03	0,17
Barium	77,04	0,64
Mangan	0,51	1,23
Eisen	2,36	40,72

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Beim analysierten Material handelt es sich um Baryt (Schwerspat, $BaSO_4$), untergeordnet mit Magnesium, Aluminium, Silicium, Mangan und Eisen.

x2: Bei diesem Material handelt es sich um ein eisenreiches zum Teil schuppenförmiges Silikat, vermutlich vom Thuringit-Typ. Obwohl dieses Material meist sedimentär entsteht, kann es auch durch hydrothermale Zersetzung eisenreicher Materialien entstehen.

Ergebnis:

x1: Schwerspat (Baryt, $BaSO_4$)

x2: Thuringit/ Chamosit (nicht eindeutig bestimmbar)

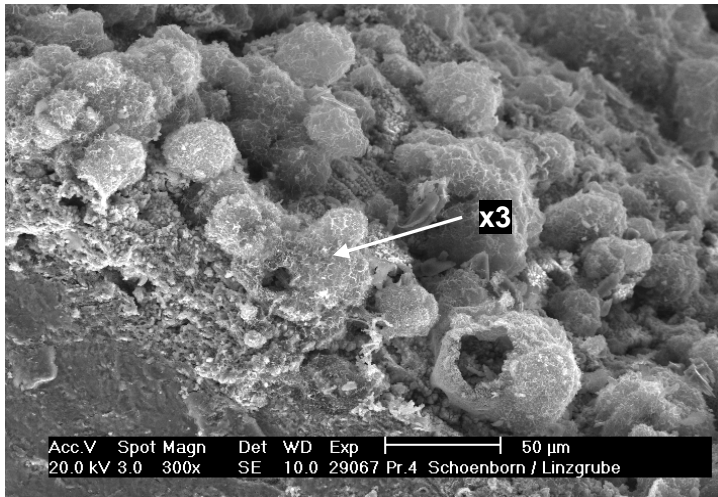


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe
der Analysenpunkte
REM-Bild (SE), Vergr.: 300fach

Tabelle des Analyseergebnisses der Probe S4:

Elemente [Gewichts-%]	x3
Natrium	1,20
Magnesium	1,29
Aluminium	1,81
Silicium	4,96
Schwefel	2,64
Calcium	3,58
Titanium	1,10
Mangan	28,43
Eisen	55,00

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x3: Dieser Analysenpunkt besteht unter Umständen aus einem Gemisch aus Psilomelan (Hartmanganerz, MnO_2) und Goethit (Nadeleisenerz, $FeOOH$)/ Limonit (Brauneisenerz, $FeOOH$). Auffällig sind die knollen- bis kugelartigen Gebilde, die auch als Ooide bezeichnet werden können.

Ergebnis:

x3: Hartmanganerz (Psilomelan, MnO_2), Goethit (Nadeleisenerz, $FeOOH$)/ Limonit (Brauneisenerz, $FeOOH$)

Probe-Nr.: S5

Lagebeschreibung: Wildemannstolln, Nebengestein, Schönborn-Dreiwerden

Makroskopische Betrachtung: Nebengesteinshandstück, erzgangbegleitendes Material

Analysenergebnisse:

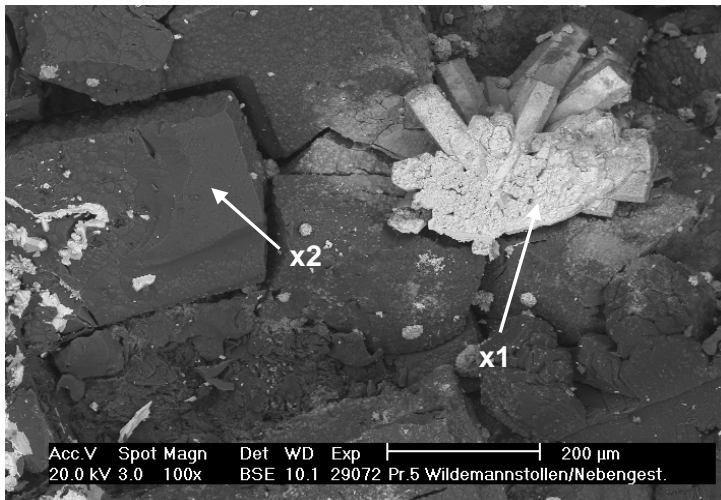


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysenpunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 100fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe S5:

Elemente [Gewichts-%]	x1	x2
Magnesium	1,63	-
Silicium	-	31,05
Phosphor	1,93	0,17
Schwefel	0,66	0,28
Calcium	0,62	49,22
Mangan	1,16	0,67
Eisen	-	8,20
Blei	94,00	10,41

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Es handelt sich bei diesem Analysenpunkt um Bleiglanz (Galenit, PbS). Außerdem ist der Bleiglanz in einer Matrix aus Magnesium eingebettet, die phosphorführend ist.

x2: Die eigentliche Matrix besteht aus Calcium und Silicium, woraus sich schließen lässt, dass es sich um kalkig-silikatisches Material handelt.

Ergebnis:

x1: Bleiglanz (Galenit, PbS)

x2: kalkig-silikatisches Material

Probe-Nr.: S6

Lagebeschreibung: Wildemannstolln, Haldenmaterial, Schönborn-Dreiwerden

Makroskopische Betrachtung: Gneiskonglomerat hydrothermal verheilt

Analysenergebnisse:

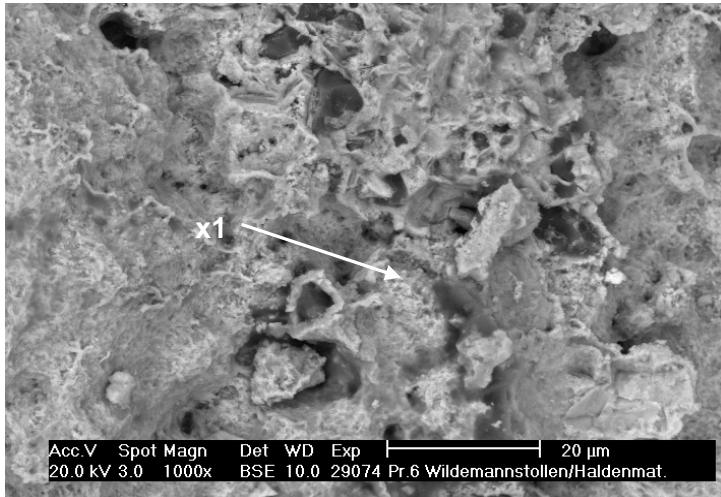


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysenpunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 1000fach

Tabelle des Analysenergebnisses der Probe S6:

Elemente [Gewichts-%]	x1
Aluminium	1,63
Silicium	5,00
Schwefel	0,78
Mangan	35,27
Eisen	4,46
Blei	52,87

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Die vorliegende Erzprobe ist eine manganreiche Vererzung mit erheblichen Bleigehalt. Aufgrund des niedrigen Schwefelanteils handelt es sich nicht um Bleiglanz. Durch den relativ hohen Mangananteil könnte das Mineral Quenselit ($\text{PbO} \cdot \text{MnOOH}$) vorliegen.

Ergebnis:

x1: vermutlich Quenselit ($\text{PbO} \cdot \text{MnOOH}$)

Probe-Nr.: S7

Lagebeschreibung: Wildemannstolln, Haldenmaterial, Schönborn-Dreiwerden

Makroskopische Betrachtung: kleines Handstück mit sichtbarer Bleiglanzvererzung in Quarzmatrix eingebettet

Analysenergebnisse:

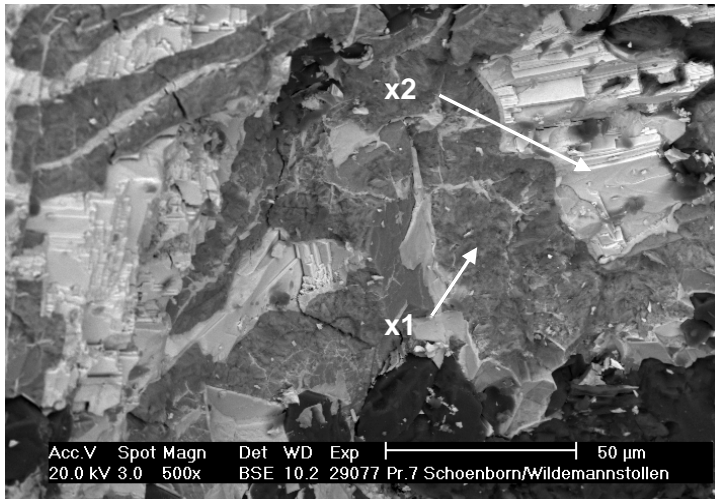


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysepunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 500fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe S7:

Elemente [Gewichts-%]	x1	x2
Schwefel	27,29	10,75
Kalium	2,62	-
Calcium	0,82	-
Kupfer	59,02	1,34
Blei	10,25	87,91

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Chalkopyrit (Kupferkies, CuFeS_2) besteht unter idealen Umständen aus 34,6% Kupfer, 30,5% Eisen und 34,9% Schwefel. Kupferkies kristallisiert im tetragonalen Kristallsystem und ist meist in hydrothermalen Ganglagerstätten vorzufinden. Das in geringen Mengen enthaltene Calcium kann in Form von Kalkspat (Calcit, CaCO_3) auftreten.

x2: Galenit (Bleiglanz, PbS) besteht idealerweise aus 86,6% Blei und 13,4% Schwefel. Bleiglanz kann bis zu Zehntel Prozent Silber enthalten und kristallisiert im kubischen Kristallsystem. Er ist besonders in hydrothermalen Lagerstätten vorzufinden und kann in Paragenese mit Zinkblende (ZnS) auftreten. Bei dieser Probe besitzt der Bleiglanz einen geringen Kupferanteil (1,34%).

Ergebnis:

x1: Kupferkies (Chalkopyrit, CuFeS_2)

x2: Bleiglanz (Galenit, PbS)

Probe-Nr.: S8

Lagebeschreibung: 2.Gezeugstrecke, Zschopauspatgang, Schönborn-Dreiwerden

Makroskopische Betrachtung: Gangerzstück mit Bleiglanz

Analysenergebnisse:



Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysenpunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 500fach

Tabelle des Analysenergebnisses der Probe S8:

Elemente [Gewichts-%]	x1
Aluminium	1,02
Silicium	3,19
Schwefel	14,45
Kalium	3,63
Barium	77,71

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Bei der vorliegenden Probe handelt es sich um Baryt (Schwerspat, BaSO_4), welcher geringe Anteile an Aluminium und Kalium enthält.

Ergebnis:

x1: Schwerspat (Baryt, BaSO_4)

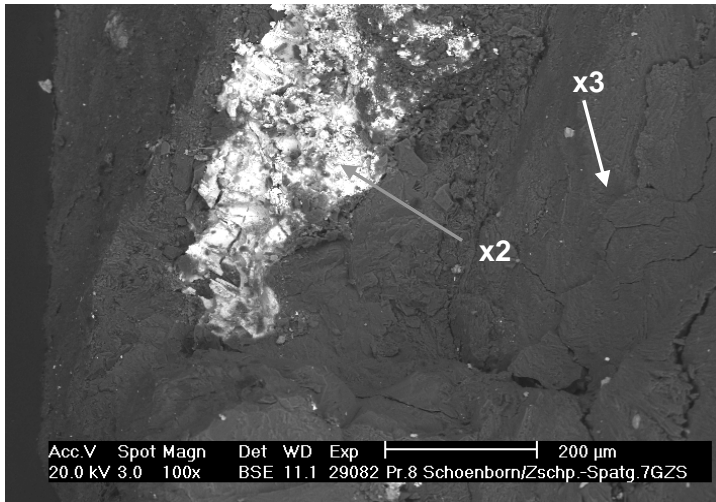


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe
der Analysenpunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 100fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe S8:

Elemente [Gewichts-%]	x2	x3
Magnesium	-	0,47
Aluminium	0,13	24,60
Silicium	0,57	58,57
Schwefel	11,99	-
Kalium	-	10,76
Barium	0,50	-
Calcium	-	1,49
Eisen	0,38	4,12
Blei	86,43	-

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x2: Galenit (Bleiglanz, PbS) besteht idealerweise aus 86,6% Blei und 13,4% Schwefel. Bleiglanz kann bis zu Zehntel Prozent Silber enthalten und kristallisiert im kubischen Kristallsystem. Er ist besonders in hydrothermalen Lagerstätten vorzufinden und kann in Paragenese mit Zinkblende (ZnS) auftreten.

x3: Bei diesem Analysenpunkt handelt es sich um silikatisches Nebengestein (u.U. Kalifeldspat).

Ergebnis:

x2: Bleiglanz (Galenit, PbS)

x3: Kalifeldspat

Probe-Nr.: S9

Lagebeschreibung: 2.-3. Gezeugstrecke, Clementine-Spatgang, Schönborn-Dreiwerden

Makroskopische Betrachtung: Gangerzstück mit silbrig glänzenden Einschlüssen

Analysenergebnisse:

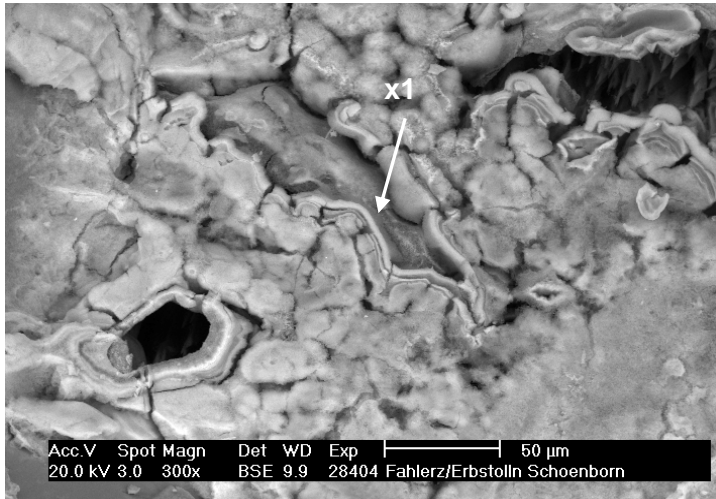


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysenpunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 300fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe S9:

Bei der Probennahme wurde das Fundstück als Fahlerz angesprochen.

Elemente [Gewichts-%]	Fahlerz (Vorgabe nach [19])	x1
Natrium	-	0,95
Magnesium	-	0,56
Aluminium	-	2,25
Silicium	-	3,20
Schwefel	20,6-29,1	0,73
Kalium		0,60
Calcium	-	9,73
Mangan	0- 1,5	32,03
Eisen	0-13,0	0,54
Zink	0- 9,0	1,01
Arsen	0-20,0	0,94
Blei	-	47,45
Nickel	0- 3,5	-
Silber	0-36,0	-
Quecksilber	0-17,0	-
Cobalt	0- 4,2	-
Antimon	0-29,2	-
Bismut	0- 4,5	-
Kupfer	22,0-53,0	-

Aufgrund dieser extremen Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung kann es sich bei dieser Probe nicht um Fahlerz handeln.

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Bei dieser Probe kann man schalenförmige Ausscheidungen auf Mikroklüften feststellen. Im Querschnitt sind diese konzentrisch aufgebaut. Es muss sich schlussfolgernd um ein Sekundärmineral handeln, das aus einem Gemisch aus Bleihydroxiden besteht. Beispielsweise könnte es sich um Hydrocerussit ($\text{Pb}_3 [\text{OH} | \text{CO}_3]_2$) handeln. Die beachtlichen Mn-Gehalte könnten mineralogisch unter Umständen als Psilomelan (Hartmanganerz, MnO_2) angesprochen werden.

Ergebnis:

x1: Hydrocerussit ($\text{Pb}_3 [\text{OH} | \text{CO}_3]_2$) in Verbindung mit Hartmanganerz (Psilomelan, MnO_2)

Probe-Nr.: S10

Lagebeschreibung: 2. Gezeugstrecke, 300m SO, Schönborn-Dreiwerden

Makroskopische Betrachtung: Gangerzstück mit Bleiglanz, gelblicher Flussspat, fleischfarbiger Calcit und Quarz

Analysenergebnisse:

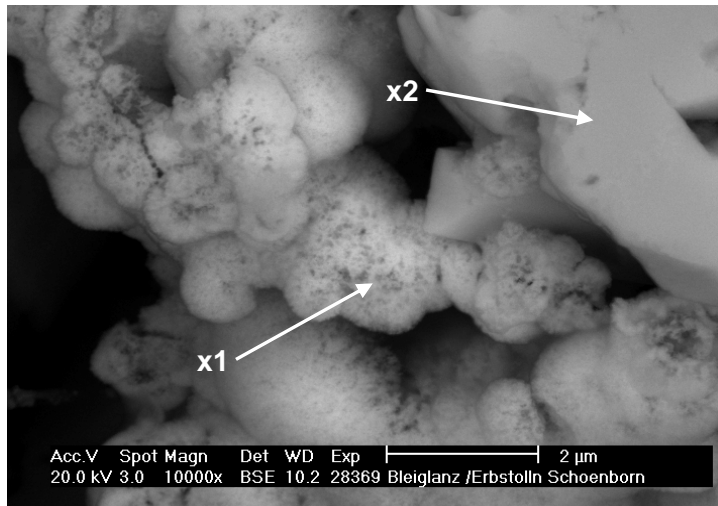


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysepunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.:
10000fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe S10:

Elemente [Gewichts-%]	x1	x2
Kupfer	0,19	0,11
Aluminium	0,54	0,52
Silicium	2,13	1,44
Schwefel	6,25	8,31
Silber	1,86	0,30
Blei	89,03	89,32

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

Diese Analysenpunkte der Probe S10 zeigen mehrere Generationen von Bleiglanz. Der Analysenpunkt x2 ist offenbar primärem Bleiglanz zuzuordnen, während im Analysenpunkt x1 schwammige Sekundärstrukturen angeordnet sind.

x1: Bei diesem Analysenpunkt sind sekundäre Neubildungen zu erkennen. Durch hydrothermale Vorgänge scheint sich in diese schwammartige Strukturen Silber (Ag) angereichert zu haben.

x2: Dieser Analysenpunkt besteht unter Umständen aus Bleiglanz (Galenit, PbS). Hierbei handelt es sich um massige Bleiglanzkristalle, bei denen ein beachtlicher Silbergehalt von 0,30% feststellbar ist.

Die Probe S10 ist das einzige Fundstück, bei dem Silber in beachtlicher Größe in Schönborn-Dreiwerden nachgewiesen werden konnte.

Ergebnis:

x1: Bleiglanz (Galenit, PbS) mit Silberanteilen

x2: Bleiglanz (Galenit, PbS) mit Silberanteilen

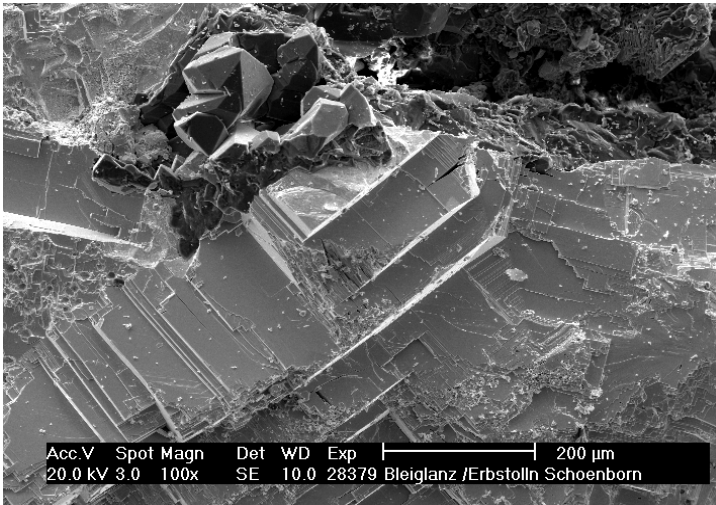


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der
Analysepunkte
REM-Bild (SE), Vergr.: 100fach

**primärer Bleiglanz,
idiomorphe Kristallisation**

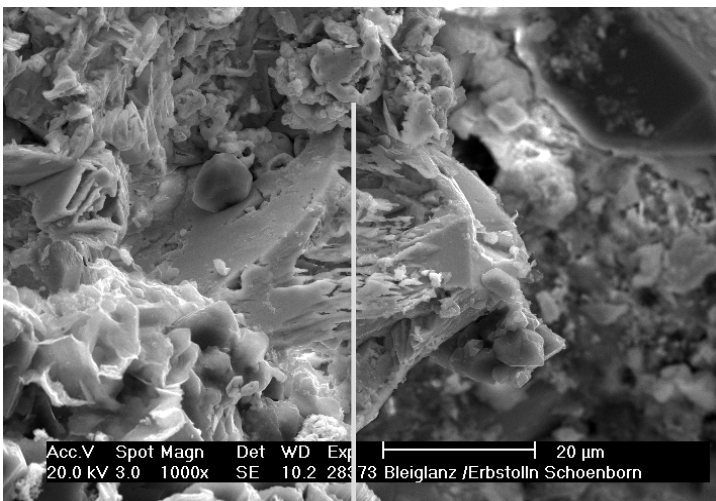


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der
Analysepunkte
REM-Bild (SE), Vergr.: 1000fach

sekundärer Bleiglanz, angelöst

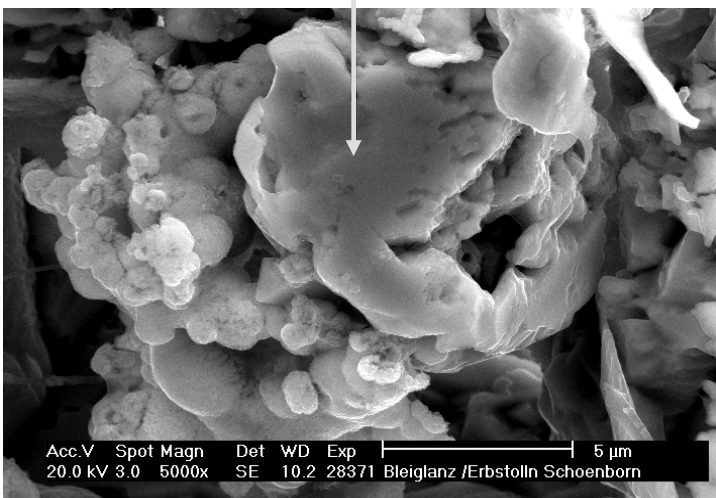


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der
Analysepunkte
REM-Bild (SE), Vergr.: 5000fach

sekundärer Bleiglanz, angelöst

Probe-Nr.: S50995

Lagebeschreibung: Alte Hoffnung Erbstolln, Schönborn-Dreiwerden

Makroskopische Betrachtung: Gangerzstück

Analysenergebnisse:

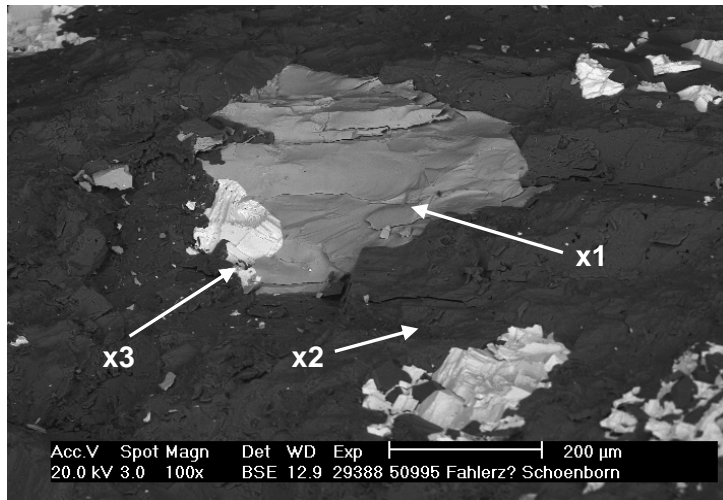


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe
der Analysepunkte
REM-Bild (BSE), Verg.: 100fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe S50995:

Elemente [Gewichts-%]	x1	x2	x3
Natrium	0,67	-	-
Aluminium	2,69	-	-
Schwefel	11,73	0,17	13,62
Calcium	1,13	99,83	0,46
Barium	83,78	-	-
Arsen	-	-	4,96
Blei	-	-	80,95

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

- x1: Bei dem vorliegenden Analysenpunkt handelt es sich um Baryt (Schwerspat, BaSO_4), mit geringen Anteilen von Natrium, Aluminium und Calcium.
- x2: Aufgrund des hohen Gehalts an Calcium handelt es sich bei diesem Analysenpunkt um Kalkspat (Calcit, CaCO_3). Schwerspat (farblos-milchweiß) gehört zu der Gruppe der Karbonate und bildet sich hauptsächlich bei hydrothermalen Vorgängen.
- x3: Galenit (Bleiglanz, PbS) besteht idealerweise aus 86,6% Blei und 13,4% Schwefel. Bleiglanz kann bis zu Zehntel Prozent Silber enthalten und kristallisiert im kubischen Kristallsystem. Er ist besonders in hydrothermalen Lagerstätten vorzufinden und kann in Paragenese mit Zinkblende (ZnS) auftreten.

Ergebnis:

- x1: Schwerspat (Baryt, BaSO_4)
x2: Kalkspat (Calcit, CaCO_3)
x3: Bleiglanz (Galenit, PbS)

Probe-Nr.: S50996

Lagebeschreibung: Alte Hoffnung Erbstolln, Schönborn-Dreiwerden, Clementine Spatgang

Makroskopische Betrachtung: Gangerzstück mit Bleiglanz in Quarzmatrix

Analysenergebnisse:

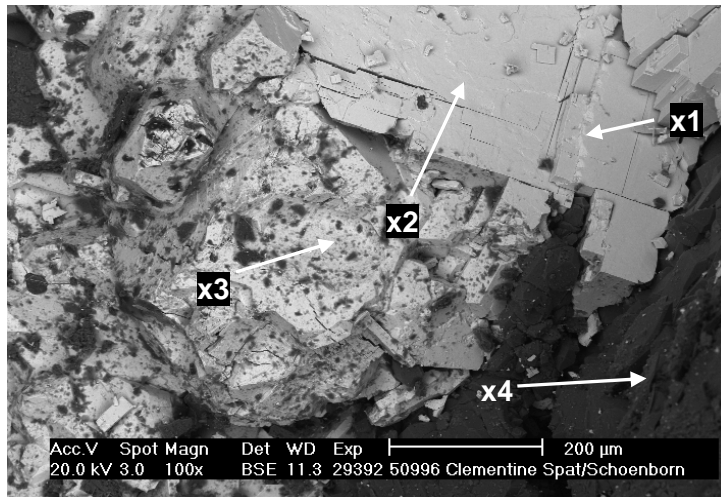


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe
der Analysenpunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 100fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe S50996:

Elemente [Gewichts-%]	x1	x2	x3	x4
Aluminium	-	-	1,12	0,16
Silicium	-	-	-	97,01
Schwefel	11,91	12,70	11,45	0,36
Calcium	0,20	0,21	0,34	0,21
Blei	87,89	87,09	87,09	2,28

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1, x2, x3: Galenit (Bleiglanz, PbS) besteht idealerweise aus 86,6% Blei und 13,4% Schwefel. Bleiglanz kann bis zu Zehntel Prozent Silber enthalten und kristallisiert im kubischen Kristallsystem. Er ist besonders in hydrothermalen Lagerstätten vorzufinden und kann in Paragenese mit Zinkblende (ZnS) auftreten.

x4: Bei diesem Analysenpunkt handelt es sich um Quarz (SiO₂). Quarz tritt als Gangart auf und bildet die Matrix, in die der Bleiglanz einbettet ist.

Ergebnis:

x1, x2, x3: Bleiglanz (Galenit, PbS)

x4: Quarz (SiO₂)

Probe-Nr.: S50998

Lagebeschreibung: Alte Hoffnung Erbstolln, Clementine Spatgang, Schönborn-Dreiwerden

Makroskopische Betrachtung: Gangstück dunkel

Analysenergebnisse:

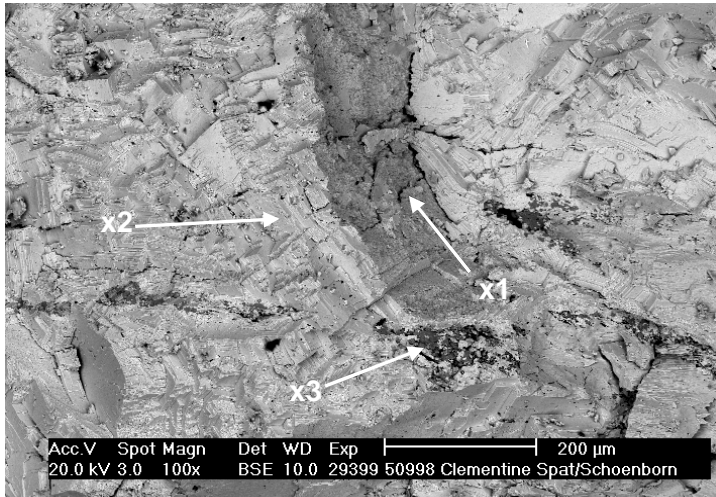


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe
der Analysepunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 100fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe S50998:

Elemente [Gewichts-%]	x1	x2	x3
Schwefel	11,92	10,34	31,38
Antimon	5,25	-	1,66
Eisen	1,72	0,43	0,39
Zink	-	-	58,44
Blei	81,11	89,23	8,12

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

- x1: Bei diesem Analysepunkt handelt es sich um Bleiglanz (Galenit, PbS), der unter Umständen Beimengungen von Boulangerit besitzt. Boulangerit kommt in Paragenese mit Zinkblende in hydrothermalen Lagerstätten vor. Erstaunlicherweise wurde eine erhebliche Menge von Antimon (Sb) nachgewiesen.
- x2: Galenit (Bleiglanz, PbS) besteht idealerweise aus 86,6% Blei und 13,4% Schwefel. Bleiglanz kann bis zu Zehntel Prozent Silber enthalten und kristallisiert im kubischen Kristallsystem. Er ist besonders in hydrothermalen Lagerstätten vorzufinden und kann in Paragenese mit Zinkblende (ZnS) auftreten.
- x3: Zinkblende (Sphalerit, ZnS) besitzt unter guten Umständen ein Zinkgehalt von 67,1% und einen Schwefelanteil von 32,9%. In dieser Probe ist 1,66% Antimon enthalten, sowie wenig Bleiglanz. Wie auch der Bleiglanz entsteht die Zinkblende in hydrothermalen Lagerstätten. Zinkblende kann eine Farbe von graubraun über zimtfarben bis hin zu schwarz aufweisen.

Ergebnis:

- x1: Bleiglanz (Galenit, PbS) mit Antimon (As)
x2: Bleiglanz (Galenit, PbS)
x3: Zinkblende (Sphalerit, ZnS) mit Bleiglanz (Galenit, PbS) und wenig Antimon (As)

Probe-Nr.: S51002

Lagebeschreibung: Alte Hoffnung Erbstolln, Schönborn-Dreiwerden

Makroskopische Betrachtung: typisches Gangerzstück mit makroskopischen Erzresten

Analysenergebnisse:

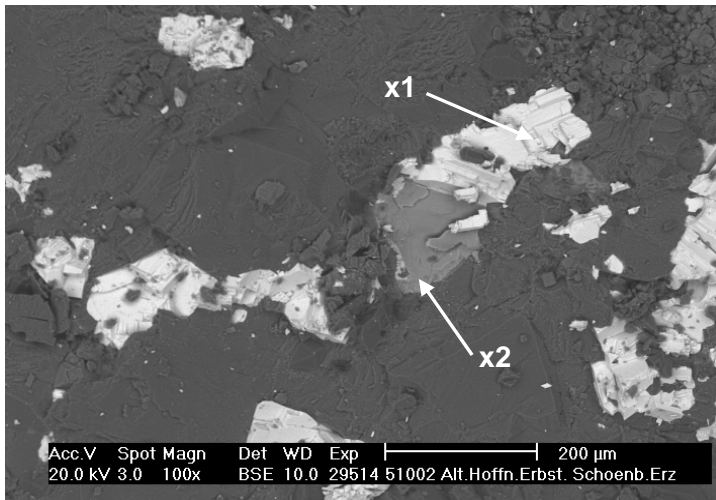


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysepunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 100fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe S51002:

Elemente [Gewichts-%]	x1	x2
Blei	87,88	-
Schwefel	12,12	31,10
Kupfer	-	35,70
Eisen	-	32,53
Calcium	-	0,66

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Galenit (Bleiglanz, PbS) besteht idealerweise aus 86,6% Blei und 13,4% Schwefel. Bleiglanz kann bis zu Zehntel Prozent Silber enthalten und kristallisiert im kubischen Kristallsystem. Er ist besonders in hydrothermalen Lagerstätten vorzufinden und kann in Paragenese mit Zinkblende (ZnS) auftreten.

x2: Chalkopyrit (Kupferkies, $CuFeS_2$) besteht unter idealen Umständen aus 34,6% Kupfer, 30,5% Eisen und 34,9% Schwefel. Kupferkies kristallisiert im tetragonalen Kristallsystem und ist meist in hydrothermalen Ganglagerstätten vorzufinden. Das in geringen Mengen enthaltene Calcium kann in Form von Kalkspat (Calcit $CaCO_3$) auftreten.

Bleiglanz und Kupferkies sind miteinander verwachsen.

Ergebnis:

x1: Bleiglanz (Galenit, PbS)

x2: Kupferkies (Chalkopyrit, $CuFeS_2$)

Probe-Nr.: S51020

Lagebeschreibung: Alte Hoffnung Erbstolln, Schönborn-Dreiwerden

Makroskopische Betrachtung: Erzstück

Analysenergebnisse:

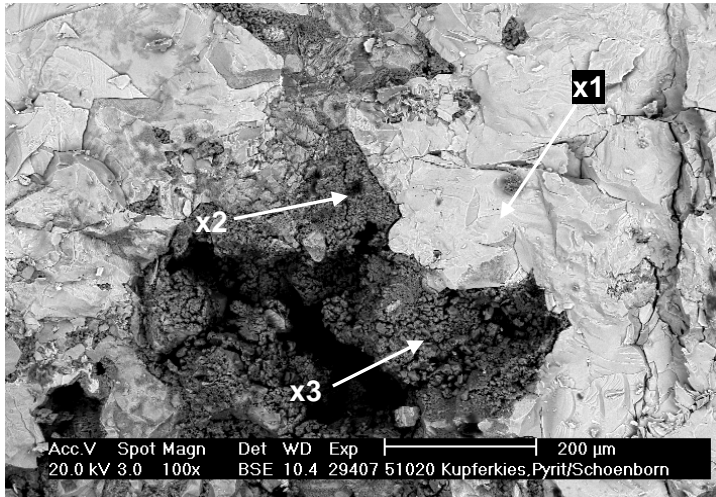


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe
der Analysepunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 100fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe S51020:

Elemente [Gewichts-%]	x1	x2	x3
Schwefel	31,43	30,58	31,09
Eisen	32,24	34,45	53,97
Kupfer	36,34	34,97	14,94

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1, x2: Chalkopyrit (Kupferkies, CuFeS_2) besteht in der Regel aus 34,6% Kupfer, 30,5% Eisen und 34,9% Schwefel. Kupferkies kristallisiert im tetragonalen Kristallsystem und ist meist in hydrothermalen Ganglagerstätten vorzufinden.

x3: An diesem Analysepunkt ist der Kupferkies mit Pyrit (Schwefelkies, FeS_2) verwachsen.

Ergebnis:

x1, x2: Kupferkies (Chalkopyrit, CuFeS_2)

x3: Schwefelkies (Pyrit, FeS_2) und Kupferkies (Chalkopyrit, CuFeS_2)

Probe-Nr.: S51022

Lagebeschreibung: Alte Hoffnung Erbstolln, Schönborn-Dreiwerden

Makroskopische Betrachtung: Bleiglanz auf Gneisnebengestein

Analysenergebnisse:

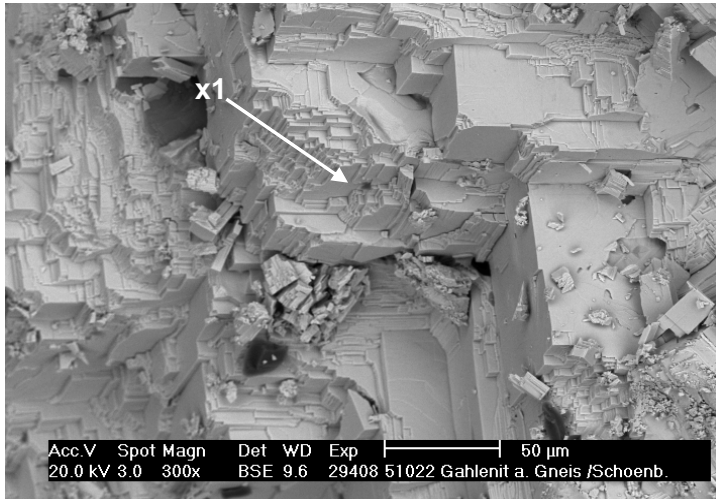


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe
der Analysenpunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 300fach

Tabelle des Analysenergebnisses der Probe S51022:

Elemente [Gewichts-%]	x1
Schwefel	9,19
Blei	90,81

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Galenit (Bleiglanz, PbS) besteht idealerweise aus 86,6% Blei und 13,4% Schwefel. Bei dieser Probe handelt es sich offenbar um einen relativ reinen Bleiglanz.

Ergebnis:

x1: Bleiglanz (Galenit, PbS)

Probe-Nr.: S51024

Lagebeschreibung: Alte Hoffnung Erbstolln, 5. Gezeugstrecke, Schönborn-Dreiwerden

Makroskopische Betrachtung: gebändertes Gangerzstück, Quarzmatrix

Analysenergebnisse:

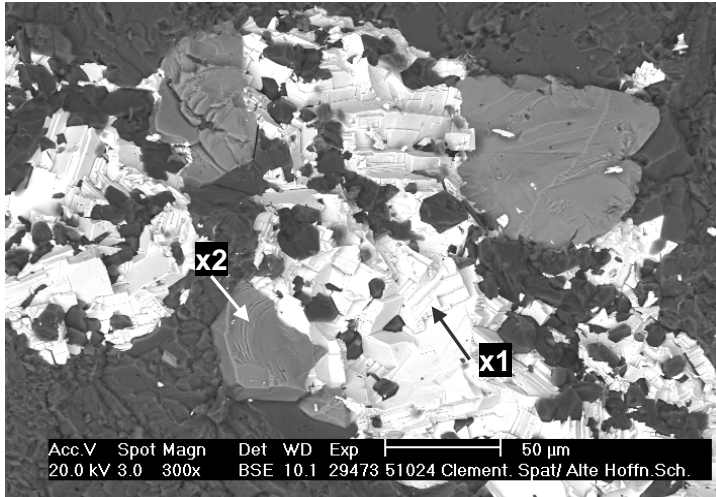


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysepunkte
REM-Bild (BSE), Verg.: 300fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe S51024:

Elemente [Gewichts-%]	x1	x2
Schwefel	11,22	31,47
Eisen	0,47	31,54
Kupfer	0,35	36,20
Blei	87,96	0,79

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Galenit (Bleiglanz, PbS) besteht im Durchschnitt aus 86,6% Blei und 13,4% Schwefel. Des Weiteren kann er bis zu Zehntel Prozent Silber enthalten. Bleiglanz ist im kubischen Kristallsystem aufgebaut. Er ist ausschließlich in hydrothermalen Lagerstätten vorzufinden. In größeren Mengen tritt Galenit oft paragenetisch mit Zinkblende (ZnS) auf.

x2: Chalkopyrit (Kupferkies, $CuFeS_2$) besteht unter idealen Umständen aus 34,6% Kupfer, 30,5% Eisen und 34,9% Schwefel. Kupferkies kristallisiert im tetragonalen Kristallsystem und ist meist in hydrothermalen Ganglagerstätten vorzufinden. Im vorliegenden Fall ist der Kupferkies mit dem Bleiglanz verwachsen.

Ergebnis:

x1: Bleiglanz (Galenit, PbS)

x2: Kupferkies (Chalkopyrit, $CuFeS_2$)

Probe-Nr.: S51025

Lagebeschreibung: Alte Hoffnung Erbstolln, Schönborn-Dreiwerden

Makroskopische Betrachtung: Erzstück, in Quarzmatrix eingebettet

Analysenergebnisse:

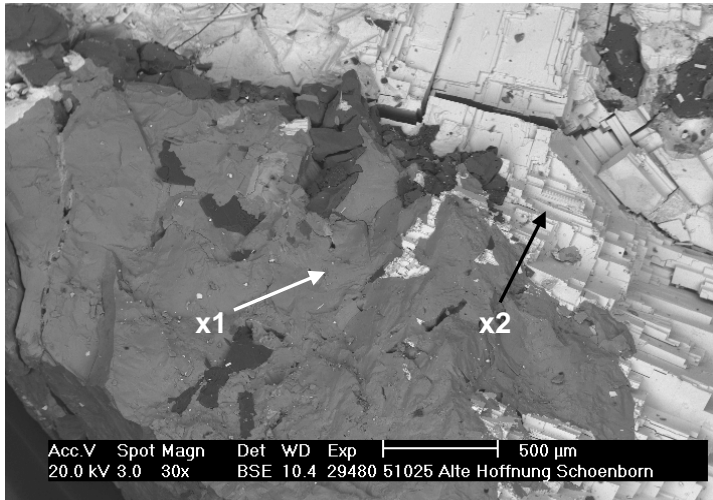


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der
Analysenpunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 30fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe S51025:

Elemente [Gewichts-%]	x1	x2
Schwefel	31,60	10,36
Eisen	30,19	0,18
Kupfer	35,80	0,08
Blei	2,40	89,38

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Chalkopyrit (Kupferkies, CuFeS_2) besteht unter idealen Umständen aus 34,6% Kupfer, 30,5% Eisen und 34,9% Schwefel. Kupferkies kristallisiert im tetragonalen Kristallsystem und ist meist in hydrothermalen Ganglagerstätten vorzufinden.

x2: Galenit (Bleiglanz, PbS) besteht im Durchschnitt aus 86,6% Blei und 13,4% Schwefel. Bei dieser Probe besitzt der untersuchte Bleiglanz einen geringen Kupferanteil von 0,08% und einen Eisenanteil von 0,18%.

Ergebnis:

x1: Kupferkies (Chalkopyrit, CuFeS_2)

x2: Bleiglanz (Galenit, PbS)

7.2 Grube „Hülfe des Herrn“ Stolln Biensdorf [19]

Probe-Nr.: C1

Lagebeschreibung: Wetterstolln, auf der linken Seite kurz nach dem Mundloch

Makroskopische Betrachtung: bräunlich verfärbtes Probenstück mit Eisenhydroxidauflage

Analysenergebnisse:

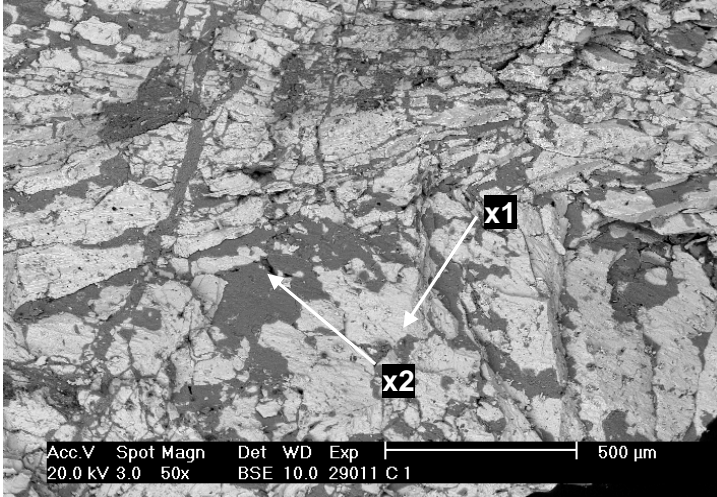


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysenpunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 50fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe C1:

Elemente [Gewichts-%]	x1	x2
Silicium	0,36	1,68
Phosphor	-	0,59
Schwefel	12,64	1,22
Barium	80,51	4,84
Eisen	6,49	91,68

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Bei der untersuchten Probenstelle handelt es sich um Baryt (Schwerspat, BaSO_4). Der hohe Fe-Anteil des Materials resultiert aus x2.

x2: Der hohe Fe-Anteil lässt auf ein Fe-Hydroxid schließen. Offenbar wurde das Eisen in Wasser gelöst und mittransportiert. Durch Verdunstung des Wassers reicherte sich das Eisen als Fe-Hydroxid und Fe-Oxihydrat an.

Ergebnis:

x1: Schwerspat (Baryt, BaSO_4)

x2: Fe-Hydroxid, Fe-Oxihydrat

Probe-Nr.: W1

Lagebeschreibung: Wismutstolln, Hauptstollentrakt, Biensdorf

Makroskopische Betrachtung: rostig braunes Gangmaterial

Analysenergebnisse:

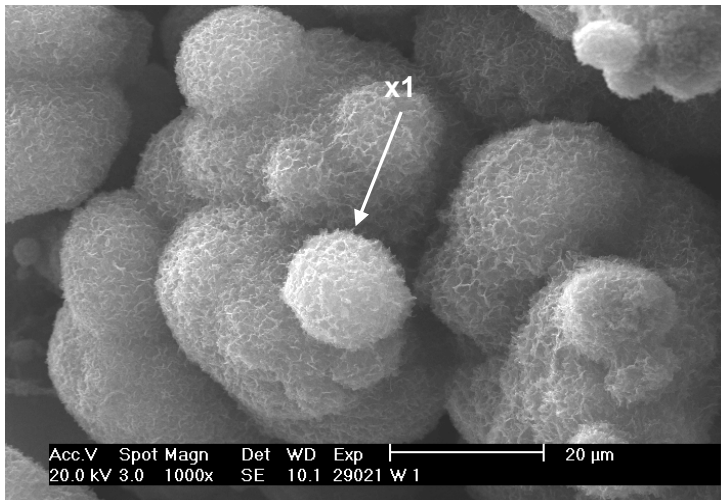


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der
Analysenpunkte
REM-Bild (SE), Vergr.: 1000fach

Tabelle des Analysenergebnisses der Probe W1:

Elemente [Gewichts-%]	x1
Magnesium	1,08
Kalium	0,84
Calcium	7,34
Mangan	90,23
Eisen	0,51

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Bei dem analysiertem Material handelt es sich um Psilomelan (Hartmanganerz, MnO_2). Charakteristisch für dieses Mineral ist der hohe Gehalt an Mangan. Im Bild wird die kugelige, schwammige Oberfläche deutlich, die auf eine Sekundärmineralisation schließen lässt.

Ergebnis:

x1: Hartmanganerz (Psilomelan, MnO_2)

Probe-Nr.: W2

Lagebeschreibung: Wismutstolln, Hauptstollentrakt, Abzweig „Der Alte Mann-Haupttrakt“, Biensdorf

Makroskopische Betrachtung: fleischfarbenes Gangmaterial

Analysenergebnisse:

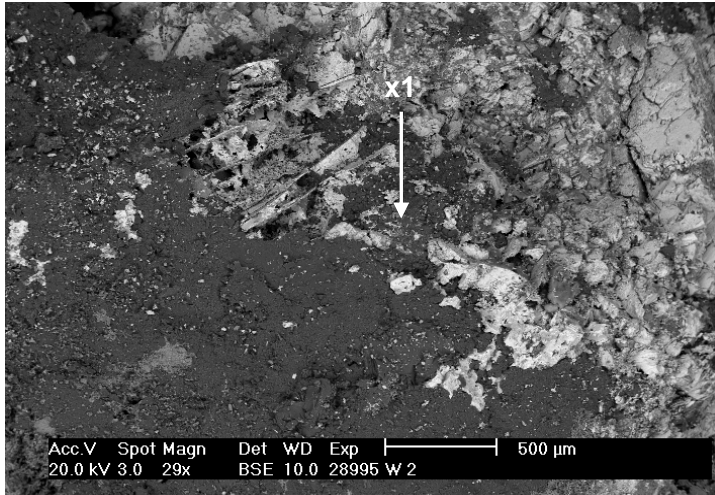


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysenpunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 29fach

Tabelle des Analysenergebnisses der Probe W2:

Elemente [Gewichts-%]	x1
Magnesium	0,34
Aluminium	2,83
Silicium	3,97
Schwefel	16,66
Kalium	0,47
Calcium	0,11
Barium	69,62
Mangan	1,13
Eisen	4,88

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Bei dem vorliegenden Analysenpunkt handelt es sich um Baryt (Schwerspat, BaSO_4), mit geringen Anteilen von Magnesium, Aluminium, Kalium, Calcium, Mangan und Eisen.

Ergebnis:

x1: Schwerspat (Baryt, BaSO_4)

Probe-Nr.: W3

Lagebeschreibung: Mettenschichtraum, Nebenstollentrakt, Biensdorf

Makroskopische Betrachtung: schwarzes gangbegleitendes Lettenmaterial

Analysenergebnisse:

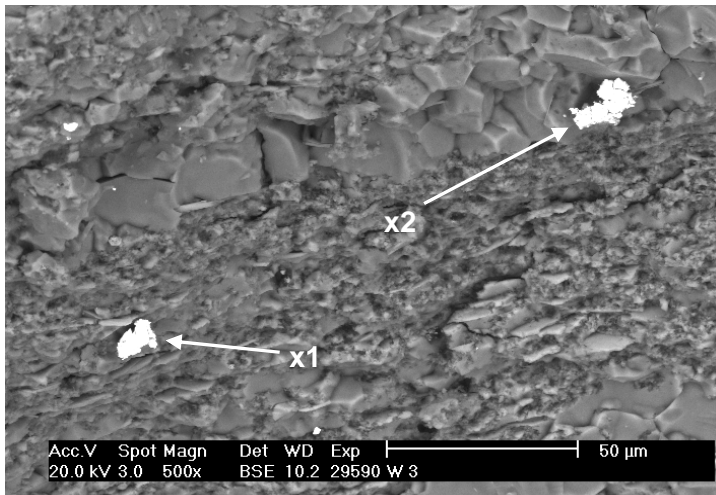


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysepunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 500fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe W3:

Elemente [Gewichts-%]	x1	x2
Aluminium	0,41	0,52
Silicium	5,30	1,84
Antimon	94,30	97,64

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Der untersuchte Analysepunkt besteht zu 94,3% aus Antimon und enthält geringe Beimengungen von Aluminium und Silicium. Durch die hohe Menge an Antimon ist davon auszugehen, dass es sich um Antimonglanz (Antimonit, Sb_2S_3) handelt. Idealerweise besteht Antimonit aus 71,4% Antimon und 28,6% Schwefel.

x2: Bei diesem Analysepunkt handelt es sich ebenfalls um Antimonit (Antimonglanz, Sb_2S_3). Die Menge an Antimon beträgt hier sogar 97,64%.

Ergebnis:

x1: Antimonglanz (Antimonit, Sb_2S_3)

x2: Antimonglanz (Antimonit, Sb_2S_3)

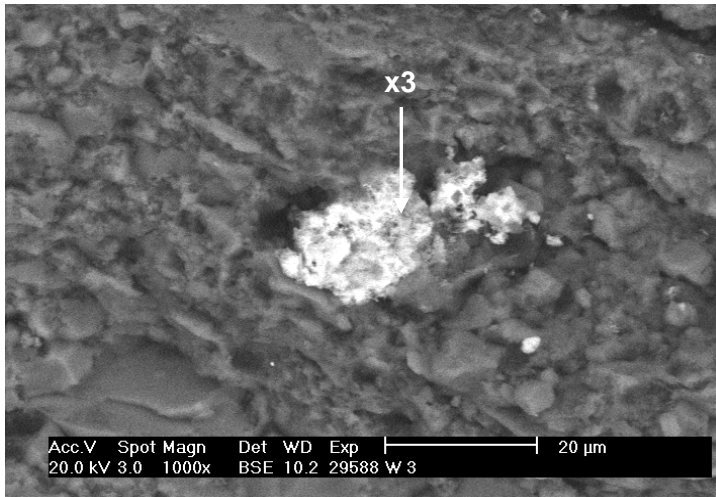


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysenpunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 1000fach

Tabelle des Analyseergebnisses der Probe W3:

Elemente [Gewichts-%]	x3
Aluminium	2,12
Silicium	2,24
Phosphor	2,91
Kalium	0,94
Calcium	0,74
Barium	2,79
Eisen	26,78
Kupfer	1,14
Arsen	2,30
Blei	58,04

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x3: Galenit (Bleiglanz, PbS) besteht idealerweise aus 86,6% Blei und 13,4% Schwefel. Bleiglanz kann bis zu Zehntel Prozent Silber enthalten und kristallisiert im kubischen Kristallsystem. Er ist besonders in hydrothermalen Lagerstätten vorzufinden und kann in Paragenese mit Zinkblende (ZnS) auftreten. In diesem Fall enthält der Bleiglanz zusätzlich Eisen und Arsen, die als Löllingit (FeAs₂) und Arsenkies (Arsenopyrit, FeAsS) auftreten können.

Ergebnis:

x3: Bleiglanz (Galenit, PbS) in Verbindung mit Löllingit (FeAs₂) und Arsenkies (Arsenopyrit, FeAsS)

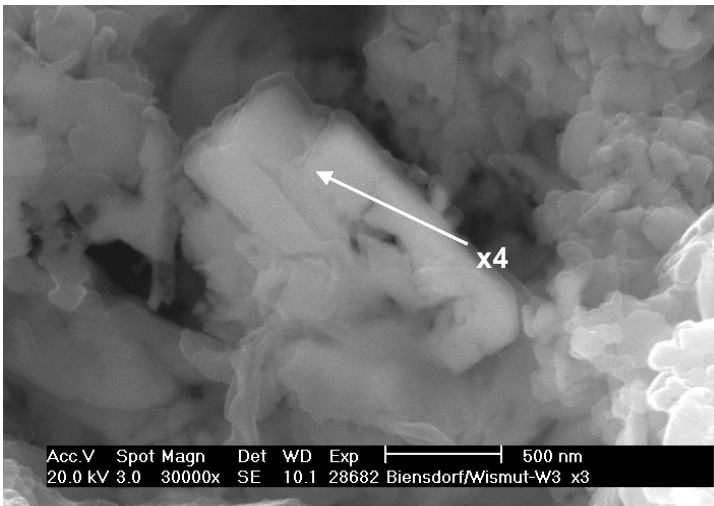


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysenpunkte
REM-Bild (SE), Vergr.: 30000fach

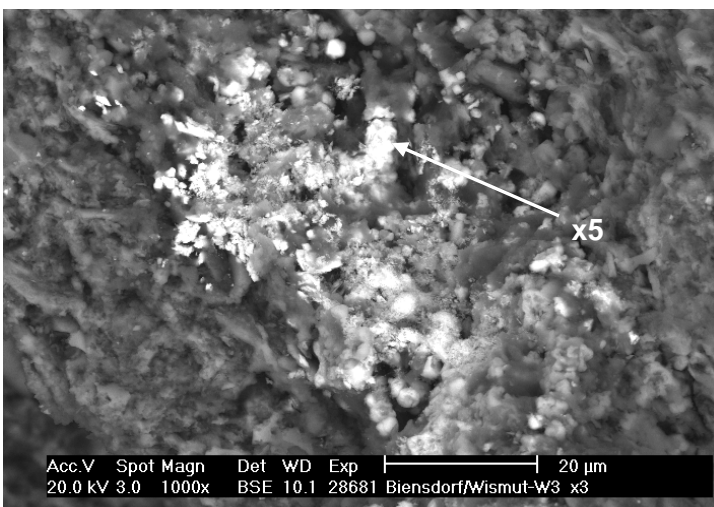


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysenpunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 1000fach

Tabelle der Analyseergebnisse der Probe W3:

Elemente [Gewichts-%]	x4	x5
Aluminium	-	1,77
Silicium	3,46	10,59
Phosphor	18,62	12,75
Schwefel	-	1,01
Kalium	-	0,89
Calcium	0,87	1,05
Titan	20,69	-
Lanthan	15,76	16,82
Cer	24,43	28,06
Neodym	16,17	16,28
Eisen	-	4,05
Blei	-	6,73

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x4, x5: Bei diesen Analysenpunkten handelt es sich um eine seltene Elementenkombination aus Lanthan, Cer und Neodym. Aufgrund dieser drei Elemente kann auf das Mineral **Rhabdophan-(Nd) ((Nd,Ce,Y,La)[PO₄] \cdot H₂O)** geschlossen werden, welches bis zum jetzigen Zeitpunkt noch nie in Sachsen nachgewiesen werden konnte. Rhabdophan gehört zu der Mineralgruppe der wasserhaltigen Phosphate, die eine Mischreihe von Rhabdophan-(Ce), Rhabdophan-(La) und Rhabdophan-(Nd) bilden können [20].

Einzelmineral [20]	chemische Zusammensetzung	Farbe
Rhabdophan-(Ce)	(Ce,La)[PO ₄] \cdot H ₂ O	weißgelb, braun
Rhabdophan-(La)	(La,Ce)[PO ₄] \cdot H ₂ O	rosa, braun
Rhabdophan-(Nd)	(Nd,Ce,Y,La)[PO ₄] \cdot H ₂ O	rotbraun, weißgelb, rosa

Das Wort Rhabdophan kommt aus dem griechischen und setzt sich aus den Wörter rhábdos für Rute bzw. Stab und phainesthai für erscheinen bzw. sich zeigen zusammen. Da alle drei Elemente Lanthan, Cer und Neodym in der zu untersuchenden Probe enthalten sind, muss es sich um **Rhabdophan-(Nd) ((Nd,Ce,Y,La)[PO₄] \cdot H₂O)** handeln. Alle Minerale kristallisieren im hexagonalen Kristallsystem und können säulenförmige Kristalle bilden (siehe Bild zu x4).



Abbildung 13: Rhabdophan, Mont St. Hilaire, Québec/ Kanada [20]



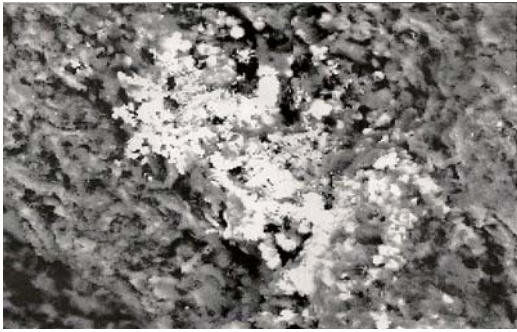
Abbildung 14: Rhabdophan Mont St Hilaire, Rouville Québec/ Kanada [21]

Bisher wurde Rhabdophan in Nordamerika (USA), Südamerika (Brasilien), Mitteleuropa (Schwarzwald) sowie in Nord-Osteuropa (Russland) nachgewiesen.

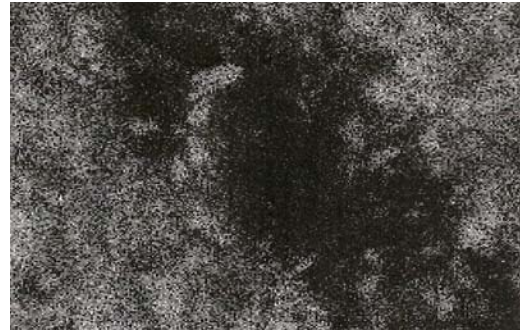
Ergebnis:

x4, x5: Rhabdophan-(Nd) ((Nd,Ce,Y,La)[PO₄] \cdot H₂O)

Elementverteilungsbilder des Analysenpunktes x5:



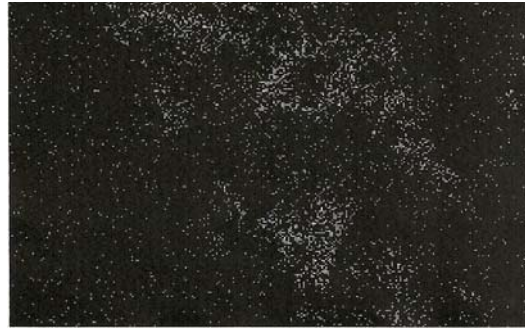
Img: 1000fach



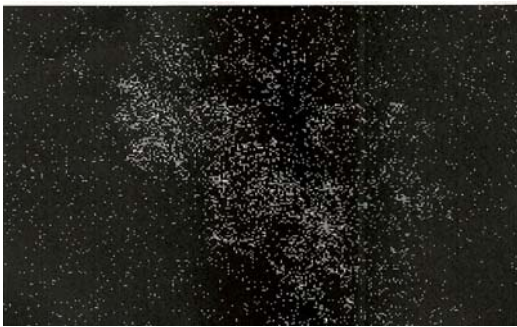
Si: 1000fach



S: 1000fach



Fe: 1000fach



P: 1000fach



La: 1000fach



Ce: 1000fach



Nd: 1000fach

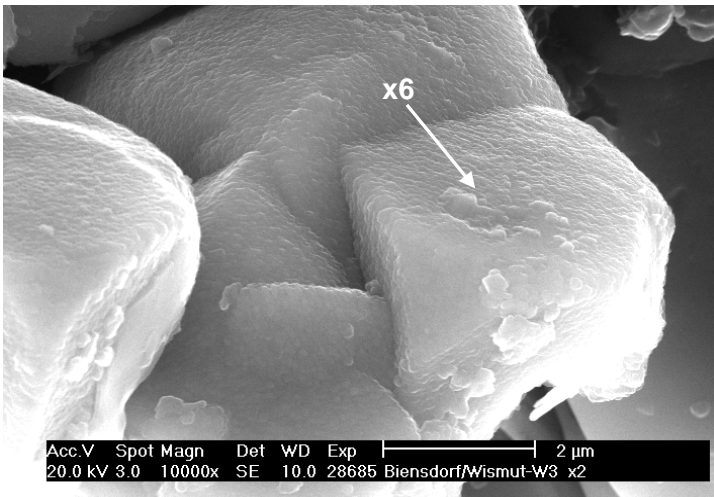


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysenpunkte
REM-Bild (SE), Vergr.: 10000fach

Tabelle des Analysenergebnisses der Probe W3:

Elemente [Gewichts-%]	x6
Aluminium	3,76
Silicium	2,13
Phosphor	5,97
Schwefel	9,86
Kalium	3,67
Barium	2,81
Titan	0,98
Eisen	32,35
Kupfer	0,46
Blei	38,00

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x6: Galenit (Bleiglanz, PbS) besteht idealerweise aus 86,6% Blei und 13,4% Schwefel. Bleiglanz kann bis zu Zehntel Prozent Silber enthalten und kristallisiert im kubischen Kristallsystem. Er ist besonders in hydrothermalen Lagerstätten vorzufinden und kann in Paragenese mit Zinkblende (ZnS) auftreten. Im vorliegenden Fall sind die Bleiglanzwürfel mit einer dünnen Schicht aus Eisenverbindungen überzogen. Möglicherweise wurden diese Eisenhydroxide aus Grubenwässern an der Bleiglanzoberfläche abgeschieden.

Ergebnis:

x6: Bleiglanz (Galenit, PbS) mit einer Kruste aus Eisenhydroxiden

Probe-Nr.: W4

Lagebeschreibung: Nebenort, Durchschlag im Altbergbau, Biensdorf

Makroskopische Betrachtung: gelblich dunkles Gangerzstück

Analysenergebnisse:

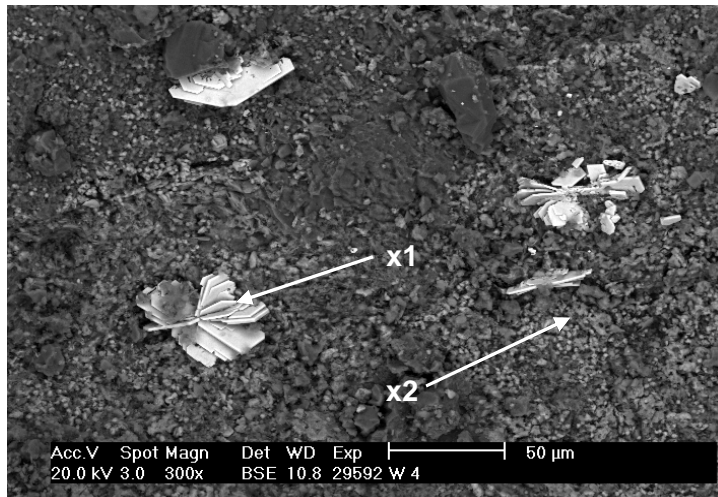


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysepunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 300fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe W4:

Elemente [Gewichts-%]	x1	x2
Aluminium	1,57	3,18
Silicium	6,48	3,89
Phosphor	-	2,91
Schwefel	18,25	11,33
Kalium	0,65	4,77
Vanadium	-	0,84
Barium	71,74	-
Eisen	1,31	39,52
Kupfer	-	2,38
Blei	-	31,18

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Bei dem Material des vorliegendem Analysepunktes handelt es sich um Baryt (Schwerspat, BaSO_4), mit geringen Anteilen von Aluminium, Silicium, Kalium und Eisen.

x2: Galenit (Bleiglanz, PbS) besteht idealerweise aus 86,6% Blei und 13,4% Schwefel. Bleiglanz kann bis zu Zehntel Prozent Silber enthalten und kristallisiert im kubischen Kristallsystem. Er ist besonders in hydrothermalen Lagerstätten vorzufinden und kann in Paragenese mit Zinkblende (ZnS) auftreten. In diesem Fall enthält der Bleiglanz eine große Menge an Eisen, welche in Form von Eisenhydroxid auftritt.

Ergebnis:

x1: Schwerspat (Baryt, BaSO_4)

x2: Bleiglanz (Galenit, PbS) mit Eisenhydroxid

Probe-Nr.: H1

Lagebeschreibung: Hölfe des Herrnstolln, zwischen Mundloch und Döringschacht, rechte Gangseite, Biensdorf

Makroskopische Betrachtung: gelblich-fleischfarbenes Gangstück

Analysenergebnisse:

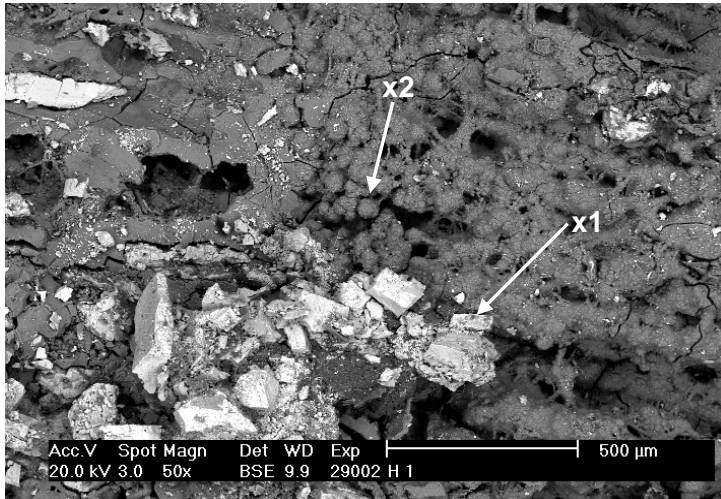


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysepunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 50fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe H1:

Elemente [Gewichts-%]	x1	x2
Magnesium	-	2,26
Aluminium	0,59	6,90
Silicium	0,73	2,15
Schwefel	17,35	-
Phosphor	-	11,58
Vanadium	-	0,55
Barium	80,43	-
Eisen	0,90	76,58

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Bei dem Material dieses Analysepunktes handelt es sich um Baryt (Schwerspat, BaSO_4), mit geringen Anteilen von Aluminium, Silicium und Eisen.

x2: Die Probe besteht zum Großteil aus Eisen (76,58%), Phosphor (11,15%) und Aluminium (6,90%). Bemerkenswert ist der Vanadiumgehalt. Aufgrund dieses Analysenergebnisses ist zu vermuten, dass es sich hierbei um Vivianit ($\text{Fe}_3 \cdot [\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) handelt.

Ergebnis:

x1: Schwerspat (Baryt, BaSO_4)

x2: Vivianit ($\text{Fe}_3 \cdot [\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)

Probe-Nr.: H2

Lagebeschreibung: Hölfe des Herrn Stolln, Abzweig Haggepeterschacht, Biensdorf

Makroskopische Betrachtung: Gangerzmaterial, z.T. schwarz gefärbt

Analysenergebnisse:

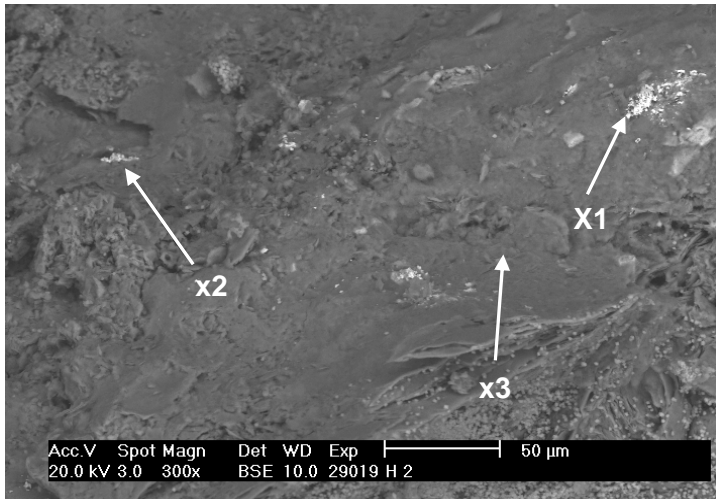


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysenpunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 300fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe H2:

Elemente [Gewichts-%]	x1	x2	x3
Aluminium	4,33	1,21	1,41
Silicium	7,60	4,26	3,61
Phosphor	16,48	20,70	0,37
Thorium	3,39	-	-
Uran	1,44	-	-
Kalium	2,61	0,82	-
Calcium	1,00	-	-
Lanthan	16,55	19,77	-
Cer	31,81	37,43	-
Neodym	12,09	15,08	-
Eisen	2,68	0,73	94,61

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Bei diesen Analysenpunkten handelt es sich um eine bisher hier noch nicht nachgewiesene Elementenkombination aus Lanthan, Cer und Neodym. Aufgrund dieser drei Elemente kann auf das Mineral **Rhabdophan-(Nd)** $((Nd,Ce,Y,La)[PO_4] \cdot H_2O)$ geschlossen werden. Dieses Mineral wurde bisher noch nie in Sachsen nachgewiesen. Rhabdophan gehört zu der Mineralgruppe der wasserhaltigen Phosphate, die eine Mischreihe von Rhabdophan-(Ce), Rhabdophan-(La) und Rhabdophan-(Nd) bilden können [20]. Bemerkenswert ist, dass hier auch die Elemente **Uran** und **Thorium** enthalten sind. Ob diese auch bei der Uranerzkundung der SAG Wismut nachgewiesen wurde, ist nicht bekannt.

x2: Dieser Analysenpunkt weist ebenfalls das wasserhaltige Phosphat **Rhabdophan-(Nd)** $((Nd,Ce,Y,La)[PO_4] \cdot H_2O)$ nach.

x3: Der Analysenpunkt x3 zeigt mit 94,61% einen sehr hohen Eisenanteil. Es kann sich um ein Eisenhydroxid handeln.

Ergebnis:

x1: Rhabdophan-(Nd) ((Nd,Ce,Y,La)[PO₄]•H₂O) in Verbindung mit Uran (U) und Thorium (Th)

x2: Rhabdophan-(Nd) ((Nd,Ce,Y,La)[PO₄]•H₂O)

x3: Eisenhydroxid

Probe-Nr.: H3

Lagebeschreibung: Radstube, Biensdorf

Makroskopische Betrachtung: schieferartig, schwarzes Material mit hellen Bändern

Analysenergebnisse:

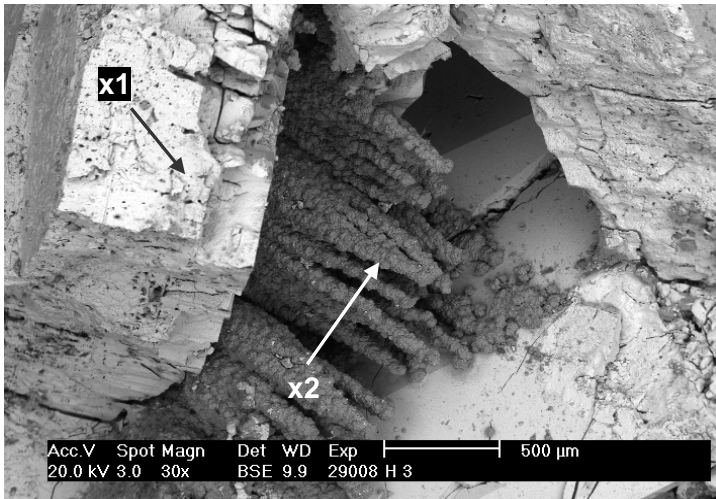


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysepunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 30fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe H3:

Elemente [Gewichts-%]	x1	x2
Silicium	-	5,38
Schwefel	16,54	0,56
Calcium	-	0,78
Barium	81,56	2,04
Eisen	1,90	91,24

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Bei dem Material des Analysepunktes handelt es sich um Baryt (Schwerspat, BaSO_4), mit geringen Anteilen von Eisen.

x2: Der untersuchte Analysepunkt besitzt einen sehr hohen Eisengehalt. Durch die nadelig-säulige Form kann vermutet werden, dass es sich um ein Eisenhydroxid handelt. Wahrscheinlich ist durch die Oxidation von Pyrit (Schwefelkies, FeS_2) Limonit (Brauneisenerz, FeOOH) als Sekundärmineral entstanden, welches die charakteristische oktaedrische Kristallform zeigt. Man kann schlussfolgern, dass Limonit pseudomorph nach Pyrit entstanden ist.

Ergebnis:

x1: Schwerspat (Baryt, BaSO_4)

x2: Brauneisenerz (Limonit, FeOOH)

Probe-Nr.: H4

Lagebeschreibung: 38m Stolln/ Radstube, südlicher Seitenstoß, Biensdorf

Makroskopische Betrachtung: hellgrünes Mineralstück mit sichtbaren Spaltflächen

Analysenergebnisse:

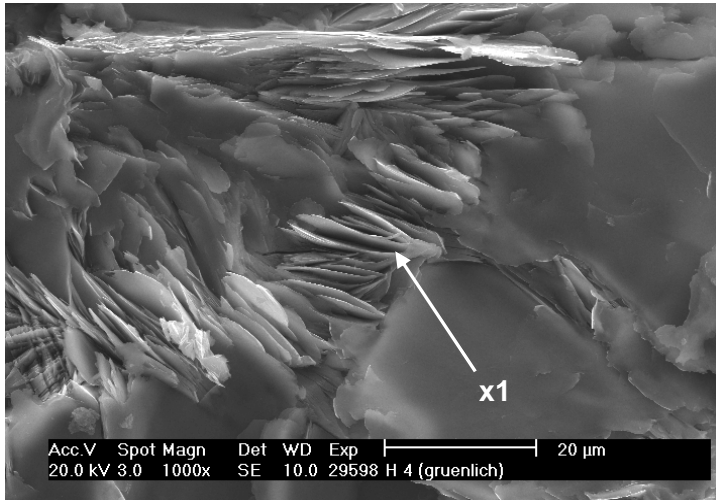


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysenpunkte
REM-Bild (SE), Vergr.: 1000fach

Tabelle des Analysenergebnisses der Probe H4:

Elemente [Gewichts-%]	x1
Magnesium	1,50
Aluminium	23,61
Silicium	43,67
Kalium	15,01
Eisen	16,22

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: Dieser Analysenpunkt gehört zu der Gruppe der Feldspäte. Aufgrund der chemischen Zusammensetzung kann auf Orthoklas geschlossen werden. Durch hydrothermale Vorgänge wurde der Orthoklas in den Hellglimmer Muskovit ($\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$) umgewandelt. Deutlich wird dies durch die tafelige bis plattige Kristallform.

Ergebnis:

x1: Kalifeldspat (Orthoklas, $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$) umgewandelt in Muskovit ($\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$)

Probe-Nr.: H5

Lagebeschreibung: 38m Stolln/ Radstube, westlicher Seitenstoß, Biensdorf

Makroskopische Betrachtung: hellbraunes Gangmaterial mit grünlichen Auflagen

Analysenergebnisse:

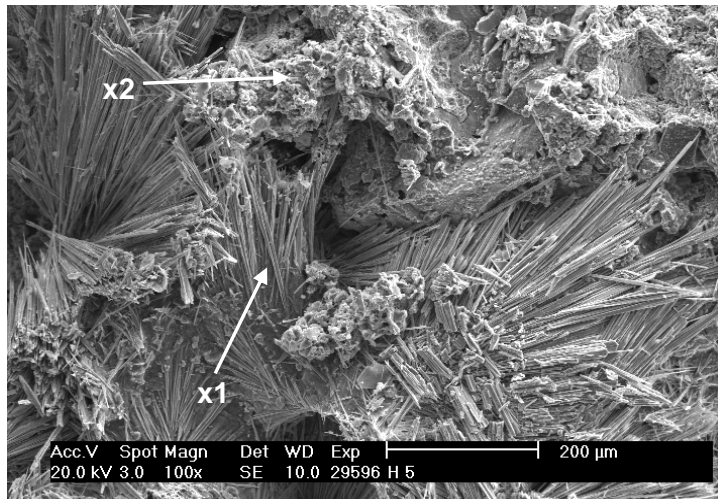


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysenpunkte
REM-Bild (SE), Vergr.: 100fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe H5:

Elemente [Gewichts-%]	x1	x2
Aluminium	3,14	-
Silicium	3,39	9,80
Calcium	-	1,28
Indium	1,24	-
Eisen	2,14	70,70
Kupfer	90,09	18,22

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1: An Hand des großen Kupferanteils dieses Materials lässt sich vermuten, dass es sich um Malachit ($\text{Cu}_2[(\text{OH})_2 | \text{CO}_3] \square$) handelt. Malachit erkennt man durch seine typische grüne Färbung, sowie durch den **radialfasrigen Aufbau**. Er kristallisiert im monoklinen Kristallsystem und kann nur in Oxidationszonen von Kupfersulfidlagerstätten entstehen.

x2: Der Analysenpunkt x2 besitzt mit 70,70% einen sehr hohen Eisenanteil. Somit kann es sich um ein Eisenhydroxid handeln.

Ergebnis:

x1: Malachit ($\text{Cu}_2[(\text{OH})_2 | \text{CO}_3] \square$)

x2: Eisenhydroxid

Probe-Nr.: B51030

Lagebeschreibung: Hülfe des Herrnstolln, Schliffprobe, Biensdorf?

Makroskopische Betrachtung: Schliffprobe (Erzanschiff)

Analysenergebnisse:

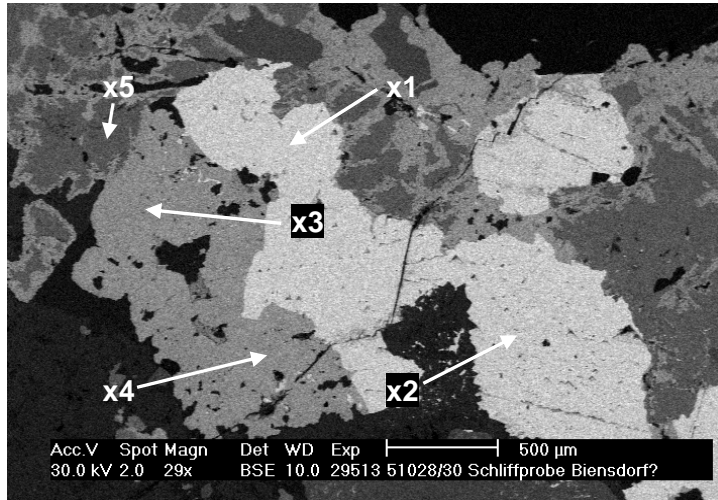


Bild:

Probenbruchfläche mit Angabe der Analysepunkte
REM-Bild (BSE), Vergr.: 29fach

Tabelle der Analysenergebnisse der Probe B51030:

Elemente [Gewichts-%]	x1	x2	x3	x4	x5
Schwefel	11,74	11,87	12,88	13,38	52,90
Silber	3,76	5,12	78,07	83,58	-
Blei	84,49	83,00	-	-	-
Eisen	-	-	2,19	1,09	47,10
Kupfer	-	-	6,86	1,95	-

Auswertung der Untersuchungsergebnisse:

x1, x2: Galenit (Bleiglanz, PbS) besteht idealerweise aus 86,6% Blei und 13,4% Schwefel. Bleiglanz kann bis zu Zehntel Prozent Silber enthalten und kristallisiert im kubischen Kristallsystem. Er ist besonders in hydrothermalen Lagerstätten vorzufinden und kann in Paragenese mit Zinkblende (ZnS) auftreten. Bei diesen Analysepunkten wurde ein Silbergehalt von 3,76% bzw. 5,12% nachgewiesen.

x3, x4: Es wurde Galenit (Bleiglanz, PbS) nachgewiesen. Der primäre Bleiglanz, welcher mit dem Pyrit verwachsen ist, wurde durch hydrothermale Lösungen angelöst. Dadurch wurde das leicht lösliche Blei abtransportiert und ein sehr hoher Silberanteil von 78,07% bzw. 83,58% blieb zurück. Aufgrund dieses erhöhten Anteils von Silber spricht man auch von einem Reicherz.

x5: Dieser Analysepunkt besteht aus Schwefelkies (Pyrit, FeS₂). Pyrit kristallisiert im kubischen Kristallsystem.

Ergebnis:

x1, x2: Bleiglanz (Galenit, PbS)

x3, x4: Bleiglanz (Galenit, PbS) mit hohem Silberanteil

x5: Schwefelkies (Pyrit, FeS₂)

8 Zusammenfassung

Der Bergbau im sächsischen Erzgebirge und seinen Randgebieten hat eine lange Tradition. Durch die Entdeckung des Silbererzes in der Nähe der heutigen Freiburger Altstadt um 1168 konnten sich 4 Blütezeiten im Laufe der Jahrhunderte entwickeln. Im 18. und 19. Jahrhundert hatten die Gruben in Schönborn-Dreiwerden und Biensdorf ihre größten wirtschaftlichen Erfolge.

Es konnten sich in beiden Grubenbereichen hydrothermale Minerale bilden und sich besonders in Form von Bleiglanz, Kupferkies, Quarz und Schwerspat in großen Mengen abscheiden. Auf diesem Wege entstanden, wie im Freiburger Revier, charakteristische Formationen des ersten und zweiten Mineralisationszyklus, wie die kb-, eb-, eba- und fba-Formation.

Die im Zschopautal gelegenen Gruben von Schönborn-Dreiwerden und Biensdorf befinden sich im Schiefermantel des „Sächsischen Granulitgebirges“.

Die in Schönborn-Dreiwerden und Biensdorf gewonnenen Untersuchungsproben wurden mit Hilfe eines Rasterelektronenmikroskops an der Freiburger Bergakademie untersucht.

In Schönborn-Dreiwerden konnten vor allem Bleiglanz, Kupferkies, Schwerspat, Calcit, Schwefelkies und Zinkblende nachgewiesen werden. Bei der Probe S10 lieferte die Analyse neben Bleiglanz einen überraschend hohen Silbergehalt von 0,30 bis 1,86 %. Aufgrund des geringen Kupferanteils kann geschlussfolgert werden, dass es sich um silberreiches Bleierz handelt. Somit kann die Erzeinordnung in die fluorbarytische Bleierzformation (fba) bestätigt werden.

In Biensdorf wurden hauptsächlich Bleiglanz, Schwerspat, Eisenhydroxid, Malachit, Orthoklas, Schwefelkies, Psilomelan und Antimonglanz nachgewiesen. Bei der Probe B51030 aus der Freiburger Sammlung der Bergakademie konnte ein Silbergehalt von bis zu 84,49% ermittelt werden. Aufgrund dieses erhöhten Anteils von Silber spricht man auch von einem Reicherz. Durch diese Ergebnisse kann behauptet werden, dass in Biensdorf die fluorbarytische Bleierzformation (fba) sowie in geringen Mengen die Eisen-Baryt-Abfolge (eba i.e.S.) vorhanden ist.

In Biensdorf wurde erstmalig das wasserhaltige Phosphat **Rhabdophan-(Nd)** **((Nd,Ce,Y,La)[PO₄]**•**H₂O)** in den Proben W3 und H2 nachgewiesen. Die Probe H2 beinhaltet 1,44% Uran und 3,39% Thorium. Somit steht fest, dass die SAG Wismut bei ihrer Uranerzkundung nach dem 2. Weltkrieg in Biensdorf nicht grundlos vorgegangen ist.

9 Literaturverzeichnis

- [1] Riedl, Wolfgang/Riedl, Gerold:
Der historische Silberbergbau in Schönborn- Dreiwerden- Seifersbach- Sachsen-
Schönborn-Dreiwerden-Seifersbach: EDITION Gerold Riedl 1995
- [2] Baumann, Ludwig:
Die Erzlagerstätten der Freiburger Randgebiete. Bergakademie Freiberg: Gutenberg
Buchdruckerei und Verlagsanstalt 1965
- [3] Sievert, Th./Danzig. E.:
Sektion Frankenberg-Hainichen. In: Credner, Hermann K. Finanz-Ministerium (Hrsg.):
Erläuterung zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen. Leipzig ² 1909
- [4] Mitka, Lutz:
Besucherführer für den historischen Bergbau am Erzberg. Biensdorf: Privatdruck 2006
- [5] Informationen von der Zeittafel „Hülfe des Herrn“ in Biensdorf am Huthaus
- [6] Mitka, Lutz:
1949 erklang wieder Bergbaugeschrei im Zschopautal. In: DIALOG Werkzeitschrift der
Wismut GmbH, März 1996, Heft 12
- [7] Informationsmaterial von Lutz Mitka aus der noch nicht veröffentlichten Chronik über
die Biensdorfer Bergbaugeschichte, 4.2.1. Bergbauliche Spuren und historische
Nachrichten
- [8] Kempe, D.:
Zwischen Frankenberg und Mittweida, Wanderführer durch das Bergbauareal,
Erlebnis Sächsische Heimat (II), Unterlagen von Lutz Mitka
- [9] Schmah, Holger:
„Berggeschrey“ im 21. Jahrhundert. In: ARGOS, März-Mai 2000, 8. Jahrgang, II/2000
- [10] Brinkmann, Roland:
Abriss der Geologie, Band 1/2 Allgemeine Geologie. Stuttgart 1956
- [11] Jung, Hermann/Linck, Gottlob:
Grundriß der Mineralogie und Petrographie. Jena 1960
- [12] Baumann, Ludwig:
Die Erzlagerstätten der Freiburger Randgebiete. Bergakademie Freiberg: Gutenberg
Buchdruckerei und Verlagsanstalt 1965
- [13] Anonym:
Granulit. <http://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/RockData?rock=Granulit>,
10.08.2009, 16.47 Uhr
- [14] Richter, Gunter:
Der Wismutstollen im Grubengebäude der alten Silberfundgrube „Hülfe des Herrn“.
Biensdorf: Privatdruck 2008
- [15] Naumann, Frank:
Ausarbeitung „Die Rasterelektronenmikroskopie - eine wichtige Untersuchungsmethode
in Wissenschaft und Technik“
- [16] Anonym:
Rasterelektronenmikroskop. <http://de.wikipedia.org/wiki/Rasterelektronenmikroskop>,
07.07.2009, 7.41 Uhr
- [17] Anonym:
Das Rasterelektronenmikroskop. <http://www.bglerch.asnkn.ac.at/physik/mikroskop/REM.htm>,
07.07.2009, 8.04 Uhr
- [18] Kurz, Christfried-Alexander:
Das Elektronenmikroskop (Raster- und Transmissionsmikroskopie). <http://www.old.uni-bayreuth.de/departments/didaktikchemie/umat/elektronen-mikroskop/elektronenmikroskop.htm>,
07.07.2009, 7.55 Uhr
- [19] Betehtin, A.G.:
Lehrbuch der speziellen Mineralogie. Prof. Dr. habil. H. J. Rösler unter Mitarbeit von
Dr. M. Sommer (Hrsg.): Lehrbuch der speziellen Mineralogie. Leipzig ³ 1964
- [20] Anonym:
Rhabdophan. [http://de.wikipedia.org/wiki/Rhabdophan-\(Nd\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Rhabdophan-(Nd)), 20.10.2009, 11.42 Uhr

- [21] Ralph, Jolyon; Chau, Ida:
<http://www.mindat.org/min-3400.html>, 20.10.2009, 11.53 Uhr
- [22] Mitka, Lutz:
Hauptbetriebsplan für das Besucherbergwerk „Wismutstolln“, Biensdorf 07/2007

10 Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erklären wir, dass wir die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen Hilfsmittel als angegeben verwendet haben.
Insbesondere versichern wir, dass wir alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche kenntlich gemacht haben.

Frankenberg, 22.12.2009

Ort, Datum

Unterschrift Daniel Fischer

Frankenberg, 22.12.2009

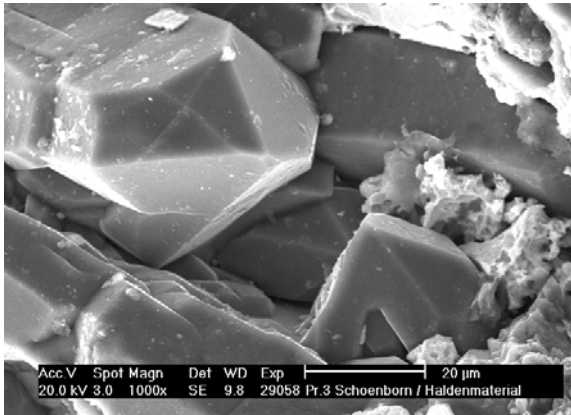
Ort, Datum

Unterschrift Tobias Bergelt

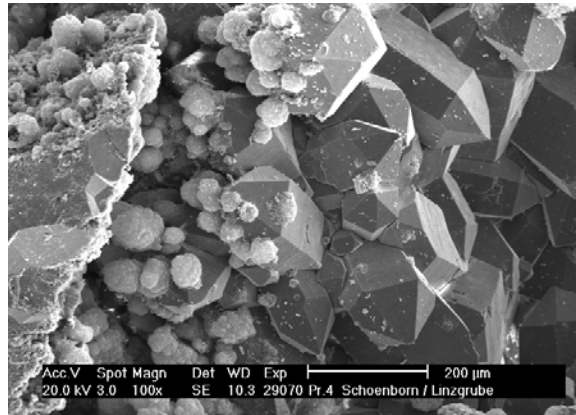
11 Anlagenverzeichnis

11.1 Ausgewählte REM-Bilder von idiomorphen Mineralbildungen

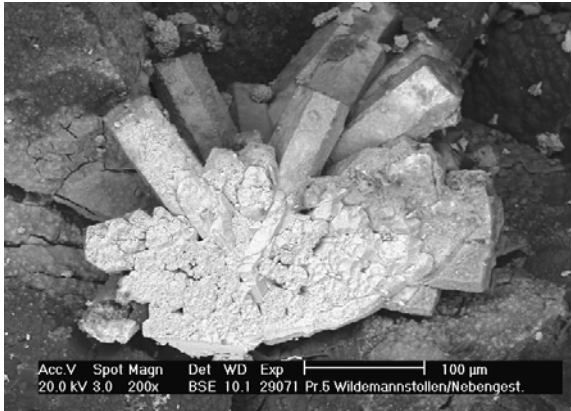
Probe-Nr.: S3



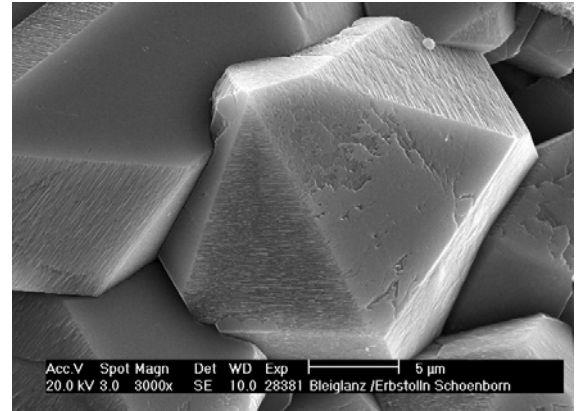
Probe-Nr.: S4



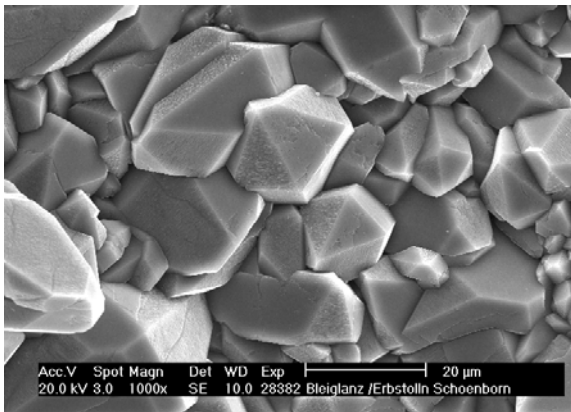
Probe-Nr.: S5



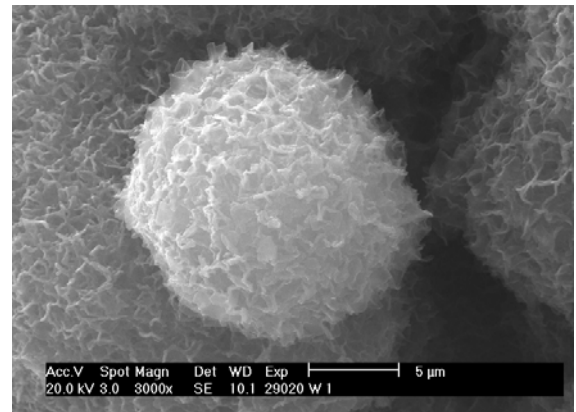
Probe-Nr.: S10



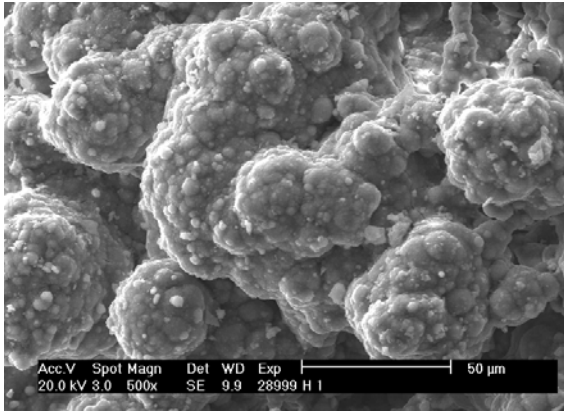
Probe-Nr.: S10



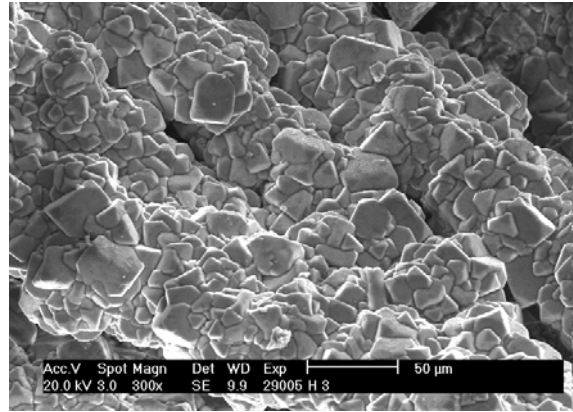
Probe-Nr.: W1



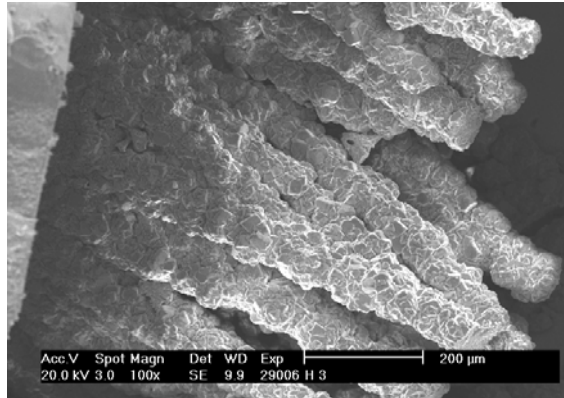
Probe-Nr.: H1



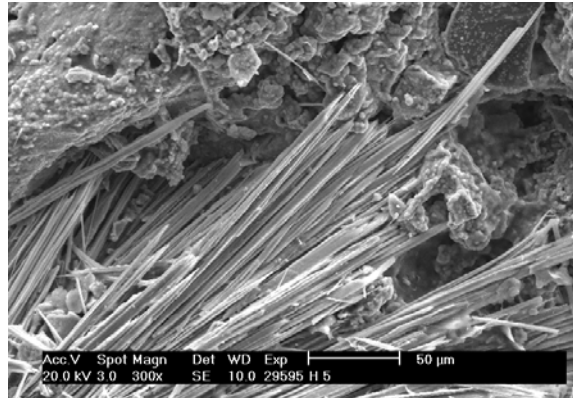
Probe-Nr.: H3



Probe-Nr.: H3

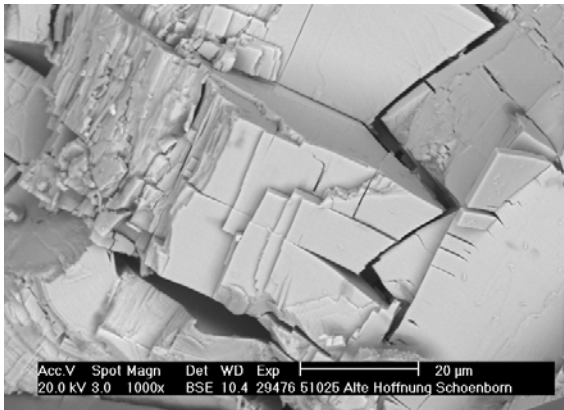


Probe-Nr.: H5

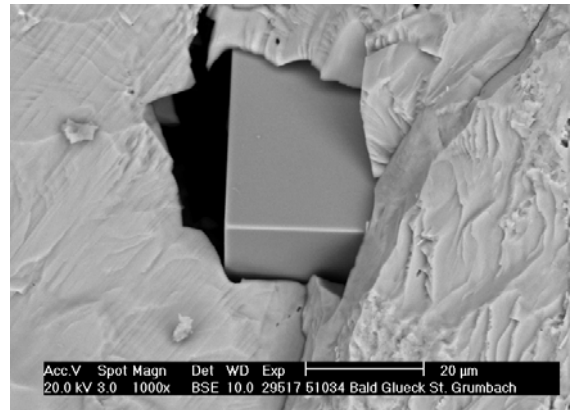


Proben aus der TU Bergakademie Freiberg:

Probe-Nr.: S51025

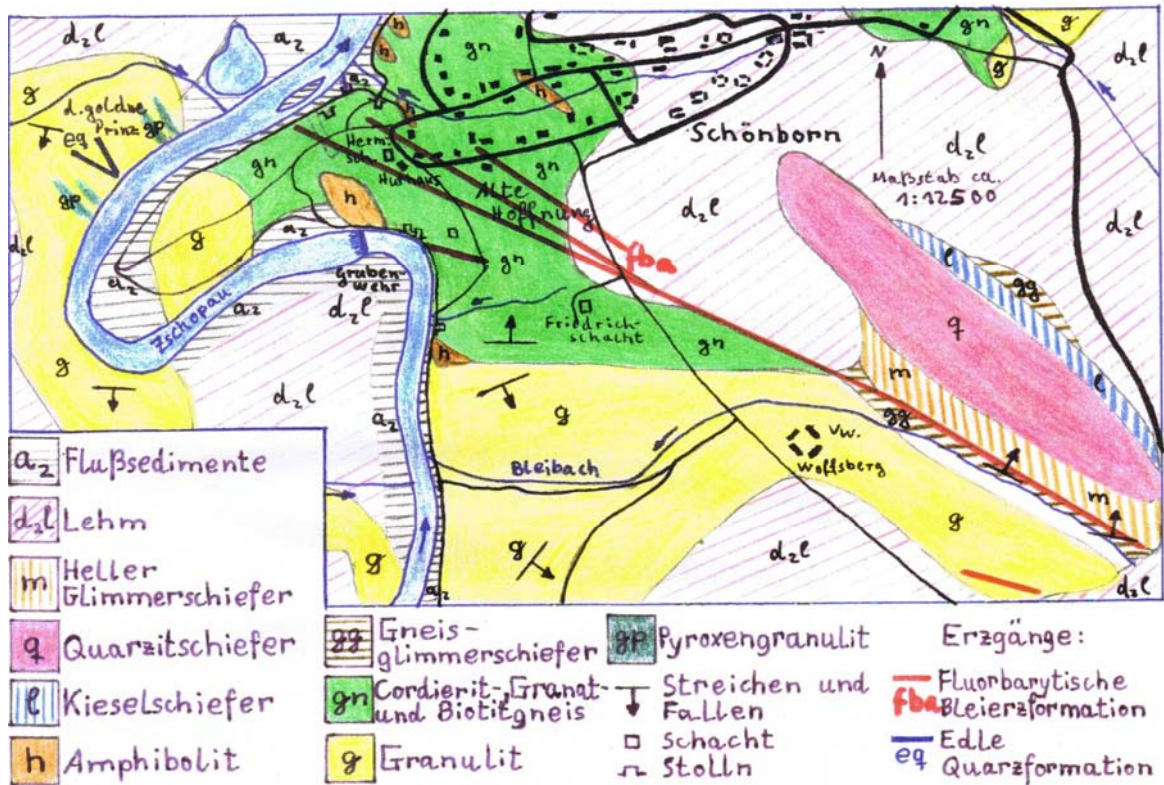


Probe-Nr.: G51034



(Grumbach, Bald-Glück-Stolln, Probe und Untersuchungsergebnisse sind nicht im Heft enthalten)

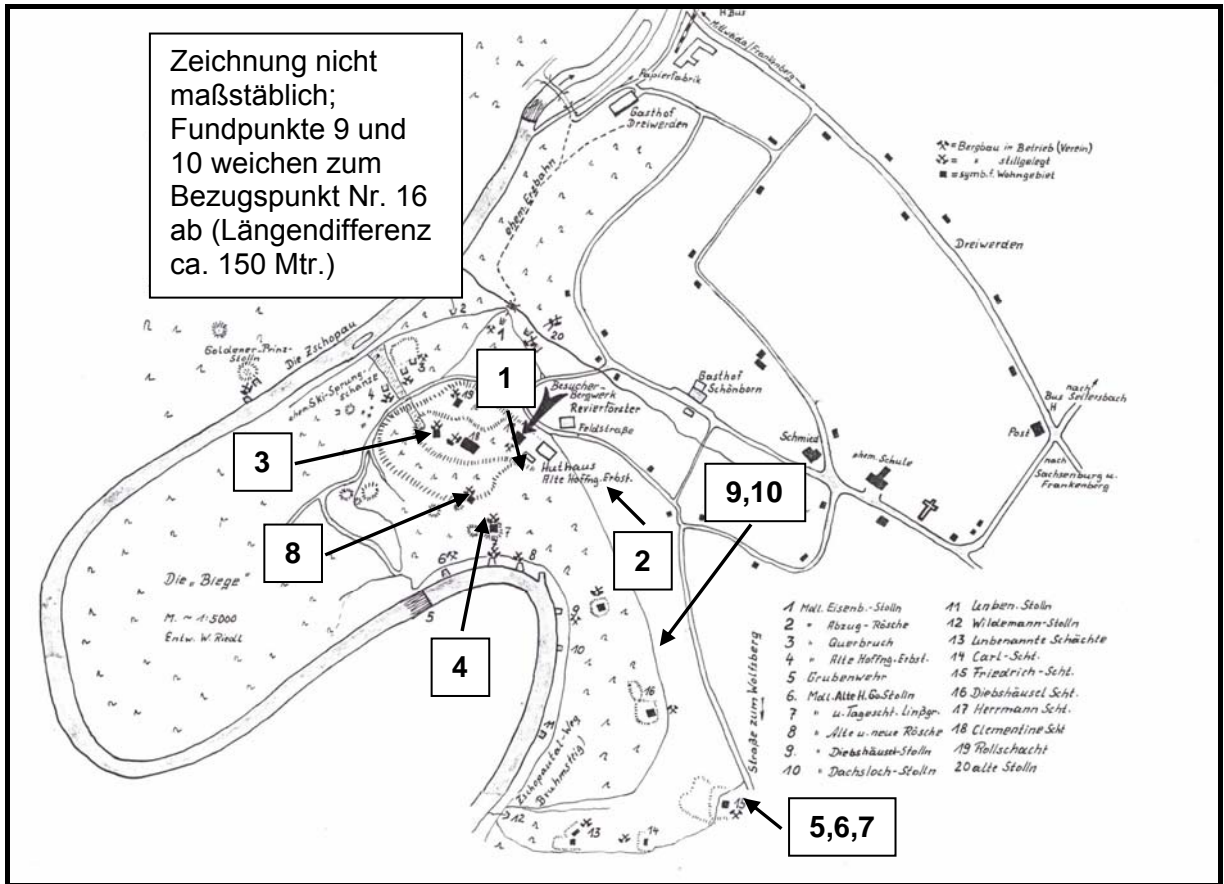
11.2 Geologischer Überblick vom Gebiet Schönborn-Dreiwerden-Seifersbach [1]



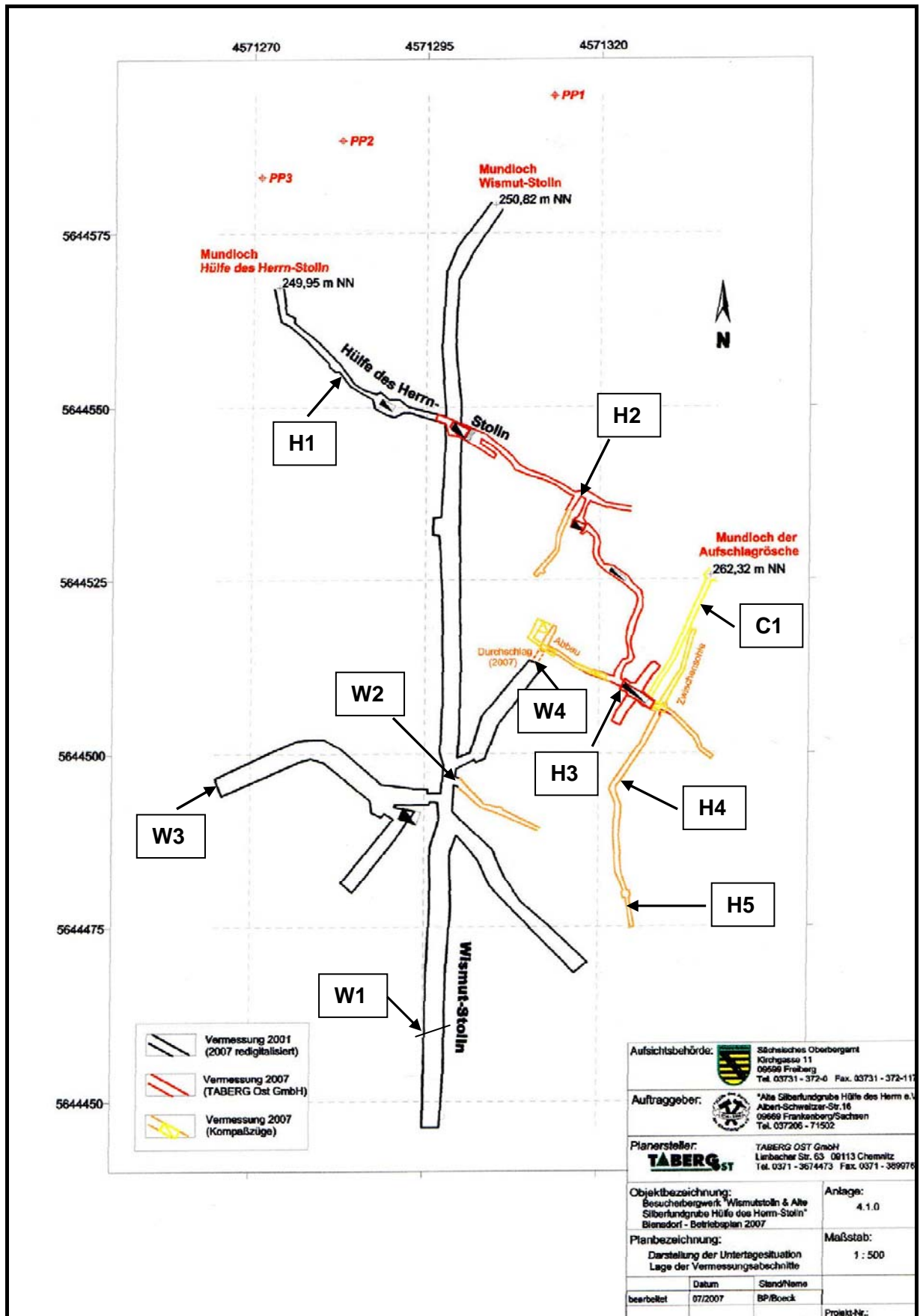
11.3 Luftfoto von der Flussbiege der Zschopau in Schönborn-Dreiwerden [1]



11.4 Kartenriss von Schönborn-Dreiwerden-Seifersbach mit den Probennummern der Fundorte [1]



11.5 Kartenriss von Biensdorf mit den Probennummern der Fundorte [22]



11.6 Schematische 3D-Darstellung des Grubengebäudes des Biensdorfer Schachtes, Höhenrelief bei 252 m NN gesplittet [22]

