Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	<b>13</b> (2006), 1/2	S. 117-132	15 Abb., 2 Tab., 31 Lit.
------------------------------	--------------	-----------------------	------------	--------------------------

### Die Kupfer-Lagerstätte Spremberg-Graustein in Südbrandenburg

### The copper deposit Spremberg-Graustein in South Brandenburg

JÜRGEN KOPP, ANDREAS SIMON & MICHAEL GÖTHEL

### 1. Einleitung

Kupfer ist das älteste Gebrauchsmetall des Menschen und hat mit seinem Namen zwei Epochen der Menschheitsgeschichte Pate gestanden, der Kupferzeit und der Bronzezeit. Es ist heute nach Eisen und Aluminium das drittwichtigste Gebrauchsmetall überhaupt. Seine hohe Elektrizitäts- und Wärmeleitfähigkeit sowie seine Korrosionsfestigkeit und Haltbarkeit machen Kupfer zu einem unverzichtbaren Bestandteil moderner Elektronik, Elektro- und Bautechnik. In der Natur ist der Anteil an Kupferoxiden sowie an gediegenem Kupfer niedrig. Meistens wird es daher aus sulfidischen Erzen gewonnen, in denen es zusammen mit anderen Metallen wie Eisen, Zink, Silber oder Nickel vorkommt. Die sulfidischen Erze sind auch technologisch einfacher zu verarbeiten als oxidische. Mehr als 80% der Kupfer-Weltproduktion stammen daher aus sulfidischen Erzen. Ihre Kupfergehalte liegen zwischen 0,5 und 4%. Lagerstättengenetisch tritt Kupfer in einem sehr breiten Bildungsbereich auf als:

- hydrothermale Gang- und Imprägnationslagerstätten,
- sedimentäre Lagerstätten in kohlenstoffreichen Mergeln, Schiefern, Dolomiten sowie in ariden Konglomeraten/Fanglomeraten und Sandsteinen.
- vulkanogen-sedimentäre Lagerstätten und
- liquidmagmatische Lagerstätten

Die Hauptlagerstätten, die entsprechend den oben aufgeführten Typen unterschiedlicher Genese sind, befinden sich in den USA (Arizona, Montana), Brasilien, Mittelamerika, Kongo (Katanga), Sambia, Russland und Kanada. Die weltweit größte Kupferlagerstätte ist Chuquicamata in Chile mit einer Fläche von 3 x 1,5 km. Auch Australien, China und Indonesien, verfügen über bedeutende Kupferlagerstätten und in Europa liegen weitere Lagerstätten in Spanien (Rio Tinto) und Finnland (Karelien).

Die bedeutendsten Lagerstätten Mitteleuropas sind sedimentären Ursprungs und an den Kupferschiefer gebunden. Seine Verbreitung ist durch Bergbau, Erkundungsbohrungen und übertägige Aufschlüsse gut dokumentiert. Eine Kupfererzführung, die wirtschaftlichen Ansprüchen gerecht wird, ist aber nur in kleineren Teilbereichen gegeben. Die altbekannten Lagerstätten Deutschlands (Eisleben, Mansfeld, Sangerhausen, Richelsdorf) sind erschöpft oder werden aus Gründen der Rentabilität nicht mehr betrieben. Überhaupt steht derzeit in Europa nur im polnischen Niederschlesien Kupferschiefer in Abbau. Es handelt sich dabei um das etwa 550 km<sup>2</sup> umfassende Kupfer-Revier von Legnica-Głogów im Bereich der Subsudetischen Monokline. Ein seit 2004 anhaltender Rohstoffboom für Industriemetalle betrifft an vorderster Stelle das Kupfer. Er führte zu starken Preiserhöhungen und einer Rohstoffverknappung. Auslöser dieser Entwicklung war die starke Nachfrage Chinas und Indiens. Asien insgesamt ist zur zentralen Wachstumsregion für Kupfer geworden und wird es wohl langfristig bleiben. Allein China, mit einem jährlichen Kupferbedarf von etwa 3,5 Mio t, hat inzwischen einen Anteil von etwa 21% an der Weltnachfrage und dabei die Vorreiterrolle der "Tigerstaaten" Taiwan, Südkorea und Singapur aus

### Kupferbestände an den Warenterminbörsen weltweit ggü. Kupferpreis

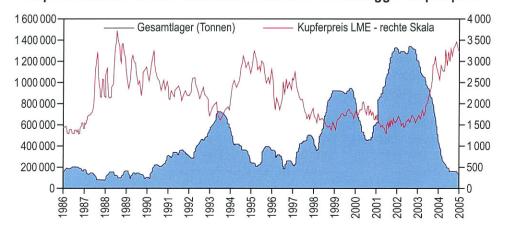


Abb. 1
Die Entwicklung der Preise [in US \$] und Lagerbestände für Kupfer zwischen 1996 und 2005/2006 (WEINBERG 2005)

Fig. 1
Trend of copper prices
[US \$] and the stock of
copper during 1996 and
2005/2006

den 80er und 90er Jahren übernommen. Im Jahr 2003 ist China zum weltweit größten Kupferverbraucher aufgestiegen und hat die USA vom ersten Platz verdrängt.

Schon jetzt ist Asien für rund die Hälfte der Weltnachfrage verantwortlich. Mit einer Abschwächung des Nachfragetrends ist daher keinesfalls zu rechnen.

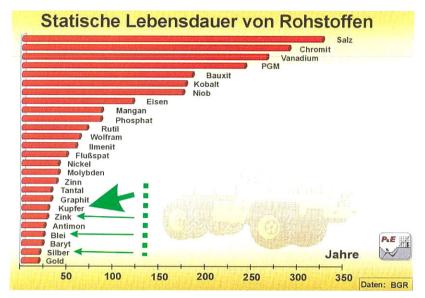


Abb. 2
Die erkundeten Vorräte industrieller Rohstoffe (verändert, nach Wellmer & Dalheimer 2000, aus Borg 2002)
Fig. 2
Explored reserves of industrial resources

Man kann davon ausgehen, dass der weltweite Kupferbedarf mit der Kupferproduktion und mit den Lagerbeständen eng korreliert. In Abbildung 1 ist die kontinuierliche Steigerung der Kupfergewinnung seit 1990 klar belegt. Dabei steht die Problematik schrumpfender Ressourcen bei Kupfer noch stärker im Vordergrund als bei anderen Industrieoder Edelmetallen (Weinberg 2005). Die offiziell ausgewiesenen Kupferreserven betragen lediglich 470 Mio t bei einer jährlichen Weltminenproduktion von rund 14 Mio . In Abbildung 2 wird dargestellt, dass bei gleichleibender Förderung die meisten Kupferlagerstätten in spätestens 50 Jahren erschöpft sein werden. Es ist jedoch absehbar, dass auf Grund des oben dargelegten steigenden Verbrauchs weitere Lagerstätten erkundet und in Abbau genommen werden. Die Folgerungen aus Abbildung 2 erscheinen aber trotzdem realistisch, da sich der weltweite Verbrauch kaum abschwächen wird und allein in den letzten zwei Jahrzehnten zu einer Verdoppelung der Nachfrage nach Kupfer führte. Wurden 1980 noch über 9 Mio t produziert und verarbeitet, so sind es heute etwa 18 Mio t.

In Europa werden jährlich über 4 Mio t Kupfer und damit fast 25% der Weltkupferproduktion verarbeitet. Das entspricht einem jährlichen Pro-Kopf-Einsatz von mehr als 9 kg bei einem knappen Angebot auf den Märkten.

Politisch instabile Verhältnisse in wichtigen kupferproduzierenden Ländern der Dritten Welt und die dargelegten

enormen Preissteigerungen werden deshalb Überlegungen zur Nutzung einheimischer Lagerstätten weiteren Auftrieb verleihen

Der Kupferbedarf Deutschlands vor 1933 wurde zu einem großen Anteil (> 50%) durch einheimisches Aufkommen gedeckt. Es speiste sich im Wesentlichen aus zwei genetisch unterschiedlichen Lagerstättentypen, die zu etwa je

50% dazu beitrugen. Das waren:

- die großen Erzlagern des Rammelbergs bei Goslar im Harz und
- den großen Kupferschieferlagerstätten im Harzvorland (Eisleben-Mansfeld) und
- in Hessen (Richelsdorf) sowie die später entdeckten Lagerstätten in
- Niederschlesien (Nordsudetische Mulde) Nach 1945 fielen die Vorräte der niederschlesischen Lagerstätten mit den Gruben Lena und Konrad an Polen. Sie wurden nicht vollständig abgebaut, die Gruben aber trotzdem 1968 und 1987 geschlossen, da inzwischen durch polnische Geologen noch ertragreichere Lagerstätten bei Lubin erkundet worden waren.

In der Sowjetischen Besatzungszone bzw. der späteren DDR verblieben die Lagerstätten Eisleben, Mansfeld und die später erschlossenen Vorräte der Sangerhäuser Mulde. Der Abbau der Lagerstätten erfolgte in dieser Reihenfolge systematisch. Nach 1990 war mit der Erschöpfung der Sanger-

häuser Erzvorräte zu rechnen. In diesem Zusammenhang wurde die Struktur Mulkwitz bei Spremberg durch den damaligen VEB Geologische Forschung und Erkundung Halle, Betriebsteil Freiberg lagerstättengeologisch auf Kupfervererzungen erkundet.

### 2. Die Struktur Mulkwitz

Die am Südwest-Rand der Norddeutsch-Polnischen Senke nach dem Ort Mulkwitz in Sachsen benannte Antiklinalstruktur wurde zwischen 1953 und 1980 durch geophysikalische Messungen und etwa 130 Tiefbohrungen eingehend erforscht. Sie stellt eine Hochlage altpaläozoischer, permischer und triadischer Schichtfolgen (keine Salzstruktur!) dar, die an ihren Flanken von herzynisch streichenden Störungen begrenzt wird. Rheinisch und E-W streichende Verwerfungen untergliedern sie intern. Die Untersuchungsergebnisse ergaben einen relativ komplizierten tektonischen Bau, zeigten aber auch, dass an der Zechsteinbasis ein Kupferschieferflöz (T1) vorliegt, das bis zu 1,4 m mächtig wird. Zusammen mit den jüngeren Schichtfolgen ist es um bis zu 300 m herausgehoben worden. Damit lagen gute Voraussetzungen für geologische Untersuchungen auf Kupfer- und weitere Buntmetall-Vererzungen vor (Abb. 3).

Die ersten Erkundungen beschränkten sich auf den in Sachsen gelegenen, südlichen Teil der Struktur Mulkwitz

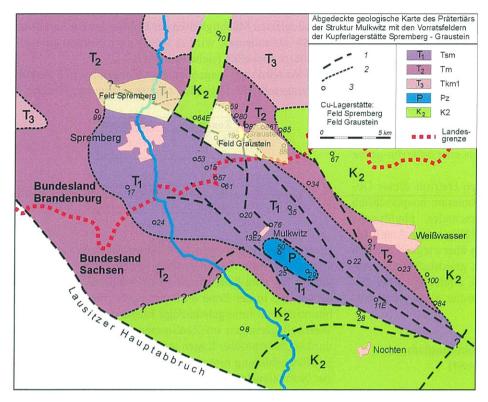


Abb. 3
Abgedeckte geologische Karte des Prätertiärs mit der Hochlage der Struktur Mulkwitz mit den Erzfeldern Spremberg und Graustein am Nordrand (verändert, nach Franz & Rusitzka 1963).

Legende:

 $1-St\"{o}$ rungen 1. Ordnung, 2-Schichtgrenzen, 3-Bohrung mit Nr.,  $K_2/K2-Oberkreide$ , P/Pz-Perm/Zechstein,  $T_3/Tkm1-Keuper$ ,  $T_2/Tm-Muschelkalk$ ,  $T_1/Tsm-Buntsandstein$ 

Fig 3

Revealed geological map of the Pre-Tertiary with the uplifted structure Mulkwitz and the ore fields Spremberg and Graustein at the north rim (modified, after Franz & Rusitzka 1963).

Legend:

1- faults of 1. order, 2- stratigraphic boundarys, 3. - bore hole with numbers,  $K_{2}/K2-$  Oberkreide, P/Pz- Perm/Zechstein,  $T_{3}/Tkm1-$  Keuper,  $T_{2}/Tm-$  Muschelkalk,  $T_{1}/Tsm-$  Buntsandstein

und erbrachten den Nachweis erheblicher Blei-Zink- und nur lokaler Kupfer-Vererzungen an der Zechsteinbasis. Erst genaue Forschungen zum Charakter und zur Verbreitung der Roten Fäule-Fazies führten auch zu Untersuchungen im Norden der Antiklinale. Im Ergebnis wurde die im europäischen Maßstab bedeutende polymetallische Kupfer-Lagerstätte Spremberg-Graustein entdeckt. Sie besteht nach derzeitigem Stand aus den Erzfeldern Spremberg und Graustein und erstreckt sich über etwa 14 km Länge in Nordwest-Südost-Richtung an der Nord- und Nordostflanke der Struktur bei einer Breite von 2 bis 3 km. Die Lagerstätte fällt flach nach Norden und Nordosten ein.

Frühere Untersuchungen wiesen auf einen genetisch-paläogeographischen Zusammenhang zu den polnischen Lagerstätten Niederschlesiens hin. Er macht sich insbesondere in ähnlichen Sedimentationsbedingungen bemerkbar (EiSENTRAUT 1939), KÖLBEL 1958a, 1958b, OSZCZEPALSKI 1999, HERRMANN et al. 2005, KOPP & HERRMANN, in Vorbereitung). Nach der geologischen Erkundung wurde 1981 durch das Mansfeld-Kombinat ein Projekt für den bergmännischen Aufschluß der Lagerstätte erarbeitet (HENNIG et al., 1974, 1981).

Nahezu alle wichtigen Kupferschieferbohrungen sind erhalten und stehen für neue Untersuchungen und Bewertungen zur Verfügung. Sie befinden sich zusammen mit weiteren Unterlagen, wie z. B. zahlreichen Erzanschliffen, Dünnschliffen und sonstigem Probematerial in den Archiven (Bohrkernlager, Berichtsarchive) der Geologischen Dienste Brandenburgs und Sachsens.

### 2. 1 Stratigraphische Kurzbeschreibung der Schichtfolgen vom Liegenden zum Hangenden

Eine geologisch-tektonische Karte (mit abgedecktem Känozoikum) des Nordteils der Struktur Mulkwitz sowie den Umrissen der beiden Lagerstättenteile wird in Abbildung 4 vorgestellt. Sie belegt, dass die Prä-Känozoikumsoberfläche von mesozoischen Schichtfolgen dominiert wird. Dabei tritt

im Zentrum der Buntsandstein deutlich hervor. Den Nordrand bilden Muschelkalk und Kreide. Letztere hat sich insbesondere durch den Türkendorfer Kreidegraben, einer tief abgesenkten Grabenstruktur, markant an der Prä-Känozoikumsoberfläche abgebildet.

Ein geologischer Längsschnitt A-B von Nordwest nach Südost, sowie zwei Querschnitte von Nordost-Südwest, C-D (Erzfeld Spremberg) und E-F für (Erzfeld Graustein) geben die erbohrten stratigraphischen Einheiten wieder.

### 2.1.1 Altpaläozoikum (PZ)

Prä-Rotliegendgesteine treten teilweise unmittelbar unter dem geringmächtigen Zechsteinkonglomerat und Rotliegendsandsteinen in verschiedenen Bereichen der Struktur auf (z. B. Cu Sp 120/72 und 122/72). Es handelt sich dabei um schwach geschieferte Grauwacken, Sandsteine und Konglomerate sowie graue Tonschiefer und Tonsteine. Die Farbe der Gesteine ist allgemein grau bis dunkelgrau. Sie weisen durchweg einen hohen Diagenesegrad und einen relativ gleichkörnigen Kornbestand auf. In der Bohrung Spremberg H 8/71 (Schachtbohrung) wurden mehr als 300 m derartiger tektonisch hochbeanspruchter Gesteine erbohrt. In letzterer Bohrung nehmen diese Gesteine dann im tieferen Teil des Gesteinsverbands eine hellgrün-graue Färbung an.

SIEGERT et al. (1963) untersuchten den Detritus dieser Gesteine. Danach enthalten die Konglomerate hauptsächlich kantengerundete Quarzite, Chloritschiefer, phyllitische Gesteine, Tonschiefer und einen auffällig hohen Anteil Biotitgneis. Die Sandsteine setzen sich überwiegend aus den Abtragungsprodukten metamorpher, granitischer und vulkanischer Gesteine zusammen. Eine eindeutige Altersbestimmung ist an diesen Gesteinen bisher nicht vorgenommen worden.

### 2.1.2 Rotliegend (P1) und Zechsteinkonglomerat/ Grauliegendsandsteine (K1+S1)

Im gesamten Bereich der Lagerstätte ist Rotliegend angetroffen worden, das direkt unterhalb des Kupferschiefers überwiegend als mehrere Meter mächtiges Grauliegend ausgebildet ist. Die Mächtigkeit ist in den beiden Lagerstättenfeldern aber sehr unterschiedlich. Im Feld Spremberg beträgt sie am Südrand etwa 15 m und wächst bis zur Nordbegrenzung auf etwa 50 m an. Im Feld Graustein nimmt sie vom Ostrand des Türkendorfer Kreidegrabens bis zur östlichen Feldgrenze sehr stark zu und erreicht Werte von > 300 m. Diese Maximalmächtigkeiten des Rotliegend stehen immer mit rinnenförmig ausgebildeten Auflageflächen in Zusammenhang.

Die Sedimente bestehen aus Schluffsteinen, Sandsteinen und Tonsteinen mit konglomeratischen Lagen und repräsentieren das Ober-Rotliegend II (HERRMANN 2004, HERRMANN & KOPP 2005). Oft treten engere Schichtpakete auf, die in diesen Gesteinen wechsellagern.

Die Gerölle sowohl in den Sandsteinen als auch im Zechsteinkonglomerat lassen auf einen kurzen Transportweg schließen. Sie zeigen nur leicht kantengerundete Formen und setzen sich überwiegend aus Vulkaniten, Plutoniten und Metamorphiten sowie länglichen Kieselschieferbruchstücken zusammen.

Im Rotliegend der Bohrungen 117/72 und H 8/71 wurden im untersten Bereich Rhyolithe bzw. Tuffe mit glasiger Fließstruktur vorgefunden. Diese Schichtfolgen werden dem Unter-Rotliegend zugeordnet.

die reduzierten Mächtigkeiten der Bohrungen Cu Sp 110/62 und 80/60 andeuten, wird er weiter nach Norden an einer Sandbarre auskeilen (siehe auch Abb. 8).

Das Flöz wird vom Liegenden zum Hangenden in 3 Rhythmen eingeteilt, die folgende Zonenbezeichnungen haben:

Zonen	Rhythmen		
ε 2 ε 1	3		
δ 1-3 γ 1-3	2		
β α 1-2	1		

In mehreren Bohrungen sind Abweichungen von dieser Gliederung vorgefunden worden. In den Zonen  $\gamma$  und  $\delta$  treten ein bis zwei helle bis zu 10 cm mächtige Mergellagen hervor und in der Zone  $\delta$  kommt noch eine dunkle, stark bituminöse Tonmergelsteinlage hinzu. Es entstehen enge Wechsellagerungen im Zentimeter- bis Dezimeterbereich dunkler, bituminöser Lagen mit hellen Mergelsteinen. Diese Flözausbildung nimmt nach Osten hin zu und wird dort zur Normalausbildung. Hierin ist ein Übergang zur "Gröditzer Fazies" der Nordsudetischen Mulde angezeigt.

Auf die lithofazielle Ausbildung des Kupferschiefers wird in Pkt. 3.1 und 3.2 weiter eingegangen.

Die Verbreitungsgrenze einer geschlossenen marinen Zechsteinausbildung verläuft etwa 10 km südlich der Struktur. Es sind deshalb nur Verhältnisse zu erwarten, wie sie für Faziesverhältnisse am Beckenrand typisch sind.

Die Werra-Serie an der Basis (1. Zechsteinzyklus) ist aber noch voll entwickelt und erreicht eine Gesamtmächtigkeit von > 200 m. Mit Beginn des 2. Zechsteinzyklus, der Staßfurt-Serie ändert sich das, indem die Schichtkomplexe nur noch maximal 95 m erreichen. Diese verringerte Sedimentation setzt sich auch im 3. Zechsteinzyklus, der Leine-Serie, fort. Sie ist durch ein Überwiegen der Salinarsedimente und einen Rückgang an klastischen Anteilen gekennzeichnet. Ihre größte Mächtigkeit erreicht sie im Feld Graustein mit 57 m. In den übrigen Teilen der Lagerstätte liegt sie deutlich darunter. Der 4. und jüngste Zechsteinzyklus im Lagerstättenbereich, die Aller-Serie, ist mit 2 bis 4 m nur sehr geringmächtig und unvollständig entwickelt. Es liegen nur wenige Kernstrecken vor, um eine genaue Beurteilung vornehmen zu können.

### 2.1.3 Zechstein (P2)

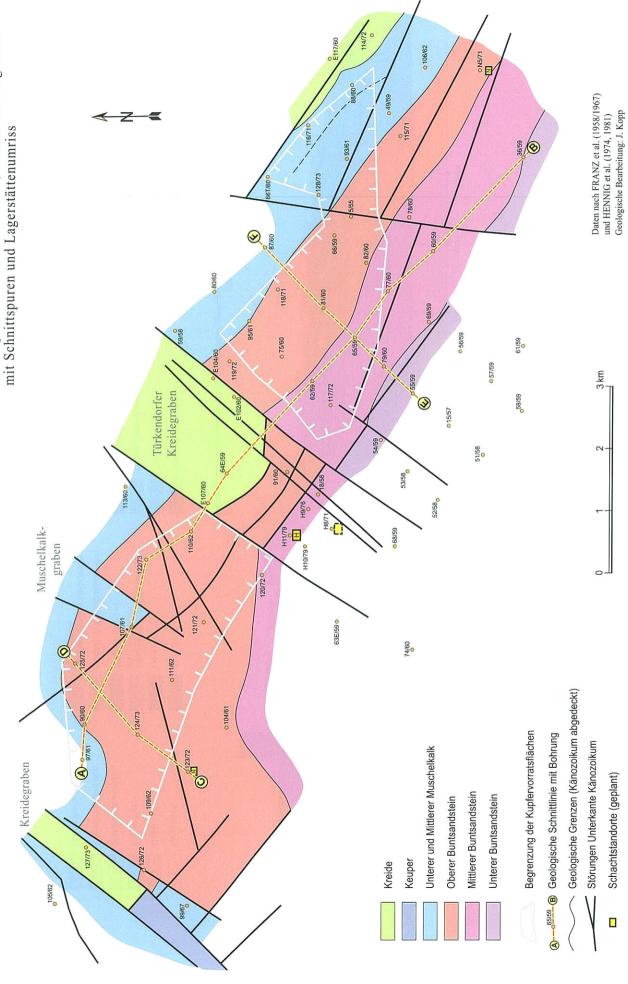
Basalschichten des Zechsteins (T1):

Im Bereich des Nordteils der Struktur Mulkwitz mit den beiden Lagerstättenteilen transgrediert der Zechstein in Form des Kupferschiefers diskordant und faziell scharf abgegrenzt auf Rotliegendschichten. Wie Abb. 4 Abgedeckte geologisch-tektonische Karte des Nordteils der Struktur Mulkwitz mit den Umrissen der Kupferlagerstätte Spremberg-Graustein.

Fig. 4 Revealed geologic-tectonic map of the northern part of the structure Mulkwitz with the configuration of the copper deposit of Spremberg-Graustein

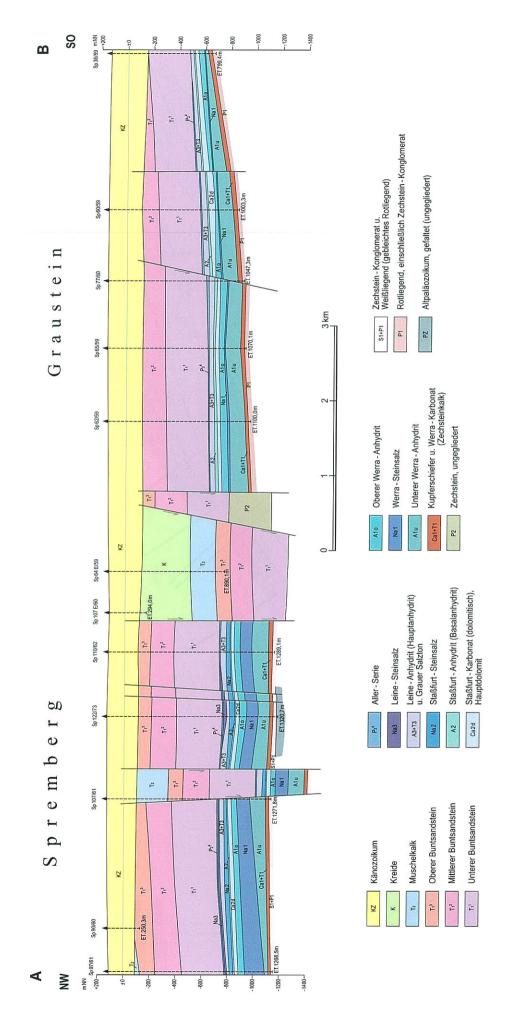
# Kupferlagerstätte Spremberg-Graustein

Geologisch-tektonische Karte, Känozoikum abgedeckt mit Schnittspuren und Lagerstättenumriss



### Kupferlagerstätte Spremberg-Graustein Geologisch-tektonischer Schnitt A - B

Geologisch-tektonischer Schnitt A (Überhöhung: ca. 1,7- fach)

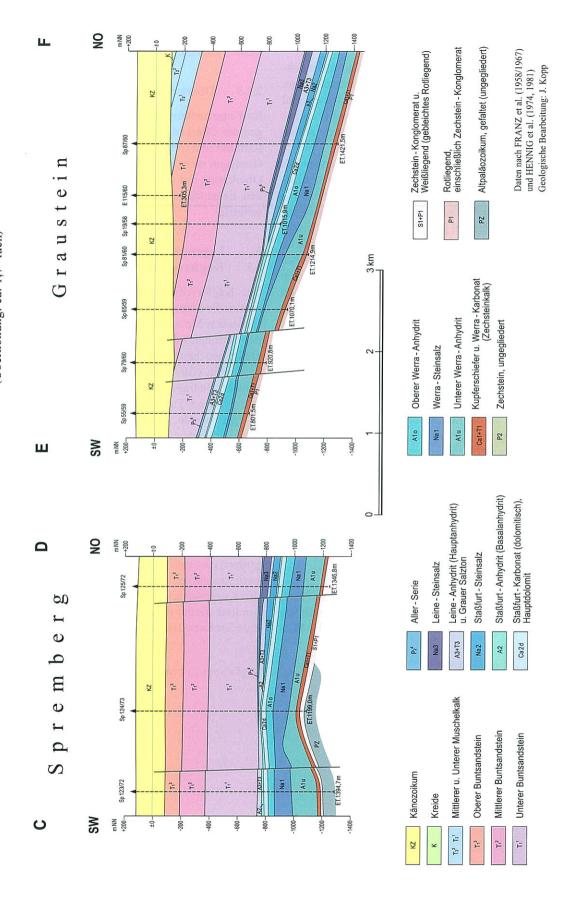


Geologischer Nordwest-Südost-Schnitt durch die Kupferlagerstätte Spremberg-Graustein Geological NW-SE-section across the copper deposit of Spremberg-Graustein Abb. 5 Fig. 5

Daten nach FRANZ et al. (1958/1967) und HENNIG et al. (1974, 1981) Geologische Bearbeitung: J. Kopp

# Kupferlagerstätte Spremberg-Grausteir

Geologisch-tektonischer Schnitt C - D und E - F (Überhöhung: ca. 1,7- fach)



Geologische SW-NE-Schnitte durch die Erzfelder Spremberg und Graustein der Kupferlagerstätte Spremberg-Graustein Geological NW-SE-sections across the ore fields of the copper deposit of Spremberg-Graustein Abb. 6 Fig. 6

### 2.1.4 Buntsandstein (T<sub>1</sub>)

Der Untere Buntsandstein ist mit bis zu 360 m die mächtigste klastische Ablagerung der Buntsandsteinfolge. Charakteristisch ist in den feinkörnigen Sandsteinen und Schluffsteinen die Zunahme des Pelitanteils vom Hangenden zum Liegenden. Petrographische Leithorizonte fehlen weitgehend und erschweren eine Untergliederung.

Der Mittlere Buntsandstein im Lagerstättenbereich schwankt zwischen 150 und 250 m Mächtigkeit. Er ist klastisch ausgebildet und repräsentiert überwiegend fein- bis mittelkörnige Sandsteine hoher Porosität, die sich nach ihren jeweiligen Pelitanteilen gut gliedern lassen. Die Unterkante zum Oberen Buntsandstein stellt eine gut fixierbare Grenze dar, die sich geophysikalisch auf Grund ihres hohen Tongehalts deutlich abhebt. Die Gesteinsserien des Oberen Buntsandsteins sind durch einen Rückgang der klastischen Sedimentation gekennzeichnet. Er wird bis zu 150 m mächtig und streicht im Hauptteil der Lagerstätte unter tertiärer Bedeckung aus. Er ist durch horizontbeständige Anhydrit/Gips-Einschaltungen in mehrere Rhythmen gliederbar.

### 2.1.5 Muschelkalk (T,)

Der Muschelkalk ist die jüngste mesozoische Bildung, die im gesamten Lagerstättenbereich, außer in den Grabenzonen, vorhanden ist. Unterer und mittlerer Muschelkalk werden zusammen bis zu 250 m mächtig und sind überwiegen kalkig ausgebildet, führen aber zumindest im mittleren Teil Anhydritbänke. Sie sind überwiegend auf die Nordund Nordostflanke der Lagerstätte beschränkt. Oberer Muschelkalk fehlt im Bereich der Lagerstätte vollständig.

### 2.1.6 Keuper (T<sub>3</sub>)

Keupersedimente sind bisher nur in einer Bohrung in geringmächtiger Ausbildung (< 10 m) vorgefunden worden. Es handelt sich dabei um Tonsteine und dolomitische Mer-

gel, die wahrscheinlich dem Unteren Keuper zugeordnet werden können.

### 2.1.5 Oberkreide (K<sub>2</sub>)

Im Untersuchungsgebiet treten ausschließlich Ablagerungen der Oberkreide auf. Sie sind auf die Grabenzonen beschränkt und treten im Bereich der Lagerstätte Spremberg-Graustein nicht auf. Im Türkendorfer Kreidegraben ist die Oberkreide mit einer Mächtigkeit von 380 m erbohrt worden. Es handelt sich überwiegen um Kalkmergel und Kalkschluffe.

### 3. Lagerstättengeologie

### 3.1 Kupferschiefer

Der Kupferschiefer repräsentiert das erste durchgehend marine Sediment an der Basis des Zechsteins über der variszischen Molasse und bildet die Basis des ersten Zyklus der Sedimentfolgen des Zechsteins (Werra-Folge). Biofazielle, geochemische und Detail-Untersuchungen belegen, dass er in einem geschichteten Meer, zumeist unter anoxischen Bedingungen als zunächst kaum verfestigter und wasserreicher Faulschlamm unterhalb der Chemokline abgelagert wurde. Er ist nahezu im gesamten Zechsteinbecken vorhanden. Hierin wird ein Beleg für die weiträumige Transgression des Zechstein-Meeres auf die grobklastischterrestrischen und vulkanogenen Ablagerungen des Rotliegend gesehen. Nach Strohmenger et al. (1996) bildet der Kupferschiefer sequenzstratigraphisch ein "Transgressive System Tract" (TST). Die "maximum flooding surface" (mfs) liegt im untersten Zechsteinkalk.

Es können entsprechend den paläogeographischen Bedingungen eine mächtige und karbonatreiche Randfazies, eine geringmächtige Beckenfazies und eine Schwellenfazies des Kupferschiefers unterschieden werden. Letztere führt hin und wieder unter dem eigentlichen Kupferschieferflöz eine Subformation, die ein fossilreiches Karbonat darstellt.

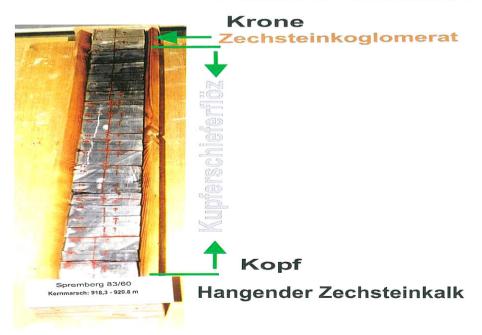


Abb. 7
In typischer Weise axial aufgetrennter Kern des Kupferschieferflözes der Bohrung Cu Sp 83/60
Fig. 7
Axis parallel cut drill core of the Kupferschiefer seam of the well Cu Sp 83/60

Es wird als Mutterflöz, Grenzdolomit oder Productuskalk bezeichnet (PAUL 2006).

Jüngere, oft mehrere 100 m mächtige Folgen des Zechsteins (Karbonat-, Sulfat- und Chloridgesteine) sowie triassische Sedimente überlagern im Norddeutschen Becken die Faulschlammschicht und verursachten seine erhebliche Kompaktion und mechanische Verfestigung zum so genannten Kupferschiefer. Die durchschnittliche Mächtigkeit des Kupferschiefers im Sangerhäuser und Mansfelder Revier liegt deshalb nur noch bei 35 bis 40 cm. Im Bereich der Struktur Mulkwitz jedoch erreicht das Kupferschieferflöz eine Mächtigkeit von 60 bis 140 cm und übertrifft damit die des Mansfelder und Sangerhäuser Reviers deutlich.

In Abbildung 7 ist ein für die lagerstättengeologische Bemusterung axial aufgetrennter Kern des Kupferschieferflözes der Bohrung Cu Sp 83/60 in typischer Ausbildung dargestellt.

Seine überwiegend schwarze bis schwarzgraue Färbung an den Beckenrändern wird durch hohe Anteile an Kohlenstoff (2 bis 5% C<sub>org</sub>) sowie einen gewissen Bitumengehalt verursacht. Er repräsentiert damit einen typischen Schwarzschiefer. In zahlreichen Tiefbohrungen weiter im Beckeninneren kann er diese typische Färbung verlieren. Die meist nahezu erzleeren, C<sub>org</sub>-armen und karbonatischen Kupferschieferäquivalente nehmen dann oft eine bläulich-violette Färbung an. In einigen Bohraufschlüssen tritt in den oberen Bereichen des Kupferschiefers bei gleichzeitiger Zunahme des Kalk- bzw. Dolomitgehalts eine hellere Bänderung bzw. Fleckenführung auf, ein deutlicher Hinweis auf fazielle Beziehungen zum teilweise hellen dolomitischen Kupfermergel des niederschlesischen Lagerstättentyps.

Im Erkundungsgebiet setzt sich der Kupferschiefer aus fein laminierten Ton- und Mergel-Gesteinen zusammen. Er läßt sich lagenweise nach Ritzhärte und Strichmehlfarbe in fünf Zonen ( $\alpha - \epsilon$ ) gliedern. Die Zonen unterscheiden sich jeweils durch ihr Karbonat-Tonmineralverhältnis, wobei die Karbonate überwiegend dolomitisch ausgebildet sind. Auch im Detritusgehalt sind Unterschiede erkennbar.

Ein direkter Vergleich mit dem Aufbau des Kupferschieferflözes im Vor-Harz (Mansfeld-Eisleben-Sangerhausen) ist nur eingeschränkt möglich, da die dortige Gliederung in Feine Lette, Grobe Lette, Kammschale, Schieferkopf und Schwarze Berge nicht ohne weiteres übertragbar ist.

### 3.1 Vererzung und Rote Fäule

Der hohe Gehalt an organischer Substanz im ehemaligen Faulschlamm erzeugte ein stark reduzierendes Milieu, wodurch die Fixierung von Schwermetallen, vor allem als Sulfide, stark begünstigt wurde. Trotzdem sind die primären (syngenetischen) Metallanreicherungen im späteren Kupferschiefer meistens gering und deshalb kaum montangeologisch relevant.

Die teilweise enormen Metallanreicherungen im Kupferschiefer und an der Zechsteinbasis insgesamt müssen deshalb mit späteren geologischen Ereignissen in Verbindung gebracht werden. Sie dürften kaum auf nur einen lagerstät-

tenbildenden Vorgang zurückzuführen sein. Wahrscheinlicher ist, dass die Anreicherung in mehreren zeitlich getrennten Etappen erfolgte, die jeweils durch verstärkte tektonische Aktivität gekennzeichnet waren. Radiometrische Altersbestimmungen (Bechtel et al. 1999) deuten dafür einen Zeitraum zwischen Keuper und Tertiär an.

Von großer Bedeutung für die Metallanreicherung und Lagerstättenbildung ist die Eigenschaft des Kupferschiefers, sowohl eine physikalische als auch eine geochemische Barriere darzustellen. Ein Grund dafür ist in seiner Feinkörnigkeit und seinem Gehalt an Tonmineralen zu suchen. Beide Eigenschaften bewirkten seine weitgehende Wasserundurchlässigkeit. Als Gestein von flözartiger Verbreitung stellte er somit einen natürlichen Stauhorizont für aufsteigende metallreiche Tiefenwässer dar. Diese Tiefenwässer dürften "Na-Ca-Cl-brines" repräsentierten, die sich aus frei gewordenen Kompaktionswässern des norddeutschen Molassebeckens und "basement-brines" zusammensetzten und dabei ihre Metallfracht in die Schichten des basalen Zechsteins brachten (RENTZSCH et al. 1976, BORG 1991, RENTZSCH & FRIEDRICH 2003). Kupfer-Hauptlieferant sind wahrscheinlich die bis über 1 000 m mächtigen andesitischen Vulkanite im Untergrund der Norddeutsch-Polnischen Senke gewesen.

Die Migration der Erz bringenden "brines" ging hauptsächlich von regionalen Bruchzonen des Variszikums und Spätvariszikums aus und dehnte sich oft über die Sandsteine des obersten Rotliegend (Grauliegendes, Weißliegendes) und den Kupferschiefer bis in den Zechsteinkalk (Ca1) aus.

Die Verteilung der Erzminerale im Kupferschieferflözbzw. im gesamten basalen Zechstein des Vor-Harz und in Südbrandenburg ist jedoch inhomogen. Die Gehalte liegen fast immer << 1%. Deutliche Kupferanreicherungen an der Zechsteinbasis werden in hohem Maße durch die Rote Fäule, einen Faziesbereich mit oxidierenden Bedingungen, kontrolliert. Rote Fäule liegt dann vor, wenn im Kupferschiefer sowie seinem Hangenden (Zechsteinkalk bis basalen Werra-Anhydrit) als auch dem unmittelbar Liegenden (Zechsteinkonglomerat, Grauliegend- und Weißliegend-Sandsteine) Hämatit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) beständig ist. Daneben können in graugrünen Gesteinspartien auch Chlorit sowie chloritisierter Biotit stark angereichert auftreten.

In den Gebieten mit Rote Fäule-Fazies wurden stets Schwellenzonen ("Sandbarren") nachgewiesen. Am Rande dieser Gebiete tritt eine Eh-pH-gesteuerte sehr charakteristische horizontale und vertikale Zonenfolge der Erzmineralverteilung auf. Vereinfacht betrachtet liegt am Rande der diagonal durch die Schichtenfolge setzenden Roten Fäule ein Saum mit Kupferanreicherungen, der mit einem darauf folgenden Bleianreicherungssaum überlappt, um dann in eine Zone mit Blei-Zink-Vormacht überzugehen.

Für die Erkundung der Kupferanreicherungen ist daher eine umfassende Kenntnis des jeweiligen Verlaufs und der Ausbildung der Roten Fäule-Fazies von entscheidender Bedeutung. Ähnliches gilt für Blei- und Zink-Anreicherungen. Die Rote Fäule stellt daher ein wichtiges Erkundungskriterium im Kupferschieferbergbau dar (EISENTRAUT & KAUTZSCH 1954, DETTE 1965).

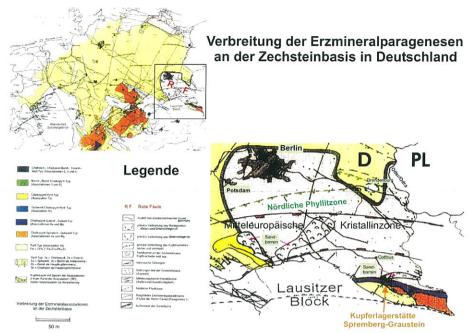


Abb. 8

Der Kupferanreicherungssaum am Rande des südbrandenburgisch-niederschlesischen Rote Fäule-Gebiets mit der Position der Kupferlagerstätte Spremberg-Graustein (verändert, nach Rentzsch et al. 1997).

Fig. 8
Cu-enrichment seam at the rim of the Rote Fäule region of S-Brandenburg to Lower-Silesia with the location of the copper deposit of Spremberg-Graustein (modified, after Rentzsch et al. 1997)

Sämtliche bisher bekannt gewordenen Kupferanreicherungen in Ostdeutschland und im polnischen Niederschlesien, die eine wirtschaftliche Bedeutsamkeit erreichten, sind an derartige Gebiete mit Rote-Fäule Fazies gebunden (RENTZSCH et al. 1997). Das größte bisher bekannte, mehr als 12 000 km² große Rote Fäule-Gebiet, ist das von Südbrandenburg-Niederschlesien (siehe Abb. 8). An seinem Südrand sind innerhalb eines meistens nur 1-2,5 km breiten Saums teilweise bedeutende Kupferanreicherungen erbohrt worden.

### 3.2 Aufbau des Erzkörpers

Bei Spremberg halten die Kupferanreicherungen im Flöz sowie im Hangenden über eine große Fläche aus und erreichen Lagerstättencharakter. Das Kupfererz wird dabei überwiegend durch

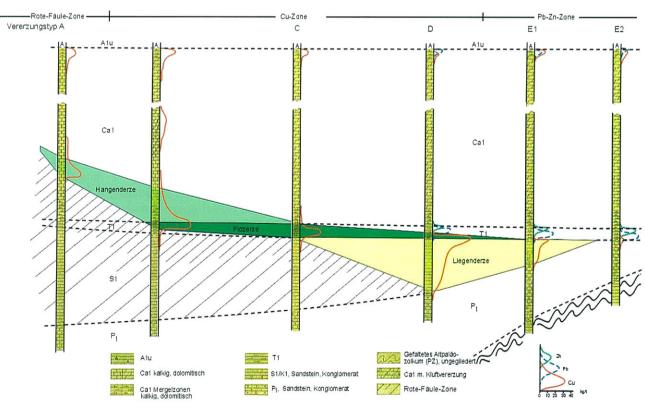


Abb. 9 Schematischer Schnitt durch den Erzkörper:

Fig. 9 Schematic section across the ore body:

Hangenderz: Zechsteinkalk (Ca1)
Flözerz: Kupferschiefer (T1) und
Liegenderz: Grauliegend-Sandsteine (S1-K1)
top ore: Zechsteinkalk (Ca1)
seam ore Kupferschiefer (T1) und
base ore: Grauliegend-sandstone (S1-K1)

Tab. 1

Wichtige Erzminerale, die in Bohrungen der Lagerstätte Spremberg-Graustein nachgewiesen wurden (Rentzsch & Langer 1963; Rentzsch & Knitzschke 1968).

Tab. 1

Important ore minerals of the deposit Spremberg-Graustein proved by wells (Rentzsch & Langer 1963; Rentzsch & Knitzschke 1968).

Erz-Mineral	bergmännische Bezeichnung	Chemische Zusammenstzung
Chalkosin	Kupferglanz	CuS
Bornit	Buntkupferkies	Cu₅FeS₄
Chalkopyrit	Kupferkies	CuFeS <sub>2</sub>
Neodigenit	-	Cu <sub>9</sub> S <sub>5</sub>
Covellin	Kupferindigo	etwa Cu <sub>2</sub> S
Idait	-	Cu₅FeS <sub>6</sub>
Tennantit	Arsen-Fahlerz	Cu <sub>3</sub> AsS <sub>3,25</sub> (vereinfacht)
gediegenes Silber	-	Ag
Galenit	Bleiglanz	PbS
Sphalerit	Zinkblende	ZnS
Pyrit	Eisenkies	FeS <sub>2</sub>
Markasit	-	FeS <sub>2</sub>

Chalkosin, Bornit und Chalkopyrit vertreten. Die Rote Fäule fällt hier, in den höheren Bereichen des Zechsteinkalks beginnend, bis in den liegenden Sandstein keilförmig ein. Ihre jeweiligen Randbereiche weisen die größten Kupferanreicherungen auf und durchziehen dabei sowohl den hangenden Zechsteinkalk als auch das Kupferschieferflöz und gehen darüber hinaus bis in die liegenden Sandsteine. Der Erzkörper besteht also aus dem Kupferschieferflöz und den vererzten Liegend- und Hangendgesteinen. Im Schnitt durch den Erzkörper in Abbildung 9. wird die Verteilung der Metallgehalte (Cu, Pb, Zn) wiedergegeben. Die Kupferund Blei-Vererzungen in den höheren Bereichen des Ca1 (Zechsteinkalk) werden als nicht zum Erzkörper gehörig definiert, sondern als Außerbilanzvorräte betrachtet (Hennig et al. 1974, 1981).

Die Erzminerale im Kupferschiefer selbst treten als so genannte Speise (äußerst fein verteilt, Korngröße < 0,1 mm), in epigenetischen Schrumpfungsrissen und in tektonisch gebildeten Klüften und Rissen auf. Im liegenden Sandstein und Konglomerat sowie im Zechsteinkalk sind sie dagegen oft massig ausgebildet. In den Abbildungen 10 bis 12 werden charakteristische Erz-Typen vorgestellt. Die wichtigsten Erzminerale der Spremberger Lagerstätte sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Weiter südlich, hauptsächlich auf sächsischem Gebiet, überwiegen im Bereich der Struktur Mulkwitz Galenitund Sphalerit-Vererzungen. Der bisherige Kenntnisstand über die Gesamtstruktur weist jedoch erhebliche Lücken auf.

Die Verteilung der Blei- und Zinkerze wird ebenfalls durch den Randbereich der Roten Fäule kontrolliert. Dabei zeigte sich eine deutliche Zonalität der Kupfer-, Blei- und Zinkvererzungen, von NE nach SW aus dem Verbreitungsgebiet des Oberrotliegend auf die oberrotliegendfreie Grundgebirgshochlage des Lausitzer Blocks gerichtet ist (Rentzsch & Knitzschke 1968).



Abb. 10

Erzanschliff des Sanderzkörpers im Liegenden der Kupferschiefers. Die Erzminerale sind Chalkopyrit, Bornit und Neodigenit

Fig. 10

Polished section of the sandy ore below the Kupferschiefer, here bornite, chalkopyrite, and neodigenite

### 4. Erkundungsstand und Vorräte

Die Erzfelder Spremberg und Graustein werden durch eine etwa 2 km breite Grabenstruktur (Türkendorfgraben) voneinander getrennt. Innerhalb dieser Grabenstruktur beträgt die Absenkung der geologischen Schichten 600-800 m.



Abb. 11 Erzanschliff des fein lamellierten Kupferschiefers. Als Erzminerale treten Chalkopyrit und Bornit auf

Fig. 11 Polished section of the fine layered Kupferschiefer with chalkopyrite and bornite



Abb. 12 Erzanschliff aus dem Zechsteinkalk im Hangenden des Kupferschiefers. Die Erzminerale sind Chalkopyrit, Bornit und Neodigenit

Fig. 12
Polished section of Zechsteinkalk above the Kupferschiefer, here with chalkopyrite, bornite, and neodigenite

Die Teufenlage der Lagerstätte-Abbaufelder bewegt sich zwischen 800 und 1 500 m. Sicher ist, dass die Lagerstät-

te Spremberg-Graustein eine Buntmetall-Lagerstätte darstellt, die neben Kupfer auch eine Gewinnung von Blei, Zink, Silber und einer Reihe seltener Metalle ermöglichen würde.

Wie die Abbildung 9 schematisch zeigt, ändert sich mit dem Abstand zur Rote Fäule-Zone die Anreicherung dieser Metalle in charakteristischer Weise, indem die Kupferanreicherungen zuerst im Hangenderz (Ca 1/Zechsteinkalk) auftreten, dann im Kupferschieferflöz ihre Hauptverbreitung finden und schließlich in das Liegenderz (Grauliegend-Sandsteine) wechseln. Der für den Kupferschieferlagerstättentyp sehr mächtige Gesamterzkörper ist in Abbildung 13 dargestellt. Die Erzmächtigkeit in beiden Teilfeldern ist jedoch unterschiedlich. Sie liegt im Feld Spremberg zwischen 0,5 und 3,8 m und im Feld Graustein zwischen 0,8 und 8,2 m.

Die Fläche der Lagerstätte Spremberg-Graustein beträgt etwa 22,5 Mio m<sup>2</sup>. Sie führt damit auf einer Fläche, die halb so groß ist wie die der Sangerhäuser Lagerstätte (1970 noch 47,2 Mio m<sup>2</sup>) einen etwa doppelt so hohen Kupferinhalt (STAMMBERGER in HENNIG et al. 1974).

In Tabelle 2 werden die Kupfer-Vorratsmengen sowie die Vorräte an Begleiterzen aufgeführt, die in beiden Erzfeldern nachgewiesen bzw. berechnet worden sind.

Die ausgewiesenen Vorräte stellen Mindestmengen dar, die erkundet wurden, um in der DDR eine wirtschaftliche Berechtigung für die Gewinnung nachzuweisen. Die Kennziffern gelten als sicher, wobei jedoch von Vorratsverlusten (Sicherheitspfeiler, Restmengen, Abbauverluste usw.) auszugehen ist. Sie könnten bis zu 20% betragen.

Nach Hennig et al. (1974) sollte die durchaus mögliche Erweiterung der Vorratslage bergmännischer Erkundung vorbehalten bleiben. Perspektive Gebiete des Feldes Spremberg liegen im Nordwesten in Richtung der Ortslage Groß Buckow, wo die Bohrung Cu Sp 105/62 am Rande des Feldes mit > 34 kg/t Cu in einer Kupferschiefer-Reicherz-Fazies steht. Auch der hangende Zechsteinkalk führt Cu-Gehalte zwischen 10 und 16 kg/t. Dagegen ist das Liegende S1/K 1 als nicht abbauwürdig einzustufen. Auch beim Feld Graustein bestehen nach Südosten und Südwesten Erweiterungsmöglichkeiten (Bohrung Cu Sp 84/60 und Bohrung Cu Sp 23/59).

Insgesamt ist noch unklar, ob eine wesentliche Erweiterung der berechneten Erzvorräte nur im Streichen des Kupfersaums (also in der Längserstreckung der Felder), oder in gewissem Umfang auch quer zu dieser Richtung zu erwarten ist. Diese Unsicherheiten zeigen sich z. B. an Hand der Bohrungen Cu Sp H10/71 und Cu Sp H11/71, die zur Erkundung des Standorts für den Hauptschacht vorgesehen waren und eine reiche Kupfer-Vererzung aufweisen. Sie liegt außerhalb des erkundeten Lagerstättenbereichs in südöstlicher Richtung, einer Zone in der nach den bisherigen Vorstellungen Blei und Zink gegenüber Kupfer eine Vormacht bilden sollten.

Die dargelegten lagerstättengeologischen Verhältnisse in Abbildung 15 ermöglichen (um den Preis einer "Metallgehaltsverdünnung") den Abbau wesentlich mächtigerer

Tab. 2 Die nachgewiesenen Vorräte an Kupfer- und Begleiterzen der Lagerstätte Spremberg-Graustein (HENNIG et al. 1974)

Tab. 2 Proved reserves of copper, lead, zinc, and silver of the deposit Spremberg-Graustein (Hennig et al. 1974)

Begleiterze (	t)	Blei 161 00	)	Zink 81 800	)	Silber 2 680
Kupfervorrä	te	97 700	100,0	15,30	1486,0	100,0
Liegenderz	Gesamtlagerstätte	33 000	33,7	14,10	466,0	31,4
	Feld Spremberg	9 700		13,60	132,0	]
	Feld Graustein	23 300		14,30	334,0	
Flözerz	Gesamtlagerstätte	31 200	31,9	21,80	680,0	45,7
	Feld Spremberg	16 500		18,80	311,0	
	Feld Graustein	14 700		25,1	369,0	
Hangenderz	Gesamtlagerstätte	33 500	34,4	10,1	340,0	22,9
	Feld Spremberg	17 900		9,83	176,0	
	Feld Graustein	15 600		10,50	164,0	
Erztyp	Baufeld	Erzmenge (1000 t)	Anteil (%)	Cu-Gehalt (kg/t)	Cu-Inhalt (1000 t)	Anteil (%)

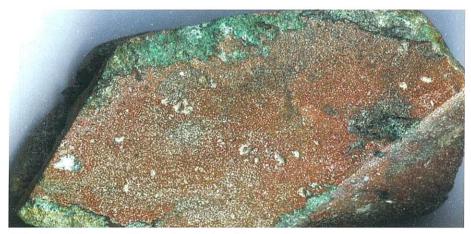


Abb. 13 "Rohstein": Flözerz-Liegenderz-Konzentrat

Fig. 13 Copper matte: originated from seam ore-base ore concentrate



Abb. 14 "Rohstein": Flözerz-Hangenderz-Konzentrat

Fig. 14 Copper matte: originated from seam ore-top ore concentrate

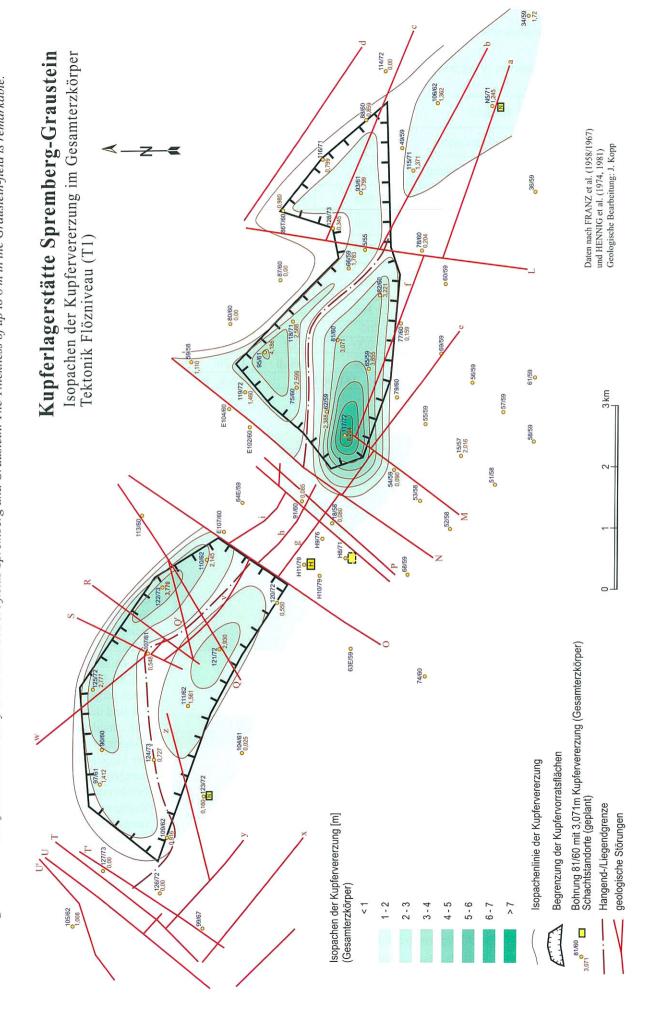
Erzkörper als im Sangerhäuser Revier und damit (bei herkömmlicher Gewinnungstechnologie) einen sehr hohen Mechanisierungsgrad.

Aus montangeologischer Sicht ist für den Bereich der Hangenderz-Flözvererzung (Mächtigkeiten > 2,5 m) ein Strebbau sinnvoll und für die Flöz-Liegendvererzung ein Kammerpfeilerbau. Entsprechend modernen und verschärften Sicherheits- und Umweltschutzanforderungen müssten beide Verfahren schwebend und als Rückbau erfolgen.

Auch moderne Laugungsverfahren sind denkbar.

Die niedergebrachten Erkundungsbohrungen lieferten aus der Lagerstätte ausreichend Erzmengen, um in Polen, wo große Erfahrungen mit sehr ähnlichen Kupfererzen vorliegen, Verhüttungsuntersuchungen vornehmen zu können. Nach einer Flotationsbehandlung im Instytut Metali Nieżelaznych in Gliwice wurden Erzkonzentrate sowohl aus dem Kupferschieferflöz als auch aus dem Liegenden und Hangenden hergestellt (Gemisch Flözerz-Hangenderz und

Abb. 15 Der Gesamterzkörper in den bilanzierten Erzfeldern Spremberg und Graustein. Die Mächtigkeit des Erzkörpers im Feld Graustein beträgt bis zu 8 m. Fig. 15 Thickness of the total-ore-body in the balanced ore fields Spremberg and Graustein. The Thickness of up to 8 m in the Graustein-field is remarkable.



misch Flözerz-Liegenderz). Diese Konzentrate konnten in der Kupferhütte Legnica pyrometallurgisch behandelt werden. In den Abbildungen 13 und 14 sind kupferreiche "Rohstein"-Proben des erfolgreich verlaufenen Verhüttungsprozesses dargestellt.

### Zusammenfassung

Die polymetallische Kupferschieferlagerstätte Spremberg-Graustein ist nördlich und östlich von Spremberg gelegen und Teil der paläozoischen Struktur Mulkwitz. Der mittels Bohrungen aufgeschlossene Kupferschiefer stellt einen Schwarzschiefer dar und repräsentiert das erste durchgehend marine Sediment an der Basis des Zechsteins. Sein Erze befindet sich zwischen den Redbed-Sedimenten des Rotliegend und des Zechsteinkalks. Sie stellen in der Reduktionszone schwarzgraue Gesteine dar, die reich an organischem Material und sulfidischen Erzen sind. In der Oxidationszone (Rote Fäule-Zone) sind diese Gesteine durch Eisenoxide rötlich gefärbt und an organischem Material sowie Schwermetallen verarmt. In der Übergangszone zwischen beiden Faziesbereichen kommen beide Typen horizontal und vertikal nebeneinander vor.

Anreicherungen mit überwiegend Kupfer und Silber sind an einen 1-2,5 km breiten Saum südlich der Rote-Fäule-Zone gebunden. Auf diese Weise stellt die Rote-Fäule Fazies ein brauchbares Kriterium zur Erkundung von Kupfer, Blei, Zink, Silber und anderen Wertmetallen dar. An der Zechstein-Basis wurde zwischen 1953 und 1980 die Kupfererzlagerstätte Spremberg-Graustein erkundet. Sie besteht aus dem stratiformen Kupferschiefer, dem darüber liegenden Zechsteinkalk und dem vererzten Grauliegend-Sandsteinen. Die Mächtigkeit des Gesamterzkörpers im bilanzierten Lagerstättenbereich beträgt bis zu 8 m und beinhaltet etwa 1,5 Mio t. Kupfer.

Die steigenden Weltmarktpreise für Kupfer, Blei und Zink zwingen zum Umdenken in der langfristigen Rohstoffsicherung für die deutsche Wirtschaft. Das brandenburgische Polymetall-Potenzial ermutigt zu diesem Schritt.

### Summary

The polymetallic Kupferschiefer-deposit Spremberg-Graustein is situated in South Brandenburg, northern and eastern of the city of Spremberg and represent a part of the paleozoic anticline Mulkwitz. The Kupferschiefer was explorated by drillings. It is a black shale, representing the lowermost unit of the marine Upper Permian Zechstein Group. Its ore series between the Rotliegend redbeds and the Zechsteinkalk are developed as dark-grey organic matter-rich and metal sulphide-containing deposits in a reduced zone or as red-stained organic matter- and heavy metal-depleted and iron-bearing sediments in the oxidized zone of the Rote Fäule. The transition zone from oxidized to reduced rocks occurs in both types vertically and horizontally.

The enrichment of copper and silver occurs in the south of this zone in a seam of a broadness between 1,0-2,5 km. By this means the Rote Fäule represents a guide to favour-

able areas for exploration of Cu, Pb, Zn and Ag and other noble metals. The copper ore-deposit Spremberg-Graustein at the Zechstein base have been explored between 1953 and 1980. It consists of the stratiform Kupferschiefer, of the top ore (Zechsteinkalk) and of a base ore (Grauliegend-sandstones). The thickness of the total-ore body in the balanced ore fields Spremberg and Graustein is up to 8 meters and copper-concentration comprised 1,5 million tons.

The increasing global market prices of Cu, Pb, Zn, and Ag force to rethinking the longtime protection of raw materials for the German economy. The polymetallic potential of Brandenburg encourages in this step.

### Danksagung

Für die Unterstützung bei der Archiveinsicht sind wir den Mitarbeitern des Mansfeld-Archivs in Eisleben und der Geologischen Archive im Landesamt für Umwelt und Geologie Sachsen, in Freiberg, zu großem Dank verpflichtet. Herr Mehlau zeichnete die teilweise komplizierten geologischen Karten nach neueren Gesichtspunkten um und Frau Andreae und Herr Dr. Thieke übernahmen die zeitaufwendige und mühsame Manuskriptumsetzung. Allen danken wir ganz herzlich.

### Literatur

BECHTEL, A., ELLIOTT, W., WAMPLER, J. M. & S. OSZCZEPALSKI (1999): Clay mineralogy, cristallinity, and K-Ar-ages of illites within the Polish Zechstein Basin: Implications for the age of Kupferschiefer mineralization. - Econ. Geol. 34, S. 261-272, Berlin

Bechtel, A., Grazer, R., Püttmann, W. & S. Oszczepalski (2000): Geochemical and isotopic composition of organic matter in the Kupferschiefer of the Polish Zechstein basin: relation to maturity and base metal mineralization. - Int. J. Earth Sci. (Geol. Rdsch.) 89, S. 72-89, Berlin

Borg, G. (2002): Sauberes Zinkerz aus der Wüste: Ein neues Konzept zur nachhaltigen Rohstoffnutzung. - Wissenschafts Journal der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 1/02, S. 7-8, Halle

Borg, G. (1991): The significance of Rotliegend volcanics for the metal provinces of the Kupferschiefer Basin. - Zbl. Geol. Paläont. Teil I, H. 4, S. 929-943, Stuttgart

CISSARZ, A., GREBE, W.-H, KRUSZONA, M. & H. SCHMIDT (1972): Kupfer. - Bundesanstalt für Bodenforschung, 156 S., Hannover

Dette, K. (1965): Kenntnisstand der Roten Fäule, Freiberg. Forschl. C 193, S. 227-246, Leipzig

Franz, R. (1965): Metallfazies und Rote Fäule im Unteren Zechstein bei Spremberg-Weißwasser, Freiberg. Forschh. C 193, S. 41-54, Leipzig

EISENTRAUT, O. (1939): Der Niederschlesische Zechstein und seine Kupferlagerstätte, Arch. Lagerst.-Forsch. N. F. 71, S. 1-116, Berlin

- EISENTRAUT, O. & E. KAUTZSCH: (1954): Handbuch für den Kupferschieferbergbau. 334 S., Fachbuchverlag Leipzig
- Franz, R. & D. Rusitzka (1963): Geologische Ergebnisse der Erkundungsarbeiten auf Kupferschiefer im Raum Spremberg-Weißwasser. - Z. f. Angew. Geol. 9, 4, S. 169-176, Berlin
- Hennig, D. & Autorenkollektiv (1981): Ergebnisbericht Kupfer Spremberg - Schachterkundung (Doppelschachtanlage), 1979-1981. - Bericht des VEB Geologische Forschung und Erkundung Halle, Betriebsteil Stendal, 164 S., Halle (unveröff.)
- Hennig, D. & Autorenkollektiv (1974): Ergebnisbericht über die Erkundung der Kupferlagerstätte Spremberg-Graustein von 1970-1974. Bericht des VEB Geologische Forschung und Erkundung Halle, Betriebsteil Freiberg, 364 S., Freiberg (unveröff.)
- HERRMANN, S. & J. KOPP (2005): Sedimentfazies und Ablagerungsmodell des Rotliegend-Zechstein-Übergangs in Südbrandenburg, Freiberg. Forschh. C 507 S. 91-107, Freiberg
- HERRMANN, S. (2004): Kartierug der Rotliegend-Zechstein-Grenzzonen in Südbrandenburg. - Diplom-Kartierung, Inst. f. Geol. u. Paläont., TU Bergakademie Freiberg, (unveröff.)
- Kölbel, F. (1958a): Zur Stratigraphie und Erzführung des Zechstein 1 (Werra-Serie) in Südbrandenburg und in der Subsudetischen Zone. Z. f. Angew. Geol. 4, 11, S. 504-508, Berlin
- Kölbel, F. (1958b): Das Prätertiär der Struktur Mulkwitz bei Spremberg nordöstlich des Lausitzer Hauptabbruchs. Geologie, Bubnow-Festschrift 7, 3-6, S. 676-681, Berlin
- KOPP, J. & S. HERRMANN (2007): Paläogeographie des Rotliegendreliefs und Mächtigkeitsentwicklung des basalen Zechsteins in Südbrandenburg (in Vorb.)
- Kulick, J. & J. Paul (1987): Internationales Symposium Zechstein vom 28.04.-02.05.1987, Exkursionsführer I und II, 1-173 und 1-310, Kassel-Hannover
- OSZCZEPALSKI, S. (1999): Origin of the Kupferschiefer polymetallic mineralization in Poland. - Mineralium Deposita, 34, S. 599-613, Berlin
- PAUL, J. (2006): Der Kupferschiefer: Lithologie, Stratigraphie, Fazies und Metallogenese eines Schwarzschiefers. Z. dt. Ges. Geowiss. 157/1, S. 57-76, Stuttgart
- Rentzsch, J. (1965): Fazielle Gesetzmäßikeiten beim Auftreten der Roten Fäule, Freiberg. Forschh. C 193, 100-106, Leipzig
- Rentzsch, J. & G. Friedrich (2003): Zur Herkunft der Metalle der Kupferschiefervererzung in Deutschland. Hall. Jb. f. Geowiss. B 25, S. 1-20, Halle

- Rentzsch, J. & H. J. Franzke (1997): Die laterale Verbreitung der Erzmineralisationen im deutschen Kupferschiefer. - Z. geol. Wiss. 25, 1/2, S. 141-149, Berlin
- Rentzsch, J. & H. J. Franzke (1997): Regional Tectonic Control of the Kupferschiefer Mineralization in Central Europe. Z. geol. Wiss. 25, 1/2, S. 121-139, Berlin
- Rentzsch, G., Schirmer, B., Röllig, G. & G. Tischendorf (1976):
  On the metal source of non-ferrous mineralization in the Zechstein basement (Kupferschiefer type). In: J. Fedak: The current Metallogenetic Problems of Central Europe. pp 171-188, Geol. Inst. of Poland, Publishing House Wydawnicta Geologiczne, Warszawa
- Rentzsch, J. & G. Knitzschke (1968): Die Erzmineralisationen des Kupferschiefers und ihre regionale Verbreitung. Freiberg. Forschh. C 231, S. 189-211, Leipzig
- Rentzsch, J. & M. Langer (1963): Fazielle Probleme des Kupferschiefers von Spremberg-Weißwasser. Z. f. Angewandte Geologie 4, 9, S. 507-513, Berlin
- SIEGERT, C. (1963): Das Liegende des Kupferschiefers im Raum Spremberg-Weißwasser. Z. f. Angew. Geol. 9, 11, S. 226-230, Berlin
- SIEGERT, C., TZSCHORN, G. & G. WINKLER (1963): Die feinstratigraphische Gliederung des Kupferschiefers im Raum Spremberg-Weißwasser. Z. f. Angew. Geol. 9, 11, S. 561-568, Berlin
- STROHMENGER, C., VOIGT, E. & J. ZIMDARS (1996): Sequence stratigraphy and cyclic development of Basal Zechstein carbonate-evaporite with emphasis on Zechstein 2 off-platform carbonates (Upper Permian, Northeast Germany. Sed. Geol. 102, S. 33-54, Amsterdam
- WEINBERG, E. (2005): Kupfer: Das Ende eines mittelfristigen Zyklus. - Internet-Veröffentlichung der Deutschen Zentral-Genossenschaftsbank (DZ-Bank), Frankfurt/Main

Anschrift der Autoren:
Dr. Jürgen Kopp
Dipl.-Geol. Andreas Simon
Dipl.-Geol. Michael Göthel
Landesamt für Bergbau, Geologie
und Rohstoffe
Bereich Geologie
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow

Mitteilung aus dem Landesamt No. 209