

Stedingk, K. (2012): Geologie und Erzlagerstätten im Oberharz. – Exkurs.f. und Veröffl. DGG, 247: S. 9 – 81, 57 Abb., 5 Tab., 4 Taf., 1 Anhang; Hannover.

Geologie und Erzlagerstätten im Oberharz

Klaus Stedingk

Landesamt für Geologie und Bergwesen, Köthener Str. 38, D-06118 Halle/S., stedingk@lagb.mw.sachsen-anhalt.

Kurzfassung

Der Harz ist Bestandteil der mitteleuropäischen Metallprovinz des Rhenoharzynikums. Dieses nördlichste deutsche Mittelgebirge und sein näheres Umfeld gehören zu den montanhistorisch bedeutendsten Regionen Europas. Als eine nach Südwesten geneigte Leisten-scholle bildet der Harz mit einer West-Ost-Erstreckung von etwa neunzig Kilometern und einer Breite von rund vierzig Kilometern ein zusammenhängendes Areal paläozoischer Schichten. Die Mächtigkeit dieser Sequenz beträgt im SE des Harzes weniger als 2.000 m und nimmt nach Nordwesten stark zu. Als maximale kumulative Mächtigkeiten werden im Oberharz lokal bis zu 6.000 m angenommen. Das Prä-Flysch Stadium ist durch eine komplizierte Gliederung des Ablagerungsraums in Schwellen und Becken gekennzeichnet. Die Mobilität dieses Krustenbereichs führte zur Bildung von Tiefenbrüchen ("Scharniertektonik") auf denen hydrothermale Lösungen und ab dem oberen Eifel auch basaltische Schmelzen aufstiegen. Signifikant ist das frühe Einsetzen der Grauwackensedimentation im Oberdevon und das "Wandern" der Flysch-Schüttungen (Schlammstrom-Ablagerungen) nach Nordwesten (Clausthaler Kulmfalten-Zone) bis in das höchste Unterkarbon. Im Oberkarbon führten kompressive Krustenbewegungen zu tektonischen Strukturen, die vom einfachen weit gespannten Faltenbau mit Nordost-Südwest (variszisch) gerichteten Schichtenstreichen bis zu Isoklinalfaltung, Abscherung und komplexem Schuppenbau reichen. An der Wende vom Karbon zum Perm drangen in die gefalteten Schichten Gesteinsschmelzen ein, die nach Abkühlung als Granit oder Gabbro auskristallisierten. Vor etwa 85 Mio. Jahren begann in der Oberkreide (Santon) die Heraushebung der Harzscholle. Dabei wurde das Harzgebirge in nördlicher Richtung steil auf jüngere Schichten überschoben. Die vertikale Schollenverschiebung an der Harz-Nordrandstörung wird auf fünf bis sieben Kilometer geschätzt.

Im Oberharz sind lagerstättengeologisch von Bedeutung:

- mittel- bis oberdevonische schichtgebundene Blei-Zink-Schwerspat- und Eisenerzlager,
- mesozoische Blei-Zink-Gangvererzungen mit den Schwerpunkten bei Bad Grund, Clausthal und Lautenthal.

Die Rammelsberger Lagerstätte bildete sich im unteren Eifel am Meeresboden in lokalen Teilbecken eines Schwellenhangs (Rammelsberger Schwelle) durch Austritt hydrothermalen Lösungen. Durch Akkumulation großer Metallmengen entstanden verschiedene Erzlager und das sog. Banderz. Es wurden folgende Haupt-Erzkörper unterschieden: Altes Lager (mit Alt Lager West), Neues Lager, Hangendes Erzvorkommen und zwei vorwiegend aus Schwerspat bestehende Grauerzkörper. In der Betriebszeit von über 1.000 Jahren wurden etwa 27,5 Mio. t Roherz mit einem geschätzten Inhalt von 2,2 Mio. t Blei, 4,6 Mio. t Zink, 0,54 Mio. t Kupfer, 2.600 t Silber, 30 t Gold und anderen Metallen abgebaut. Wegen Erschöpfung der Vorräte kam der Bergbau 1988 zum Erliegen. Aktuelle Sucharbeiten konnten bislang keine weitere Vererzung im Umfeld der bekannten Lagerstätte nachweisen. Seit 1992 gehören die Anlagen des ehemaligen Erzbergwerkes Rammelsberg zum UNESCO-Weltkulturerbe. Auf der östlichen Flanke der Westharzschwelle entstanden im Gefolge des basischen Vulkanismus syngenetische Mineralisationen, die als oxidisch-kieselige Eisenerzlager nur lokale Bedeutung erlangten.

Die wirtschaftlich wichtigsten Gangvererzungen des Oberharzes setzen in der unterkarbonischen Tonschiefer-Grauwacken-Wechselfolge der Clausthaler Kulmfalten-Zone auf. Überdurchschnittlich reiche Erze befanden sich im Lautenthaler Gangzug, im westlichen Silbernaaler Gangzug bei Bad Grund und in der Clausthaler Lagerstätte (Burgstatter und Rosenhöfer Revier). In diesen Revieren kamen 1930 (Clausthal), 1957 (Lautenthal) und 1992 (Bad Grund) die bergbaulichen Aktivitäten zum Erliegen. Die Verhältnisse der einzelnen Teillagerstätten werden ausführlich beschrieben.

Die Gangstörungen bildeten sich im Zuge der mehrphasigen mesozoischen Bruchtektonik. Typisch ist ein gebogener oder gewellter (listrischer) Gangverlauf mit Scharungen und Aufblätterungszonen. Von entscheidender Bedeutung für die Platznahme der Erze waren divergente Schollenbewegungen an listrischen Störungsflächen. Die Ausfüllung der Ganghohlräume erfolgte in mehreren Schüben. Hierbei wird in vier Haupt- mit verschiedenen Unterphasen differenziert. Die wirtschaftlich wichtigste Mineralisation ist an

die sulfidbetonte Hauptphase II gebunden, deren Bildungsalter von der oberen Trias bis zur Wende Trias/Jura reicht. In der Hauptphase III kamen mächtige, aber schwächer vererzte Mineraltrümer mit reichlich Quarz, Kalkspat, Eisenspat und lokal erheblichen Schwerspatmengen zum Absatz.

Modellhafte Überlegungen gehen von einem Transport der Metallionen (Chlorokomplexe) durch ca. 300°C heiße, hochsalinare, H₂S-freie Lösungen aus, deren Herkunftsbereiche in 8 bis 10 km Tiefe zu vermuten sind (altpaläozoische oder kristalline Gesteinsserien). Die Sulfidfällung ist auf eine Lösungsmischung der aszendenten Lösung mit einer deutlich kälteren, H₂S-führenden Lösung zurückzuführen. Der Sulfidschwefel ist sehr wahrscheinlich das Produkt thermochemischer Sulfatreduktion, wobei Zechsteinsulfat, das über Kluftsysteme in paläozoische Schiefer gelangte, dort durch Kohlenwasserstoffe und/oder organische Substanz zu H₂S reduziert wurde. Die häufig rhythmischen Gefüge der Erze lassen sich mit zyklischem Wechsel von Lösungstemperatur und Stoffkonzentration (seismic pumping) erklären. In allen drei Hauptrevieren ist im Niveau von etwa -200 mNN eine starke Abnahme der Metallmenge bezogen auf die Gangfläche zu beobachten. Dies lässt auf die Wirkung eines einheitlichen Hydrothermalsystems im gesamten Oberharzer Ganggebiet schließen. In der Betriebszeit von rund 500 Jahren wurden im Oberharzer Ganggebiet etwa 37 Mio. t Roherz mit einem geschätzten Inhalt von 1,9 Mio. t Blei, 1,5 Mio. t Zink, 0,1 Mio. t Kupfer, über 5.000 t Silber und anderen Metallen abgebaut.

Abstract

The Harz Mts. are part of the metallogenetic belt of the Rhenohercynian zone and one of the most famous mining areas in Central Europe. Stratigraphic and tectonic relationships of the Upper Harz area have generally been understood since the late nineteenth century. The evolution of this part of the Harz Mountains is well-known. It began in the Lower Devonian with the extension of NE-SW striking rises and troughs. An intense basic volcanism connected with ore forming processes took place during the Eifelian. Sediments such as sandstones, limestones, shales, greywackes and mainly basic volcanic rocks represent the Middle and Upper Devonian as well as the Lower Carboniferous. The thickness of unmetamorphosed and very low-grade metamorphic Paleozoic rock sequences is estimated at up to 6 km. After orogenesis in the Late Variscan, granitoids intruded into the folded sediment cover.

On the basis of their variable stratigraphy and different depositional relationships the ore deposits of the Upper Harz Mts. are commonly subdivided into:

- pre-orogenic (Devonian) syngenetic, strata-bound and stratiform mineralizations,
- post-Variscan vein mineralizations of Mesozoic ages.

The Rammelsberg lead-zinc deposit was formed in the Lower Wissenbach Shales. It is located in the E-W-striking border area between the Goslar Trough and the Rammelsberg Ridge. The two main orebodies (Neues and Altes Lager) and the Hanging-Wall Orebody west and south of it contain predominantly sulfide ores and barite. Two small-scale orebodies are mainly composed of barite. At the beginning of mining, the Rammelsberg lead-zinc ore deposit contained about 27 million t of crude ore with a metal content of about 2.2 million t of lead, 4.6 million t of zinc, 0.54 million t of copper, 2.600 t of silver, 30 t of gold and various other metals. The mine was closed in 1988. The Rammelsberg ore mine was added to the UNESCO world cultural heritage list in 1992. The syngenetic oxidic iron orebodies and lenses in the eastern area of the Westharz Rise are of minor importance.

Most of the post-Variscan lead-zinc vein mineralizations occur alongside the NW-SE trending shear zones. Their extension is several kilometers in length and up to 100 m in width. During the Mesozoic tectonic fractures and fissures developed, creating excellent conditions for fluid migration via seismic pumping. Ascending fluids of different source, temperature and composition (metal- or H₂S-rich) led to sulfide precipitation.

The tectonic features of the Upper Harz area reflect the combination of late Paleozoic (Variscan) structures and Mesozoic wrench-faulting. The results of structural analysis are in accordance with recent datings of vein mineralization. The creation of tectonic fractures and fissures prior to fluid migration and ore deposition took place in several stages. This is related to:

- divergent movement of listric fault planes,
- en echelon faults,
- splay-fault systems of mainly right lateral wrench faults,
- blockfaulting of areas between major fault systems.

Classifications of the fault-related tectonic phases can be derived from the four-stage mineralization sequence of the Bad Grund deposit. Only mineralizations of stages II and III are of economic importance. Ore deposition is characterized by high sulfide content during the early phase II. The final parts of stage II and stage III are dominated by gangue minerals.

Mineralizations with high metal content especially occur in horse tail-like splays of these fault zones e.g. the deposits of Bad Grund, Clausthal and Lautenthal. In the Bad Grund Mine a trend analysis for the metal contents shows a sharp decrease of lead and zinc below 200 m below MSL. Unpublished mine plans of the ore deposits near Clausthal and Lautenthal show quite similar behaviour at the same level. It can therefore be assumed that there existed rather uniform conditions for the mineralizations of the Upper Harz area. The lead-zinc vein mineralizations of the Upper Harz Mts. contained about 38 million t of crude ore with a metal content of about 1.9 million t of lead, 1.5 million t of zinc and more than 5.000 t of silver.

1. Geologisch-tektonischer Abriss

1.1. Einführung

Der Oberharz zeichnet sich durch eine beträchtliche Vielfalt von Gesteinen und tektonischen Strukturen aus. Auf engem Raum wird hier die erdgeschichtliche Entwicklung über mehr als 400 Mio. Jahre fassbar. Hier finden wir Sedimente, Magmatite und Metamorphite sowie Minerallagerstätten unterschiedlichster und z.T. noch immer nicht restlos geklärter Entstehung. Nicht zufällig prägen Forscher in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts für den nördlichen Harzrand und sein Umfeld den Begriff „*Klassische Quadratmeile der Geologie*“ (Mohr 1989, Müller et al. 2008).

Ab dem 18. Jahrhundert setzte die systematische Entschlüsselung der Geologie des Harzes ein. Im Mittelpunkt der wissenschaftlichen Forschungen standen dabei neben den wirtschaftlich wichtigen Minerallagerstätten auch die magmatischen Gesteine des Brockenmassivs oder die Tektonik des Harz-Nordrands. Die hier erzielten Ergebnisse gehören zu den Grundlagen der Geologie Mitteleuropas. Bereits 1896 ehrte man mit dem Lossen-Denkmal bei Hasserode einen der herausragenden Harzgeologen für seine Lebensleistung. An diesem – 1993 erneuerten – Denkmal lässt sich die historische Bedeutung der Harzgeologie beispielhaft festmachen (Look 1993). Bis heute ist die geowissenschaftliche Erforschung dieses „*Kleinods unter den Gebirgen der Erde*“ (Lossen 1889) trotz stark verfeinerter Methoden noch nicht zum Abschluss gekommen. Die laufenden und zukünftigen Arbeiten werden weiter zur Klärung offener Fragen beitragen und dürften noch manche Überraschung für die Fachwelt bereithalten.

1.2. Erdgeschichtlicher Überblick (Geodynamik und Schichtenfolge)

Der Harz ist eine nach Südwesten geneigte Leisten- oder Pultscholle mit einer West-Ost-Erstreckung von

etwa neunzig Kilometern und einer Breite von rund vierzig Kilometern. Als zusammenhängendes Areal paläozoischer Schichten (variszisches Grundgebirge) hebt sich dieses kleine Mittelgebirge aus dem jüngeren, vorwiegend mesozoischen Umland (Tafeldeckgebirge) heraus (Abb. 1). Am Südrand taucht die Harz-Scholle flach unter die Deckschichten ab. Der Nordrand bildet dagegen eine steile Aufragung gegen das mesozoische Umfeld.

Im Oberharz gelang die Klärung der geologischen Verhältnisse in groben Zügen bereits am Ende des 19. Jahrhunderts. Im Unterschied hierzu waren die Vorstellungen über den Gebirgsbau der beiden südöstlichen Groseinheiten – dem Mittel- und Unterharz – bis in die jüngste Vergangenheit sehr uneinheitlich. In diesen beiden geologischen Groseinheiten haben die komplizierten lithofaziellen und stratigraphischen Verhältnisse eine zusammenfassende Darstellung der Tektonik lange verhindert. Während im Oberharz autochthoner nordwest-vergenter Faltenbau vorherrscht, ist – stark vereinfacht – der Baustil im Unterharz durch einen sog. parautochthonen Schuppenbau gekennzeichnet (Wachendorf 1986, Wachendorf et al. 1995), dem eine sehr komplizierte Ablagerungsgeschichte vorausging (Lutzens 1979).

Um den geologischen Werdegang des Harzes besser zu verstehen, muss man den Blick auf die Zeit vor etwa 500 Mio. Jahren richten und dabei zugleich die Dynamik der Erdkruste in die Betrachtung mit einbeziehen. Denn im Verlauf der Erdgeschichte veränderten sich Position, Größe und Form der Ozeane und Kontinente. So bildeten sich die ältesten Gesteine des Harzes in einem Meeresbecken, das vermutlich nahe dem heutigen Südpol lag. Etwa hundert Mio. Jahre später – mit dem Beginn des Devons – finden wir den Ablagerungsraum in tropischen Breiten, etwa dort, wo heute Madagaskar liegt (Torsvik & Cocks 2002, Abb. 2). Diese Vorgänge, die als Plattentektonik bezeichnet werden, erklären, warum es im Harz mächtige Kalksteinablagerungen gibt, die – wie das Iberg/Winterberg-Massiv bei Bad Grund – Zeugen devonischer Atollriffe sind.

Vom Ordovizium bis zum Karbon blieb der heutige Harzraum ständig unter Meeresbedeckung. Anhaltende Krustenbewegungen führten zu Hebungs- und Senkungsvorgängen am Ozeanboden. Es entstanden durch Schwellen getrennte Teilbecken, in denen sich Ton- und Kalkschlamm, Sande oder grobe Schüttungen von kontinentalem Abtragungsschutt ablagerten. So kam in tiefen Beckenteilen über etwa hundert Mio. Jahre eine mehrere tausend Meter mächtige bunte Folge von Sedimentgesteinen zum Absatz.

Plattentektonische Dehnungsvorgänge setzten ab dem Ordovizium einen mehrphasigen intensiven untermeerischen Vulkanismus in Gang. Auf tiefreichenden