



ACAMONTA

Zeitschrift für Freunde und Förderer der
Technischen Universität Bergakademie Freiberg

27. Jahrgang 2020

Exkursion zu den Lagerstätten des Iberischen Pyritgürtels 2019

Große Lagerstättenexkursion
der Professur für Lagerstättenlehre und Petrologie
der TU Bergakademie Freiberg

Thomas Seifert, Patrick Krolop, Björn Fritzsche

ACAMONTA 27 (2020)
S. 89–97
Sonderdruck

Exkursion zu den Lagerstätten des Iberischen Pyritgürtels 2019

Große Lagerstättenexkursion der Professur für Lagerstättenlehre und Petrologie der TU Bergakademie Freiberg

Thomas Seifert¹, Patrick Krolop¹, Björn Fritzsche¹

Vom 23. September bis zum 6. Oktober 2019 führte die Professur für Lagerstättenlehre und Petrologie der TU Bergakademie Freiberg eine lagerstättengeologische Studenten-Exkursion in den sog. „Iberischen Pyritgürtel“ (Iberian Pyrite Belt/IPB) nach SW-Spanien und SE-Portugal durch. An der Exkursion nahmen 16 Studierende des Masterstudiengangs Geowissenschaften der Freiburger Universität teil (Abbildung 1). Die Exkursion erfolgte unter Leitung von Prof. Dr. Thomas Seifert, M. Sc. Patrick Krolop und M. Sc. Björn Fritzsche mit orts-kundiger Unterstützung durch Prof. Dr. Domingo Carvajal Gomez (Universität Huelva) sowie Grubengeologen und Montaningenieuren der befahrenen Bergwerks-, Aufbereitungs- und Hütten-Betriebe und Mitarbeitern des Geologischen Dienstes von Portugal.



Foto: Thomas Seifert, 02-10-2019

Der Iberische Pyritgürtel/*Iberian Pyrite Belt* (IPB) besteht aus drei stratigraphischen Einheiten: der Phyllit-Quarzit-Gruppe (PQ), dem Vulkano-Sedimentären Komplex (VSC) und der Baixo Alentejo Flysch-Gruppe (BAFG) bzw. der Kulm-Gruppe auf spanischer Seite. Der IPB erstreckt sich im Süden der Iberischen Halbinsel über 250 km in Ost-West-Richtung von Sevilla in Spanien bis zur Lagoa Salgada in Portugal und ist weltweit einer der bedeutendsten metallogenetischen Provinzen (Abbildung 2).

Der IPB beinhaltet eine Vielzahl spät-Devonischer bis früh-Karbonischer submarin-hydrothermalen Massivsulfid-Lagerstätten (VMS), die seit der Antike bergmännisch gewonnen werden. Aus diesen „world class“-VMS-Lagerstätten wurden bis heute bedeutende Mengen an Kupfer, Zink, Gold, Silber, Zinn und vermutlich Indium sowie Pyrit-Erze gewonnen, in der Zukunft vermutlich vorwiegend Kupfer, Zink, Silber, Indium und möglicherweise Selen.



Foto: Thomas Seifert, 27-09-2019

Abb. 1: Exkursionsgruppe im Bergbaudistrikt Aznalcollar/Spanien. Untere Reihe: Prof. Dr. Domingo Xavier Carvajal Gomez, Sebastian Vollath, M. Sc. Patrick Krolop, M. Sc. Björn Fritzsche (vorn), Lukas Lohmann, Alexander Höllige, Maximilian Schneider, Alessandra Erbe, Paula Dörner; obere Reihe, vorn: Adrian Richter, Marie Friedländer; obere Reihe, hinten: Tobias Siebenhaar, Matthias Poralla, Nikolas Trischler, Thomas Lüttke, Hannes Lippke, Franz Vogel, Thomas Kürschner

¹ Prof. Dr. Thomas Seifert, M. Sc. Patrick Krolop und M. Sc. Björn Fritzsche
Kontakt: thomas.seifert@mineral.tu-freiberg.de

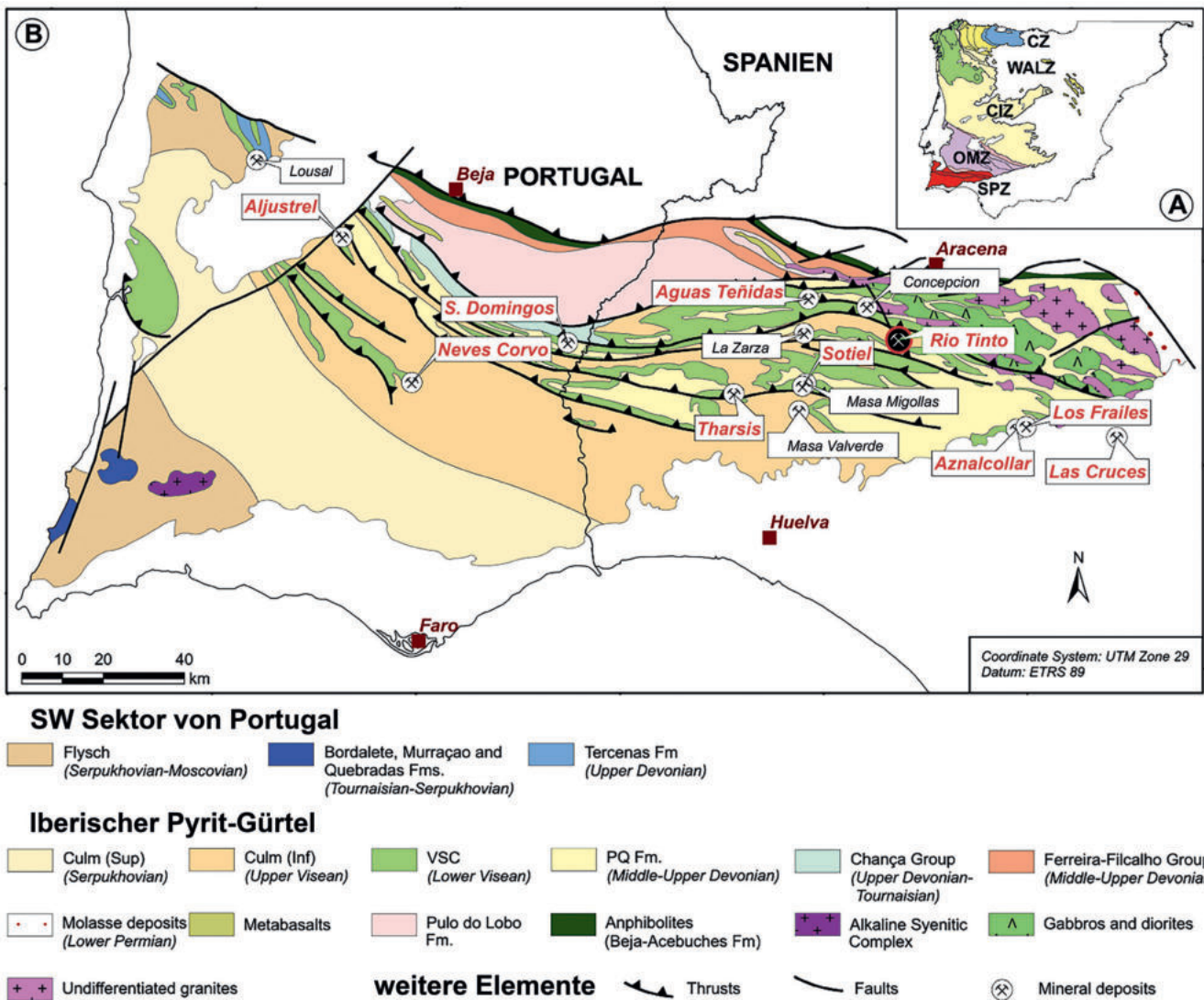


Abb. aus Martin-Lizard et al. (2015), modifiziert

Abb. 2: (A) Übersichtskarte der Variszischen Zonen der Iberischen Halbinsel. CZ: Cantabria Zone, WALZ: West Asturian-Leonese Zone, CIZ: Central-Iberian Zone, OMZ: Ossa Morena Zone and SPZ (in rot): South Portugues Zone mit dem „Iberian Pyrite Belt“ (IPB). (B) Geologie des IPB. Bergbausymbol: während der Exkursion IPB 2019 befahrene VMS-Lagerstätten (Name weiß hinterlegt)

Die Gesamtressourcen des IPB (*ore mined + reserves*)², die in mehr als 80 VMS-Lagerstätten abgebaut bzw. exploriert wurden, betragen mind. 1,7 Mrd. t Sulfiderze mit einem Metallinhalt von mind. 34,9 Mt Zink, 14,6 Mt Kupfer, 13,0 Mt Blei, 46 kt Silber und 880 t Gold.³ Nach Almodóvar et al. (2019) beträgt das Erzvolumen im IPB sogar mehr als 2 Mrd. t. Der Lagerstättendistrikt Rio Tinto ist der größte Distrikt im IPB mit mehr als 500 Mt massiven Pyrit- und Polymetall-Erzen und Stockwerk-Typ-Sulfiderzen.⁴ Eine Ausnahme bildet die Cu-Zn-Sn-In-Lagerstätte Neves Corvo⁵ in Portugal aufgrund ihrer

massiven Kassiterit-Erzkörper. Neves Corvo produzierte Ende der 1990er und in der ersten Hälfte der 2000er Jahre jährlich ca. 665.000 t Kupfer (vorwiegend als Chalkopyrit-Konzentraten) und ca. 8.300 t Zinn (vorwiegend aus Kassiterit-Konzentraten). Darüber hinaus beinhaltet vor allem das Zinkkonzentrat bedeutende Mengen des High-Tech-Metalls Indium.⁶ Für das Jahr 2013 wurden für die Zinkerzkörper von Neves Corvo Vorräte von 113 Mt Zinkerz mit 5,3 wt.% Zink angegeben, was die Lagerstätte mit Stand Ende 2013 in eine der weltweit größten Zinkvorkommen einordnet.⁷

Im Verlauf der Exkursion wurden produzierende Tagebau- und Tiefbau-triebe sowie auflässige Tagebaue und Aufbereitungs- und Hüttenbetriebe in ausgewählten Bergbau-Distrikten des

Iberischen Pyritgürtels in Spanien und Portugal befahren und Kartierungspraktika in auflässigen Erztagebauen durchgeführt. Es wurden repräsentative Polymetallsulfid-Lagerstätten mit einer breiten Varianz von VMS-Erztypen begutachtet und für die Lagerstättensammlung der Geowissenschaftlichen Sammlungen der TU Bergakademie Freiberg sowie für die studentische Übungssammlung und Erzmikroskopie-Belegstücksammlung der Professur für Lagerstättenlehre und Petrologie beprobt⁸ und mit feldmineralogischen Methoden während der Exkursion untersucht (Tabelle 1).

Rio Tinto Distrikt (Atalaya Mining)

Die Bergbaugeschichte des Rio Tinto-Distrikts reicht bis in die Bronzezeit zurück. Zunächst wurde Kupfer aus

2 *ore mines + reserves* = bisher bergmännisch gewonnene + noch unverritzte Erzvorräte
 3 cf. Leistel et al 1998 und weiterführende Referenzen darin
 4 cf. Martin-Lizard et al. 2015 und weiterführende Referenzen darin
 5 SOMINCOR – lundin mining

6 Benzaazoua et al. 2003
 7 Pinto et al. 2014

8 Seifert et al. 2020

oberflächennahen Erzkörpern der Zementationszone gewonnen. Die Römer waren die Ersten, die Erzkörper im Tiefbau erschlossen haben. Nach der Gewinnung von Silber begannen die Römer Kupfer abzubauen. Der Höhepunkt der Cu-Gewinnung war im 1. Jahrhundert nach unserer Zeit. Anfang des 19. Jahrhunderts erwarben britische Investoren die heute als „Iberischer Pyritgürtel“ bekannte Lagerstättenprovinz und gründeten eine der größten Bergbauunternehmen der Welt, Rio Tinto Ltd. Unter deren Leitung wurde der Abbau der VMS-Erzkörper in Tagebauen mit modernen Methoden eingeführt. Nach dem Verkauf an spanische Investoren im Jahr 1954 stiegen die Fördermengen weiter. Im Zeitraum 1970 bis 2001 wurden 45 Prozent der insgesamt im IPB abgebauten Sulfid-Erze gewonnen.⁹ Der aktuelle Betreiber Atalaya Mining fördert jährlich ca. 15 Mt Kupfererz. Die Reserven umfassen ca. 200 Mt Kupfererz. Geologisch betrachtet sind die Kupfer-Polymetall-Lagerstätten des IPB an die Flanken der Rio Tinto-Antiklinale gebunden. Tiefreichende E-W verlaufende Störungszonen in diesem Bereich kontrollieren die wirtschaftlich bedeutenden Kupfer-Polymetall-Erzkörper. Der Lagerstädtendistrikt Rio Tinto besteht insgesamt aus sieben Erzkörpern, die z.Z. in zwei Tagebauen gewonnen bzw. erkundet werden. Während im Tagebau Atalaya vorrangig Explorationsarbeiten stattfinden (Abbildungen 3 bis 6), werden im Tagebau Cerro Colorado Kupfererze im westlichen Teil im Bereich der Stockwerkzone abgebaut (Abbildung 7).

Cobre Las Cruces-Los Frailes-Aznalcollar Cu-Zn(-Au-Ag)-Distrikt

Der Cobre Las Cruces-Los Frailes-Aznalcollar Cu-Zn-Pb-Au-Ag-Distrikt ist im äußersten SE des IPB ausgebildet (Abbildung 2). Die VMS-Lagerstätte Cobre Las Cruces befindet sich ca. 15 km NW von Sevilla und wurde 1994 durch geophysikalische Explorationsarbeiten entdeckt (Ríomin Exploraciones S.A., Tochterfirma von Rio Tinto). Cobre Las Cruces ist im Besitz der kanadisch-multinationalen Firma First Quantum Minerals, die weltweit zu den zehn größten Kupferproduzenten zählt. Die verdeckte-verborgenen Polymetallsulfid-Erzkörper („primary sulfides“, „stockwork“, „Cu-rich secondary ore“, „gossan“, Abbildung 8) werden durch eine ca. 150 m mächtige Sequenz aus miozänen Sedimenten überdeckt.

Tab. 1: VMS-Lagerstätten und Erztypen im Iberischen Pyritgürtel, die während der Exkursion begutachtet und beprobt wurden

VMS-Erztyp	Haupterminerale	Befahrene Distrikte (Auswahl)
Pyrit-reich ohne hohe Au-Gehalte	Pyrit, Chalkopyrit, Sphalerit, Galenit	Rio Tinto-Distrikt/Spanien
Pyrit-reich mit hohen Au-Gehalten	Pyrit, Chalkopyrit, Sphalerit, Galenit, ged. Au	Tharsis-Distrikt/Spanien
Cu-Zn mit Au + Ag	Pyrit, Chalkopyrit, Sphalerit, Galenit, ged. Au, Ag-Minerale	Cobre Las Cruces/Spanien
Cu-Zn-Pb-Sn-Ag-Au + In (+ Se)	Pyrit, Chalkopyrit, Sphalerit, Kassiterit, Stannin, Fahlerze, In-Minerale, wie z.B. Roquesit (CuInS ₂)	Neves Corvo/Portugal



Abb. 3: Auflässiger Tagebau Corta Atalaya im Rio Tinto Lagerstädtendistrikt/Spanien (Geologie und Mineralisationen s. Abbildung 4)

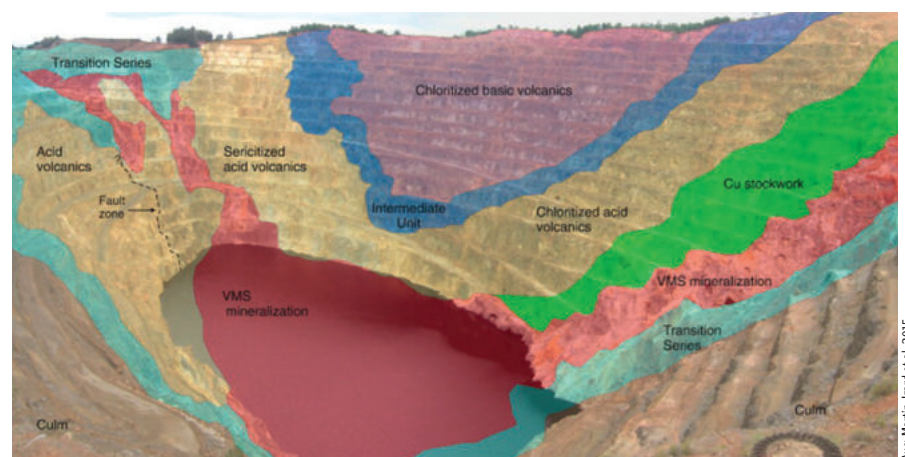


Abb. 4: Geologie und VMS-Mineralisationen des Tagebaus Corta Atalaya (s. auch Abbildung 3)

In der Cu-Pb-Au-Ag-Lagerstätte Cobre Las Cruces sind neben der primären Sulfid-Mineralisation eine kupferreiche Zementationszone mit 6,43 Gew.-% Kupfer in 2,2 Mt „Secondary Ore“¹⁰ und die Au- und Ag-führende Oxidationszone¹¹ mit 1,7 g/t

Gold, 43 g/t Silber und 2,11 Gew.-% Blei in 0,7 Mt Gossan-Erz¹² ausgebildet.¹³ Im Jahr 2018 wurden aus ca. 1,544 Mt Kupfererz mit 4,95 Gew.-% Kupfer von Cobre Las Cruces S.A.U. 70.738 t Kathodenkupfer produziert.¹⁴ Damit ist Cobre Las Cruces

⁹ Ollás und Nieto, 2015

¹⁰ Stand Ende 2018

¹¹ der sog. Gossan oder auch „Eiserner Hut“

¹² Stand Ende 2018

¹³ www.first-quantum.com

¹⁴ www.first-quantum.com



Foto: Thomas Seifert

Abb. 5: Exkursionsgruppe im Tagebau Corta Atalaya. Geologie und Mineralisationen: „Chloritized Basic Volcanics“ (rechts, graugrün), „Sericitized Acid Volcanics“ (Mitte rechts, ockerfarben bis rötlich), „VMS Cu Mineralization“ (Mitte links, grau), „Acid Volcanics“ und „Transition Series“ (linker Bildrand)



Foto: Thomas Seifert

Abb. 6: Alterierte Stockwerk-Zone im Tagebau Corta Atalaya („Cu Stockwork“, s. Abbildung 4)

eine der reichsten Kupferlagerstätten weltweit.¹⁵ Die Kupfererz-Reserven umfassten am 31. Dezember 2019 bei 1 Gew.-%-Cu-cut-off grade¹⁶ insgesamt 1,4 Mt Sulfiderz mit 6,69 Gew.-% Kupfer.¹⁷

Ein weiterer Exkursionspunkt war die VMS-Lagerstätte Los Frailes, die regional-geologisch ebenfalls im SE-Bereich des IPB ausgebildet ist (Abbildung 2). Der Tagebau der Cu-Zn-Pb-Lagerstätte Los Frailes wurde 1975 durch eine spanische Firma erschlossen und im Jahr 2001 unter Eigentümerschaft der schwedischen Firma Boliden nach einem Bruch des Tailings-Damms geschlossen. Die Rest-Lagerstätte beinhaltet nach Schätzungen 40 Mt polymetallische Sulfiderze und ist Gegenstand eines aktuellen Explorationsprojekts der mexikanischen Firma GrupoMexico im Bereich des auflässigen Tagebaus (Abbildung 9).

Von der Mine bis zum fertigen Produkt – Aguas Teñidas Mine und Atlantic Copper

Die Firma Minas de Aguas Teñidas S.A.U. (MATSA) betreibt die Minen Aguas Teñidas, Magdalena und Sotiel in den Provinzen Andalusien und Extremadura in SW-Spanien. MATSA gehört zu gleichen Anteilen der Trafigura Group Pte Ltd und der Mubadala Investment Company.

15 Miguélez et al. 2011

16 cut-off grade = Industrieller Minimalgehalt.

17 www.first-quantum.com_2020 First Quantum Minerals Ltd.



Foto: Björn Fritzsche

Abb. 7: Exkursionsgruppe und Hauptgeologe von Atalaya Mining vor dem Cerro Colorado Kupfertagebau im Rio Tinto Lagerstättendistrikt/Spanien

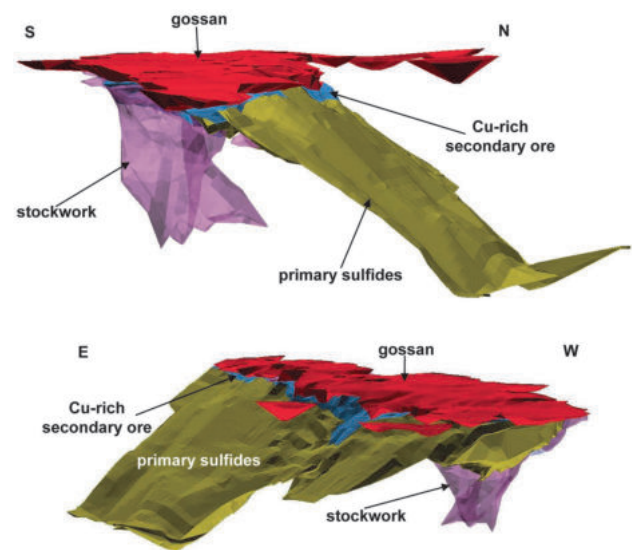


Abb. 8: Geologische 3-D-Profil (N-S, E-W) der VMS-Lagerstätte Las Cruces/Spanien (Kupfer, Blei, Gold, Silber)

Aus: Yeates et al. 2015



Foto: Thomas Kirschner (27-09-2019)

Abb. 9: Auflässiger Tagebau im Bereich der polymetallischen Cu-Zn-Pb-VMS-Lagerstätte Los Frailes/Spanien – geringmächtige Überdeckung der Lagerstätte durch tertiäre Sedimente. Explorationsobjekt der Firma GrupoMexico in Aznalcollar.

Im Jahr 2018 wurden 1,8 Mt Kupfererz und 2,43 Mt polymetallische Sulfiderze aus den drei Minen gefördert. Daraus wurden 303.157 t Kupfer, 201.042 t Zink und 34.467 t Blei produziert. In der Zentrale von MATSA in Almonaster La Real wurden die Verarbeitungsanlagen der Cu-Pb-Zn-Erze besichtigt. In zwei Aufbereitungslinien für Kupfer- und polymetallische Erze werden nach der Zerkleinerung, Mahlung und selektiven Flotation ca. 3.000 t Erzkonzentrat pro Tag produziert. Enthaltene Schadstoff-Elemente wie Arsen, Quecksilber und Antimon können den Wert der Erzkonzentrate signifikant senken.

Bei Atlantic Copper S.L.U. in Huelva, einer der größten Kupferproduzenten weltweit, konnte das Ende der Wertschöpfungskette in Augenschein genommen werden. Atlantic Copper gehört zur amerikanischen Freeport-McMoRan-Gruppe und produziert, neben gold- und silberreichen Anodenschlämmen, Gips, Schwefelsäure und Nickelkarbonaten vorrangig Kupfer-Kathoden mit 99,99 Prozent Kupfer. Zu den Anlagen der Firma in Huelva gehören eine Schmelzhütte, eine Kupfer-Raffinerie und drei Schwefelsäureanlagen sowie ein Kraftwerk und ein Frachthafen. Insgesamt werden hier ca. 1 Mt Erzkonzentrat im Jahr verarbeitet aus denen ca. 300.000 t Kathodenkupfer gewonnen werden.

**Neves Corvo (NC)
Cu-Zn-Pb-Sn-In(-Ag)-VMS-Distrikt**

Neves-Corvo ist eine polymetallische Cu-Zn-Pb-Sn-In-Se-Ag-Au-Lagerstätte im westlichen Teil des IPB ca. 20 km SW von Castro Verde/Portugal (Abbildung 2). Aufgrund ihrer Größe und Gehalte gilt sie als eine der wichtigsten Kupfer- und Zinkproduzenten in Europa. Die verdeckt-verborgene Lagerstätte Neves Corvo wurde 1977 durch geophysikalische Explorationsarbeiten entdeckt und wird aktuell von SOMINCOR als Tochterunternehmen der Lundin Mining Corporation betrieben. Die Kupferproduktion in NC begann 1988 und umfasst bis Ende 2018 61,7 Mt Kupfererz mit 5 Gew.-% aus denen insgesamt 2,75 Mt Kupfermetall produziert wurden (einschließlich der Kupferkonzentrate aus der Zinn- und Zinkaufbereitung¹⁸). Die Produktion von Zn-Konzentraten (Sphalerit) begann 2006. Von 2006 bis 2018 wurden 7,9 Mt Zn-Erz mit 7,8 Gew.-% gewonnen und insgesamt 494 kt Zn-Metall und 23,7 kt Pb-Metall produziert.¹⁸

18 SOMINCOR – lundin mining 09-2019

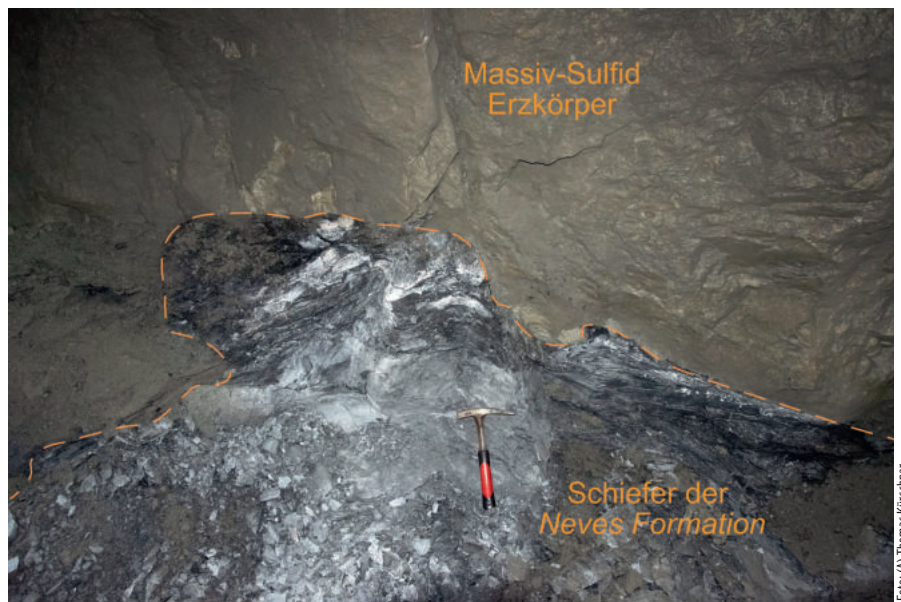


Abb. 10 A: Kontakt einer massiven kupferreichen Polymetallsulfid-Vererzung mit Schiefer der Neves-Formation in 405 m Teufe, Punkt CC8158B26, Neves Corvo Cu-Zn-Sn-In-Se-Ag-Au-Mine, Portugal



Abb. 10 B: Zoom des Kontaktes Schiefer Neves-Formation und kupferreiche Polymetall-Mineralisation (Lokalität wie Abbildung 10 A)



Abb. 10 C: Exkursionsgruppe begutachtet und beprobt Abbau einer Kupfer-Reicherzone in ca. 400 m Teufe, Neves Corvo Cu-Zn-Sn-In-Se-Ag-Au-Mine, Portugal

Die in ihrer Genese bemerkenswerten submarinen Sn-Mineralisationen, die in unterschiedlichen Erztypen ausgebildet sind¹⁹, wurden von 1990 bis 2002 gewonnen²⁰ und gelten als gelöschte Vorräte. In Abhängigkeit von den Weltmarktpreisen und neuen Aufbereitungs- und Verhüttungsmethoden werden in Zukunft die Indium-Mineralisationen in der Lagerstätte Neves Corvo vermutlich einen wichtigen Platz in der Produktion einnehmen.¹⁸ Sphalerit und Minerale der Stannin-Gruppe und z. T. Chalkopyrit sind in Neves Corvo die Hauptträgerminerale von Indium, das beispielsweise an (sub)-mikroskopische Aggregate von Roquesit (CuInS₂) und weiteren komplexen indiumreichen Sulfiden wie Sakurait [(Cu, Fe, Zn, Ag)₃(In, Sn)₄] gebunden ist.²¹ Der industrielle Erztyp "Massive Zinc/MZ" (s. auch Tabelle 2) zeigt beispielsweise im Neves-Erzkörper Indiumgehalte bis 230 ppm und mehr als 8.000 ppm Indium im Lombador Erzkörper.²² Insgesamt betragen die Erz-Vorräte von Neves Corvo Mitte 2019: 61,7 Mt mit 2,3 Gew.-% Kupfer und 71,4 Mt mit 6,9 Gew.-% Zink.¹⁸

Die VMS-Lagerstätte Neves Corvo befindet sich am SE-Ende der Neves-Corvo/Rosário-Antiklinale in oberdevonischen bis unterkarbonen Schiefern, Quarziten, Tuffiten und submarinen Vulkaniten (Abbildungen 10A-10C, 11, 12).

NC beinhaltet sieben Erzkörper mit Polymetallsulfid- und lokal Kassiterit-Mineralisationen, die in einer Teufe von 230 m bis 1.400 m aufgeschlossen sind (Abbildung 13). Die Erzkörper Neves, Corvo, Graça, Zambujal und Lambador bilden die derzeitige Rohstoffbasis von SOMINCOR, während der Erzkörper Semblana erst 2010 entdeckt wurde und sich in weiterer Erkundung befindet.¹⁸

Geologische Kartierung im Tharsis Tagebau und von Bohrkernen beim LNEG in Aljustrel

Im Verlauf der Exkursion wurden mehrfach praktische Arbeiten mit den Studierenden durchgeführt. Ziel war es die Kartierungspraktiken unter Realbedingungen, wie sie auch später in den Bergbaubetrieben durchgeführt werden, zu erlernen. Die Aufgaben bestanden unter

19 „tin stockwerk“, „massive cassiterite-rich ores“, „repalcement/reworked cassiterite-rich ores“; Relvas et al. 2006

20 jährlich ca. 8.300 t Sn-Metall; cf. Benzaazoua et al. 2003

21 Benzaazoua et al. 2003

22 Pinto et al. 2014

Tab. 2: Mineralisations-Typen der Lagerstätte Neves-Corvo (nach Nevall et al. 2017)

Neves-Corvo Mineralisations-Typen			
Mineralisationstyp	Beschreibung (engl.)	cut-off-Grad	Haupt-Erzmineral
MC	Massive Copper	Cu ≥ 0.7 %	Chalkopyrit
MT	Massive Tin	Sn ≥ 1 %	Kassiterit
MZ	Massive Zinc	Zn ≥ 2 %	Sphalerit
MP	Massive Lead	Pb ≥ 1 %	Galenit
FC	Stockwork Copper	Cu ≥ 0.7 %	Chalkopyrit
FT	Stockwork Tin	Sn ≥ 1 %	Kassiterit
FZ	Stockwork Zinc	Zn ≥ 2 %	Sphalerit
5C (MCZ)	Massive Copper and Zinc	Cu ≥ 0.7 % and Zn ≥ 3%	Chalkopyrit u. Sphalerit
5Z (MZP)	Massive Zinc and Lead	Zn ≥ 2 % and Pb ≥ 1 %	Sphalerit u. Galenit
ME	Massive Pyrite	-	Barren/Low Grade
FE	Stockwork Pyrite	-	Barren/Low Grade

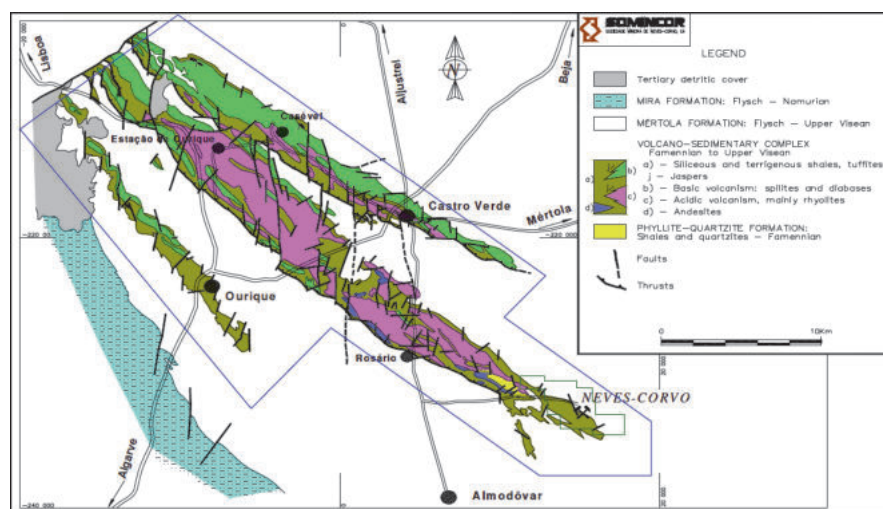


Abb. 11: Geologie des Gebiets um Neves Corvo mit den Antiklinalen von Ourique, Neves Corvo/Rosário und Castro Verde und der Lokation der Neves-Corvo-Mine

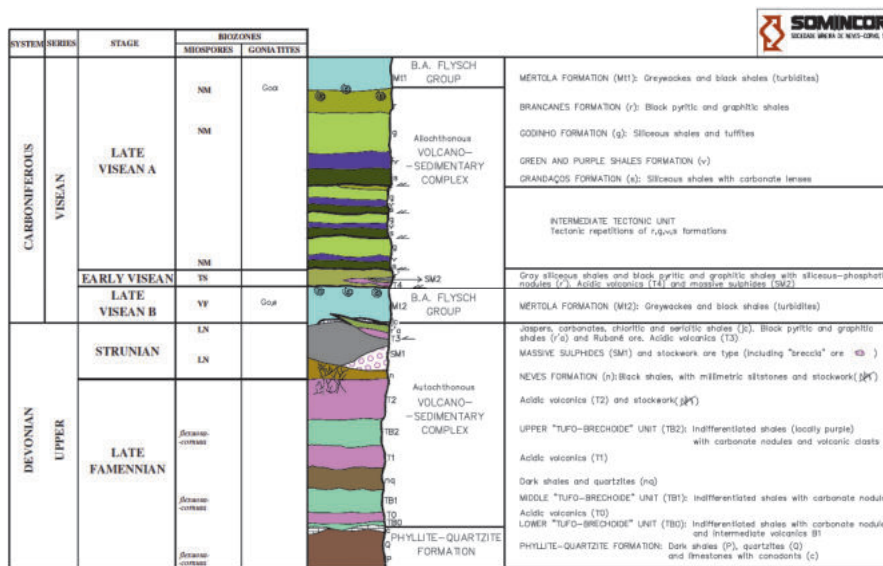


Abb. 12: Stratigraphie im Bereich der VMS-Lagerstätte Neves Corvo (Auffahrungen von SOMINCOR – Iundin mining)

anderem darin, einen Stoß im Tagebau Filon Norte im Tharsis-Distrikt geologisch und mineralogisch aufzunehmen. An mehreren Tagen nahmen die Studierenden unter Betreuung der Exkursionsleitung geologische Einheiten und Strukturen auf und dokumentierten diese in einem Kartierungsbericht (Abbildung 14).

In Kooperation mit dem geologischen Dienst von Portugal (LNEG) fanden an drei Tagen Kartierungsübungen im Bohrkernlager des LNEG an Bohrkernen aus dem Gebiet bei Aljustrel statt. Nach erfolgreich absolvierter Präsentation der Ergebnisse wurde den Studierenden ein Zertifikat über die erbrachten Leistungen überreicht.

Es gäbe noch viel von dieser Exkursion zu berichten. Außer den teilweise spektakulären geologischen Aufschlüssen, den sehr modernen und äußerst sicheren Gruben-, Aufbereitungs- und Hüttenbetrieben und den netten und hilfsbereiten Menschen sowohl im „geologischen Betrieb“ als auch außerhalb, haben uns eine der umweltfreundlichsten Energie-Erzeugungsförmern im Bereich des supermodernen Solarturmkraftwerkes auf der Ebene von Sanlúcar la Mayor in der Nähe von Sevilla (Abbildung 15) und natürlich der berühmte Rio Tinto (Abbildung 16) sehr beeindruckt. Allerdings haben wir uns auch gefragt, wieso die gigantischen Energiemengen von unserer Sonne, die tagtäglich den Sand der Sahara zum Glühen bringen, nicht durch derartige Sonnenkraftwerke mit einer wirklich umweltfreundlichen Technologie²³ im großen Stil für Nord- und Zentral-Afrika und Europa genutzt werden.

Danksagung

Für die freundliche Unterstützung bei der Vorbereitung und Durchführung der Exkursion sowie der Veröffentlichung in der ACAMONTA 2020 bedanken sich alle Exkursionsteilnehmer herzlich bei Jesús Caballos Cataño (Atalaya Mining), Angela Pérez und Juan Manuel Escobar Torres (Cobre Las Cruces, SA – First Quantum Minerals), João Xavier Matos und Kollegen (Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG)), Macarena Valdés Elizalde (MATSA), Liliana Santos Correia and Nelson Pacheco (Somincor), Irene Ruiz (Atlantic Copper) und besonders bei Domingo Javier Carvajal Gomez (University of Huelva), Matthias Bauer (Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH Peine) sowie Doreen Fischer und Heike Rühmling (TU Bergakademie Freiberg, Professur für Lagerstättenlehre und Petrologie) und Brita Gelius und Annett Wulkow (TU Bergakademie Freiberg, ZUV, Archiv).

23 Beispielsweise im Vergleich zu großen Windkraftanlagen mit einer ungünstigen Ökobilanz aus der Sicht des Rohstoffverbrauchs (Seltene Erden, Stahl und enorme Mengen an Baurohstoffen), der geringen Recyclebarkeit und des Natur- und Umweltschutzes!

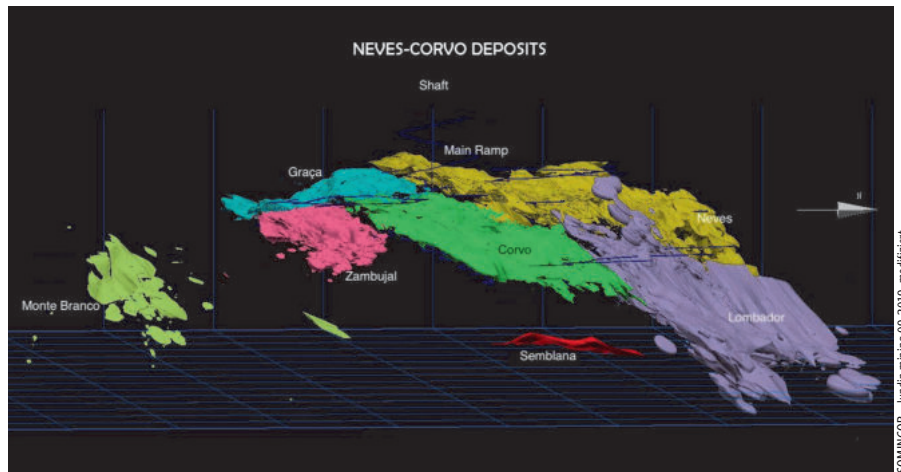


Abb. 13: 3-D-Modell der Cu-Zn-Sn-In-Se-Ag-Au-Lagerstätte Neves Corvo mit den sieben bekannten Erzkörpern

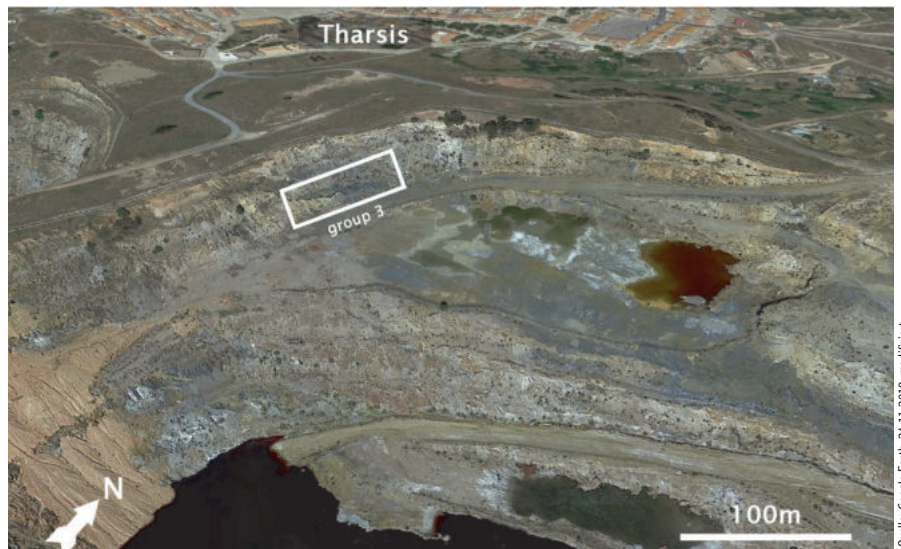


Abb. 14: Überblick über den Tagebau Filon Norte im Distrikt Tharsis (IPB, Spanien) in dem die Studierenden in fünf Gruppen VMS-Mineralisationen und Nebengesteine einschließlich der Alterationszonen kartierten. Etwa in der Mitte als Beispiel der Kartierungsbereich von Gruppe 3.



Abb. 15: Sonnen-Turm PS 10 mit einer Leistung von 10 MW, Solarturmkraftwerk im Gebiet Sanlúcar la Mayor in der Nähe von Sevilla. Ein zweiter Turm, PS 20, hat eine Leistung von 20 MW.



Abb. 16: Der Rio Tinto (der „Rote Fluß“) befindet sich im gleichnamigen Lagerstättendistrikt des IPB. Die rötlich-braune Färbung resultiert aus der Oxidation von natürlich anstehenden sulfidischen Erzkörpern und Gossan sowie Bergbaufolgeprodukten der Gewinnung von Pyrit und Cu-Zn-Sulfidieren vor allem vom späten 19. Jahrhundert bis in die 1970er Jahre (Olías und Nieto 2015). Damit verbunden sind extrem hohe Schwermetall-Gehalte und pH-Werte von 2 bis 3 (Olías und Nieto 2015).

Foto: Thomas Seifert

Referenzen

- Almodóvar, G.R.; Yesares, L.; Sáez, R.; Toscano, M.; González, F.; Pons, J.M. (2019). Massive Sulfide Ores in the Iberian Pyrite Belt: Mineralogical and Textural Evolution. *Minerals* 2019, 9, 653. <https://doi.org/10.3390/min9110653>
- Benzaazoua, M., Marion, P., Pinto, A., Migeon, H., Wagner, F.E. (2003). Tin and indium mineralogy within selected samples from the Neves Corvo ore deposit (Portugal): a multidisciplinary study. *Minerals Engineering* 16, pp. 1291–1302.
- Leca, X., Ribeiro, A., Oliveira, J.T., Silva, J.B., Albouy, L., Carvalho, P., Merino, H. (1983). Cadre géologique des minéralisations de Neves Corvo (Baixo Alentejo, Portugal). Lithostratigraphie, paleogéographie et tectonique. *Bur Rech Geol Min Orleans BRGM Mem* 12:1–12
- Leistel, J. M., Marcoux, E., Thiéblemont, Quesada, C., Sánchez, A., Almodóvar, Pascual, E., Sáez, R. (1998). The volcanic-hosted massive sulphide deposits of the Iberian Pyrite Belt - Review and preface to the Thematic Issue. *Mineralium Deposita*, 33(1), pp. 2–30. doi: 10.1007/s001260050130.
- Martin-Izard, A., Arias, D., Arias, M., Gumiel, P., Sanderson, D. J., Castañón, C., Sánchez, J. (2015). A new 3D geological model and interpretation of structural evolution of the world-class Rio Tinto VMS deposit, Iberian Pyrite Belt (Spain). *Ore Geology Reviews* 71, 457–476.
- Miguélez, N. G.; Tornos Arroyo, F.; Velasco, F.; Videira, J. C. (2011) ‘Geology and Cu Isotope Geochemistry of the Las Cruces Deposit (SW Spain), *Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, 15, pp. 131–132.
- Nevall, P., Hill, A., Ellis, R., King, P., Holley, S., Richardson, S., Tarrant, S., Luneva, V., Glücksmann, E. (2017) Lundin Mining NI 43-101 Technical report for the Neves-Corvo mine, Portugal, June 2017.
- Olías, M. und Nieto, J.M. (2015). Background Conditions and Mining Pollution throughout History in the Rio Tinto (SW Spain). *Environments* 2015, 2, 295–316; doi:10.3390/environments2030295.
- Pinto, A., Relvas, J.M.R.S., Carvalho, J.R.S., Liu, Y., Pacheco, N., Pinto, F., Fonseca, R. (2014). High Tech Metals in the zinc-rich massive ores of the Neves Corvo Deposit. *Comunicações Geológicas* 101, Especial II, pp. 825–828.
- Relvas, J., Barriga, F., Ferreira, A., Noiva, P., Pacheco, N., Barriga, G. (2006). Hydrothermal Alteration and Mineralization in the Neves-Corvo Volcanic-Hosted Massive Sulfide Deposit, Portugal. I. Geology, Mineralogy, and Geochemistry. *Economic Geology*, 101, 753–790. 10.2113/gsecongeo.101.4.753.
- Seifert, Th., Krolop, P., Fritzke, B. and student excursion group (2020). Final report to the excursion “Ore Deposits and Geology of the Iberian Pyrite Belt, Spain and Portugal – 2019”. TUBA Freiberg, Division of Economic Geology and Petrology, 23.09.-06.10.2019, Eds. Seifert, Th. et al., 135 pp. and Appendix.
- Yesares, L., Aiglsperger, T., Sáez, R., Almodóvar, G.R., Nieto, J.M., Proenza, J.A., Gómez, C., Escobar, J.M. (2015). Gold behavior in supergene profiles under changing redox conditions: The example of the Las Cruces deposit, Iberian Pyrite Belt. *Economic Geology* 8, 2109–2126.

ISSN 2193-309X