

# BERGKNAPPE

# 111



Freunde des Bergbaus in Graubünden, FBG  
Amis da las minieras en il Grischun, AMG  
Amici delle miniere nel Grigioni, AMG

2/2007  
Oktober  
31. Jahrgang





# BERGKNAPPE 111



**Freunde des Bergbaus in Graubünden, FBG**  
**Amis da las minieras en il Grischun, AMG**  
**Amici delle miniere nel Grigioni, AMG**

**2 / 2007**  
**Oktober**  
31. Jahrgang

Postadresse

**Freunde des Bergbaus in Graubünden**

Elsbeth Rehm, Präsidentin

Telefon 081 833 45 82

Via Pradè 24, 7505 Celerina

**Bergknappe**

Redaktion

Postfach 632, 7270 Davos Platz 1

**Regionalgruppen Graubünden:**

- **Arosa-Schanfigg:**  
Renzo Semadeni, Aelpli, 7050 Arosa
- **Bündner Oberland:**  
Gaudenz Alig, Miraniga, 7134 Obersaxen
- **Ems-Calanda:**  
Dr. Ruedi Krähenbühl, Vialstr. 13, 7205 Zizers
- **Filisur-Albulatal:**  
Christian Brazerol, Café Belfort, 7493 Schmitten
- **Klosters-Prättigau:**  
Georg Jenny, Haus Rosengarten, 7214 Grisch
- **Oberengadin:**  
Jann Rehm, Via Pradè 24  
7505 Celerina
- **Savognin-Oberhalbstein:**  
Eduard Brun, Greifenseestrasse 2,  
8600 Dübendorf
- **Schams:**  
Hans Stäbler, Rufana, 7477 Filisur
- **Unterengadin:**  
Peder Rauch, Vi, 7550 Scuol

**Partnervereine und Stiftungen:**

- **Miniers da S-charl:**  
Matias Filli, Trü Sura, 7550 Scuol
- **Bergbauverein Silberberg Davos:**  
Otto Hirzel, Postfach 322, 7270 Davos Platz 1  
www.silberberg-davos.ch
- **Stiftung Bergbaumuseum Graubünden, Schmelzboden-Davos:**  
Dr. Ruedi Krähenbühl, Vialstr. 13, 7205 Zizers
- **Fundaziun Schmelzra S-charl:**  
Peder Rauch, Vi, 7550 Scuol

**Jahresbeitrag FBG:**

Fr. 50.–

«Bergknappe» je Einzelnummer:

Fr. 15.–

**Inhaltsverzeichnis**

– Zum Gedenken an den 100. Todestag von Gustav Anton Zeuner	2
– Auf den Spuren berühmter Namen	10
– Gewerkschaft – ein Name mit Tradition	18
– Der Bergaltar in der Kirche St. Annen zu Annaberg – ein authentisches Zeugnis des sächsischen Bergbaus im 16. Jahrhundert	21
– Vorstellung einer Anzahl in der Vergangenheit und Gegenwart wichtiger Metalle	33
– Antimon und die Umwelt	39
– Ein Besuch des Bergwerks Starlera im Avers	44
– Verschiedenes	45

**Redaktionskommission:**

Walter Good, Vorsitz, Paul Henk, Otto Hirzel, Beat Hofmann, Hans Peter Schenk, Hans Stäbler

**Wissenschaftliche Mitarbeiter:**

- E. Brun, Greifenseestr. 2, CH-8600 Dübendorf
- G. Grabow, Prof. Dr. Ing. habil.  
Friedmar-Brendel-Weg 1A  
D-09599 Freiberg/Sachsen
- E. G. Haldemann, Dr., Geologe,  
CH-1792 Cordast FR
- H. J. Köstler, Dr., Dipl.-Ing., Grazerstrasse 27,  
A-8753 Fohnsdorf
- H. Krähenbühl, Dr. h. c., Edelweissweg 2,  
CH-7270 Davos Platz
- H. J. W. Kutzer, Dipl. Ing., Rehbergstr. 4,  
D-86949 Windach
- H. Pforr, Dr. Ing., Friedeburgerstr. 8c,  
D-09599 Freiberg / Sachsen
- G. Sperl, Prof., Dr. phil., Jahnstr. 12,  
A-8700 Leoben
- H. Stäbler, Rufana, CH-7477 Filisur
- G. Weisgerber, Prof., Dr., Deutsches  
Bergbaumuseum, D-44791 Bochum

**Erscheinungsdaten des «Bergknappen»:**

Mitte April und Mitte Oktober

**Redaktionsschluss:**

1. 3. und 1. 9. (2 Hefte)

---

# **Zum Gedenken an den 100. Todestag von Gustav Anton Zeuner, den bedeutenden Wissenschaftler, Lehrer und Organisator auf dem Gebiet des Hochschulwesens**

Gerd Grabow, Freiberg

Am 17. Oktober 2007 jährt sich zum 100. Male der Todestag von Gustav Anton Zeuner, einem der hervorragendsten deutschen Wissenschaftler auf dem Gebiete der Mechanik und Maschinenkunde. In dem vorliegenden Beitrag sollen die Leistungen Zeuners gewürdigt werden. Sein Leben zeichnete sich durch drei markante Merkmale, die eines exzellenten Hochschullehrers, eines im In- und Ausland anerkannten Wissenschaftlers und eines befähigten Organisators, aus.

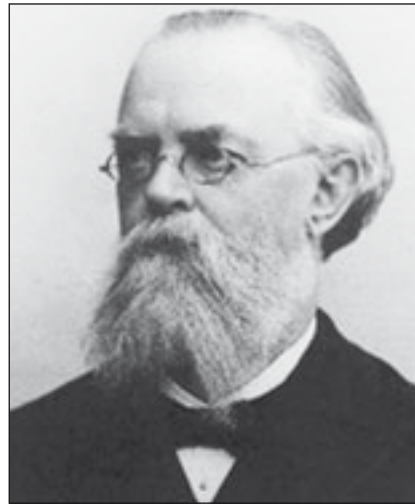
Sein grösstes Verdienst und seine bedeutendsten Erfolge stellen seine wissenschaftlichen Schriften dar. Von seinen Arbeitsgebieten sind vor allem die Mechanische Wärmetheorie zu nennen. Er kann als Schöpfer der Technischen Thermodynamik angesehen werden.

## **1. Der Lebensweg Zeuners**

Gustav Anton Zeuner wurde am 30. November 1828 in Chemnitz geboren. Der Vater, Karl Friedrich Zeuner, besass in Chemnitz eine Tischlerei. Zeuner erhielt eine solide Ausbildung. Nach dem Besuch der Allgemeinen Bürgerschule ab 1834 erhielt er von 1838 bis 1841 Privatunterricht in Zschopau u. a. in Französisch, Latein, Zeichnen und Malen. Bis zum Jahre 1843 absolvierte er die Höhere Bürgerschule in Chemnitz.

Dabei fand der junge Zeuner einen besonderen Gefallen an der Mathematik und den naturwissenschaftlichen Disziplinen. 1848 wurde er Student an der Bergakademie Freiberg. Zeuner suchte auch hier die sinnvolle Verbindung in der Aneignung theoretischer und praktischer Kenntnisse.

Für Zeuner war das Jahr 1851 reich an Ereignissen. Er beendete im Frühsommer erfolgreich sein Studium an der Bergakademie Freiberg. Mit der Unterstützung von Weisbach lernte er auf einer Studienreise im September 1851 in Paris die beiden bedeutenden französischen Gelehrten Jean Victor Poncelet (1788



*Abb.1: Gustav Adolf Zeuner, 1828–1907.*

bis 1867) und Victor Regnault (1810 bis 1878) kennen. Hier befasste er sich eingehend mit den über lange Jahre von Regnault durchgeführten experimentellen Arbeiten über die spezifischen Wärmekapazitäten von Gasen, die eine wesentliche Grundlage für seine späteren eigenen Arbeiten auf dem Gebiete der Technischen Thermodynamik bildeten.

Nach verschiedenen schriftstellerischen Arbeiten gründete Zeuner in Freiberg auf Vorschlag von B. Thierbach zusammen mit Weisbach und dem Kunstmeister Bornemann das Technische Journal «Civilingenieur». Im Januar 1853 wurde er Hauptredakteur dieser Zeitschrift.

Am 14. März 1853 promovierte Zeuner zum Dr. phil. an der Leipziger Universität mit einer Arbeit über das Schwingen des «Foucaultschen Pendels». 1855 nahm Zeuner die Berufung als Professor für Mechanik und Theoretische Maschinenlehre an das neu gegründete Eidgenössische Polytechnikum in Zürich an. Zeuners Wirken in Zürich war durch einen ausserordentlichen schöpferischen Elan und wissenschaftliche Fruchtbarkeit geprägt. Zeuner übernahm im Wintersemes-



ter 1859 das Amt des stellvertretenden Direktors. Im August 1865 wählte ihn der Schweizer Schulrat zum Direktor des Eidgenössischen Polytechnikums. Auf seinen ausdrücklichen Wunsch wurde er 1868 von diesem Amt entbunden, um wegen der aufwendigen und zeitraubenden Verwaltungstätigkeit seinen Lehrverpflichtungen und der wissenschaftlichen Arbeit nachzukommen. Mit Zeuner waren gleichzeitig bedeutende Gelehrte an der Züricher Bildungsanstalt tätig, zu denen er freundschaftliche Beziehungen und eine enge Zusammenarbeit pflegte. Zu ihnen gehörten Rudolf Julius Emanuel Clausius (1822 bis 1888) und Franz Reuleaux (1829 bis 1905). Zu seinen Schülern gehörten so bedeutende Wissenschaftler wie Carl von Linde (1841 bis 1934) und Wilhelm Conrad Röntgen (1845 bis 1923).

Während seiner 16-jährigen Tätigkeit in Zürich – von 1855 bis 1871 – schuf Zeuner bedeutende Werke. Er führte theoretische Untersuchungen zur Dampfmaschinentechnik durch und bereitete die Mechanische Wärmetheorie für eine ingenieurmässige Anwendung

auf. Er kann zu Recht als Begründer der Technischen Thermodynamik angesehen werden. Er gehört mit zu den Ersten, die die enorme technische Bedeutung der physikalischen Aussage der Arbeiten von N. S. Carnot (1796 bis 1832), B. P. E. Clapeyron (1799 bis 1864), J. R. Mayer (1814 bis 1879), G. H. Hirn (1815 bis 1890), J. P. Joule (1818 bis 1889), W. J. Rankine (1820 bis 1872), H. von Helmholtz (1821 bis 1894), R. J. E. Clausius (1822 bis 1888) und W. Thomson (Lord Kelvin) (1824 bis 1907) für alle mit der Wärme im Zusammenhang stehenden Probleme des Maschinenbaues erkannt haben.

Diese Jahre seines Wirkens in Zürich stellen daher auch seine fruchtbarste Zeit dar. Bewusst über die völlig ihn erfüllenden Aufgaben entwickelte er ein so hervorragendes Leihrtalent, dass er bald zu den gefeiertsten Lehrern der jungen Hochschule gehörte. Mit unübertrefflicher Klarheit und Anschaulichkeit verstand er es, seinen Lehrstoff vorzutragen. Dies brachte ihm eine uneingeschränkte Anerkennung und Verehrung seiner Schüler ein.

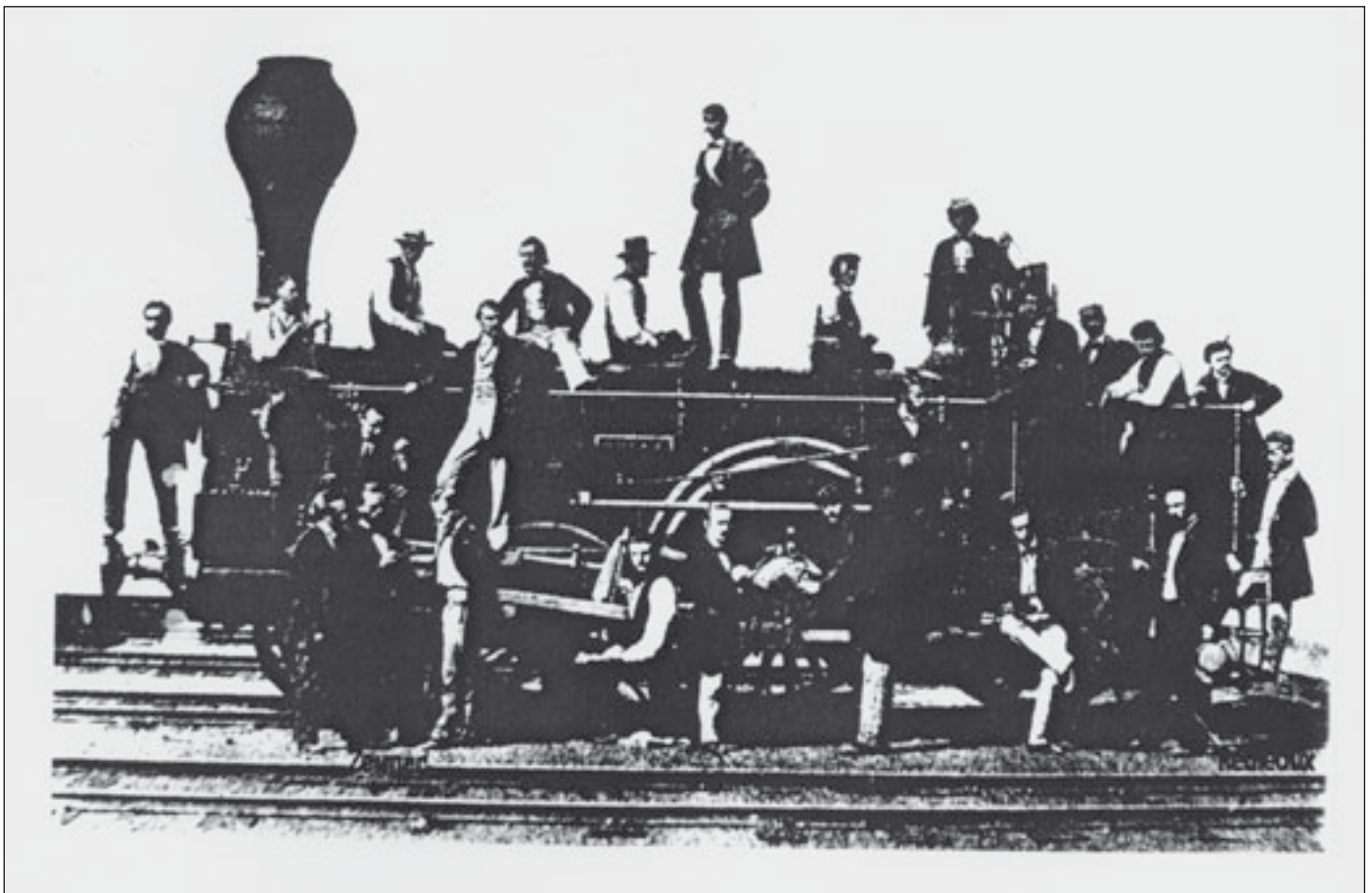


Abb. 2: Zeuner mit Schülern bei Versuchsdurchführungen an einer Dampflokomotive (Zeuner links im Bild).

Das Züricher Polytechnikum war unter dem Einfluss fortschrittlicher Kreise auf eine breitere Grundlage gestellt worden. Es wurde frühzeitig die Notwendigkeit erkannt, nicht nur die rein wissenschaftliche, sondern auch die allgemein menschliche Bildung der Studierenden zu fördern. Hierzu erwuchs auch der Wunsch, die Hochschule zu einer Bildungsstätte für Lehrer technischer Unterrichtsanstalten auszubauen. Das führte zur Errichtung einer selbstständigen mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung. Mit diesen organisatorischen Arbeiten fühlte sich Zeuner so verbunden, dass er verschiedene Rufe, so 1863 nach Karlsruhe als Nachfolger Redtenbachers, 1866 nach Wien, 1868 nach München und Aachen, ablehnte. Weiterhin schlug er 1871 ein ehrenvolles Angebot, als Dezernent für die gesamten technischen und gewerblichen Schulen Österreichs nach Wien zu kommen, aus.

Seiner nie erloschenen Sehnsucht nach der Heimat folgend, nahm er ein Angebot der sächsischen Regierung an, die Direktion und damit die Reorganisation der Bergakademie Freiberg zu leiten. Gleichzeitig wurde ihm der Lehrstuhl seines am 24. Februar verstorbenen Lehrers Julius Ludwig Weisbach übertragen. Bereits nach 1½-jähriger Tätigkeit wurde er als Professor für Mechanik und Theoretische Maschinenlehre und als ständiger Direktor an das Königliche Polytechnikum nach Dresden berufen. Im Jahre 1874 stellte er daher seine Vorlesungen an der Bergakademie Freiberg ein.

Um das Wahldirektorat einführen zu können, legte Zeuner im Jahre 1890 das Amt des Direktors der Technischen Hochschule nieder.

Er konnte sich nunmehr wieder seinen eigenen wissenschaftlichen Arbeiten zuwenden. 1893 beendete er die Vorlesungen über Technische Mechanik. Die Vorlesungen über Technische Thermodynamik führte er bis zur Aufgabe seines Lehramtes im Jahre 1897 weiter.

In voller Rüstigkeit konnte er seinen 70. Geburtstag 1898 und 1903 sein goldenes Doktorjubiläum erleben. Am 17. Oktober 1907 musste Zeuner sein inhaltsreiches Leben, ein Leben für die Wissenschaft und Technik und den gesellschaftlichen Fortschritt, beschliessen. Im Jahre 1930 wurde das erweiterte Hauptgebäude der mechanischen Abteilung nach ihm benannt, der Zeuner-Bau. Im Züricher Quartier Wipkingen sind auch die Zeunerstrasse und der Zeunersteig nach ihm benannt.

## 2. Zeuner als Wissenschaftler

Es soll nunmehr das besondere Augenmerk auf die bedeutenden Leistungen Zeuners auf dem Gebiet der Wissenschaft gerichtet werden.

Sein grösstes Verdienst und seinen bedeutenden Erfolg stellen seine wissenschaftlichen Schriften dar. Sie haben Zeuners Namen in der gesamten technischen Fachwelt des In- und Auslandes zu hohem Ansehen gebracht. Die ersten Arbeiten Zeuners liegen auf dem Gebiet der Hydraulik. Er schrieb in den Jahren 1854 bis 1858 über Turbinen, Wasserräder und Wasserausfluss. In der Wärmelehre hat Zeuner stets die der Hydraulik nahe stehenden Gebiete der strömenden Bewegung von Gasen und Dämpfen besonders gern und mit Erfolg gelehrt.

Mit den Schieber- und Kulissensteuerungen begann sich Zeuner 1856 zu beschäftigen. Nach der Veröffentlichung einiger Aufsätze erschien 1858 sein Buch über die Schiebersteuerungen, in dem er als Erster die grafische Behandlung der Schieberbewegung in erschöpfender und praktisch brauchbarer Weise durchgeführt hat. Vor der Veröffentlichung Zeuners war man mit dem Entwurf von Schiebersteuerungen auf mühsames Probieren angewiesen, wodurch jede Übersicht des Einflusses der einzelnen Elemente, besonders bei den verwickelten Kulissen- und Doppelschiebersteuerungen, verloren ging. Es war deshalb nicht verwunderlich, dass die «Zeunerschen Schieberdiagramme» rascheste Verbreitung fanden und bald zum unentbehrlichen Hilfsmittel des Konstrukteurs wurden. Sie ermöglichen leicht und schnell die Lösung steuerungstechnischer Aufgaben zu finden und erleichtern durch ihre ausserordentliche Übersichtlichkeit auch den Entwurf und die Beurteilung neuer Steuerungen.

Von den Arbeitsgebieten Zeuners ist am bedeutungsvollsten die Mechanische Wärmetheorie. Schon sehr früh hat Zeuner die grundlegenden Arbeiten von Carnot, Clausius, Clapeyron, W. Thomson, Rankine u. a. und die Versuche von Joule, Hirn und Regnault in sich aufgenommen und ihre grosse Bedeutung für die Maschinentechnik erkannt. Er hat u. a. seine Lebensaufgabe darin gesehen, den Maschineningenieuren die Gesetze der Mechanischen Wärmetheorie zu lehren.

Zeuners «Grundzüge der Mechanischen Wärmetheorie» oder «Technische Thermodynamik», wie das Buch in den späteren Auflagen bezeichnet wurde,

verdanken alle Ingenieure Deutschlands und über die Grenzen hinaus ihre Kenntnisse dieser Wissenschaft zur damaligen Zeit. Vor dem Erscheinen Zeuners Buch über Wärmetheorie im Jahre 1860 war die neue Lehre den Kreisen der Ingenieure fast völlig fremd.

Im Jahre 1866 erschien das Werk in der zweiten, fast auf den vierfachen Umfang angewachsenen Auflage. Diese Auflage dürfte wohl überhaupt den Höhepunkt von Zeuners wissenschaftlichem Schaffen bedeuten. 1890 konnte er die weitere Neubearbeitung unter dem Titel «Technische Thermodynamik» vollenden.

Der ausserordentliche Erfolg von Zeuners Wärmelehre ist nicht allein darin zu sehen, dass sie so sehr zur rechten Zeit erschienen und einem Bedürfnis entgegengekommen ist, sondern er ist ganz wesentlich durch die Art der Behandlung des Stoffes bedingt. Aus dem Grunde, dass Zeuner vor allem die wichtigsten Grundlagen und allgemeine Aufgaben behandelte, gelang es ihm, ein festes, bleibendes Fundament zu schaffen. Die Darstellungsweise des Buches verfolgt in jeder Beziehung den Zweck, in Ingenieurkreisen aufklärend zu wirken.

Der Schwerpunkt des Werkes und das Hauptverdienst Zeuners liegt in der klaren und für die Anwendung in der Technik höchst geeigneten Bearbeitung der Grundsätze der Wärmelehre. Die ausserordentlichen Schwierigkeiten, die hierbei in jener frühen Zeit vorlagen, z. B. bei der Einführung des «Zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik» und des «Entropiebegriffes», kann man heute kaum noch so recht ermessen. Zeuner unterstützte hier das Verständnis durch mechanische und technische Gleichnisse und verzichtete lieber auf volle Strenge als auf Klarheit. Er gründete seine Lehren stets auf die vorhandenen Versuchsergebnisse, die er in sorgfältiger Weise auswählte und bearbeitete.

Zeuner ging bei seinen thermodynamischen Untersuchungen stets von der Modellvorstellung eines dem betrachteten Geschehen angepassten reversiblen Prozesses aus, um ohne den störenden Einfluss von Nichtumkehrbarkeiten das Wesentliche zu erkennen. Auf diese Weise konnte er viele Prozesse untersuchen und dadurch die Kenntnisse über das thermodynamische Verhalten verschiedener thermischer Energie- und Arbeitsmaschinen erweitern.

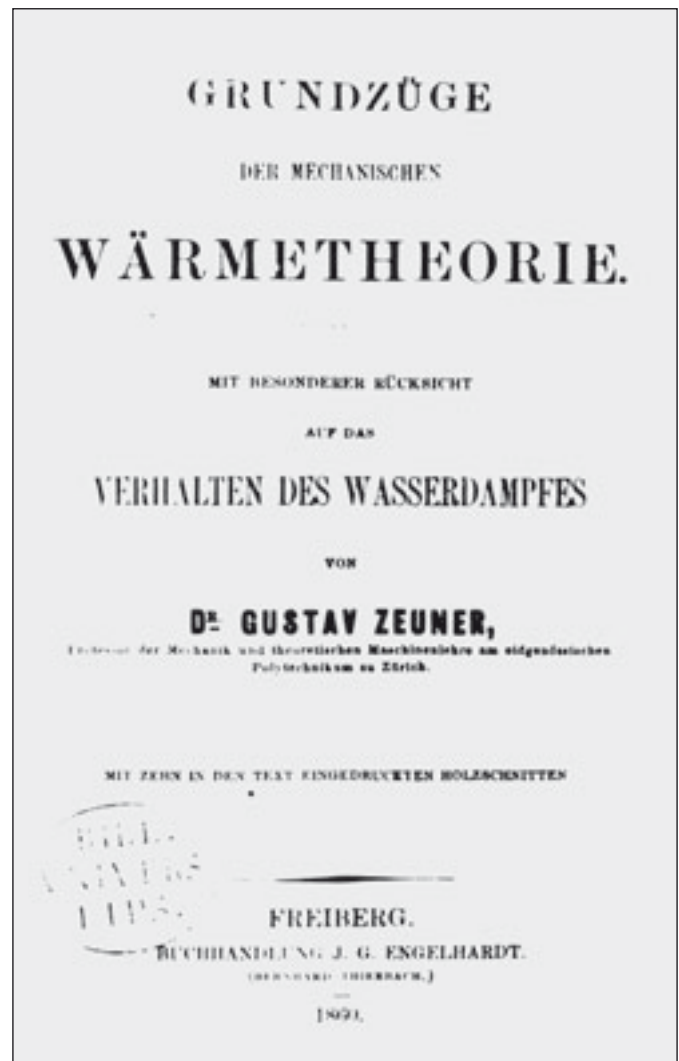


Abb. 3: Titelblatt zu dem von Zeuner geschaffenen ersten Lehrbuch der Technischen Wärmelehre.

Zur Kennzeichnung des vielseitigen Wirkens auf wissenschaftlichem Gebiet ist noch ein Komplex seiner Arbeiten zu nennen, für den Zeuner stets grosse Neigung hatte. Es ist das Gebiet des Versicherungswesens und die Statistik. Zeuner war wohl der Erste, der an einer Hochschule über diesen Gegenstand Vorträge gehalten hat, und zwar in den ersten Jahren seiner Züricher Tätigkeit. Hier erschien sein Buch «Abhandlungen aus der mathematischen Statistik». Er kann somit unter die Begründer dieser Wissenschaft eingereicht werden.

### 3. Zeuner als Lehrer

Zu Zeuners pädagogisch-erzieherischen Fähigkeiten ist zu bemerken, dass er der geborene Professor war. Er konnte mit unübertrefflicher Klarheit und An-



---

schaulichkeit ein wissenschaftliches Problem allseitig entwickeln. In sehr eleganter und knapper Form behandelte er die mathematischen Zusammenhänge. Sehr lebhaft und beweglich erläuterte er in seinem Vortrag die anstehenden Gesetzmässigkeiten und zeigte entsprechende Lösungswege auf. Bei der Behandlung des Stoffes schien alles sehr einfach und verständlich, und man fand, dass die Schwierigkeiten nicht mehr vorhanden wären. Seine Schüler folgten mit Begeisterung seinen Ausführungen, vor allem wenn er über eigene Forschungsergebnisse berichtete.

Genau wie in seinen Veröffentlichungen zeichnete sich Zeuner in den Vorlesungen durch eine einfache und klare Sprache aus. In der Regel waren seine mathematischen Ableitungen kurz und setzten keine zu hohen Ansprüche an die Vorkenntnisse der Studierenden. Er arbeitete an der Tafel mit bis ins Detail durchdachten, sehr präzise gezeichneten Schaubildern und Diagrammen, man denke in diesem Zusammenhang nur an seine bekannten «Zeuner-Diagramme», und legte sehr viel Wert auf schematische Darstellungen zur Erläuterung der ablaufenden Vorgänge in den Maschinen- bzw. Anlagensystemen.

Bei der Vermittlung des Wissens liess er sich stets von den durch die Praxis gewonnenen Ergebnissen leiten und gewann damit eine hohe Anerkennung und ein grosses Vertrauen bei seinen kritischen Hörern. Für sein gesamtes wissenschaftliches Schaffen war es eine kennzeichnende Grundhaltung, sich sowohl für die Erziehung junger Menschen als auch für die Weiterentwicklung der von ihm vertretenen technischen Fachdisziplinen tatkräftig einzusetzen.

Man kann mit Fug und Recht sagen, dass seine Position zum Wahrheitsgehalt der Wissenschaft und die von ihm eingesetzten Methoden und Techniken zur Wissensvermittlung bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt ihre Gültigkeit besitzen. Seine ausgewogene, wissenschaftlich fundierte und überzeugend dargebotene Vorlesung zeugt von einer hohen Effektivität seiner Lehrmethoden, wobei noch besonders hervorzuheben ist, dass Zeuner mit der Autorität seiner ganzen Person hinter seiner Vorlesung stand und sich voll mit deren Inhalt identifizierte. Das trug natürlich wesentlich zur Stimulierung der Studierenden bei.

#### **4. Zeuner als Organisator**

Zeuners hervorragende Fähigkeiten als Organisator sollen durch sein besonderes Wirken an der Berg-

akademie Freiberg und am Polytechnikum in Dresden beleuchtet werden. Am 24. Februar 1871 starb Julius Ludwig Weisbach. Die Bergakademie verlor nicht nur den Professor für so wichtige Fachdisziplinen wie Mechanik, Maschinenkunde und Markscheidekunde, sondern eine Persönlichkeit, deren Name das hohe Ansehen der Hochschule verkörperte.

Der Tod Julius Ludwig Weisbachs in der damaligen Situation, so bedauerlich dieser Anlass war, bedeutete für die Hochschule und vor allem die vorgesetzte Behörde organisatorische Veränderungen.

Der für die Bergakademie zuständige Referent im Finanzministerium, Geheimrat Freiesleben, wendete sich in einem Schreiben am 28. März 1871 an Zeuner und bot ihm die Nachfolge Weisbachs und gleichzeitig die Direktion der Bergakademie an. Zeuner wirkte damals seit 16 Jahren am Eidgenössischen Polytechnikum in Zürich.

Während einer geplanten Reise nach Sachsen zwischen dem 5. und 15. April 1871 verschaffte sich Zeuner in Unterredungen an der Bergakademie Freiberg Klarheit über die Situation. Unmittelbar nach seiner Rückkehr nach Zürich gab Zeuner in einem Schreiben vom 17. April 1871 seine schriftliche Zustimmung, die Berufung an die Bergakademie anzunehmen. Er stellte hierbei Bedingungen, u. a. eine so wichtige, dass er als Direktor freie Hand für unumgängliche Reorganisationsmassnahmen erhalte und entsprechende Mittel zur Verfügung gestellt würden. Zeuner wurden die entsprechenden bzw. notwendigen Vollmachten für seine Reformpläne zugesichert. Am 13. Mai 1871 erhielt er das Anstellungsschreiben an die Bergakademie Freiberg und damit die Professur für Mechanik und Bergmaschinenlehre sowie gleichzeitig die Stellung eines Direktors und den Titel eines Geheimen Bergrates. Von ihm wurde nach Amtsantritt sofort Gustav Kreischer als Professor für Bergbaukunde und Aufbereitung eingesetzt. Damit kam ein Vertreter des Steinkohlebergbaues an die Bergakademie und verschaffte dieser Fachdisziplin entsprechende Geltung. Um eine sichere Grundlage für sein Reformprogramm zu finden, beschäftigte er sich ausser seiner Lehr- und Verwaltungstätigkeit zusätzlich intensiv mit dem Studium der Akten und Statistiken aus den letzten Jahrzehnten. Zeuner war sich der Tragweite seines Vorhabens voll bewusst und führte demzufolge seine Arbeiten mit der ihm eigenen Gründlichkeit und hoher Intensität durch.



---

Am 13. April 1872 legte Zeuner einen umfangreichen Bericht über die Reorganisation der Bergakademie vor, der für die Geschichte der Bergakademie Freiberg beispielgebend war.

Am 22. Mai 1872 wurde das von Zeuner entworfene Statut mit wenigen Änderungen bestätigt. In der Geschichte der Bergakademie war es erstmalig eine wirkliche selbstständige Verfassung. Die wichtigsten Bestandteile der Reorganisation waren folgende:

Es wurde die Disziplinarbehörde aufgehoben und durch den akademischen Senat ersetzt. Durch das Statut wurde die Gleichheit aller Studenten nach dem Prinzip der Studienfreiheit hergestellt. Die Unterscheidung in Stipendiaten und auf eigene Kosten Studierende entfiel. Unterschiede zwischen In- und Ausländern kamen prinzipiell in Wegfall. Es wurden die ausserordentlich hohen Kollegiengelder einheitlich auf 6 Mark jährlich pro Wochenstunde herabgesetzt. Mit diesen Massnahmen fielen entscheidende Hindernisse, die bisher vor allem den nicht aus Sachsen stammenden Deutschen den Besuch der Bergakademie erschwert hatten.

Die Professoren erhielten als Ausgleich für die Herabsetzung der Kollegiengelder eine Erhöhung ihrer festen Gehälter. Damit wurde eine langjährige Forderung der Mehrzahl des Kollegiums erfüllt. Die nur für Stipendiaten eingeführten Staatsexamen wurden durch Diplomprüfungen ersetzt, die nunmehr von allen Studenten abgelegt werden konnten.

Mit der Berufung von Adolf Ledebur im Jahre 1875 auf den neuen Lehrstuhl für Eisenhüttenkunde hatte Zeuner die notwendigen Voraussetzungen hierzu geschaffen. Die bis dahin vernachlässigte Eisenhüttenkunde an der Bergakademie gewann durch das Wirken Ledeburs zunehmend an Bedeutung. Das Freiburger Institut stand bald auf wissenschaftlichem Gebiet an führender Stelle in der Theorie des Eisenhüttenwesens.

Es war auch Zeuner, der u. a. den Mathematiker Heinrich Gretschel (1872), den Chemiker Clemens Winkler (1873), den Mechaniker und Maschinenkundler Hermann Undeutsch (1874) als seinen Nachfolger, den Geologen Alfred Stelzner (1884) und wie bereits erwähnt Adolf Ledebur (1875) als Professoren gewonnen hatte. Er hatte diese Neubesetzungen als Abschluss seines Reformwerkes bezeichnet. Im Zusammenhang mit der neuen Organisation der Bergakademie stellte er durch diese Persönlich-

keiten hervorragende Wissenschaftler in verantwortliche Funktionen ein und gab damit der neuen Reform gleichzeitig einen fundamentalen Inhalt für die Weiterführung der wissenschaftlichen Arbeiten in den verschiedenen montanistischen Fachdisziplinen. Durch seine eigene Arbeit und die klug gewählten Berufungsvorschläge hat Zeuner der Bergakademie einen grossen Nutzen gebracht. Damit nehmen die Reformen Zeuners in der Hochschulgeschichte einen besonderen Platz ein.

Auf Grund seiner wissenschaftlich-organisatorischen Fähigkeiten wurde Zeuner als ständiger Direktor und Professor für Mechanik und Theoretische Maschinenlehre an das Dresdner Polytechnikum 1873 berufen. Hier wurde 1874 unter Zeuners Leitung die Hochbauabteilung, ein Zweig für die Ausbildung auf dem Gebiete der Architektur, eingerichtet. Durch den Ausbau der theoretisch-technischen und konstruktiven Wissensgebiete setzte er sich tatkräftig für die Verbesserung der maschinenbautechnischen Ausbildung ein.

Zeuner forderte weiterhin die Einführung weiterer Lehrzweige in die bereits bestehenden Abteilungen zur Ausbildung von Mechanikern, Ingenieuren, Chemikern, von Lehrern der reinen und angewandten Mathematik, der Physik und Chemie, schliesslich eine Erweiterung des gesamten Lehrplanes durch Vermehrung der humanistischen Fächer in der allgemeinen wissenschaftlichen Abteilung. Hinzu kommt noch die Aufnahme eines entsprechenden Teiles der Wirtschafts- und Verwaltungswissenschaften und nicht zuletzt ein für den Techniker wichtigen Teil der Allgemeinen Rechtskunde. Zeuner wurde in seinen Bestrebungen durch die gleichen Anschauungen massgebender Persönlichkeiten Sachsens unterstützt.

Es ist Zeuner zu verdanken, dass im Jahre 1876 das Dresdner Polytechnikum dem Sächsischen Ministerium des Kultus und Unterrichts unterstellt wurde. Es erhielt ein neues Statut, eine neue Studienordnung und neue Studienpläne. Zeuner arbeitete das neue Statut der Technischen Hochschule aus. Das ermöglichte die Einführung des Wahlrektorates und schaffte die Voraussetzung zur Gleichstellung mit den Universitäten. Im Jahre 1890 trat Zeuner von seiner Stelle als ständiger Direktor des Polytechnikums zurück und übergab mit der Wahl des ersten Rektors die Leitung an Professor Ernst Hartig.

In Würdigung seiner hohen wissenschaftlichen Leistungen, seiner Lehrbefähigung sowie seiner Verwaltungstätigkeit erhielt Zeuner zahlreiche Ehrungen und Auszeichnungen des In- und Auslandes. Es seien erwähnt: Die Würde eines Ehrendoktors der Universität Bologna und der Technischen Hochschule Dresden, Mitglied des Kuratoriums der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (1887 bis 1898), die Mitgliedschaften der Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaft in Leipzig, der Academia di Lincei in Rom, der Königlichen Schwedischen Akademie in Stockholm, der Kaiserlichen Naturforschenden Gesellschaft in Moskau und der Kaiserlichen Leop. Carol. Deutschen Akademie

der Naturforscher, der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, des Technischen Vereins in Riga, die korrespondierenden Mitgliedschaften der Akademie der Wissenschaften in Paris, Mailand und Turin und des Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins, des Kaiserlich-Königlichen Technologischen Gewerbemuseums in Wien sowie ausserordentliches Mitglied der Königlich-Preussischen Akademie des Bauwesens und nicht zuletzt die Ehrenbürgerschaft der Städte Zürich und Freiberg. Weiterhin war Zeuner auch Ehrenmitglied des Vereins Deutscher Ingenieure (1872) und Inhaber der Grashof-Gedenkmünze (1895).



Abb. 4: Ehrenmitgliedschaft des technischen Vereins zu Riga.

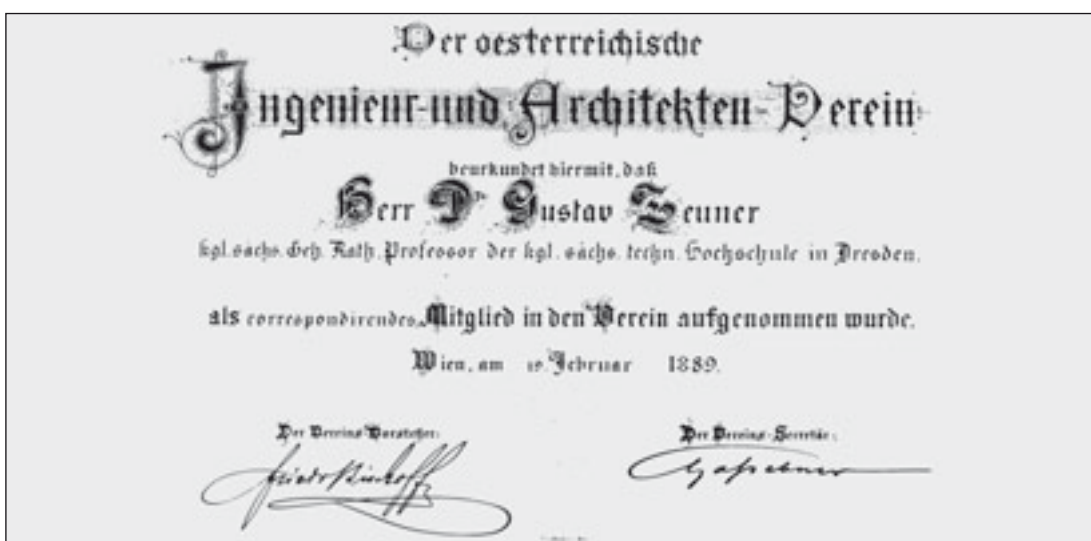


Abb. 5: Urkunde zum korrespondierenden Mitglied des Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins.



Abb. 6: Urkunde zur Ehrenmitgliedschaft des Vereins Deutscher Ingenieure.

## 5. Schlussbetrachtung

Es kann zusammengefasst festgestellt werden, dass Zeuner auf dem Gebiet der Technischen Mechanik und Thermodynamik, der Reformen und Organisation des technischen Ausbildungswesens grosse Leistungen vollbracht hat. Seine Bestrebungen in der damaligen Zeit waren stets darauf gerichtet, die als fortschrittlich anerkannten Strukturen und Inhalte im technischen Hochschulwesen mit Erfolg durchzusetzen.

Zeuners angewandte wissenschaftliche Arbeitsmethoden waren gekennzeichnet durch eine grundlegende Analyse der physikalischen Forschung, die zielgerichtete Vereinfachung komplizierter mathematischer Zusammenhänge durch eine praxisgerechte Anwendung der Ergebnisse, die vorausschauende Bearbeitung von Problemen für zukünftige technische Anwendungsfälle und nicht zuletzt

die schnelle Umsetzung der wissenschaftlich-technischen Ergebnisse in einer fachspezifischen Form, wobei die Verständlichkeit, Anschaulichkeit und Klarheit sowie Ausdrucksform wesentliche Merkmale seiner ihm eigenen Arbeitsweise darstellen.

Damit leistete Zeuner einen bedeutenden Beitrag zur Entwicklung der Technischen Wissenschaften und Einführung neuer Organisationsstrukturen und Bildungsinhalte. In seinem wissenschaftlichen Schaffen sind viele Elemente bzw. Grundzüge enthalten, die bis zum heutigen Tage für die Wissenschaftsentwicklung und das gesamte Bildungswesen an Technischen Hochschulen und Universitäten ihre Gültigkeit behalten haben.

Prof. Dr. Ing. habil. Gerd Grabow  
Technische Universität Bergakademie Freiberg  
Institut für Mechanik und Fluidodynamik

### Literatur:

Gerd Grabow: *Das Leben und Wirken von Gustav Anton Zeuner*. – Leipzig  
Dt. Verlag für Grundstoffindustrie, 1984. – (Freiberger Forschungshefte; D 160)

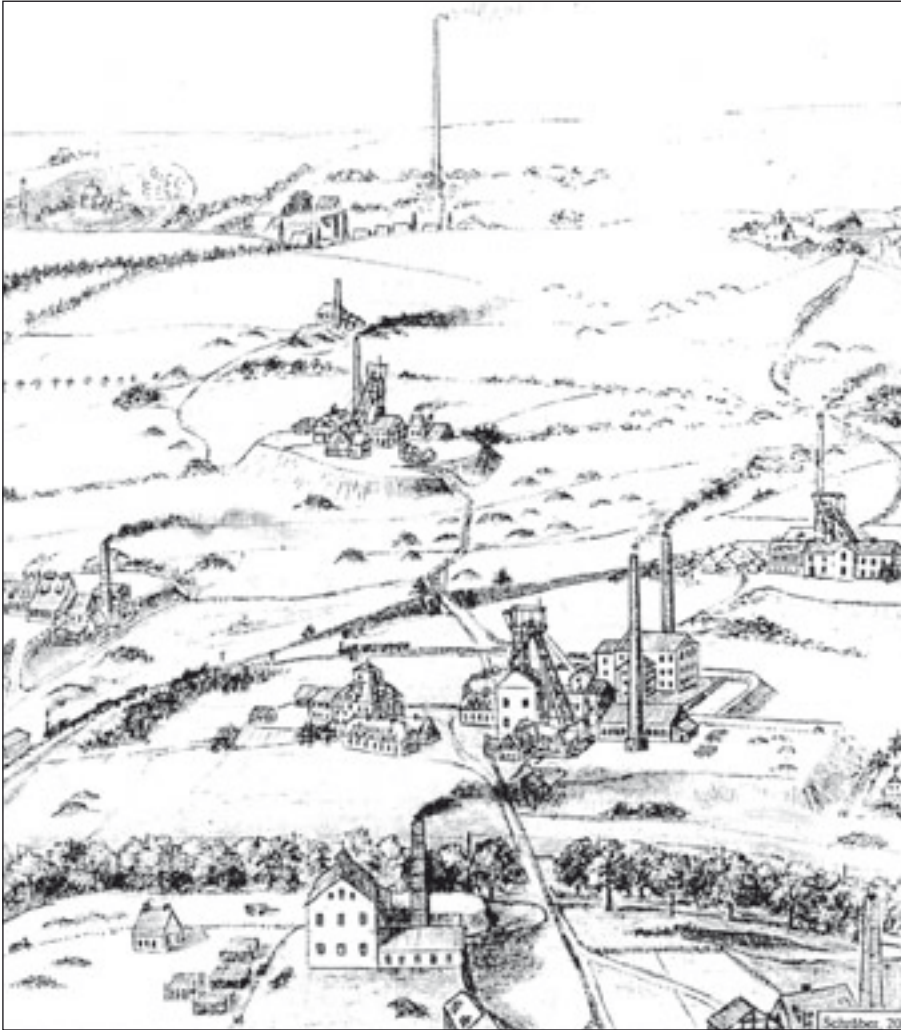
### Anschrift des Verfassers:

Gerd Grabow  
Prof. Dr. Ing. habil.  
Friedmar-Brendel-Weg 1A  
D-09599 Freiberg / Sachsen



# Auf den Spuren berühmter Namen in der Freiburger «Himmelfahrt Fundgrube»

Herbert Pforr, Freiberg / Sachsen



*Abb. 1: Die Tagesanlagen und Schachthalden der «Himmelfahrt Fundgrube» um 1900 nach D. Schröder 2006.*

*Von vorne nach hinten:  
Thurmboschacht; Abrahamschacht  
(Verwaltung der Himmelfahrt Fund-  
grube); Alte Elisabeth und David-  
schacht, dazwischen Bahnlinie  
Halsbrücke.  
Reiche Zeche; dahinter Korbschacht  
in Tuttendorf; 7. und 8. Lichtloch  
des Rothsönberger Stollns; Hals-  
brücke mit Hüttenwerk und Hober  
Esse sowie Hoffnungschacht von  
Ober-Neugeschrei.*

Das grosse Freiburger Erzrevier war vom 12. bis zum 20. Jahrhundert zur Gewinnung von Silber und Buntmetallen in Betrieb. Ein noch zugängiges Bergwerk und zahlreiche erhaltene Technische Denkmale bieten heute die Möglichkeit, wichtige Etappen der 800-jährigen Montangeschichte nachzuerleben. Mit den derzeitigen Bemühungen um Anerkennung der «Montan- und Kulturlandschaft Erzgebirge» als Weltkulturerbe soll auch die geschichtliche Bedeutung des Freiburger Reviers untermauert werden.

Dazu gehören als Schwerpunkt auch Sachzeugen aus der Freiburger «Himmelfahrt Fundgrube», die zugleich einen Bezug zu berühmten Namen der Montangeschichte haben. Der Kernbereich dieses im 19. Jahrhundert grössten sächsischen Erzbergwerks wird seit dem Jahre 1919 durch die TU Bergakademie Freiberg für Lehre und Forschung und seit einigen Jahren auch als Besucherbergwerk für den Bildungstourismus durch einen Förderverein genutzt.



Dieses Bergwerk gilt wegen seiner Attraktivität und Einmaligkeit als «Perle des sächsischen Erzbergbaus». Man kann den Gangerzbergbau kaum woanders so praxisnah kennen lernen wie hier! Zu den übertägigen geschichtlichen Superlativen gehören die letzte Wattsche Dampfmaschine von 1848, die letzte Betstube und verschiedene historische Bergbaumaschinen wie Wassersäulenmaschine, Zylindergebläse, Fahrkunst, Kunstgezeug und die älteste europäische Gesteinsbohrmaschine für hartes Gestein.

Um wirtschaftlich bestehen zu können, waren über die Jahrhunderte hinweg viele Neuerungen und Erfindungen notwendig. Dass solche herausragenden Leistungen oftmals auch mit klangvollen Namen der Freiburger und sächsischen Geschichte, ja überhaupt der Montangeschichte in Verbindung stehen, sei an Beispielen aus unterschiedlichen Gebieten gezeigt.



Abb. 2: Kehrrad aus dem 19. Jahrhundert am Abrahamschacht, Zeichnung H. Wirth.



Abb. 3: Die wichtigsten Stollen des Freiburger Erzreviers, Zeichnung H. Pforr.

## Beispiele für technische Neuerungen im Freiburger Erzbergbau

- (1) Erstmalige Nutzung von erzgebirgischem Flusswasser als Antriebsenergie für Wasserpumpen zum Heben des Grundwassers aus den untertägigen Arbeitsräumen sowie für die Schachtförderung. Das dazu seit dem 16. Jahrhundert geschaffene Wasserenergiesystem im Osterzgebirge mit Kunstgräben, Kunstteichen, Wasserkraftmaschinen und Wasserstollen wurde vor allem im 19. Jahrhundert weiterentwickelt. Beispielsweise wurden die Maschinen nicht mehr aus Holz, sondern aus Eisen gebaut, um den Wirkungsgrad und die Lebensdauer zu erhöhen.
- (2) Verbesserung der Dampfmaschine durch neue Konstruktionsprinzipien.
- (3) Bau der ersten sächsischen Eisenbahn nach dem Vorbild aus England und Einführung der über- und untertägigen Pferdeeisenbahnen im Revier.
- (4) Einführung der «neuen Markscheidekunst» unter Verwendung des Theodolits beim Bau des «Rothschönberger Stollns» mit einer Gesamtlänge von 50 km.
- (5) Entwicklung der Schumannschen Gesteinsbohrmaschine, der ersten brauchbaren Druckluftbohrmaschine Europas für hartes Gestein.
- (6) Erstmalige Anwendung von «Schiessen aus dem Ganzen» als neuartige Streckenvortriebsmethode mittels Bohren und Sprengen.

Durch die besondere Form einer Gangerzlagerstätte entsteht der Zwang, in immer grössere Tiefen vorzudringen. Diese Problematik erforderte spätestens im 16. Jahrhundert technische Neuerungen zum Weiterbestehen des Freiburger Silber- und Buntmetallbergbaus. Die Anfänge dieser Entwicklung findet man in Georgius Agricolas berühmten Werk «De re metallica» (1556) beschrieben und abgebildet. Dazu gehören das Kehrrad und das Kunstgezeug als Frühform von wasserbetriebener Förder- und Pumptechnik. Im Freiburger Bergbau hatte man in der Agricola-Zeit bereits Tiefen von 400 m erreicht. Später musste man sich auf 600 bis 800 m einstellen. Dadurch war auch das Interesse am Bau von immer tieferen wasserabführenden Stollen bedingt. Für die Stollen brauchte man möglichst tief gelegene Flusstäler. Die aber fand man nur in grosser Entfernung, zum Beispiel das Elbtal bei Meissen oder Dresden in etwa 30 km. Wegen der mit der Stollenlänge ansteigenden Herstellungskosten hat man den tiefsten Freiburger Stolln, den «Rothschönberger Stolln» erst Mitte 19. Jahrhundert gebaut.





Abb. 5: Generalbergkommissar v. Heynitz in sächsischer Paradekleidung, nach Graff 1768.

### Generalbergkommissar FRIEDRICH ANTON VON HEYNITZ (1725 – 1802)

Von Heynitz ist im sächsischen und preussischen Montanwesen bekannt als hervorragender Fachmann und Organisator eines landesweit aufblühenden Bergbaus. In Sachsen musste der Bergbau nach dem verheerenden Siebenjährigen Krieg wieder aufgebaut werden. Auf Initiative von Heynitz wurde 1765 die Bergakademie Freiberg als damals weltweit neuartiger Hochschultyp gegründet. Zu den vielen technischen Neuerungen gehörte die Verbesserung der Technologie beim Vortrieb von Strecken in hartem Gestein. Dazu liess Heynitz im Jahre 1767 in der Grube «Alte Elisabeth» Versuche mit dem «Schiessen aus dem Ganzen» durchführen, mit denen eine Leistungssteigerung beim Vortrieb um 50 Prozent erzielt wurde. Man betrachtete diese neuartige Methode des Mehrlochsprengens bereits damals als epochemachend, und sie gehört noch heute zum Standard bei Vortriebsarbeiten. Man dokumentierte die Versuchsergebnisse mit aufwendigen in den Fels gemeisselten sogenannten Schiesstafeln.

Namentlich wird auf einer Tafel ausser Heynitz auch dem Berghauptmann KARL EUGEN PABST VON OHAIN gedankt. Er galt um 1760 als der bedeutendste Mineraloge Sachsens, bei dem auch Abraham Gottlob Werner lernte. Heynitz und Pabst waren Schüler von JOHANN FRIEDRICH HENCKEL, der als Wegbereiter der 1765 gegründeten Bergakademie Freiberg bekannt ist. Unter Henckels Regie gab es bereits die «Kleine Bergakademie».

Heynitz hat als preussischer Minister später auch auf den beruflichen Weg ALEXANDER VON HUMBOLDTs eingewirkt. Humboldt war 1791/92 «Zögling der Bergakademie Freiberg», auch Praktikant und Forscher in der «Himmelfahrt Fundgrube». Berühmt wurde er als einer der bedeutendsten europäischen Naturforscher des 19. Jahrhunderts. In Freiberg hat er Spuren hinterlassen, so durch erste Versuche zur Geothermie und zur Erdumdrehung. Auf dem Wernerplatz erinnert ein Denkmal an ihn. Humboldt wohnte als Student im Haus Weingasse 2 (Gedenktafel).

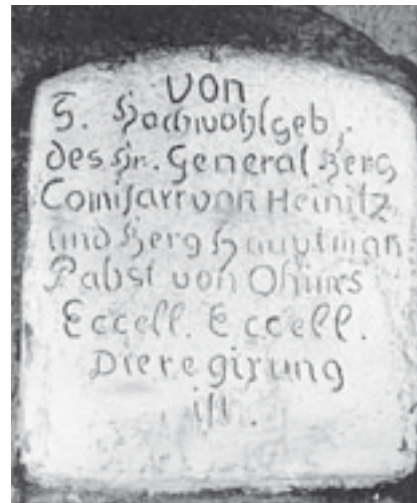


Abb. 5a: Mit der Gedenktafel wird an das 1767 erstmalig angewandte «Schiessen aus dem Ganzen» erinnert, das unter Leitung von Generalbergkommissar v. Heynitz und Berghauptmann Pabst v. Ohain stand, Foto Medienzentrums der TU Bergakademie Freiberg.



Abb. 6: Alexander von Humboldt im Alter von 27 Jahren, nach Krausse 1796.



### **Oberberghauptmann SIEGMUND AUGUST WOLFGANG FREIHERR VON HERDER (1776 – 1838)**

August von Herder war durch seinen Patenonkel Johann Wolfgang von Goethe zum Bergbaustudium an die Bergakademie Freiberg gekommen und blieb im sächsischen Bergbau. Zuletzt war er als Oberberghauptmann Chef des Sächsischen Oberbergamts mit Sitz in Freiberg. Zu seinen Verdiensten gehört das 1825 vorgelegte Projekt zum Bau des tiefsten Freiburger Wasserlösungsstollens. Mit diesem sollte die Kapazität der wasserbetriebenen Pump- und Schachtfördertechnik im Bergbauvervier erhöht werden und zugleich die Zukunft des Freiburger Erzbergbaus abgesichert werden. Herders Plan wurde 1844 bis 1877 als Grossprojekt von europäischem Rang realisiert und erhielt den Namen «Rothschönberger Stolln». Die Trasse dieses Stollens verläuft in 230 Metern Tiefe zwischen Schacht «Reiche Zeche» und «Herders Ruhe». Hier hat Herder als «Der Knappen treuester Freund» ein eindrucksvolles neogotisches Grabmal in einer Schachthalde hoch über der Stadt Freiberg erhalten. Herders Name steht auch für «Bergbauromantik», «Bergbaukultur» und «Bergparaden». Herder hat die bis heute gepflegten Traditionen entscheidend gefördert.

Auch das Schwarzenberg-Gebläse am Schacht «Alte Elisabeth» (vgl. Beitrag im «BK» 109 dazu) erinnert an Herders Wirken, denn es wurde 1830 als Hüttengebläse für die auf Betreiben Herders geschaffene Antonshütte bei Schwarzenberg von Brendel konstruiert. Als komplett aus Eisen gefertigtes Zylindergebläse ist es heute ein wertvoller Sachzeuge des frühen sächsischen Maschinenbaus.

### **Maschinendirektor CHRISTIAN FRIEDRICH BRENDEL (1776 – 1861)**

Brendel hat als Kunstmeister und Maschinendirektor beim Sächsischen Oberbergamt bedeutende Neuerungen in der maschinentechnischen Ausstattung des sächsischen Montanwesens initiiert und eingeführt. Dazu zählen in Freiberg die konstruktiv verbesserten und leistungsfähigeren «Wassersäulenmaschinen», der Bau von Pumpen mit höherem Wirkungsgrad und von verbesserten Wattschen Dampfmaschinen. Die enge Verbindung zwischen Freiberg und England kommt auch dadurch zum Ausdruck, dass der Erfinder der Dampfmaschine James Watt seinen Sohn 1787 bis 1789 zum Studium an die Bergakademie Freiberg schickte. Als Ergebnis einer längeren Studienreise durch England brachte Brendel die Idee der Eisenbahnen mit nach Freiberg. So wurde bereits 1829 die erste Eisenbahnlinie Sachsens im Freiburger Bergbau mit bestem wirtschaftlichen Erfolg in Betrieb genommen. Damit schuf Brendel eine Pilotanlage für die 1837 fertig gestellte erste deutsche Fernbahnlinie Dresden – Leipzig. An Brendels Neuerungen erinnern zahlreiche Sachzeugen, so der Bahndamm bei der «Zugspitze», die Dampfmaschine von 1848 sowie ein «Drucksatz», eine Wassersäulenmaschine und das «Schwarzenberg-Gebläse» am Schacht «Alte Elisabeth». Untertage findet man ebenfalls Spuren von Brendels progressivem Wirken, so am Hoffnungsschacht die kunstvolle Grubenmauerung oder die Kehrradstube und eine Maschinenkammer der Wassersäulenmaschine von 1847 am Schacht «Reiche Zeche». Bren-



*Abb. 7: Der sächsische Oberberghauptmann Freiherr von Herder. Erinnerungsmedaille zur Inbetriebnahme der Antonshütte bei Schwarzenberg im Jahre 1831 (siehe Schwarzenberg-Gebläse).*



*Abb. 7a: Der letzte Maschinenbau-Beamte des Sächsischen Oberbergamtes Christian Friedrich Brendel (1776–1861).*



del war beim Sächsischen Oberbergamt der führende Maschinentechniker des sächsischen Berg- und Hüttenwesens. Er hat mit seinen Konstruktionen und Gutachten den deutschen Maschinenbau des 19. Jahrhunderts mitbestimmt. Nach 1817 übernahm er an der Bergakademie die Vorlesungen über Maschinentechnik. In der Modellsammlung der TU Bergakademie Freiberg existiert noch ein Modell einer von Brendel konstruierten Dampfmaschine, die auch in englischen Fachzeitschriften beachtet wurde.

#### **Professor JULIUS WEISBACH (1806 – 1871)**

Weisbach wurde erstes Ehrenmitglied des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) (vgl. Beitrag Prof. Grabow, im «BK» 109). Er gilt als führender Wissenschaftler des Maschinenwesens und als Mitbegründer der «Technischen Mechanik». Spuren seines Wirkens findet man mit der ältesten Gesteinsbohrmaschine für hartes Gestein am Schacht «Alte Elisabeth». Dieser Maschinentyp erbrachte beim Vortrieb des Rothschönberger Stollns die 6-fache Vortriebsleistung und 50 Prozent Kosteneinsparung. Am Schacht «Reiche Zeche» entdeckt man in der Sammlung markscheiderischer Instrumente des Instituts für Markscheidewesen und Geodäsie der Bergakademie den von Weisbach erstmals im Bergbau der Welt zum Einsatz gebrachten Grubentheodoliten. Mit diesem optischen Vermessungsinstrument wurde in den 1860er-Jahren die Grundlage für die bis heute weltweit angewandte «Neue Markscheidekunst» geschaffen. Anlass hierfür war die sehr anspruchsvolle Vermessungsaufgabe beim Bau des Rothschönberger Stollns, der zu den Meisterwerken der bergbaulichen Ingenieurkunst gehört. Im Gegenortbetrieb wurde dieser 29 km lange Stollen von 19 Ansatzpunkten aus in einer Tiefe von 150 bis 280 m aufgefahren. Mit der herkömmlichen Messmethode mittels Kompass und Gradbogen war man der Aufgabe nicht mehr gewachsen. Der Rothschönberger Stolln erfüllt bis heute wichtige Funktionen. Ein Hauptzugang ist der Schacht «Reiche Zeche». Die einst genutzte Gesamtlänge betrug 50 km. Hingewiesen sei auf das vom Institut für Maschinenbau der TU Bergakademie Freiberg betreute «Weisbach-Museum» mit einer Sammlung von hydraulischen Messgeräten und Apparaten. In der Strömungsmechanik hat man nach dem vielseitig erfolgreichen Akademieprofessor eine Einheit für den Strömungswiderstand «Milli-Weisbach» benannt.

#### **Professor JOHANN EDUARD HEUCHLER (1801 – 1879)**

Heuchler war Professor für Bau- und Zeichenkunst an der Bergakademie Freiberg und hat auch als Architekt und Denkmalpfleger Spuren hinterlassen. Sein Geburts- und Wohnhaus ist der «Dunkelhof» in der Kreuzgasse 7. Auf Heuchler gehen beispielsweise der Umbau des Gründungsgebäudes der Bergakademie in der Akademiestrasse 6, das Freiburger Bahnhofsgebäude sowie die Entwürfe für das Schweden-Denkmal, das Werner-Denkmal und «Herders Ruhe» zurück. Weit über Freibergs Grenzen bekannt geblieben sind seine drei veröffentlichten Bildwerke. Darin sind 82

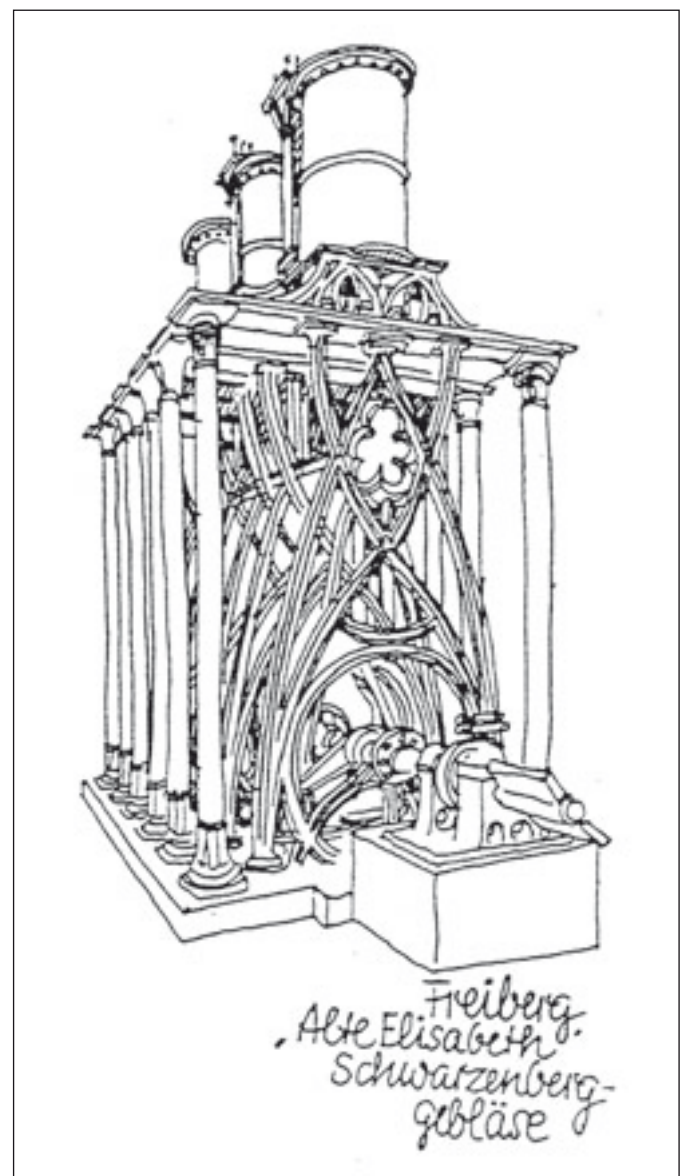


Abb. 8: Das Schwarzenberg-Gebläse, ein gusseisernes Hüttengebläse von 1830, Zeichnung M. Wagner.

anschauliche Zeichnungen enthalten, die eine einmalige Bilddokumentation über das Freiburger Berg- und Hüttenwesen darstellen. Fast alle damaligen Arbeitsmethoden und Technologien sind als Motiv erfasst. Bei etwa einem Viertel der Zeichnungen hat er die Motive in der «Himmelfahrt Fundgrube» gefunden. Dieses stadtnahe gelegene Bergwerk gehörte im 19. Jahrhundert zu den technisch und wirtschaftlich führenden Freiburger Unternehmen des Silberbergbaus.

#### Adresse des Autors:

Dr. Herbert Pforr  
Friedeburger Strasse 8c  
D-09599 Freiberg/Sachsen

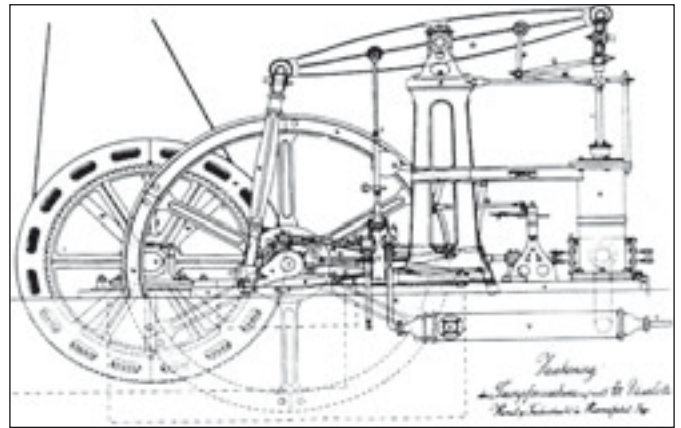


Abb. 9: Am Schacht «Alte Elisabeth» existiert die letzte Dampfmaschine des sächsischen Erzbergbaus. Historische Maschinenzeichnung von 1848.

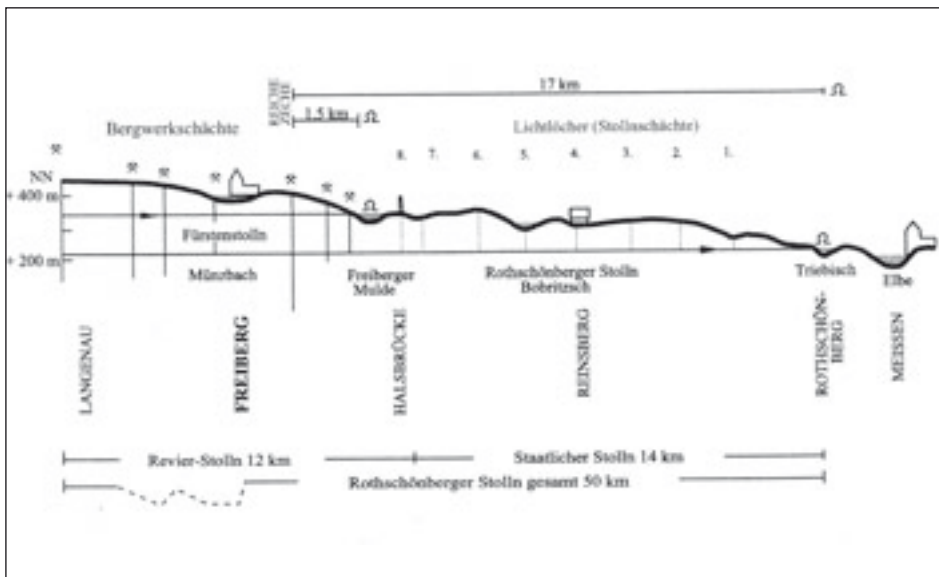


Abb. 10: Schematischer Schnitt durch den Rothschnöberger Stollen, bei dessen Bau (1844–1877) durch Professor Julius Weisbach die «Neue Markscheidekunst» eingeführt wurde, Zeichnung H. Pforr.



Abb. 11: Eine 1857 veröffentlichte Zeichnung von Professor Eduard Heuchler zeigt die Pferdeeisenbahn der Himmelfahrt Fundgrube an der Erzrolle des Abrahamschachtes.



---

# Gewerkschaft – ein Name mit Tradition

Konrad Fünfgelder, Peissenberg

Ein Beitrag zur Geschichte der bergrechtlichen Gewerkschaft in Bayern unter besonderer Berücksichtigung des oberbayerischen Pechkohle-Bergbaus.

Wenn im allgemeinen Sprachgebrauch unter Peissenberger Bergleuten die Rede auf Gewerkschaft kommt, dann verbinden sie mit diesem Wort in erster Linie den «Deutschen Gewerkschaftsbund» mit seinen Einzelgewerkschaften, beispielsweise die «IG Bergbau und Energie» oder «IG Metall», als die ihre Interessen vertretende Arbeitnehmerorganisation. Sie haben allenfalls noch einen Firmennamen in Erinnerung – «Gewerkschaft Eisenhütte Westfalia Lünen», denn die von dieser Firma hergestellten «Hobel», «Panzer» oder «Ausbaugestelle» waren ja im täglichen beruflichen Umgang vertraute Gegenstände.

Damit kommen wir der «Gewerkschaft», die hier näher erläutert werden soll, etwas näher. Wer sich mit der Geschichte des staatlichen Kohlenbergbaus am Hohen Peissenberg etwas näher befasst, wird zwangsläufig auf eine im Jahre 1796 gegründete «Oberländische Steinkohlengewerkschaft», die im Tobiasstollen kurze Zeit Abbau betrieb (die Gewerkschaft wurde 1806 wieder aufgelöst), aber auch auf die Vorgänge des Jahres 1859 stossen. Damals war beabsichtigt, wegen des allgemein unwirtschaftlichen Staatsbetriebes das Risiko der Kohलगewinnung wieder privaten Interessen zu überlassen. «Die Heranziehung von Privatkapital sollte nach den Vorschlägen der General-Bergwerks- und Salinen-Administration im Wege der Vergewerkschaftung durchgeführt werden».<sup>1</sup>

Auch in der Geschichte des nichtstaatlichen Kohlenbergbaus von Hausham, Miesbach und Penzberg durch die «Oberbayerische Aktiengesellschaft für Kohlenbergbau» sind als Besitzvorgängerinnen «Gewerkschaften» bekannt, wie beispielsweise die «Miesbacher» und «Tölzer» Steinkohlengewerkschaften. Die «Steinkohlengrube Gottesgnade» bei Murnau oder die «Steinkohlengrube Oberkammerloh» bei

Waakirchen waren zeitweilig «vergewerkschaftet». Eine «Tegernseer Gewerkschaft» ist namentlich bekannt.

Was hat es also mit einer Gewerkschaft in diesem Sinn so auf sich?

Der Begriff «Gewerkschaft» steht hier jeweils für die Rechtsform der bergrechtlichen Gewerkschaft, der speziellen Gesellschaftsform des Bergbaus schlechthin. Sie hat eine lange geschichtliche Entwicklung, ist aus mittelalterlichem Gewohnheitsrecht hervorgegangen und kann als Vorläuferin der heute bekanntesten Form der Kapital-Gesellschaft, der Aktiengesellschaft, gelten. Das Wort selbst ist wohl von «Werke» (latiniert *werkus*) gleichbedeutend mit «wirken», «werken» abzuleiten und kann bis in die Zeit der Tridentiner Bergrechtsurkunden zu Anfang des 13. Jahrhunderts zurückverfolgt werden.<sup>2</sup>

Die Entstehung der Gewerkschaft ist so zu erklären, dass zu Zeiten, «als die Bergwerksbaue mit dem Auftreten beträchtlicher Schwierigkeiten durch Wasserzuflüsse oder grosse Teufen nicht mehr von einzelnen Bergleuten, den «Eigenlehnern», betrieben werden konnten, diese gezwungen waren, sich zu «Gewerkschaften» als einer Art Genossenschaft zusammenzuschliessen, die den gemeinsamen Betrieb eines Bergwerkes zum Ziele hatten». Ursprünglich waren die Gewerken mitarbeitende Bergleute, später überwogen dann mehr und mehr die nur noch Kapital zuschliessenden Gewerken als Montanunternehmer. Das für den Beginn des staatlichen Kohlenbergbaus am Hohen Peissenberg 1837 massgebende Bergrecht war die Bergordnung des kurfürstlichen Herzogtums Bayern und der oberen Pfalz von 1784.<sup>3</sup> Ein aus dieser Zeit stammendes Exemplar dieser Bergordnung können Sie im Bergbaumuseum Peissenberg sehen. Diese Bergordnung ging vom Vorhandensein der Gewerkschaften aus, denn sie erwähnt an vielen Stellen die Gewerkschaften.



Nach Artikel 7 entstand eine Gewerkschaft von selbst, wenn der Bergbau von mehreren Eigentümern gemeinschaftlich betrieben wurde, ohne dass vertragsmässig eine andere Rechtsform gewählt wurde. Nach dieser Bergordnung des kurfürstlichen Herzogtums Bayern und der oberen Pfalz von 1784 soll jedes bestätigte Lehen nicht mehr als vier ganze Schichten zu 32 Teilen oder Kuxen, mithin in allem 32 Stämme oder 128 Bergteile haben. Zu diesen kommen noch vier Freikuxe, wovon nach den gleichzeitig mit dem Inkrafttreten der Bergordnung erklärten «Bergfreiheiten» der erste der Kirche und Schule, der zweite dem Grundherrn, der dritte dem Grunduntertan oder Gutsbesitzer, auf dessen Grund hauptsächlich gebaut wird, und der vierte dem Gerichtsherrn, der sonst die niedere Gerichtsbarkeit darauf hatte, zuzuschreiben waren. «Also besteht eine ganze Zeche mit diesen 4 Freikuxen auf 132 Kuxen oder Bergteilen, nach welchen die Ausbeute zu schliessen sind; die Zubussen aber hingegen sollen nur nach 128 Bergteilen angelegt werden.» Weitere Regelungen waren aber damals nicht vorgesehen.

Erst mit Inkrafttreten des «neuen» bayerischen Berggesetzes am 1. Juli 1869 entstanden umfangreiche Bestimmungen «von den Rechtsverhältnissen der Mitbeteiligten eines Bergwerkes». <sup>4</sup> Für Bayern galten diese Bestimmungen bis zum Erlass des Bundesberggesetzes im Jahre 1980 fort.

Das Berggesetz unterschied zwischen den Gewerkschaften «älteren Rechts», die bereits bestanden haben, und denen «neuen Rechts». Aufgrund von Übergangsbestimmungen konnten beide Rechtsformen nebeneinander bestehen, allerdings konnte die «älteren Rechts» in eine solche «neuen Rechts» umgewandelt werden.

Die bergrechtliche Gewerkschaft ist die auf die besonderen wirtschaftlichen und rechtlichen Belange des Bergbaus zugeschnittene Gesellschaftsform. Voraussetzung für die Entstehung war, dass ein Bergwerkseigentum zu Grunde lag. Sie benötigte zwar kein Grund- oder Stammkapital, aber die für den Betrieb erforderlichen Geldmittel mussten durch sogenannte «Zubussen» von den einzelnen Gewerken – ausgenommen die Freikuxe – geleistet werden. Andererseits wurden die erwirtschafteten Gewinne mit «Ausbeute» bezeichnet.

Im Harz war es schöner Brauch, dass sich diejenigen Gruben, die in Ausbeute waren, das heisst einen Ge-

winn erwirtschafteten, mit so genannten Ausbeute-fahnen schmücken durften. <sup>5</sup>

Im Gegensatz zur Gewerkschaft älteren Rechts, die keine eigene Rechtsfähigkeit besass, aber deren gemeinschaftliches Eigentum zu unbegrenzter Haftung der Gewerken verpflichtete, besass nun die Gewerkschaft neuen Rechts eine eigene Rechtspersönlichkeit; sie war juristische Person wie eine Aktiengesellschaft. Die Anteile, auch Kuxe <sup>6</sup> genannt, waren «beweglich» und konnten wie Aktien verkauft werden, wenn beispielsweise die zu leistende Zubusse die Finanzkraft des Gewerken überstieg.

Die Beteiligung an einer Gewerkschaft ist rein persönlicher Art. Deshalb lautete der Kux stets auf den Namen des Beteiligten und nicht wie die im Allgemeinen anonyme Aktie gewöhnlich nur auf den Inhaber. Der Anteil hat im Gegensatz zur Aktie keinen Nennwert, sondern bedeutete immer nur einen bestimmten Bruchteil, je nach Anzahl der Kuxe. Bei der Gewerkschaft älteren Rechts war die Zahl auf 128 (bzw. 132 unter Einbeziehung von 4 Freikuxen) beschränkt, bei der Gewerkschaft neueren Rechts waren es 100 oder 1000 (Freikuxe wurden nicht mehr neu zugeteilt).

Die Geschäfte der Gewerkschaft und damit die Betriebsführung eines Bergwerksbetriebes lagen in den Händen eines Grubenvorstandes. Er wurde durch die Gewerkenversammlung bestellt. Dabei richtete sich, wie bei einer Aktiengesellschaft, das Stimmrecht des einzelnen Gewerken nach der Anzahl seiner Kuxe. Über sämtliche Mitglieder einer Gewerkschaft und deren Kuxe wurde ein Verzeichnis, das Gewerkenbuch, beim jeweils zuständigen Bergamt geführt. Der Name der Gewerkschaft entsprach normalerweise dem Namen des zugrunde liegenden Bergwerks. Auf Verlangen konnte jedem Gewerken ein Anteilschein, der Kuxschein, ausgestellt werden.

«Der Kuxschein ist also die dem Gewerken ausgestellte Bescheinigung, dass er als Eigentümer der darin angegebenen Anzahl von Kuxen im Gewerkenbuch eingetragen ist.» <sup>7</sup>

Leider ist der Gesetzgeber bei der Einführung des Bundesberggesetzes zum 13. 8. 1980 <sup>8</sup> der Ansicht gewesen, die Gewerkschaft als Gesellschaftsform der besonderen Verhältnisse früherer Jahre entspreche nicht mehr dem heutigen modernen Wirtschaftsleben. Er bestand darauf, sie abzuschaffen. Ursprünglich lief eine Umwandlungsfrist in andere Gesellschafts-

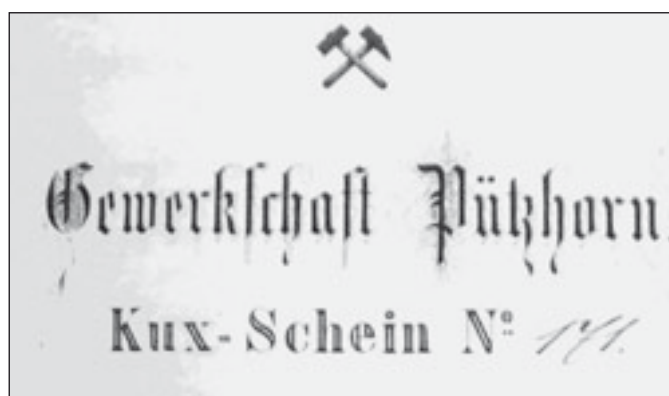
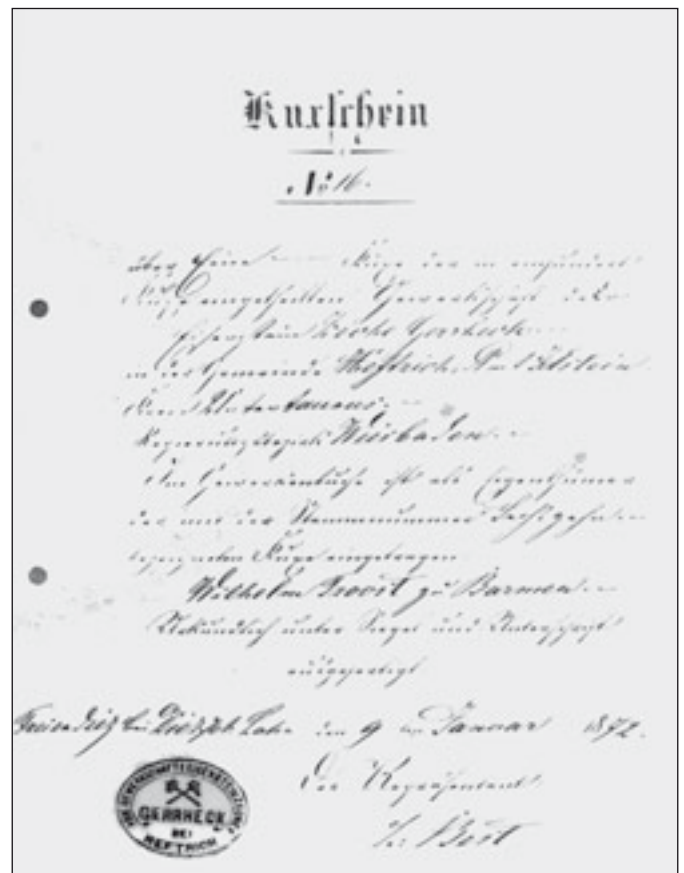
formen bis zum 1. Januar 1986. Durch zweimaligen Aufschub aufgrund eines Rettungsversuches durch die Wirtschaftsvereinigung Bergbau wurde gesetzlich geregelt, dass die Umwandlungsfrist bis 1. Januar 1994 läuft.<sup>9</sup> Das bedeutet, dass nach diesem Zeitpunkt wieder ein Stück Bergbautradition dem Zeitgeist geopfert worden ist.

#### Adresse des Autors:

Konrad Fünfgelder, Bergassessor  
Thalackerstrasse 44  
D-82380 Peissenberg

#### Quellen:

- <sup>1</sup> In «Hundert Jahre Kohlenbergwerk Peißenberg». BHS AG, 1937, S. 17
- <sup>2</sup> Bei H. Veith: «Deutsches Bergwörterbuch», Breslau. 1872, S. 239–241
- <sup>3</sup> «Bergordnung für das Herzogtum Baiern, die obere Pfalz und die Landgrafschaft Leuchtenberg» vom 6. 5. 1784
- <sup>4</sup> Bayerisches Berggesetz vom 20. 3. 1869, vierter Titel
- <sup>5</sup> Bei H. Dennert: «Oberharzer Ausbeutefahren», Leobener Grüne Hefte, Bd. 147, 1973
- <sup>6</sup> Deutsches Bergwörterbuch S. 311: «Kux ist ein Lehnwort aus dem böhmischen «kus» «kusek» und bedeutet soviel wie Anteil, Teil, Teilchen, das lateinische «cuccus» kommt bereits in einer Urkunde von 1327 vor»
- <sup>7</sup> So bei P. Kromrey: «Die Übertragung, Belastung und Pfändung von Kuxen nach preußischem Bergrecht». Berlin, 1906, S. 12, und Miesbach-Engelhardt, «Bergrecht», Kommentar Berlin 1962 S. 247
- <sup>8</sup> Bundesberggesetz vom 13. 8. 1980, BGBI. 1 S. 1310
- <sup>9</sup> H. Weller: «Erneute Verlängerung der Umwandlungsfrist für bergrechtliche Gewerkschaften», Glückauf, Bd. 125 (1989), S. 309.



# Der Bergaltar in der Kirche St. Annen zu Annaberg – ein authentisches Zeugnis des sächsischen Bergbaus im 16. Jahrhundert

von Hans J. W. Kutzer, Windach

*Der Annaberger Bergaltar in 4 Bildtafeln.*



Abb. 1.3



Abb. 1.1

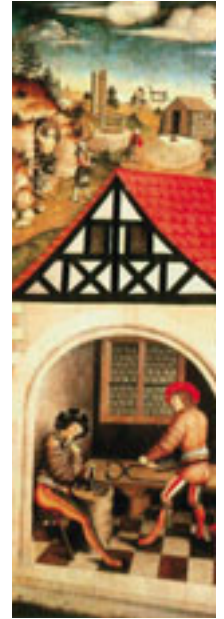


Abb. 1.4



Abb. 1.2

Der vom Maler Hans Hesse erschaffene Annaberger Bergaltar ist der bemerkenswerteste unter den fünf von den Annaberger Berufsständen und Innungen zwischen 1515 und 1522 gestifteten Altären – dem Berg-, Haupt-, Münzer-, Bäcker- und dem Altar der einflussreichen Bergwerkseigner-Familie Pflock – in der berühmten, dreischiffigen spätgotischen Hallenkirche St. Annen, der grössten Sachsens und dem Wahrzeichen der Stadt Annaberg (Abb. 2, 2.1).

Der Bergaltar befindet sich im nördlichen Neben-

chor auf der Rückseite des aus Holz geschnitzten gotischen Wandelaltars aus der Werkstatt des Freiburger Meisters Philipp Kochs und wurde 1521 von der Annaberger Bergknappschaft, die den Maler Hans Hesse damit beauftragt hatte, gestiftet.

Die aus heimischem Gneis, besonders innen aufwendig errichtete monumentale St.-Annen-Kirche kündigt noch heute vom einstigen Reichtum und Wohlstand der alten Bergstadt Annaberg, aus den reichen Funden silberhaltigen Erzes am Schreckenberg.



Drei Jahre nach der Stadtgründung 1497 von St. Annaberg und ein Jahr nach der Errichtung des ersten hölzernen Kirchleins St. Annen beschlossen die Bürger der Stadt, die Holzkirche durch einen repräsentativeren Steinbau zu ersetzen, dessen Grundsteinlegung im April 1499 in Anwesenheit des Bischofs von Meissen, Johann von Schleinitz, des Kurfürsten Herzog Georg, seiner Brüder Heinrich und Friedrich sowie des Stadtpfarrers von Annaberg Dr. Philipp Pfennig erfolgte. Das neue Gotteshaus wurde um die alte hölzerne Kirche herum gebaut und Letztere 1512 mit dem Beginn des Baus der Pfeiler und Gewölbe abgerissen. Der Bau der Kirche wurde 1525 und der des achteckigen Turms 1532 vollendet. Der Hauptaltar stammt von dem bedeutenden spätgotischen Augsburger Bildhauer Adolf Dauscher, vollendet 1525, und weist auf die starken Bindungen zu den Augsburger Fuggern hin, die am erzgebirgischen Bergbau in grösserem Masse beteiligt waren.

im Bergbau während des ersten Drittels des 17. Jahrhunderts in Erscheinung.



Abb. 2.1: Die Kirche St. Annen heute.



Abb. 2: Die spätbarocke, dreischiffige Kirche St. Annen (Lithografie von Carl Wilhelm Arldt, ca.1840).

Noch zur beginnenden Reformation (1539) wurden in den höffigen Bergbaugebieten die speziellen Heiligen der Bergleute wie Daniel, der Prophet des Alten Testaments, der zu den 14 Nothelfern gehörige heilige Wolfgang, St. Anna und der heilige Nicolaus als «Reichmacher» verehrt. Demgegenüber tritt die heilige Barbara als Schutzheilige der Berg-, Hüttenleute und Artilleristen erst mit der Erfindung und Anwendung des Schwarzpulvers als Sprengmittel (Sprengsalpeter)

Beim Eintritt in das von aussen trutzig-wehrhaft wirkende Kirchengebäude durch das «Schöne Tor», geschaffen vom Bildhauer Hans Witten (Schöpfer der berühmten Tulpenkanzel im Freiburger Dom), empfangen den Betrachter unerwartet die weichen Formen des sich von der Gotik bereits zur Frührenaissance hinwendenden farbigen Schlingrippengewölbes von Jakob Heilmann aus Schweinfurt (Abb. 4). Bemerkenswert ist auch die in der Mitte des Hauptschiffs stehende Kanzel von Franz Maidburg mit dem vital wirkenden, den Schlägel und das Eisen führenden Bergmann, samt Gezähe und Ölfrosch am Aufgang (Abb. 5, 6). Leider wurden bei der Renovierung Teile des «Gezähes», die besser natural und eisern geblieben wären, kitschig vergoldet.



Abb. 3: Eingang durch die «Schöne Tür».



Über den Maler Hans Hesse, der, nach seinem Malstil zu urteilen, seine Ausbildung als Maler vermutlich im fränkisch-nürnbergischen Raum erhalten haben dürfte, ist nur sehr wenig bekannt. Zu Anfang des 16. Jahrhunderts sollte er in Zwickau eine Bildermalei-Werkstatt unterhalten haben, von wo aus er 1510 nach Annaberg und später nach Buchholz zog. Sein bekanntestes Werk sind die vorstehend dargestellten und im Folgenden aus der Sichtweise eines Montanisten interpretierten vier Tafeln des Annaberger Bergaltars, auf welchem in allen Einzelheiten der Betrieb eines Bergwerkes am Annaberger Schreckenberg, von der Mutung bis zur Prägung der Silbermünzen aus dem zum Edelmetall verhütteten Erz, samt vielen Werkzeugen und montanen Gerätschaften dargestellt sind.



Abb. 4: Schlingrippengewölbe St. Annen.

Damit lag noch vor Erscheinen der berühmten, besonders auch bildlichen Darstellung des gesamten Berg- und Hüttenwesens in «De re metallica – Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen» 1556 durch Georgius Agricola und dem Schwazer Bergbuch, ebenfalls aus dem Jahre 1556, eine öffentlich sichtbare umfangreiche Dokumentation des Bergwesens und der Edelmetallgewinnung vor, deren Aufzeichnungen so authentisch sind, dass dem Maler zwangsläufig eine umfangreiche Kenntnis des sächsischen Bergbaus im 16. Jahrhundert zugebilligt werden muss.

Der dargestellte Bilder-Reigen geht auf die im Buch Daniel 2, 31 – 35 des Alten Testaments beschriebene Geschichte, worin Daniel dem König Nebukadne-

zar eine Traumvision deutet, zurück und die daraus entstandene Sage vom Bergmann Knappius über das Aufspüren von Erzen und deren Abbau.



Abb. 5: Schlägel und Eisen führender Bergmann am Ausgang zur Kanzel.



Abb. 5.1: Bergmann mit vergoldetem Gezähe nach der Restauration.

Die vier Altarbildertafeln gliedern sich in eine grosse Hauptbildtafel (Abb. 1.1) mit den rein bergmännischen Motiven der Erzgewinnung, in zwei Seitenbildtafeln, von denen die linke (Abb. 1.3) im Wesentlichen die Verhüttung des Erzes zum Edelmetall und die rechte (Abb. 1.4) die Verarbeitung des gewonnenen Edelmetalls zur Münzprägung, sowie die Bildtafel (Abb. 1.2) unter dem Hauptbild die Aufbereitung der Erze durch Waschen und Trennen des Haltigen vom tauben Gestein, der Gangart, aufzeigen.

Auf die Einzelheiten der wesentlichen Bild- und Sach-elemente, die z. T. aus den vier Altarbildtafeln heraus vergrössert worden sind, wird im nachfolgenden Text weiter eingegangen. Dabei sind die jeweiligen Positionen in Stunden des Uhrzeigers zwischen 00 Uhr und 11 Uhr angegeben.

Mit der getrennten Darstellung der Bildtafelinhalte, besonders in ihrem Vordergrund sind die bedeutendsten Fachgebiete des Montanwesens, im Mittelpunkt die bergmännische Gewinnung des Erzes, darunter die Aufbereitung und Anreicherung des Erzes, die Verhüttung des silberhaltigen Bleierz (Galenit) im Schachtofen sowie die Silbergewinnung durch Kupellation im Treibofen und schliesslich die Verwertung des erschmolzenen Edelmetalls Silber durch die den Bilderreigen abschliessende Prägung der Silbermünzen als Zahlungsmittel in ihre der menschlichen Intelligenz unterworfenen Fakultäten einer noch nachhaltigen Wertung in Arbeit und deren Wert durch den Maler Hans Hesse symbolisiert worden: zu einem Altarbild in einer christlichen Kirche, in dem jeder Mitwirkende und am gesamten Gewerk Beteiligte, farbenprächtig in seinem Berufsstolz und seiner Würde verbildlicht, seinen Platz gefunden hat.

Es ist eine gesellschaftliche Darstellung aller Aktiven an einer das menschliche Können und Wirken versinnbildlichenden, Werte schaffenden Wirtschaft, wie sie in der spätbarocken Zeit – allenfalls in verherrlichenden Darstellungen kriegerischer Ereignisse – kaum anzutreffen ist. Eingeleitet durch den das Lehen vergebenden Landesherren und die das Lehen nehmenden sowie die Ausbeute (Gewinn) teilenden Knappen, Berg, und Hüttenleute samt den für den Lebens- bzw. Landesherrn tätigen Münzern.

Aus der Kleidung sind die Ordnungen und auch die Privilegien (bergrechtlichen Regalien) der am Gewerk Beteiligten zu erkennen sowie auch die auf den Verstoß gegen die Regeln des Bergrechts folgenden Strafen, wie der dem genauen Beobachter nicht entgehende Galgen mit dem abgeurteilten Delinquenten im Dunste des Horizontes (Abb. 1.1.14).

### Die Hauptbildtafel 1.1

Im linken oberen Bildteil (11 Uhr) ist ein mächtiger (bedeutsamer) Baum dargestellt, darauf zu steigen dem Knappen – als dem vom Engel Auserwählten im roten Gewand – mit Hilfe einer Fahrt (Leiter) geboten wird, wo ein weiterer Engel ihm den (gemuteten) rei-

chen Bergsegen verheisst, wenn er, wie dann geschehen, bei den Wurzeln der Silbertanne graben und einen Neuschurf anlegen wird (Abb. 1.1.1 und 1.1.2). Die Bedeutung von Engel und Bergmann für einen «reichen Bergsegen» ist heute noch in der Erzgebirgischen Kunst, besonders zur Adventszeit offenbar, verewigt.



Abb. 1.1.1: Den Neuschurfweisender Engel.



Abb. 1.1.2: Erzfundweisender Engel.

Der Knappe «KNAPPIUS» beginnt bei dem Baum, einer Silbertanne (als Zeigerpflanze!), in dem zugewiesenen Geviert, seines roten Gewandes entledigt, mit Keilhaue und Kratze zu graben (Abb. 1.1.3), und, wie im rechten oberen Bildteil (00 – 01 Uhr) dargestellt, einen Schacht abzuteufen sowie mit Fahrten (Leitern) zu erschliessen. Gegen die Wetter-Unbilde wird er durch ein Schacht- oder Huthaus (Abb. 1.1.4)



geschützt, um die Erzvorkommen (Erzadern) untertage weiter anzufahren, zu verfolgen und hereinzugewinnen.



Abb. 1.1.3: Knappius mit Keilhaue und Kratze.



Abb. 1.1.4: Pferdegöpel, Schacht-Huthäuser.

Das Erz wird danach per Haspel (Abb. 1.1.5) oder aus dem horizontal angelegten Stollen per Schubkarre durch den Karrenläufer (Abb. 1.1.6), oder mit dem über dem Kopf getragenen Erztrog aus dem Schacht oder Stollen zutage gefördert (05 – 08 Uhr), und das taube Begleitgestein (Gangart) mit der Schubkarre auf die Halde (02 Uhr) gekippt (Bild 1.1.7). Die Knappen sind alle gleich gekleidet, mit heller Kapuze und dem schwarzen, tief ausgeschweiften Arschleder zum Schutze gegen die rauen scharfkantigen, gelösten Steine und das Gestein in Stollen und Schacht (Abb. 1.1.5, 1.1.6 und 1.1.7). In

der Bildmitte ist der einfahrende Knappe auf der Fahrt mit dem Geleucht eines Ölfrosches (Öllampe) (Abb. 1.1.8) am Hut bzw. auf der Kapuze dargestellt, womit der Maler Hans Hesse das für den Bergmann wichtigste Lebenselement, das Licht (Grubenlicht, Geleucht), verbindet.



Abb. 1.1.5: Haspeler beim Fördern des Erzes im Erzkübel zutage.



Abb. 1.1.6: Erzträger und Karrenläufer zur Erzwäsche.

Dahinter sind ein Schachthaus mit Haspel über dem Schacht und noch weiter im Hintergrund zwei Schacht- bzw. Huthäuser mit Pferdegöpel (Abb. 1.1.4) zum Antrieb von Förderhaspeln, Wasserlöschungskünsten (Pumpen) und weiteren (untertägigen) Gerätschaften durch mechanische Übertragungen zu erkennen.





Abb. 1.1.7: *Karrenläufer mit taubem Gestein auf Halde.*



Abb. 1.1.8: *Einfahrender Bergmann mit Frosch (Geleucht).*



Abb. 1.1.9: *Erzschlepper mit geleertem Hund.*

Rechts (04 Uhr) zieht der Knappe einen leeren Hund an einer ledernen Zugschlinge über der rechten Schulter (Abb. 1.1.9). Links (08 – 09 Uhr) ist ein ausfahrender Bergmann mit seinem noch brennenden Geleucht des Ölfrosches (Abb. 1.1.10) zu erkennen. Im Vordergrund rechts (04 – 06 Uhr) fördern zwei Haspeler mit Arschleder das Erz im Erzkübel zutage (Abb. 1.1.5) und auf der Scheidebank (06 Uhr) trennt ein Knappe mit dem Scheideisen das Erz grob von der Gangart (taubes Begleitgestein) (Abb. 1.1.11). Das händische Trennen von Erz und taubem Gestein wird auch durch eine Erzwäscherin mit Sieb (Abb. 1.1.12) über einem Waschtrog (09 Uhr) dargestellt.



Abb. 1.1.10: *Ausfahrender Bergmann mit Froschlampe.*



Abb. 1.1.11: *Erzklopfer.*

Nach der groben Trennung gelangt das vom Erzklopfer (Abb. 1.1.11) sortierte, schon grob aufbereitete bleiglanz- bzw. silberhaltige Erz mit dem Schubkarren in die Erzaufbereitung zur Erzwäsche auf den Wascherden (Bildtafel 1.2) unter dem Hauptbild, 06 Uhr.



Abb. 1.1.12: Erzwäscherin.

Unterhalb 00 Uhr ragt ein vierflügeliges senkrechtes Gebilde aus Holz aus dem Schacht (Abb. 1.1.13), durch das aus jeder Richtung, von welcher der Wind kommen kann, die Frischluft über einen der Hohlflügel geleitet, in den sogenannten Wetterschacht untertage eingeführt werden kann. – Die Erfindung eines Bergmanns «von der Feder», ein Konstrukteur, der die menschliche Arbeit erleichternden und unterstützenden mechanischen Künste – bis in die jüngste Zeit.

Kaum zu erkennen am fernen Horizont der Galgenberg mit einem am Galgen hängenden Delinquenten (Abb. 1.1.14), der wohl gegen die geltende Ordnung (Bergregal, Bergordnung) verstossen haben wird, die gerade dort, wo ein reicher Bergsegen an Edelmetall durch mühevollen Arbeit gewonnen wird, diejenigen unerbittlich bestraft, die ohne jegliche Mühsal unberechtigt an diesen Segen gelangen wollten.



Abb. 1.1.13: Bergmann mit Erztrog am Wetterschacht.

Im unteren linken Bildtafelteil zwischen dem Erztrog-Träger und dem Schubkarrenläufer mit dem vom tauben Gestein vorgeschiedenen Erz – schliesslich eine besondere Würde, Wohlhabenheit, aber auch Nachdenklichkeit ausstrahlende Person (Abb. 1.1.15) mit der Axt des Schachtzimmerers respektabel die Wehrhaftigkeit des bergmännischen Berufsstandes (in späteren Bergaufzügen als Barthe) symbolisierend, edlem Hut und vornehmem grünen Gewand. Sie ist kaum den aktiven Bergleuten im Bilder-Reigen zuzuordnen, sondern eher der Berg-Gerichtsbarkeit, mit nachdenklich wachsamem, beaufsichtigendem Gesichtsausdruck. Stellt die Person den Bergrichter oder Bergmeister als Bergbeamter des Kurfürsten dar, oder hat sich der Maler Hans Hesse, wie manch anderer Künstler, in seinem Werk als Zeitzeuge selbst ein bildliches Denkmal gesetzt?

Dies aus dem 400 Jahre alten Bild zu interpretieren, möge jeder Betrachter vor Ort und je nach seinen persönlichen Eindrücken, selbst beurteilen. Dem Autor dieses Beitrages sei dazu am Schluss eine eigene «Schlussbetrachtung» erlaubt.



Abb. 1.1.14: Pferdegöpel vorne, Abgeurteilter am Galgen hinten.



Abb. 1.1.15: Zeitzeuge dargestellt als Bergrichter.



## Die untere Bildtafel 1.2

In der unteren Bildtafel (1.2) des Bergaltars ist die Erzaufbereitung des vom Erzklopfer zerkleinerten Erzes vermittels Waschherd und Kiste sowie die weitere Feinaufbereitung des von taubem Gestein vorgewaschenen Erzes vermittels Sieb und mit Wasser gefülltem Waschtrog, in das das Sieb immer wieder eingetaucht wird, dargestellt durch eine resolute und hübsche Erz-Wäscherin bei der körperlich schweren Arbeit (Abb. 1.2.2).



Abb. 1.2.1: Abtrennen des haltigen Erzkonzentrats mit der Kiste auf Waschherden.

Ein «Novum» in der montanen zeitgenössischen Malerei, welche alles andere als die Verherrlichung der Frauenarbeit in einem Bergwerk darstellen durfte. Mit einem Schieber aus Holz (der sogenannten Kiste) wird das Erz durch zwei «Bergleute vom Leder» über den geneigten Waschherd (Abb. 1.2.1) gezogen und durch sorgfältiges Rühren über die Herdrillen verteilt, worüber sich das Wasser aus dem Bergbach, das über ein offenes hölzernes Gerinne auf die Waschherde geführt wird, ergiesst, das spezifisch leichtere taube Gesteinsmehl in den Bach spült, und das bleisilberhaltige schwere Erzkonzentrat, den sogenannten Schliech, in quer zur Abflussrichtung angeordneten Rillen, oder Leisten und Vertiefungen auf dem Waschherd zurückhält.



Abb. 1.2.2: Anmutige Erzwäscherin.

## Die linke Bildtafel 1.3

Neben der oben links gezeigten Vermessung eines Berglehens im 16. Jahrhundert durch die Erlaubnis des Lehensherrn (Bergvogt, Bergrichter) vermittels Weitwurf mit der Axt die Ausmasse des erworbenen Schürfrechts aus der Bergfreiheit, d. h. frei zu bestimmen (Abb. 1.3.1) und ungehindert – gemäss dem Freiburger Bergregal von 1241 – zu schürfen, darunter einem Truhensäuer (Abb. 1.3.2), der das taube Gestein aus der Bergtruhe (Hund) auf die Halde kippt, ist der Transport des aufbereiteten gewaschenen Erzes (Schliech) mit Ross und einachsigen «geländegängigen» Wagen zur Schmelzhütte sowie die Einrichtung derselben mit einem Bleischachtofen und einem Treibherd in Bildtafel 1.3 (Abb. 1.3.4, 1.3.5 und 1.3.6) dargestellt. Unweit der Hütte befinden sich in Bildmitte (03 Uhr) die offenen Röststadel (Abb. 1.3.3) zum Abrösten des Sulfidschwefels aus dem Bleiglanz und davor Holz zum Schüren und Erhitzen des Röstgutes.



Abb. 1.3.1: Lebensvermessung durch Weitwurf mit der Axt (Stempelhacke).



Abb. 1.3.2: Truhensäuer bei Abwurf des tauben Gesteins auf die Halde.





*Abb. 1.3.3: Röststadel zum Abrösten des Sulfidschwefels aus dem silberhaltigen Bleierz.*



*Abb. 1.3.4: Schmelzer an Bleischachtofen und Treibherd.*



*Abb. 1.3.5: Begichten des Schachtofens mit Erz und Holzkohle; Rohbleiabstich unten.*



*Abb. 1.3.6: Schmelzer vor Treibherd mit abgetriebener Bleiglätte (ganz rechts).*

In den Schachtofen unten links (07 Uhr) wird das geröstete Erz im Erztrog (unten bei 06 Uhr) und Holzkohlen mit Erzbegichtungskörben (Abb. 1.3.5) eingefüllt. Unten fließt das reduzierte flüssige Metall – silberhaltiges Rohblei – durch das Abstichloch in eine runde Form. Rechts daneben (Abb. 1.3.6) ist ein Schmelzer beim Treibprozess des Rohbleis, wobei das Rohblei fraktioniert oxidiert wird, und durch die ganz rechts (03 – 04 Uhr) gerade noch angedeutete Glättgasse, über die das oxidierte Blei als Bleioxid (Glätte) durch Volumenverdrängung mittels Dampf aus feuchten, in die Schmelze geschobenen grünen Hölzern (Pohlen) abgetrieben wird, so lange, bis mitten auf dem Treibherd das sogenannte Blicksilber «blickt», und abgeschöpft werden kann. Zwischen den Manipulationen des Schmelzers wird das mittels Drehkran zu schwenkende Gewölbe immer wieder aufgesetzt, um giftige Bleioxiddämpfe ab- und die Schmelzwärme zurückzuhalten. Die bleichen, ernsten Gesichter der Schmelzer vermitteln einen Eindruck von der gesundheitsgefährdenden, schweren körperlichen Tätigkeit der Blei-Silber-Schmelzer.



*Abb. 1.4.1: Bergknappe bei Schlängel- und Eisenarbeit.*



*Abb. 1.4.2: Hutmann, Grubenaufseher mit Stempelhacke.*



*Abb. 1.4.3: Knappe mit geschärften Bergeisen vom Bergschmied.*



*Abb. 1.4.4: Schachtzimmerer vor Haspel-schacht.*

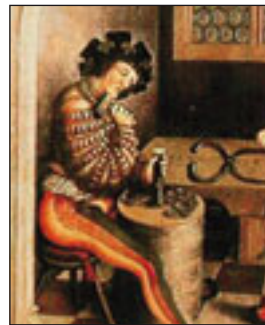
#### **Die rechte Bildtafel 1.4**

Im oberen Bildteil sind links (09 Uhr) ein Hauer bei der Schlängel- und Eisenarbeit (Abb. 1.4.1) zur Gewinnung des silberhaltigen Bleierzses, ein aufsichtsführender Hutmann oder Bergmeister mit Zimmereraxt (Stempelhacke) (Abb. 1.4.2), in Bildmitte (00 Uhr) ein Bergmann mit wieder neu geschärftem Bergeisen auf dem Wege von der Bergschmiede zum Schacht (Abb. 1.4.3) und am Horizont ein Schachtzimmerer mit Ausbauholz für den Haspel-Schacht) (Abb. 1.4.4) abgebildet; links davon (11 Uhr) wiederum ein vier-

flügeliger Windweiser zur Bewetterung der Untertagebaue mit Frischluft durch den Wetterschacht.



*Abb. 1.4.5: Münzer in der Annaberger Münzprägeanstalt.*



*Abb. 1.4.6: Münzschläger mit Prägestempel, Gesenk und Silberscheiben.*

Im unteren Teil der Bildtafel 1.4 wird schliesslich der Lohn und Wert der schweren Arbeit der Berg- und Hüttenleute in Form des aus dem Annaberger Silberbergwerk am Schreckenberg gewonnenen und in der Annaberger Münze verwerteten Silbers gezeigt (Abb. 1.4.5 und 1.4.6). Hier werden aus den Silberscheiben die Silbermünzen auf dem Münzstock mittels Münzstempel und Gesenk geschlagen und geprägt. Der Reichtum der Münze und Münzer, dargestellt durch wohlhabende erscheinender Kleidung und Ausstattung des Münzgebäudes mit bleigefassten Butzenscheibfenstern und Fussboden aus Marmorfliesen, lassen eine grosse Ausbeute aus dem reichen Bergsegen des Annaberger Bergbaureviere am Schreckenberg, der einstigen Schatzkammer des Sächsischen Erzgebirges mit eigener Kursächsischer Münze (Münzprägeanstalt), erkennen.

#### **Schlussbetrachtung**

Im Juni 2004 besuchte ich, nach einigen gescheiterten früheren Versuchen, zusammen mit meinem heimatkundigeren Kollegen, Dipl.-Ing. Hans Götze aus Aue, den ich auf das von mir herausgegebene Büchlein «Eine Reise durch das Sächsische Erzgebirge» hin, kennen gelernt hatte, um mit ihm einige der darin beschriebenen, technikgeschichtlich interessanten Stationen aufzusu-

chen, endlich auch – obligatorisch für einen Montanisten – die St.-Annen-Kirche zu Annaberg, mit ihrem berühmten Bergaltar. Die Führung mit der von uns «angeheuert» engagierten Kunsthistorikerin durch die Kirche war sehr informativ und ergab eine interessante Diskussion über den authentischen Inhalt dieses Altarbildes, was mich motivierte, den vorstehenden Beitrag aus berg- und hüttenmännischer Sicht zu verfassen.

Obschon mir das Altarbild aus der Literatur berühmter Altarbilder längst ein Begriff war und ich schon 1985 von meinem Freiburger Freund, Prof. em. Dr. Ing. Dr. h. c. mult. Joachim Klaus Strzodka, eine Dokumentation des Berliner Kinderbuchverlages über den Annaberger Bergaltar, als Anerkennung für die Herausgabe der ersten Auflage o.g. Reisebeschreibung des Schweizer Absolventen der Königlich Sächsischen Bergakademie Freiberg, Hanns Caspar Hirzel (1812), erhielt, die noch vor 1989 den (devisenfreien) Weg durch den «Eisernen Vorhang» fanden und mir wieder die Pforten nach Freiberg und das Sächsische Erzgebirge öffneten, um die von H. C. Hirzel in alter deutscher Kurrentschrift beschriebenen Stationen, an denen auch meine montanen Vorfahren wirkten, zu erkunden, beeindruckte mich die realistische Darstellung des Bilder-Reigens aus dem 16. Jahrhundert zunehmend.

Dies mag mit der inzwischen an Lebensweisheit erfahrenen Läuterung und den Gegensätzen in der heutigen Zeit, betreffend die Rolle von Arbeit und Lohn im materiellen, aber auch im ideellen Sinne, zusammenhängen. Steht man vor solch einem, mir heutzutage eher zeitlos-aktuell erscheinenden Altarbild, fallen einem die leuchtenden Farben, in denen die «Akteure» im Bilder-Reigen dargestellt sind, und damit auch die Gesichtsausdrücke, die Art und solidarisch gleiche (ordentliche bzw. geordnete) Kleidung sowie die Abstimmung von Mühe und Stolz auf die geleistete Arbeit, samt den dargestellten Werkzeugen, von «Bergleuten der Feder» entwickelten mechanischen Künsten und Hilfsmitteln

auf. Wertvorstellungen, die zur Zeit der Entstehung des Altarbildes bereits die Inhalte wertschöpfend nachhaltiger Arbeit, zusätzlich symbolisiert durch den fast lebensgrossen, den Schlägel und das Eisen führenden Bergmann am Aufgang zur Predigtkanzel (Abb. 5 und 5.1). Lebensinhalte, nach denen wir gerade gegenwärtig zur Identifizierung mit manchem materiellen und ideellen Lebensziel suchen (müssen).

Die vornehm und edel dargestellte Person im grünen Gewand (links unten 07 Uhr) (Abb. 1.1.15) scheint ausserhalb des (aktiven) Bilder-Reigens zu stehen, aber von besonderer Bedeutung für die schon früh privilegierte Eigenständigkeit des Bergmannsstandes, die der Maler Hans Hesse (wohl mit bewusst nachdenklicher Miene) als Richter (Bergrichter) über die Ordnung von Arbeit und den Wert derselben, durch die sie ausrichtenden Menschen selbst versinnbildlicht, in sie hineinlegte.

#### **Literatur:**

- Herbert Clauss, «Das Erzgebirge», Verlag Weidlich, Frankfurt am Main, 1980  
Wolfgang Buschmann, «Der Annaberger Bergaltar», Kinderbuchverlag, Berlin, 1985  
Helmut Wilsdorf, «Montanwesen – Eine Kulturgeschichte», Edition Leipzig, 1987  
H. J. W. Kutzer, «Bergbaukundliches Tagebuch des Schweizer Mineralogen Hanns Caspar Hirzel über eine Reise durch das Sächsische Erzgebirge im Mai und im September 1812», Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte, 51. Jg. 1983, Oldenbourg Verlag, München  
Wikipedia – St.-Annen-Kirche (Annaberg – Buchholz), 2006  
Roger Rössing, «Sagen und Bilder aus dem Erzgebirge», Tauchaer Verlag, 2000  
[http://www.tira.de/ana/ana\\_berg.htm](http://www.tira.de/ana/ana_berg.htm)  
Bergbau- und Stadtgeschichte von Annaberg

#### **Anschrift des Autors:**

Hans J. W. Kutzer  
Rehbergstrasse 4  
D-86949 Windach  
Tel. / Fax + 49 8193 1313



Abb. 6: Annaberg (Lithografie von Carl Wilhelm Arldt, 1837).





---

# Vorstellung einer Anzahl in der Vergangenheit und Gegenwart wichtiger Metalle

Otto Hirzel, Davos

## Einleitung

Wenn an den Führungen zum Schaubergwerk am Silberberg Davos, v. a. mit Schulklassen, die Frage nach der Verwendung des dort einst geförderten Bleis und Zinks gestellt wird, stellt sich meistens heraus, wie mager die Kenntnisse dazu sind. Bei Blei wird etwa die Verwendung in Bleistiften oder für das Beschweren von Angelrutensaiten erwähnt. Es ist schon gut, wenn die Verwendung für Geschosse erwähnt wird. Bei Zink bleiben die Antworten meistens ganz aus. Ich nehme diese Erfahrung zum Anlass, etwas ausführlichere Steckbriefe einiger wichtiger Metalle zusammenzustellen.

**Gold** (chemisches Symbol: Au, von lateinisch: «aurum»)

## Geschichte

Gold gehört trotz seines seltenen Vorkommens zusammen mit Silber und Kupfer zu den ältest bekannten Metallen der Menschen. Dies liegt an seinem edlen Charakter, d. h. es ist chemisch reaktionsträge. So kommt es in der Natur fast nur gediegen vor, d. h. als reines Element und nicht in chemischen Verbindungen. Die ältesten Schmuckstücke aus Gold sind ca. 7000 Jahre alt. Anfänglich wurde Gold nur kalt bearbeitet. Spätestens im 3. Jahrtausend vor Christus schmolzen es ägyptische Schmiede und gossen es in Formen. Schon die alten Römer prägten Goldmünzen. Gold als Zahlungsmittel erreichte nie die Bedeutung von Silber, was wohl an seiner grösseren Seltenheit liegt.

## Vorkommen

Gold ist sehr selten (siehe Tabelle). Es kommt überwiegend gediegen vor, und zwar in zwei Arten von Lagerstätten: Als «Berggold», in sog. primären Lagerstätten im Gestein enthalten, und als «Seifen- oder Waschgold» in sog. sekundären Lagerstätten. Durch Verwitterung von primären Vorkommen gelangt das Gold in Fließgewässer und kann auf Grund seiner hohen Dichte konzentriert z. B. in Flusssand abgelagert werden.

## Goldförderung im Jahr 2004 (in Tonnen)

Südafrika	343
USA	260
Australien	258
VR China	217
Russland	182
Peru	173
Kanada	128

2005 betrug die weltweite Bergbauproduktion schätzungsweise 2500 Tonnen. Die Weltvorräte (derzeit bekannte Lagerstätten) werden auf 55 000 Tonnen geschätzt.

## Eigenschaften

Gold ist ein weiches, gelb glänzendes Metall. Neben Kupfer ist es das einzige farbige Metall. Es hat von allen Metallen die grösste Duktilität, d. h. plastische Verformbarkeit oder Dehnbarkeit. Es lässt sich deshalb zu extrem dünnen Folien und Blättchen auswalzen.

## Verwendung

Hauptverwendung für Schmuck. Technische Verwendung für Elektronikbauteile. Goldmünzen als Zahlungsmittel wie auch die Goldreserven der Zentralbanken als Gegenwert für das im Umlauf befindliche Papiergeld haben heute keine Bedeutung mehr.

**Silber** (chemisches Symbol: Ag, von lateinisch «argentum»)

## Geschichte

Silber ist fast so «edel», d. h. chemisch reaktionsträge wie Gold. Es kommt deshalb auch häufig gediegen vor. Die ältesten Schmuckstücke aus Silber sind ca. 6000 Jahre alt. Die sogenannte «Treiarbeit», ein in veränderter Form heute noch gebräuchliches Verfahren zur Silbergewinnung aus Erzen, war schon im antiken Griechenland um 600 v. Chr. bekannt.

Seit der Zeit der alten Römer bis in die jüngere Gegenwart war Silber ein wichtiges Münzmetall, das wegen

des Preisanstiegs heute fast vollständig durch billigere Metalle, v. a. Nickel und Kupfer, ersetzt wird.

### Vorkommen

Silber kommt in der Erdkruste etwa 20-mal häufiger vor als Gold (siehe Tabelle). Es kommt oft gediegen vor, ist aber meistens in Erzmineralien anderer Metalle, z. B. Kupfer oder Blei, oder in eigentlichen Silbermineralien enthalten.

### Silberförderung im Jahr 2004 (in Tonnen)

Mexiko	3093
Peru	2800
Australien	2237
Polen	1550
Chile	1300
Kanada	1265
USA	1250
VR China	1100

Neben der Bergbauproduktion beruht heutzutage ein erheblicher Anteil des Angebots auf Recycling. Die weltweite Recyclingrate betrug 2005/06 über 25 %, v. a. aus Filmen.

### Eigenschaften

Silber ist ein weiches, leicht verformbares (hohe Duktilität) Metall. Es lässt sich zu sehr dünnen Folien auswalzen oder Drähten ausziehen. Als Edelmetall ist es in Wasser und reiner Luft beständig. Schwefelwasserstoff in der Luft verursacht ein schwarzes Anlaufen des Metalls, bekannt von Silbergeschirr und -besteck. Silber hat die beste thermische und elektrische Leitfähigkeit aller Metalle.

### Verwendung

Silber ist ein beliebtes, preiswertes Schmuckmaterial. Hauptverbraucher ist die Fotochemie. Der Silberbedarf für die Fotochemie geht aber mit dem Aufkommen der Digitalkameras stark zurück. Ein wichtiger Einsatzbereich ist die Elektro- und Elektronikindustrie.

**Kupfer** (chemisches Symbol: Cu, von lateinisch «cuprum», von lat. «aes cyprum» = Erz aus Zypern)

### Geschichte

Kupfer ist als ältestes Nutzmateriale seit etwa 9000 v. Chr. bekannt. Um 4500 v. Chr. entstanden auf der

Sinai-Halbinsel Kupferminen. Zum allgemeinen Gebrauchsmetalle konnte es erst werden, als man seine Gewinnung aus Erzen und die Herstellung von Legierungen, v. a. der Bronze, die Legierung aus Kupfer und Zinn, beherrschte. Die «Bronzezeit» begann um ca. 3500 v. Chr. Die ältesten Bronzen enthielten nur wenig Zinn. Um 2500 v. Chr. wurde ein Zinnanteil von 14% üblich. Seit dem 14. Jh. wurden Bronzen mit einem Zinnanteil von 25% v. a. für die Herstellung von Glocken und Kanonen eingesetzt. Noch im 18. Jh. wurden viele Geschütze aus Bronze hergestellt, bis diese von Gussstahl verdrängt wurde. Noch lange nachdem man auch Eisen verarbeiten konnte, war Kupfer das wichtigste Gebrauchsmetalle.

### Vorkommen

Der Anteil von Kupfer in der Erdkruste ist im Vergleich zu Gold und Silber recht gross (siehe Tabelle). Kupfer kommt in der Natur auch gediegen vor. Einzelfunde können mehrere Tonnen wiegen. Von wirtschaftlicher Bedeutung ist aber die Gewinnung aus sulfidischen Erzen, d. h. aus Kupfer-Schwefel-Verbindungen. Wichtige Kupfermineralien sind: Chalkopyrit (= Kupferkies), Bornit (= Buntkupfererz), Malachit, Azurit, Cuprit (= Rotkupfererz).

### Kupferförderung im Jahr 2004

(in Millionen Tonnen)

Chile	5,4
USA	1,2
Peru	1,0
Indonesien	1,0
Russland	0,9
Australien	0,9
Polen	0,7

Weltförderung 2004: 14,7 Millionen Tonnen. Weltkupfervorräte (geschätzt): 600 Millionen Tonnen

### Eigenschaften

Kupfer ist ein relativ weiches, verformbares, rötliches Metall. Es ist recht «edel», aber weniger als Gold und Silber. So bildet sich an der Luft schnell eine dünne Oxidschicht, die das darunter liegende Metall vor weiteren chemischen Reaktionen schützt. Wenn es längere Zeit feuchter Luft ausgesetzt ist, bildet sich ein grüner Belag von Kupfersalzen, die sog. «Patina». Diese schützt das Metall vor Korrosion (Beispiel Kupferdächer). Kupfer



hat eine sehr gute thermische und elektrische Leitfähigkeit, die nur von Silber übertroffen wird.

### Verwendung

Mehr als die Hälfte des Kupfers wird in der Elektroindustrie verwendet, und zwar als Leiter in Kabeln und elektronischen Schaltkreisen. Mehr und mehr wird Kupfer in der Kommunikationstechnik durch Glasfaserkabel ersetzt. Ein weiterer grosser Teil des Metalls wird zu Legierungen verarbeitet: Alt bekannt sind Bronze und Messing. Sog. «Neusilber» (Cu-Ni-Zn-Legierung) findet vielseitige Anwendung: Essbestecke, feinmechanische, elektrotechnische und medizinische Geräte, Blechblasinstrumente, Hieb- und Stichwaffen, Münzen. Konstantan (Cu-Ni-Mn-Legierung) hat einen über breite Temperaturbereiche fast konstanten elektrischen Widerstand und wird darum in Präzisions-, Mess-, Heiz- und Schiebewiderständen eingesetzt.

**Blei** (chemisches Symbol: Pb, von lateinisch «plumbum»)

### Geschichte

Archäologische Funde belegen, dass Blei schon seit ca. 2500 v. Chr. verarbeitet wird. Alle bedeutenden Kulturen des Mittelmeerraums und die alten Indier konnten es schon früh bearbeiten. Das Haupterzmineral war damals und ist bis heute Bleiglanz (= Galenit). Der niedrige Schmelzpunkt von 327 °C erleichterte die Gewinnung und Verarbeitung von Blei. Die alten Römer verarbeiteten Blei in grossem Stil zu Wasserleitungen, Essgeschirr und Trinkbechern.

Das meiste Blei der Römer stammte aus Minen in Spanien, in denen zeitweilig bis zu 50 000 Sklaven arbeiteten. Bleiverbindungen dienten als Farben (Pigmente) (z. B. Bleiweiss, Mennige [Rot]), Bleiglätte [Gelb]), Schminke und sogar als Heilmittel. Um 1000 nach Chr. gab es im Harz viele Bleigruben und -hütten.

Die Anwendungsbereiche wurden vielfältiger: Dächer aus Bleiplatten, Lettern für den Buchdruck, Kugeln für Gewehre und Pistolen. Bis in die Zwanzigerjahre des 20. Jh. wurde Blei zum wichtigsten Nichteisenmetall.

### Vorkommen

Die Erdkruste enthält etwa halb so viel Blei wie Kupfer (siehe Tabelle). Das wichtigste Bleierzmineral ist Bleiglanz (= Galenit), chemisch Bleisulfid (PbS).

### Bleiförderung im Jahr 2004 (in Millionen Tonnen)

VR China	0,95
Australien	0,68
USA	0,45
Peru	0,30
Mexiko	0,14
Polen	0,08

Weltförderung 2004: 3,2 Millionen Tonnen. Die Fördermenge ist in den letzten Jahren zurückgegangen, da immer mehr rezykliert wird. Weltbleivorräte: 200 Millionen Tonnen (geschätzt)

### Eigenschaften

Blei ist ein weiches, leicht verformbares, mattgraues Metall. Mit einem Schmelzpunkt von 327 °C ist es sehr niedrigschmelzend. Es besitzt eine geringe thermische und elektrische Leitfähigkeit.

### Verwendung

Heute sind weltweit 60 % des produzierten Bleis in Autobatterien enthalten. Darüber hinaus wird Blei für Kabelummantelungen, Dichtungen, chemische Geräte und nach wie vor für Geschosse verwendet.

**Zink** (chemisches Symbol: Zn)

### Geschichte

Babylonier, Syrer und die alten Griechen kannten die Kupfer-Zink-Legierung Messing, obwohl sie elementares Zink nicht herstellen konnten. Erst Mitte des 18. Jh. gelang die Herstellung des Metalls aus der Zinkblende (= Sphalerit), chemisch Zinksulfid, ZnS, dem wichtigsten Zinkerzmineral. Der Bergmannsbegriff «Blende» ist im Sinn von «Täuschung» zu verstehen, weil man aus dem auffälligen Mineral mit den damals üblichen Schmelzmethoden bis zur Mitte des 18. Jh. kein Metall gewinnen konnte.

Der Grund dafür liegt im sehr niedrigen Siedepunkt des Zinks, nämlich 906 °C. Das in reduzierenden Schmelzen entstehende Zink verdampfte. Als man diese Tatsache entdeckte, baute man Destillationsöfen, in denen das freiwerdende gasförmige Zink abgekühlt und aufgefangen wird. In den Zwanzigerjahren des 19. Jh. setzte die Zinkverarbeitung in industriellem Massstab ein. Inzwischen ist es zu einem der wichtigsten Nichteisenmetalle geworden.

## Vorkommen

In der Erdkruste ist etwa fünfmal so viel Zink wie Blei enthalten (siehe Tabelle). Das wichtigste Zinkmineral ist Zinkblende (= Sphalerit), chemisch Zinksulfid,  $\text{ZnS}$ .

### Zinkförderung im Jahr 2004 (in Millionen Tonnen)

VR China	2,5
Peru	1,4
Australien	1,3
USA	0,7
Kanada	0,7
Mexiko	0,4
Indien	0,3

Weltzinkförderung 2004: 9,7 Millionen Tonnen

Die weltweite Produktion, inklusiv Recycling, konnte 2005/06 mit dem Bedarf nicht Schritt halten, sodass die Lagerbestände fast aufgezehrt wurden und der Weltmarktpreis mit 1500 US-Dollar pro Tonne auf den höchsten je erreichten Stand stieg.

Die abbauwürdigen Weltzinkvorräte werden auf 150 Millionen Tonnen geschätzt.

## Eigenschaften

Zink ist ein weiches, silbrigweisses Metall. An der Luft überzieht es sich schnell mit einer dünnen, bläulich schimmernden, schützenden Oxidschicht. Durch diese Oxidschicht ist es auch im Wasser sehr beständig.

## Verwendung

Auf Grund der korrosionshemmenden Eigenschaften wird Zink grösstenteils zum Verzinken von Eisen und Stahl eingesetzt. Darüber hinaus ist es ein wichtiges Legierungsmetall in Messing, Rotguss, Neusilber usw. Zinkgussteile werden im Fahrzeug- und Gerätebau verwendet. Zink wird auch in der Galvanotechnik (Anoden) und in verschiedenen Batterien eingesetzt.

**Eisen** (chemisches Symbol: Fe, von lateinisch «ferrum»)

## Geschichte

Die Fähigkeit, Metalle zu verarbeiten ist für die zivilisatorische Entwicklung der Menschen so wichtig, dass bekanntlich ganze Epochen danach benannt werden. So folgt auf die Bronzezeit die Eisenzeit, in der man nach und nach die Verhüttung von Eisenerz und die Verar-

beitung des dadurch gewonnenen Eisens beherrschte. Um 4000 v. Chr. verwendeten die Sumerer und die Ägypter gediegenes Eisen für Dekorationen und Speerspitzen. Dieses Eisen stammte von Meteoriten. Um aus Eisenerz Eisen herzustellen und das gewonnene Eisen zu verarbeiten, mussten Öfen entwickelt werden, in denen sehr hohe Temperaturen erreicht wurden (siehe Tabelle: Schmelzpunkte). Die Verarbeitung von kaltem Eisen ist bedeutend schwieriger als die der weicheren Metalle Kupfer, Silber, Gold und Blei. Mit Eisen konnte man härtere Waffen herstellen als mit Bronze. Waffen aus Eisen waren aber noch lange Zeit eine Ausnahme. Es war einfach zu teuer, um ganze Armeen damit auszurüsten. Erst die Römer setzten in ihrer überlegenen Waffentechnik massiv Eisen ein. Bis in die Neuzeit wurde die Gewinnung von Eisen aus Erz v. a. durch die Entwicklung der Schmelzöfen laufend verbessert. Und die Eigenschaften des Eisens wurden durch Legierung mit einer Vielzahl anderer Metalle verbessert und dem Verwendungszweck entsprechend variiert (Stähle!). In neuester Zeit wird Eisen in vielen Einsatzbereichen durch leichtere Legierungen oder durch Kunststoffe ersetzt.

## Vorkommen

Eisen ist hinter Sauerstoff, Silizium und Aluminium das vierthäufigste chemische Element der Erdkruste (siehe Tabelle). Die wichtigsten Eisenerzminerale sind: Hämatit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), Siderit ( $\text{FeCO}_3$ ) und Limonit (wasserhaltiges  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

**Förderung von Eisenerz im Jahr 2004** (in Millionen Tonnen). Die Prozent-Angaben in Klammern = durchschnittlicher Fe-Gehalt

VR China (60 %)	290
Brasilien (65 %)	255
Australien (62 %)	236
Indien (63 %)	135
Russland (60 %)	95
Ukraine (60 %)	66
USA (62 %)	55

Fast alle ehemaligen europäischen Förderländer (Deutschland, Frankreich, Grossbritannien) haben in den letzten Jahren die Produktion aufgegeben (Ausnahme Schweden), da in Übersee höherwertige Erze billiger produziert und angeboten werden. Weltförderung von Eisenerz 2004: 1137 Millionen Tonnen

Die Weltvorräte von Eisen betragen schätzungsweise 100 Milliarden Tonnen. Diese Vorräte sind praktisch unerschöpflich, wenn man berücksichtigt, dass die Recyclingrate von Eisen bei ca. 65% liegt.

### **Eigenschaften**

Eisen ist ein relativ hartes, dehnbares, silberfarbenes Schwermetall. An trockener Luft bildet es eine dünne schützende Oxidschicht. An feuchter Luft dagegen bildet sich eine poröse Rostschicht, sodass das Eisen stark korrodiert. Diese Korrosion kann durch Schutzanstriche (z. B. Mennige) oder Metallüberzüge (z. B. durch Verzinken) unterbunden werden. Eisen besitzt eine relativ geringe thermische und elektrische Leitfähigkeit.

### **Verwendung**

Eisen ist bis heute das mengenmässig wichtigste Gebrauchsmetall. 2004 wurden weltweit 717 Millionen Tonnen Roheisen und über 1 Milliarde Tonnen Stahl produziert. Die Einsatzbereiche von Eisen sind bekanntlich so vielfältig, dass manche Menschen den Begriff «Metall» als Synonym für «Eisen» verstehen: Hoch- und Tiefbau (z. B. Eisenbeton), Transportwesen (z. B. Fahrzeugbau, Eisenbahnschienen), Maschinenbau, Energieindustrie (z. B. Magnete, Eisenkerne in Transformatoren).

### **Mangan** (chemisches Symbol Mn)

#### **Geschichte**

Die Entdeckung von Mangan als metallisches chemisches Element ist an Braunstein gebunden. Braunstein (= Mangan(IV)oxid,  $\text{MnO}_2$ ) war schon den Römern in der Zeit um Christi Geburt bekannt. Diese glaubten, Braunstein sei mit Magnetit verwandt, den sie «Magnes» nannten. Konsequenterweise nannten sie Braunstein «Pseudomagnes». Im Jahr 1774 isolierte der schwedische Chemiker Johann Gottlieb Gahn ein neues Metall aus Braunstein, das er «Manganesium» nannte. Mehr als 30 Jahre später erhielt es seinen heutigen Namen, um Verwechslungen mit dem 1808 entdeckten Magnesium zu vermeiden. Wirtschaftliche Bedeutung erlangte das Schwermetall um 1860, als es gelang, Legierungen mit Eisen zu bilden.

#### **Vorkommen**

Mangan ist das zwölft häufigste chemische Element in der Erdkruste und nach Eisen das häufigste Schwer-

metall. In der Natur kommt es nie gediegen vor. Wichtige Manganerzminerale sind die Oxide Pyrolusit, Psilomelan, Manganit, Hausmannit und Braunit. Zu erwähnen sind hier auch die sog. «Manganknollen», die am Meeresboden in Tiefen zwischen 4000 und 6000 Metern liegen. Diese Erzknollen enthalten bis zu 27% Mangan und eine ganze Anzahl anderer Metalle. Mit geschätzten 400 Milliarden Tonnen bilden sie einen gewaltigen Vorrat. Ihre Gewinnung ist aber aus verständlichen Gründen sehr schwierig. Grosse Manganerzvorkommen liegen in Südafrika, Russland, Australien, Brasilien und Indien. Weltweit werden jährlich um die 30 Millionen Tonnen Manganerz gefördert.

### **Eigenschaften**

Mangan ist ein hartes, sprödes, silberfarbenes Schwermetall.

### **Verwendung**

Reines Mangan hat keine technische Bedeutung, da es viel zu spröde ist. Dagegen spielt es legiert mit Eisen und anderen Metallen eine sehr grosse Rolle. («Stahlveredler»). Ausserdem wird es in Trockenbatterien und Akkus eingesetzt.

**Aluminium** (chemisches Symbol: Al, von lateinisch «alumen» = «Alaun»)

#### **Geschichte**

Der Name «Aluminium» kommt vom lateinischen Wort für Alaun, «alumen». Alaun ist eine seit dem Altertum bekannte Aluminiumverbindung (Kaliumaluminiumsulfat), die zum Gerben von Leder und als blutstillendes Mittel eingesetzt wurde. Im Jahr 1825 gelang dem dänischen Chemiker Christian Oersted die Isolierung von noch unreinem Aluminium. Friedrich Wöhler konnte 1827 als Erster reines Aluminium isolieren. Erst 1886 stellten der Amerikaner Charles M. Hall und der Franzose Paul Louis Toussaint Héroult das elektrolytische Verfahren zur Aluminiumherstellung vor, das den grosstechnischen Einsatz des Leichtmetalls ermöglichte.

#### **Vorkommen**

Aluminium ist das dritthäufigste chemische Element in der Erdkruste. Es kommt in der Natur nie gediegen vor. Es ist Bestandteil vieler Silikate, der wichtigsten gesteinsbildenden Mineralien, wie Feldspäte



und Glimmer und deren Verwitterungsprodukte. Das wichtigste Aluminiumerz ist Bauxit, benannt nach der französischen Ortschaft Les Baux, mit einem Aluminiumgehalt von bis zu 70 %. Bauxit ist ein erdiges Sediment, bestehend aus einem Gemisch von Aluminiumoxid, Eisenoxid und Siliciumoxid.

### Aluminiumproduktion im Jahr 2004

(in Millionen Tonnen)

VR China	6,1
Russland	3,6
Kanada	2,6
USA	2,5
Australien	1,9
Brasilien	1,5
Norwegen	1,3
Südafrika	0,8
Indien	0,8
Frankreich	0,7

Weltproduktion 2004: 27,6 Millionen Tonnen

Zunehmend wichtig ist das Recycling von Aluminium, da der Energiebedarf für die elektrolytische Produktion enorm ist.

### Eigenschaften

Aluminium ist ein weiches, silbrigweisses Leichtmetall. Es ist recht unedel, d.h. chemisch sehr reaktionsfreudig. An der Luft bildet sich schnell eine dünne schützende Oxidschicht, wodurch es sehr korrosionsfest wird. Technisch kann Aluminium durch das sog. Eloxal-Verfahren gehärtet werden, mit welchem die Oxidschicht verstärkt wird. Die thermische und elektrische Leitfähigkeit entspricht etwa zu zwei Dritteln derjenigen von Kupfer.

### Verwendung

Die Einsatzbereiche von Aluminium und seinen Legierungen mit Kupfer, Magnesium, Mangan, Nickel, Zink usw. sind aufgrund seiner Leichtigkeit, Beständigkeit und thermoelektrischen Eigenschaften sehr vielfältig: Sein geringes Gewicht hilft im Verkehrssektor (Automobil-, Schiffs- und Flugzeugbau) Energie sparen. Im Bauwesen sind die Langlebigkeit und Wartungsfreiheit von Fenstern, Fassaden, Dächern, Geländern usw. aus Aluminium gefragt.

Die Elektroindustrie setzt Aluminium in Hochspannungsleitungen und Kabeln ein. Ein Hauptverwendungsbereich ist die Verpackungsindustrie: Behälter, Getränkedosen, Folien, Tuben.

### Einige Eigenschaften der besprochenen Metalle

Metall	Chemisches Symbol	Massenanteil i. d. Erdkruste	Dichte g/cm <sup>3</sup>	Schmelztp. °C	Siedep. °C
Aluminium	Al	8 %	2,7	660	2270
Blei	Pb	0,001 %	11,34	327	1750
Eisen	Fe	6 %	7,86	1528	2735
Gold	Au	0,0000001 %	19,3	1063	2700
Kupfer	Cu	0,006 %	8,92	1083	2350
Mangan	Mn	0,1 %	7,47	1247	2030
Silber	Ag	0,00001 %	10,5	961	1980
Zink	Zn	0,008 %	7,13	419	906

- Quellen: – Internet [www.uniterra.de](http://www.uniterra.de) (Lexikon der Elemente)  
 – Prof. Dr. Ing. Rudolf Saager: Metallische Rohstoffe von Antimon bis Zirkonium herausgegeben 1984 von der Bank Vontobel, Zürich  
 – Der Fischer Weltalmanach 2007  
 – Hans Lüschen: Die Namen der Steine, Ott Verlag Thun und München (1968)

---

# Antimon und die Umwelt

Hans Peter Schenk, Stammheim

Umweltanalytische Untersuchungen der letzten Jahre haben eine erschreckend hohe Konzentration von Antimon in Luft- und Bodenproben ergeben.

Die Bestimmungen wurden an Proben von Hochmooren, Eisbohrkernen und Luft durchgeführt und haben zur Folge, dass Antimon heute als Schadstoff betrachtet wird. Die Giftigkeit des Antimons ist entsprechend des Verbindungstyps, allgemein ist aber zu sagen, dass Antimonverbindungen heute, im Gegensatz zu früher, kaum als harmlos betrachtet werden, einzelne sogar im Verdacht stehen, Krebs erregend zu sein, Aufnahme über die Blutbahn kann tödlich sein, bei oraler Aufnahme wird das Gift teilweise ausgeschieden. Antimon wirkt ähnlich giftig wie Blei und Arsen und kann tödlich sein. Antimon und seine Verbindungen werden im Körper angesammelt mit den entsprechenden gesundheitlichen Folgen (Augen, Haut, Lunge, Magen). Andererseits verfügt der menschliche Körper aber auch über gewisse Möglichkeiten, aufgenommene Antimonverbindungen zu entgiften und auszuscheiden.

## Anhäufung von Antimon in der Umwelt

Wie kommt es aber zu dieser Anhäufung von Sb in unserer Umwelt? Was früher war und wie Antimon heute von der Menschheit verwendet wird, soll hier aufgezeigt werden.

Anhand der eingangs erwähnten Messungen kann eine ziemlich schlüssige Spur gezeichnet werden. Eine deutliche Zunahme dieses Schadstoffes in den letzten Jahren können wir mit der jüngeren Industriegeschichte nachvollziehen. Proben aus der Arktis zeigen bereits im 19. Jahrhundert eine Zunahme, bedingt durch vermehrte Verfeuerung von Kohle. Gemäss Literaturangaben gelangen so jährlich 10 000 Tonnen Antimon in die Luft. Bei der vermehrten Verhüttung von Kupfer und Bleierzen gelangte Antimon als Bestandteil der Erze und als

Folge schlechter Abgasreinigung in die Atmosphäre. Im Zweiten Weltkrieg wurden Antimonverbindungen als Flammenschutzmittel den kriegswichtigen Textilien beigemischt, Asbest wurde aus den Automobil-Bremsbelägen eliminiert, das heisst durch Antimon (III)-sulfid ersetzt. Dieses wird bei Reifenherstellung gebraucht. In beiden Fällen gerät Antimon als Abrieb in die Umwelt. Die Industrie verwendet Antimon als Legierungsbestandteil für Lote, zur Härtung und Verbesserung der Gieseigenschaften verschiedener Legierungen. Antimonverbindungen werden für Farben und Pestizide und in der Feuerwerkerei gebraucht. Seit jüngerer Zeit wird Antimon in der Halbleiterindustrie genutzt. Als Flammenschutzmittel und Pigment in Kunststoffgehäusen von Elektronikgeräten werden Antimonverbindungen verwendet. Bei der unsachgerechten Entsorgung über die Kehrlichtverbrennungsanlagen gelangt Antimon so in die Umwelt. Je nach Teilchengrösse der Schadstoffe und den atmosphärischen Bedingungen findet eine weltweite Verbreitung statt. Es muss auch festgehalten werden, dass heute mit der intensivierten Nutzung von Rohstoffen vorab in den boomenden Industrieländern bei der Verhüttung dem Umweltschutz nicht die nötige Priorität zukommt und so die Antimonfracht in der Umwelt erhöht wird. Zur Herstellung von PET-Kunststoff wird Antimon(III)-oxid als Katalysator verwendet. Bei PET-Mineralwasserflaschen ist als Folge davon ein Antimongehalt im Wasser feststellbar, der bis zu 30-mal höher als in Glasflaschen sein kann. Wir bringen auch auf diese Weise Antimon in unsern Körper und in die Umwelt. Tabak ist antimonhaltig, und die Reibflächen der Zündhölzli enthalten ebenfalls Antimonverbindungen.

---

## **Antimonkonzentrationen in Gegenwart und Vergangenheit**

Nach diesen Tatbeständen aus neuerer Zeit mit deutlich höheren Antimongehalten in eingangs erwähnten Proben sei ein Blick in die Vergangenheit gerichtet. Es ist anzunehmen dass die Belastung der Umwelt durch Antimon fast so alt ist wie die Menschheit. Antimon hat aber eine sehr lange Geschichte. Abgesehen von der natürlichen Freisetzung durch Erosion gelangten in der Bronzezeit sicher die ersten Antimonverbindungen durch menschliches Zutun in die Umwelt. 3000 v. Chr. war metallisches Antimon bei den Chinesen bekannt, ebenso im alten Ägypten. Antimon-Bronzen wurden in Vorderasien aus der Zeit um 2000 v. Chr. entdeckt. Die Ägypterinnen benutzten Antimonit (Antimonsulfid) zu kosmetischen Zwecken, zum Schminken der Augenpartie, schöne grosse Augen waren das Ziel. Der Papyrus-Ebers erwähnt um 1600 v. Chr. den Gebrauch zur Behandlung von Augenkrankheiten. Die Römer setzten Antimon zur Behandlung von «wildem Fleisch» und Geschwüren ein. Antimon-Salben wurden im Mittelalter Wirkung bei Wundheilung, Augenproblemen, Geschwüren, Blutungen, Fisteln und Hautkrebs zugeschrieben. Ein Zitat lautet: «ist gut, weil es die Augennerven stärkt und jeglich Fäulnis und Schaden heilt.» Ob in all diesen Fällen metallisches Antimon oder Antimonit angewendet wurde, ist heute nicht immer klar ersichtlich.

Genauere Angaben werden im Zusammenhang mit der immer besseren Hüttentechnologie gefunden. So beschreibt ein Wardein («Urchemiker» und früher Hüttenfachmann, Alchemist) um 1450 die Benutzung von Antimonit zur Trennung von Guldtschilber. Bei Agricola (1494 – 1555) erfahren wir sowohl über die Gewinnung von Antimon aus dem Erz als auch über die Verwendung von Spiessglanz/Stibium bei der Goldgewinnung aus goldhaltigen Kiesen. Agricola schreibt: «bis der Spiessglanz verdampft ist.» Spätestens hier ist ersichtlich, dass Bergbau-Verhüttung wohl seit seinem Beginn einen mehr oder weniger grossen Einfluss auf die Umwelt ausgeübt hat.

### **Antimon zu Heilzwecken**

Der Arzt Paracelsus (1494 – 1541) beschäftigte sich ebenfalls mit Antimon zu Heilzwecken. Bei ihm

steht geschrieben, dass man das Antimon von seiner Giftigkeit befreien müsse. Dies geschah in einer Vielzahl einzelner Verfahrensschritte, führte aber offenbar zum Erfolg. Wie Antimon bei der Goldaufbereitung das Gold von Verunreinigungen befreit, reinigten die so gewonnenen Präparate den menschlichen Körper.

Basilius Valentinus verfasste um 1604 die Schrift: «Triumph-Wagen des Antimons». Die dort befindlichen Angaben von der Verwandlung des giftigen Antimons («das allergrösste Gift, damit man Mensch und Vieh zu Tod hinrichten kann») zu einer Arznei wurden in heutiger Zeit in wissenschaftlicher Absicht «nachgekocht». Offenbar hat die alchemistische Transmutation des giftigen Antimonerzes zu einem Heilmittel geklappt. Das anfänglich eingesetzte Antimonsulfid war nach den unzähligen Verfahrensschritten am Ende nicht mehr nachweisbar. Die später offenbar mit weniger Wissen und Können hergestellten Antimonpräparate führten zum vorübergehenden Verbot dieser Substanzen zu Heilzwecken, waren damals aber trotzdem Bestandteil der Apotheken und wurden teilweise mit ungenauen Kenntnissen gebraucht.

Der frühe Tod des an einer schleichenden Krankheit leidenden Mozarts wird einem möglichen schädlichen Einfluss von Antimonpräparaten zugeschrieben.

Um 1700 versuchten Mönche ihre zu heftig weintrinkenden Mitbrüder mit Bechern aus Antimon von der Trunksucht zu heilen, indem der mit der Weinsäure gebildete Brechweinstein die Trinklust verdarb. Die Verwendung von Antimon zu Heilzwecken hat aber bis in die heutige Zeit überdauert.

Leishmaniosen (Hauterkrankung) werden mit Antimonpräparaten behandelt. Ärzte und Heilpraktiker nutzen diese Verbindungen bei Gelenk-, und Gliederschmerzen, gegen Körperablagerungen und Pilzkrankheiten, also auch heute noch im Sinne des Paracelsus. So wundert es kaum, dass Antimon seit Langem zur Menschheit «gehört», nicht essentiell für uns ist, aber in kleinen Dosen wachstumsfördernd sein soll. Hoffentlich veranlassen die heutigen Erkenntnisse über die Giftigkeit und der verbesserte Umweltschutz, dass doch über die Zeit eine Verringerung der Antimonwerte in der Umwelt festgestellt werden können.



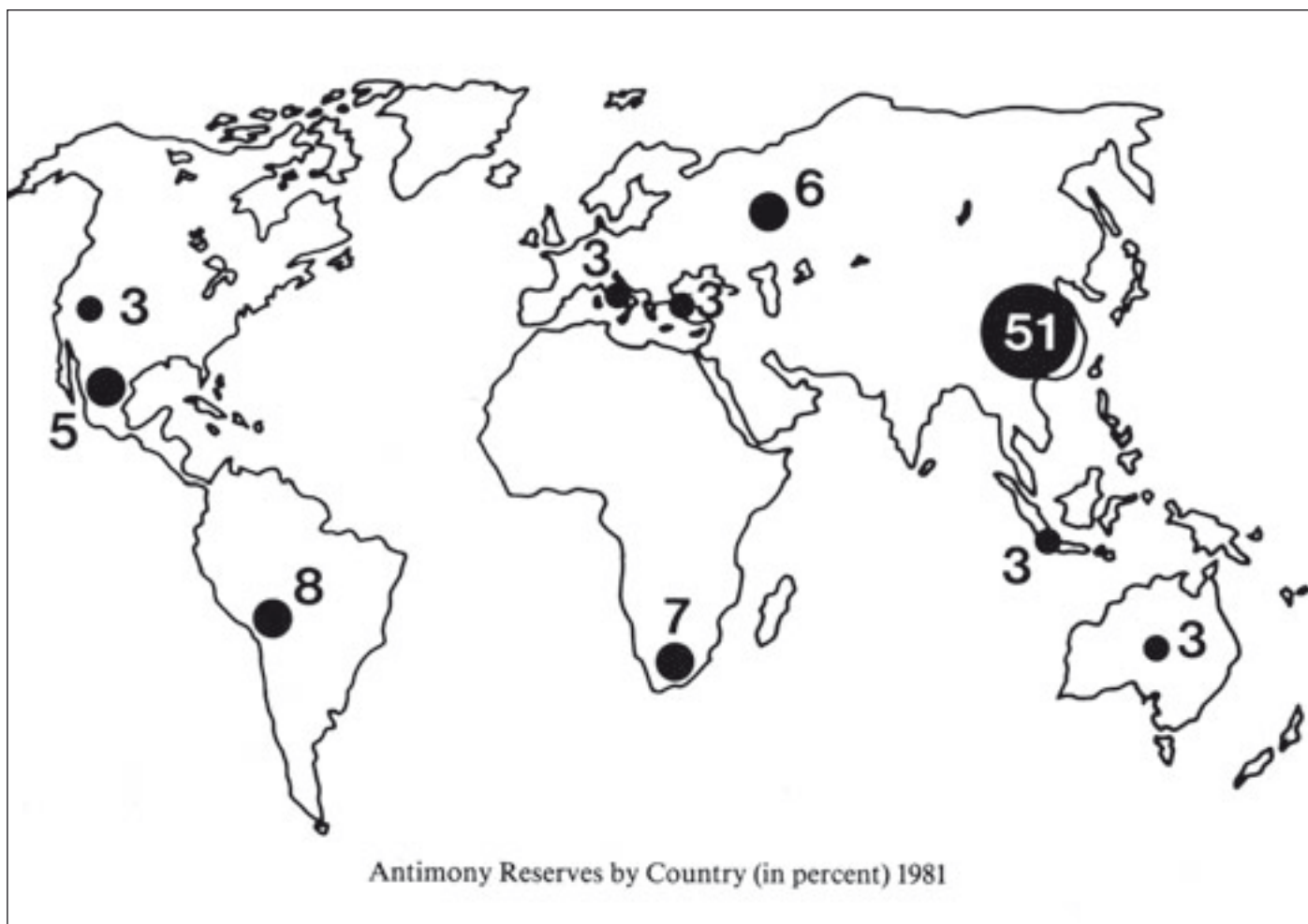


Abb. 1: Weltreserven an Antimon 1981 in Prozent (aus Saager).

### Vorkommen von Antimon

Es sind über hundert Antimon-haltige Mineralien bekannt. Technisch wichtig ist Antimonit (Antimontrisulfid). Die Verteilung der weltweiten Hauptvorkommen von Antimon und die geschätzten Reserven sind im Abb. 1 zu erkennen.

Vorkommen in der Schweiz: Antimon gediegen/Antimonit: Tessin, Antimonit: Puschlav

Tetraedrit: z. B. Kupfervererzung: Ursera

Detailangaben finden sich im Internet oder in Mineralienlexika (Wepf).

Antimon hiess früher Stibium, Antimonium, Spiessglas-Metall, gediegen Spiessglas. Der in diesem Bericht verwendete Name Antimonit wurde wegen des Titels bewusst gewählt. In neuen Mineralienbüchern findet man die Informationen unter Stibnit. Weitere früher verwendete Namen sind: Antimonium, Antimonglanz, Grauspiessglanz, Spiessglanz, Stibium,

Schwefel-Antimon. Eine gewisse Gefahr zur Verwechslung der früheren Namen ist offensichtlich. Hergestellt wird Antimon durch Rösten der Erze und anschliessende Reduktion. Bei der Verhüttung von Blei und Kupfer ergeben sich ebenfalls technisch nutzbare Mengen von Antimon.

Die Werte verstehen sich als Gramm einatembarer (e) Staub, Dampf oder Gas:

Antimontrioxid wirkte im Tierversuch eindeutig kanzerogen. Die kanzerogene Wirkung des Metalloxyds ist dagegen umstritten. Antimon wirkt allerdings teratogen und mutagen.

	Smp °C	Dichte gr/cm <sup>3</sup>	Härte Mohs	Aussehen	MAK-Wert mgr/m <sup>3</sup>
Arsen – As	633	5,8	3-4	metall.-grau	–
Antimon – Sb	631	6,7	3-3,5	metall.-silbrig-grau	0,05**
Blei – Pb	327	11,3	1,5	metall.-silbrig-grau	0,1
Antimonsulfid – Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	550	4,6	2	metall.-grau-schwarz	0,1*
Bleisulfid – PbS	1118	7,5	2,5-3	metall.-grau-silbrig	0,1

*Tabelle 1: MAK-Werte häufiger Gase*

\* gilt für Antimon (III)-oxid und ist auf Antimon bezogen

\*\* [www.umweltlexikon-online.de/fp/archiv/RUBgesundheitsarbeitsplatz/MAKWerte.php](http://www.umweltlexikon-online.de/fp/archiv/RUBgesundheitsarbeitsplatz/MAKWerte.php)

Quelle: SUVA-MAK-Wert-Tabellen

Bezüglich Kohle: Google-Antimon – Umweltschutzlexikon-online.de

Ein Vergleich mit anderen Schadstoffen zeigt die hohe Toxizität obiger Stoffe.

Schadstoff	MAK in mgr/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	5
CO	33
CO <sub>2</sub>	5000
NO <sub>2</sub>	9
N <sub>2</sub> O	180
Ozon	0,2

*Tabelle 2: die maximal zulässigen Arbeitsplatz-Konzentrationen (MAK) im Vergleich mit Tabelle 1*

Antimon/Stibnit: 0,5 mgr/m<sup>3</sup>

(Antimon(III)-oxid: 0,1mgr/m<sup>3</sup>, als Sb gerechnet)

Blei/Galenit: 0,1mgr/m<sup>3</sup>

Als Vergleich: Silber 0,1 mgr/m<sup>3</sup>

### Adresse des Autors:

Hans Peter Schenk  
Kellhofstrasse 24  
8476 Unterstammheim

### Literatur:

Michael Krachler: Antimon – Ein globaler Schadstoff, Nachrichten aus der Chemie (53) September 2005  
Ullmann's Enzyklopädie der technischen Chemie  
Römpf's Chemie-Lexikon  
Hans Lüschen: Die Namen der Steine, Ott-Verlag, Thun, 1968  
Zeitschrift Paracelsus, Heft November 2005  
Diverse Mineralienbücher (z. B. Mineralienlexikon der Schweiz) Wepf Verlag

Richard Willfort: Heilende Steine (Volksmedizin und Aberglaube) NP Verlag 1990  
Georgius Agricola: Vom Berg- und Hüttenwesen, dtv Verlag 1980  
A. Bachmann et al: Antimon aus dem Malcanton, Schweiz. Strahler Vol. 7 Nr. 6 1986  
Rudolf Saager From Antimony to Zirconium, p 91 – 94, 1984, Bank Vontobel, Zürich





# Ein Besuch des Bergwerks Starlera im Avers

Martin Schreiber, Domat/Ems

Gerade weil das Bergwerk Starlera ob Innerferrera so abgelegen ist, trieb mich die Neugier, mehr darüber zu erfahren. Fröhlich morgens quälte ich mein Auto von Innerferrera hoch nach Bleis auf 1762 m ü. M. Von hier suchte ich nach möglichen Wegspuren, um in die Felswände von Pare Granda am Südhang vom Piz Starlera zu gelangen. Bereits auf einer Höhe von 1900 m ü. M. ist der alte Grubenweg im Gelände erkennbar. Von da an war es ein schöner, schmaler und zum Teil ausgesetzter Weg. Auf halber Strecke auf einer Höhe von ca. 2240 m fanden sich Überreste einer Schutzhütte. Weiter dem Weg folgend gelangt man in die steilen abschüssigen Felsbänder, bis am Schluss ein kleines, enges Couloir durchstiegen werden muss, um zur Grube auf 2420 m ü. M. zu gelangen (Koordinaten: 755390/154315).

Zum Bergwerk gehören nebst dem eigentlichen Abbau eine Schutzhütte an einer Felswand nordöstlich vom Grubeneingang und die Seilbahnstation südlich vom Grubeneingang.



Abb. 1: Seilbahnstation mit Trasse.

Nur noch wenige Grundmauern sind von dieser Schutzhütte übriggeblieben. Besser erhalten ist die Seilbahnstation, von welcher der Blick direkt auf Innerferrera hinunterfällt. Von der Seilbahnstation führt ein kurzes Trasse dem Berghang entlang zum Grubeneingang.

Die Grube selbst ist ein linsenförmiges Hämatit- und Manganvorkommen, eingelagert im Dolomittfels. In den Anfängen der Abbautätigkeit, im 19. Jahrhundert, lag das Interesse am Hämatit. Erst 1917 interessierte man sich für das Mangan, da die Marktpreise so hoch waren und sich ein Abbau unter diesen schwierigen Bedingungen lohnte. Dem ausgesprengten Raum nach betrug die Linse im Maximum etwa 10 Meter in der Höhe und hatte eine Breite von etwa 12 Meter. Vom Eingang her sinkt die Linse gegen das Bergesinnere und endet nach 20 Metern. Nach Stäbler (1) betrug die abgebaute Menge in der letzten Abbauperiode rund 145 Tonnen Erz.

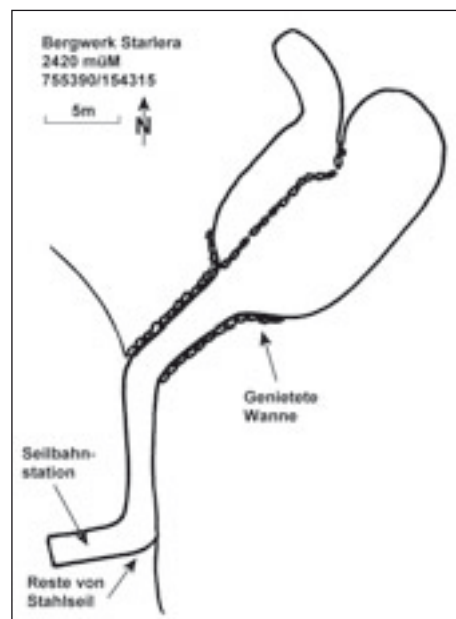


Abb. 2: Grundriss Bergwerk Starlera.

Stellt man die 145 Tonnen Erz dem Aufwand für die Gewinnung und dem aufwendigen Abtransport gegenüber, wird einem schnell bewusst, dass es sich nicht um einen wirklich lohnenden Abbau handeln konnte (1). Nach Stäbler (1) geht der erste Abbau auf Starlera zurück ins Jahr 1830, als das Vorkommen durch ei-

nen Herrn Marietti abgebaut wurde. Ab 1835 kam ein neuer Verwalter ins Spiel mit dem Namen del Negri. In dieser Zeit beteiligte sich auch der neu im Schams angesiedelte Rosalis an der Eisenbergbaugesellschaft del Negris. Doch bereits im Jahre 1848 kehrte Rosalis wieder nach Italien zurück. Von 1845 bis 1848 ist nebst del Negri ein Herr Baglionoi Besitzer der Bergbaugesellschaft. Ab 1850 zeichnete sich ein Ende der Gesellschaft ab. Der Betrieb auf Starlera ruhte bis ins Jahr 1917, als unter Markwalder die Bergbau AG Chur gegründet wurde. Diese hatte zum Ziel, das Mangan und nicht das Eisenerz abzubauen.

Stäbler (1) schildert in seiner Dokumentation, wie das Erz mit Hilfe einer Seilbahn zu Tale transportiert wurde. Diese 2 km lange Seilbahn konnte im Sommer 1920 in Betrieb genommen werden. Leider verunglückte Markwalder im August desselben Jahres tödlich, was zur Einstellung des Betriebs im Herbst führte.

Auch wenn die Förderleistung der Seilbahn bei 1400 kg pro Tag lag, konnte in der gesamten Abbauperiode von 3 Jahren nur 145 Tonnen Erz abgebaut werden (1).

Bei meinem Besuch im Sommer 2006 und den darauffolgenden Untersuchungen machte ich zwei erwähnenswerte Feststellungen. Zum einen bestimmte ich das Alter einiger Holzproben. Überraschenderweise fallen die Datierungen (1824, 1841 und 1842) in die Bergbauperiode unter del Negri. Es ist zu vermuten, dass die Balken und Stämme wieder verwendet wurden, als der Abbau um 1917 ein letztes Mal betrieben wurde.

Nahe an der Felswand, gerade beim Grubeneingang, entdeckte ich eine genietete Wanne. Diese könnte zum Transport des Erzes zur Seilbahnstation gedient haben.



Abb. 3: Genietete Wanne.

#### Literatur:

<sup>1</sup> Hans Stäbler: Bergbau im Schams, im Ferreratal und im vorderen Rheinwald, 1981. Bew. Neuauflage des Separatdrucks aus 106. Jahresbericht der historisch antiquarischen Gesellschaft von Graubünden 1976.

## Verschiedenes

### Exkursion des Bergbauvereins Silberberg zum Schieferbergwerk Landesplattenberg Engi vom 9. September 2006

Nach einer halben Stunde bergaufwärts sind wir beim untersten Stolleneingang, dem Aufbereitungsplatz, angekommen. Unter uns befindet sich eine Schutthalde und über uns ebenfalls. Vom im Berginnern abgebauten Schiefer konnten nur rund 10 % verwendet werden, der Rest liegt hier am Berg. In die Talebene wurde in der 400-jährigen Abbauphase bewusst nur brauchbares Material transportiert, um die Wiesen der Landwirtschaft zu erhalten. Die am Berg vorbereiteten Schieferblöcke wurden mit Muskelkraft auf Ästen als Unterlage ins Tal geschleift. Menschen waren damals als Arbeitskräfte billiger als Lasttiere. Auch der Transport talauswärts, Lasten von rund 30 kg, wurde durch die Bevölkerung bewerkstelligt. Verluste beim Transportieren wurden bei der Entlohnung abgezogen. Um die damaligen Grossfamilien zu ernähren, musste so manches in Kauf genommen werden. Der Abbau erfolgte trocken, eine sehr staubige Angelegenheit. Auch die frühere Unsitte, jeden Abend mit einem grossen Schnaps den Staub wegzuspülen, machte die früheren ungesunden Arbeitsbedingungen nicht besser. Arbeitszeiten von 10 Stunden im Sommer und 8 im Winter waren mit den damaligen eher schlechten Lebensmitteln eine gesundheitliche Herausforderung. So wundert es denn nicht, dass soziale Spannungen und sogenannte renitente Arbeiter hier nicht unbekannt waren. Eine Besserung erfolgte, als der Schieferabbau zum Landesregal wurde und somit geregelte Bedingungen mit einer entsprechenden Entlohnung daraus resultierten.

Von all dieser Mühsal ist heute am Landesplattenberg nicht mehr viel zu spüren. Wir können uns nur vage vorstellen, was es bedeutete, hier Schiefer abzubauen. Wir sind in der Zwischenzeit nämlich zu einem höher gelegenen Stolleneingang gewandert und fahren nun in den Berg ein. Keine engen Stollen, sondern riesige Abbaukavernen durchwandern wir staunend, auf Wegen und Treppen gehts bergan. Die fachmännisch angebrachte Beleuch-

tung zeigt Abbauspuren und die, bedingt durch die Abbautechnik, übriggebliebenen Felspartien. Man kann durchaus von Kunst im Berg sprechen. In einer dieser Kavernen werden Konzerte abgehalten, oder den Besuchern wird durch Abspielen von Musik die wunderbare Akustik vorgeführt. Vor dem eigentlichen Abbau wurde jeweils zuerst ein Stollen von übertag zur Schieferschicht vorgetrieben. Dann erfolgte der eigentliche Abbau mit dem Zweispitz an zwei rechtwinklig zueinander stehenden Seiten und das Lösen dieses Paketes mit kleinen Meisseln. Auf diese Art wurde von oben nach unten im Berg gearbeitet. Der so gewonnene Schiefer wurde zu Bodenplatten, Schreibtafeln Schiefertischen und Dachziegeln verarbeitet. Für uns alle sind die Schiefertafeln noch in guter oder eben in weniger guter Erinnerung. Zum Thema Schiefertafeln gibt es in Elm die entsprechende, originale, noch funktionstüchtige Fabrik zu besichtigen. Schiefertische und Schreibtafeln wurden in der Blütezeit des Abbaus europaweit verkauft, vereinzelt sogar nach Übersee. Konkurrenz entstand im Laufe der Zeit durch die Entdeckung weiterer Schieferbrüche in Europa.

Schiefer ist ein maritimes Ablagerungsprodukt, entstanden vor rund 30 Mio. Jahren (Tertiär-Oligozän). Vereinfacht ausgedrückt stellt man sich die Entstehung folgendermassen vor: Erdbeben lösten im Meeresküstenbereich Schlammlawinen aus, diese deckten dann in tieferen Bereichen bereits tote Fische zu bzw. rissen auch lebende mit. Entscheidend war der Umstand, dass diese Lebewesen sofort zugedeckt wurden und dem Zugriff anderer Meeresbewohner als Nahrung entzogen wurden, um so als Fossilien später einmal wieder aufzutauchen. Für die Schiefergewinnung waren die Fossilien ein Störfaktor und wurden deshalb anfänglich auf die Halde geworfen. Der Zürcher Forscher Johann Jakob Scheuchzer war einer der Ersten, der sich mit den Fossilien zu befassen begann. Es wurden verschiedene Fischarten, Schildkröten und vereinzelt Vögel gefunden. In Sammlungen erfasst sind ungefähr 3000 Stück, die so zur Berühmtheit dieses Schieferbergwerks beigetragen haben.

Überwältigt von der Grossartigkeit und Schönheit dieses Bergwerks gelangen wir wieder übertag an die Sonne, geniessen, umgeben von Relikten der aktiven Bergbauzeit, ein köstliches Mittagessen und

wandern dann durch die Schieferhalden zurück ins Tal. Mancher Blick verliert sich in den Schieferstücken, in der Hoffnung, doch noch ein Fossil-Stück zu entdecken.

Der Vergleich eines Erzbergwerkes mit einem Steinbergwerk war für uns Davoser sehr interessant, optisch ist es im Berginnern am Landesplattenberg gesamthaft eindrucklicher, obwohl unsere Tagbauspalte (Dalvazzerstollen) auch ein ganz grosses «Loch» ist. Beiderorts können wir nur staunen über die früher geleistete Arbeit und das, was für uns Heutige erhalten geblieben ist.

*Hans Peter Schenk*

#### **Quellenangaben:**

[www.geopark.ch](http://www.geopark.ch), [www.plattenberg.ch](http://www.plattenberg.ch)

Minaria 12b/1992 (umfassender Bericht)

Minaria 21c/2001 (Exkursionsbeschrieb Bergbau-workshop 2001)

Der Landesplattenberg Engi, Heinz Furrer – Urs B. Leu (ISBN 3-9521589-0-9)

#### **Arbeiten im Silberberg, Davos, 2007 Sicherung des Mundloches im Neuhoftungsstollen**

Das Mundloch des Lorenzstollens, im Grubenverzeichnis des Bergrichters Gadmer von 1588, als «Der angefangen Stollen underm weg im Wald unten, St. Lorenz» bezeichnet, befindet sich in einer zerrütteten Felszone mit hängender Schichtung.

Die «Neuen Bewerber» im 19. Jahrhundert erweiterten den ersten Teil auf ein grosses Profil und nannten diesen und die gerade Fortsetzung Neuhoftungsstollen. Der heutige Zustand dieser Felszone gab dem begutachtenden Geologen Anlass zur Besorgnis für die Sicherheit der Besucher.

Der Neuhoftungsstollen war in den letzten Jahren im hintern Teil von 200 m<sup>3</sup> Felstrümmern befreit und wieder mit Holzeinbauten gesichert worden. So können die historisch interessanten Strecken erneut besichtigt werden. Im Gegensatz dazu war der vordere Teil, inklusive Mundloch, nie mit künstlichen Mitteln stabilisiert worden.





*Abb. 1: Zustand der zerrütteten Zone des Mundlochs.*

Die Felsqualität, die Platzverhältnisse und die Transportmöglichkeiten erlaubten keinen Einsatz von Bohrankern. Die Verantwortlichen des BSD kamen zum Schluss, dass mit modernen, finanzierbaren, aber möglichst schonenden Mitteln die gefährdete Zone zu sichern sei.

Der Zustand des Mundlochs vor der Sicherung ist im Abb. 1 festgehalten. Die Ulmen-Seitenwände waren kaum mehr in der Lage, die Druck- und Scherkräfte von oben aufzufangen, was über lang oder kurz zu einem Einbruch der Firste hätte führen können.

Abb. 3: Nach langwierigen Überlegungen und Diskussionen wurde die folgende Lösung als bestmöglicher Kompromiss zur Ausführung gebracht:

Ein Betonkasten von 1,5 m Länge, der nach hinten verankert wurde, muss den vom Einsturz bedrohten Teil stützen. Die Kastenarmierung wird durch ein Stahlskelett gewährleistet (Abb. 2). Die anschließende, nicht besonders stabile Ankerzone sollte mit einem Armierungsnetz verfestigt werden. Aus logistischen Gründen kam der Einsatz von Spritzbeton nicht in Frage. In Abb. 4 ist das stabilisierte Mundloch mit der aufgeschichteten Bruchsteinmauer, welche die Betonplatte gegen Steinschlag schützt, ersichtlich.

Die Finanzierung wurde mit eigenen Mitteln, einem Beitrag von Fr. 10 000.– des kantonalen Vereins der Freunde des Bergbaus in Graubünden und über Fronarbeit gesichert.

Allen engagierten Mitarbeitern und Sponsoren ein herzliches Dankeschön.

*Bergbauverein Silberberg Davos, BSD*



*Abb. 2: Während der Sanierungsarbeiten (Bild Marianne Frei)*



*Abb. 2a*



*Abb. 3: Blick nach aussen mit den kritischen Ulmen.*



*Abb. 4: Abgeschlossene Arbeiten.*

### **Vorankündigung der Vereinsversammlung Freunde des Bergbaus in Graubünden**

Die 32. ordentliche Vereinsversammlung FBG findet am 15. März 2008 um 15.30 Uhr in Zillis statt.

Verantwortlich für die Organisation vor Ort ist Toni Thaller, Zillis.

Wünsche und Anregungen können an Toni Thaller oder Elsbeth Rehm gerichtet werden.

Zu gegebener Zeit wird die Einladung mit den Traktanden an alle Mitglieder versandt.

*Elsbeth Rehm  
Präsidentin FBG*





