

BERGKNAPPE 83



Verein der Freunde des Bergbaus in Graubünden
Stiftung Bergbaumuseum Graubünden
Schmelzboden-Davos

1/1998
Februar
22. Jahrgang

Redaktion:

Dr. h.c. Hans Krähenbühl, Edelweissweg 2,
7270 Davos Platz, Tel. 081 4136366
Lis Hasler, Er da Ses, 7482 Bergün, Tel. 081 407 1266
Hans Stäbler, Rufana, 7477 Filisur, Tel. 081 4204020

Jahresbeitrag:

Fr. 50.-

Einzelnummer:

Fr. 10.-

PC:

70-4300-0

Präsident Verein und Stiftung

Dr. h.c. Hans Krähenbühl, Edelweissweg 2,
7270 Davos-Platz

Verein: gegründet 3. Juli 1976

Stiftung: eröffnet am 26. Januar 1980

Regionalgruppenleiter:

Davos-Silberberg:

Hans Heierling, Flüelastr. 4, 7260 Davos-Dorf

Klosters-Prättigau:

R. Renner, Aujiweg 9, 7249 Serneus

Filisur- Albulatal:

Chr. Brazerol, Café Belfort, 7493 Schmitten

S-charl- Unterengadin:

Peder Rauch, Vi, 7550 Scuol

Ems-Calanda:

Dr. Ruedi Krähenbühl, Via Casti, 7403 Rhäzüns

Savognin-Oberhalbstein:

E. Brun, Greifenseestrasse 2, 8600 Dübendorf

Schams:

H. Stäbler, Rufana, 7477 Filisur

Oberengadin:

G.D. Engel, Via Tegiatscha 22, 7500 St. Moritz 3

Arosa-Schanfigg:

Renzo Semadeni, Aelpli, 7050 Arosa

Bündner Oberland:

G. Alig, Miraniga, 7134 Obersaxen-Meierhof

Inhaltsverzeichnis

- Ausstellung 150 Jahre Bundesstaat-	2
150 Jahre Industriekultur, Herbst 1998 in Davos	
- Bleibergbau und Verhüttung in der Antike	3
(Fortsetzung 7)	
- Georgius Agricola, ein Anherr der Geowissen-	10
schaften, des Umwelt- und Arbeitsschutzes	
(Fortsetzung 1, Schluss)	
- Berthold Schwarz - das Schwarzpulver und	17
die Feuerwaffen (Fortsetzung 1)	
- Nachbarlicher Bergbau über der Grenze -	22
Bergbau im Montafon	
- Der Einfluss der Bergakademie Freiberg auf	29
den Bergbau in Graubünden und der übrigen Schweiz	
(Fortsetzung 3, Schluss)	
- Die Sekundärminerale der Blei-Kupfer-	33
Vererzung im Tieftobel bei Schmitten GR	
(Fortsetzung 1, Schluss)	
- Mitteilungen	36

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Prof. Dr. E. Nickel, Universität, CH-1700 Fribourg
Hans Stäbler, Rufana, CH-7477 Filisur
Dipl. Ing. H.J. Kutzer, Hütteningenieur, Rehbergstr. 4,
D-86949 Windach
Prof. Dr. E. Niggli, Universität, CH-3000 Bern
Prof. Dr. G. Weisgerber, Deutsches Bergbaumuseum,
D-44791 Bochum
Prof. Dipl. Ing. Dr. mont. Dr. phil. G. Sperl, Jahnstr. 12,
Erich-Schmid-Inst. für Festkörperphysik,
A-8700 Leoben
Dipl. Ing. Dr. H.J. Köstler, Grazerstrasse 27, A-
8753 Fohnsdorf
Dr. E.G. Haldemann, Int, Consulting Geologist,
CH-1792 Cordast FR
E. Brun, Greifenseestr. 2, CH-8600 Dübendorf
Dr. F. Hofmann, Geologe, Rosenbergstr. 105, CH-
8212 Neuhausen am Rheinflall
Dr. Stefan W. Meier, Historiker, Lauriedstr. 7,
CH-6300 Zug

Titelseite: Grafik Honegger-Lavater, Zürich. Mit freundlicher Genehmigung der SIA-Schmirgel- und Schleifindustrie AG, Frauenfeld. **Innenseite:** Georg Agricola, De Re Metallica Libri XII.

Druck: Buchdruckerei Davos AG

Herbst 1998: Davos präsentiert "150 Jahre Bundesstaat - 150 Jahre Industriekultur"

Marianne Frey - Hauser, Davos

Als einziger Ort im Bündnerland wird Davos vom 26. September bis 18. Oktober 1998 die Jubiläums-Wanderausstellung "150 Jahre Bundesstaat - 150 Jahre Industriekultur" zeigen. Die Trägerschaft liegt bei der "Schweizerischen Gesellschaft für Technikgeschichte und Industriekultur/SGTI". Das "Bundesamt für Kultur" unterstützt sie mit rund 450'000 Franken.

Bündner Bergbau als Kriterium

Grund für die Wahl von Davos als Ausstellungsort war die Tatsache, dass hier der Bergbau als eine der ältesten Industrien der Schweiz sowohl im Bergbaumuseum Graubünden im Schmelzboden Davos als auch in begehbaren Stollen am Silberberg eingehend dokumentiert wird. Im 15./17. sowie im 19. Jahrhundert war der Bergbau für Graubünden von Bedeutung und bot in seiner Blütezeit allein am Davoser Silberberg rund 200 Menschen einen - allerdings überaus harten - Arbeitsplatz.

Auf Anfrage der organisierenden Stellen hat der "Verein der Freunde des Bergbaus in Graubünden" daher seine Bereitschaft zur dreiwöchigen Präsentation der erwähnten Ausstellung in Davos, umrahmt von weiteren attraktiven Jubiläumsanlässen, erklärt.

Blick zurück und nach vorn

Rund um die Wanderausstellung "150 Jahre Bundesstaat - 150 Jahre Industriekultur" im Langlaufzentrum Davos hat das vom Kleinen Landrat der Landschaft Davos Gemeinde beauftragte OK ein breitgefächertes Erlebnisprogramm für die drei Ausstellungswochen zusammengestellt.

Dank der Trägerschaft der Davoser Exekutive wird eine zusätzliche Regionalsausstellung "Von der Walsersiedlung zur Alpenmetropole" gezeigt, die die Entwicklung von Davos in den vergangenen 150 Jahren veranschaulicht und ebenfalls im Davoser Langlaufzentrum stattfindet. Die wissenschaftliche Studienstiftung "Forum Davos" ihrerseits organisiert vom 4. bis 6. Oktober 1998 eine



Tagung unter dem Titel "Von der Industrie- zur Informationsgesellschaft wohin geht die Schweiz?" und will mit namhaften Referenten die nachindustrielle Zukunft ausleuchten sowie neue, gesellschaftliche Zielvorstellungen erarbeiten.

Breites Angebot, viele Erlebnisse

Zum Programm der Erlebniswochen gehören zudem Architekturführungen durch Davos mit Besuch des Kirchner Museums. Auch die vier Davoser Forschungsinstitute öffnen dem Publikum ihre Türen. Besucht werden ausserdem vier der insgesamt 100 Davoser Bauernbetriebe, das Bergbaumuseum Graubünden und die Stollenanlagen am Silberberg, das neueröffnete Bergbau- und Nationalparkmuseum in S-charl sowie die neuerstellte, kühne Sunnibergbrücke unterhalb von Klosters", Die Kultur kommt in diesen drei Herbstwochen ebenfalls zu ihrem Recht: Am 4. Oktober 1998 findet im Kongresshaus ein ungewöhnlicher öffentlicher Kulturanlass statt. Im Kino "Arkaden" wird der berühmte Charly Chaplin-Film "Modern Times" gezeigt.

All diese Events werden dem Publikum kostenlos oder zu sehr günstigen Konditionen angeboten, da der Kanton Graubünden, die Landschaft Davos, Gemeinde, die Graubündner Kantonalbank sowie mehrere Bündner Firmen und Vereinigungen die Aktivitäten während der Ausstellungszeit mit bedeutenden Zuwendungen unterstützen. Mitmachen wird auch die Rhätische Bahn: Sie bietet vergünstigte Billette für all jene Besucherinnen und Besucher an, die in weiter entfernten Kantonsgebieten wohnen und die Davoser Erlebniswochen ohne Auto besuchen möchten.

Der dieser Ausgabe des "Bergknappen" beiliegende Prospekt informiert detailliert über sämtliche Anlässe im Herbst 1998.

11. Aufbereitung

Unter Aufbereitung versteht man das mechanische und thermische Behandeln von Erzen mit dem Zweck, diesen die für die Weiterverarbeitung im Verhüttungssofen geeigneten, gleichmässigen Eigenschaften zu verleihen. Das Wesentliche dabei ist, ein möglichst reines Erzkonzentrat zu erhalten, um den Verhüttungsprozess nicht mit unnützen oder sogar störenden Materialien zu belasten. Die Anreicherung der Erze erfolgte in erster Linie mittels mechanischer Trennung der Gangart vom Erz und durch Partikelauflösung im Grössenbereich 1-10 mm. Um dieses Ziel zu erreichen, musste das Erz mehreren Aufbereitungsprozessen unterworfen werden. Dazu gehörten das Klauben, Hämmern, Erhitzen, Zerstampfen, Mahlen, Sieben, Waschen und Rösten " ... das aertz klaubet wirt/ gepaucht/ geroest/ gequetscht/ zuo mael gemalen/ geraeden/ gewaeschen/ im roestofen geroest" (Agricola 8, S. 214. Mit dem ersten "Rösten" meinte Agricola nur ein Erhitzen mit dem Zweck, das Erz mürbe zu machen, um es hernach besser zerstampfen und mahlen zu können. Das eigentliche Rösten am Schluss der Aufbereitungskette diente vor allem dem Zwecke der Eliminierung des Schwefels). Alle Erze wurden während Jahrtausenden und bis in die Neuzeit hinauf fast unverändert auf diese Weise aufbereitet. Dies geht u.a. aus dem Bericht des Plinius hervor "quod effossum est, tunditur, lavatur, uritur, molitur in farinam" (Plin. N.H. 33.69). Um den Holz- bzw. Holzkohlebedarf bei der Verhüttung zu reduzieren und die Beschickungsmenge volumenmässig klein zu halten (um das 4-5 fache), musste die Charge für den Schmelzofen einen möglichst hohen Anteil an Bleimineralien aufweisen. Der durchschnittliche Bleigehalt der Erze in den Vorkommen schwankt im Bereich zwischen 5% und 15%, von Ausnahmen mit extrem hohen Werten abgesehen. Mit der Erzaufbereitung gelang es nun, den Mineralgehalt bis auf etwa 70% zu erhöhen. Im Normalfall begnügte man sich jedoch mit Werten zwischen 45-50%.

Die schriftliche Quellenlage zur Aufbereitung ist wie üblich dürftig, und um die archäologischen Zeugen steht es nicht viel besser. Die meisten Ueberreste stammen von den Prozessen zur Zermahlung

(Rillenschlägel, Zerkleinerungstische). Sehr selten sind die heute noch vorhandenen Zeugen des Waschens: Sie sind nur noch im Revier von Laureion (Attica) erhalten.

11.1 Trockenmechanische Aufbereitungsprozesse

Klauben und Hämmern (Zerschlagen)

In fast allen Minen erfolgte eine erste Vorklaubung, d.h. eine von Hand und oft unter Zuhilfenahme eines Hammers durchgeführte Sortierung der herein gewonnenen Gesteinsmassen bereits unter Tage. Die so durchgeführte erste Trennung von Erz und Nebengestein erfolgte bei den dort herrschenden, meist nicht idealen Lichtverhältnissen, zur Hauptsache aufgrund der Gewichtsunterschiede ähnlich grosser Erzstücke infolge des Dichteunterschiedes der darin enthaltenen Mineralien (Die Dichten in g/cm^3 lauten: Bleiglanz 7,2-7,6; Zinkblende 3,9-4,2; Pyrit 5-5,2; Kupferkies 4,1-4,3; Cerussit 6,5; Galmei 4,1-4,5; Malachit 4,0. Als Vergleich dazu die Dichten der wichtigsten Mineralien des tauben Gesteins: Quarz 2,5-2,7; Calcit 2,6-2,8; Dolomit 2,9; Schwerspat 4,5). Conophagos (1980, S. 126) meint, dass man im alten Laureion auf diese Weise Erzstücke mit einem Bleigehalt von unter etwa 7% bereits als Bergeversatz in der Grube liegen liess. Bei der eigentlichen Klaubarbeit über Tage wurde dann das Fördergut auch aufgrund des Aussehens geschieden. In den meisten Fällen lässt sich die mit dem Bleiglanz verwachsene Zinkblende von Auge sehr gut unterscheiden: Während ersterer eine grau-schwarz glänzende Erscheinung hat, variiert die Farbe der Zinkblende von beige über braun-gelb, braun bis dunkelbraun, je nach Eisengehalt, und der oft assoziierte Pyrit mit seinem goldglänzenden Aussehen war auch sofort erkennbar. Einzelne gröbere Erzstücke mit einem Bleigehalt von mehr als ca. 30% sollen direkt zum Verhüttungssofen gebracht worden sein. Auch über Tage wurde weiterhin das unter 7%-ige Erz auf Halde geschüttet. Die Klaubung erfolgte entweder am Boden oder auf sogenannten Klaub- und Hämmertischen aus Stein, in den Mittelmeergebieten wahrscheinlich meist unter freiem Himmel, in den nördlichen Gebieten (Britannia, Germania etc.) möglicherweise

in überdeckten Unterständen. Das Hämmern bzw. Zerschlagen erfolgte in der prähistorisch-bronzezeitlichen Epoche mit Klopsteinen. Solches Aufbereitungsgezehe wurde bei Agios Sostis (Siphnos) entdeckt. Die Klopsteinen bestanden vielfach aus vulkanischem Trachyt und mussten für ihren Zweck extra von auswärts auf die Insel Siphnos eingeführt werden.

Zerstossen und Mahlen

Das auf die oben beschriebene Art und Weise angereicherte und bereits von einem Grossteil der Gangart befreite Erz musste nun noch zerkleinert werden, was mit Hilfe von Stösseln, Schlägeln, Pochwerken und Erzmühlen geschah. Mangels alter Quellen über das Zerstossen von Bleierzen mit Stösseln in Mörsern muss hier ein Bericht aus dem 2. Jh. v. Chr. von der Goldaufbereitung in Aegypten wiedergegeben werden *"Die aber, die über Dreissig sind, haben von diesen jeder eine bestimmte Menge der gebrochenen Felsen (= Erz, Anm. d. Verf.) zu übernehmen und in steinernen Trögen mit eisernen Meisseln zu zerstossen, bis sie diese zur Grösse einer Erbse zerkleinert haben"* (Diod. Sie. 3.13.1; Uebers. G. Wirth, 1992). Funde von steinernen Mörsern aus Bleibergbaugebieten bestätigen die obige Aussage. Sehr wahrscheinlich erfolgte die Zerstossung der Erze an manchen Orten (vor allem in vorrömischer Zeit) mit den an einigen Stellen in dieser Arbeit genannten Rillenschlägeln auf Zerklein-

rungstischen, wie sie in Abb. 11-1 dargestellt sind. Diese waren immer aus hartem Gestein (z.B. Granit, Quarzit) und hatten Abmessungen in der Grössenordnung von z.B. L=47 cm, B=28 cm, H=16 cm.

Neben Stösseln und Schlägeln verwendete man an gewissen Orten bereits eine Art von Pochwerken, die dann im Mittelalter, von Wasserkraft angetrieben, zu eigentlichen Grossmaschinen weiterentwickelt wurden (Agricola, Buch 8, S. 226). In Nordwestspanien war man auf ein einfaches Fallgewichtspochwerk gestossen. Am Schwingbaum hing ein Seil mit einem auf der Unterseite abgeplatteten Felsblock. Durch das Fallenlassen dieses Felsklotzes zertrümmerten die Bergleute das Haufwerk, das in einer steinernen Bodenwanne von 1,8 x 1,28 m Grösse ausgebreitet lag. Die beim Aufprall des Klotzes auf dem Erz freigesetzte Kraft war in jedem Falle um ein Vielfaches grösser als diejenige, die von einem Arbeiter mit einem Schlägel hätte erzielt werden können. Bei dieser Pochkraft spielten Grösse und Härte des zu brechenden Gesteins kaum eine Rolle. Diese einfache "Maschine" hatte zudem den Vorteil, dass sie Hand- und Armgelenke der Arbeiter schonte, was bei Arbeitskräftemangel, z.B. in entlegenen Gebieten, wichtig war (Rosumek 1982, S. 85). Eine Alternative zu diesem Vorgehen oder als Ergänzung im Sinne eines noch feineren Partikelauflusses auf Korngrössen von ca. 1 - 2 mm setzte man seit alters her Erzmühlen der verschie-



Abb. 11-1: Zerkleinerungstische und Mörser aus dem Bleibergbaurevier "Lomo de Ferro" Sierra Morena, Hispania (aus: Domergue 1990, Pl.XXVIIa)



Abb. 11-2:
Römische Drehmühle aus Stein,
D 30 cm, H 18 cm Fundort: Mina
Balsa, La Union, Minengebiet von
Carthago Nova;
(Museo Minero La Union; Foto: S. W
Meier 1988)

densten Art ein. Davon berichtete wiederum der Historiker Diodorus Siculus aus Aegyptus "Von ihnen (den oben erwähnten über 30jährigen, Anm. d. Verf.) wiederum übernehmen dann die Steinchen (= Erz) von solcher Grösse die Frauen und alten Männer, um sie in Mühlen einzuwerfen, die in recht grosser Zahl der Reihe nach nebeneinander stehen. Je drei oder auch zwei Leute an einer Kurbel zusammen mahlen" (Diod. Sie. 3.13.2; Uebers. G. Wirth, 1992). Es muss sich hier also um grössere und schwerere Mühlen gehandelt haben, wenn daran mehrere Personen wirken konnten. Aus römischer Zeit wird ebenfalls von riesigen Mühlen berichtet (Typ Pompeij), zu deren Bedienung mindestens 2 Personen notwendig waren. Während Domergue Trümmer solcher Mühlen in hispanischen Bergwerken ausmachen konnte, sind Conophagos und Jones der Meinung, dass Mühlen dieses schweren Typs für den Einsatz bei der Erzaufbereitung ungeeignet gewesen seien. Conophagos meint, dass diese nur zum Mahlen von Korn verwendet wurden (Conophagos 1980, S. 223; Domergue 1990, S. 498; Jones 1984, S. 69). Eine etwas andere, kleinere Art von Drehmühle bestand aus einem steinernen Gefäss, dessen Wände innen in der Form eines Konus ausgehauen waren, und einem ebenfalls steinernen Kegel. Durch Drehen dieses Kegels oder Konus wurde das Erz im Hohlraum zwischen Kegel und Gefäss allmählich zerrieben. Im Bergbauggebiet von Laureion stiess man auf zwei solcher Exemplare.

Die meisten Funde von Erzmühlen sind jedoch Ueberreste kleiner, kreisförmiger Handdrehmühlen, wie in Abb. 11-2 dargestellt. Sie weisen Durchmesser von 25 - 35 cm auf, besitzen einen hölzernen Stiel und waren gut von einer Person

zu bedienen. Diese Mühlen bestehen ebenfalls aus hartem Gestein (Granit, Basalt, Trachyt) und wurden in manchen Bleibergbaugebieten Hispanias geborgen. Im Minenrevier von Carthago Nova, im Museo Minero de La Union (bei Cartagena), sah der Autor eine solche römische Drehmühle. Im Bergbauggebiet von Laureion gelangten noch andere Arten von Mühlen zur Anwendung: die Kastenmühle (mola trusatilis). Diese Mühlen waren von viereckiger Form und bestanden aus einem Oberteil mit einer schlitzenartigen Öffnung in der Mitte, durch die das Mahlgut auf die Bodenplatte glitt. Durch horizontale Bewegungen mit dem auf der Unterseite aufgerauhten Oberteil auf der ebenfalls steinernen Unterlage wurde das haltige Gestein zerrieben. Das Material der bei Laureion gefundenen Exemplare bestand aus Trachyt. Auf einem vor der Insel Cyprus gestrandeten Schiff (4. Jh. v. Chr.) entdeckte man neben Amphoren eine ganze Ladung solcher Kastenmühlen ähnlich der in Laureion gefundenen. Die Abmessungen dieser Kastenhandmühlen betragen 60 x 30 x 30 cm, 100 x 50 x 50 cm, 90 x 45 x 45 cm. Diese Mühlenart wurde ebenfalls beim Getreidemahlen eingesetzt.

Eine ganz besondere Art von Mühle entdeckte man im Revier von Carthago Nova. Sie bestand aus einem länglichen Steinzyylinder aus hartem Kalkstein mit einem Durchmesser von ca. 90 cm. Der Zylinder bzw. die Walze drehte an einem ebenso langen trapezförmigen Gesteinsblock, dessen einer Schenkel allerdings eine konkave Form aufweist, so dass an dieser Kontaktfläche beim Drehen des Zylinders das Erz gemahlen wurde. Die Zylinderenden besaßen je einen viereckigen, vorstehenden Nabenwulst (50 x 50 cm),



Abb. 11-3: Kastenhandmühlen aus Trachyt. Fundort: Bergbaugelände von Laureion (aus: Conophagos 1980, S. 229 Abb. 10-8)

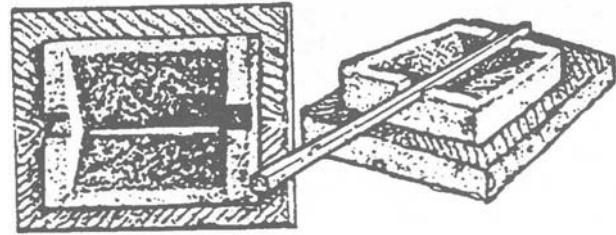


Abb. 11-4: Kastenhandmühle mit Stiel (Skizze) (aus: Jones 1984, S. 69)

der Sitz der ebenfalls 4-eckigen Oeffnung (20 x 20 cm, T=31 cm) für die Achse war.

11.2 Nassmechanische Aufbereitungsprozesse

Wohl erreichte man mit dem trockenmechanischen Aufschluss ein sehr feinkörniges Gemenge, das von der Korngrösse her für die Verhüttung hätte gebraucht werden können. Trotzdem enthielt dieses Gemenge immer noch relativ bedeutende Anteile tauben Gesteins. Mit dem Waschen konnte das Erzvolumen auf etwa einen Viertel der am Ende der trockenmechanischen Aufbereitung angefallenen Menge reduziert werden; dadurch stieg automatisch der Bleimineralgehalt des Konzentrats an. In den unten beschriebenen Prozessen geht es darum zu zeigen, wie diese unnütze Gesteinsfracht mit Hilfe des Wassers vom Erz getrennt wurde. Beim Mangel an Holzkohle, der periodisch in allen intensiv genutzten Bergbaurevieren auftrat, war zudem ein Aufheizen von wertlosem Material (= Energieverschwendung) in den Oefen kaum zu verantworten. Für den Erfolg der Scheidung mittels Wasser war entscheidend, dass das trockenmechanisch aufbereitete Erz un-

gefähr dieselbe Partikelgrösse aufwies.

Alle nassmechanischen Einrichtungen bzw. Waschanlagen arbeiteten nach dem Prinzip der gravimetrischen Trennung, d.h. man benutzte die Dichtedifferenz zwischen den schweren Bleierzbestandteilen und der leichteren Gangart (vorwiegend Quarz oder Calcit) bzw. den Zinkerzbestandteilen, die sich dann meist obenauf absetzten. Diese Trennung geschah vor allem dort, wo sich die Fliessgeschwindigkeit des Wasser-Scheidegut-Gemischs durch künstliche Massnahmen (Querschnittsvergrösserung, Hindernisse) plötzlich verringerte.

Wie schon erwähnt, haben aus der Antike erhaltene Waschanlagen aus Blei-Silberbergbaurevieren Seltenheitswert. Solche Anlagen sind nur noch im Bergbauggebiet von Laureion zu sehen. Da diese schon in vielen Publikationen z.T. sehr ausführlich beschrieben und bildlich dokumentiert wurden (z.B. Kalcyk 1983), soll hier nur kurz darauf eingegangen werden. Dafür werden in der vorliegenden Arbeit allgemein weniger bekannte Wascheinrichtungen detaillierter abgehandelt, insbesondere solche aus Hispanias Bleibergbaurevieren, die leider nur noch aus archäologischen Berichten bekannt sind.

Tragbare Wascheinrichtungen

Dazu gehören Siebe und siebartige Behältnisse aller Art sowie die meist bei fest installierten Anlagen verwendeten hölzernen Waschrinnen und Rippenbretter. Möglicherweise wurden Siebe auch bei der trockenmechanischen Aufbereitung verwendet, wie Agricola (Buch 8, S. 230, 231) zeigte. Dafür gibt es aber keine Belege aus der Antike. Hingegen erfahren wir von Strabon, Polybius zitierend, dass im Revier von Carthago Nova Siebe im Zusammenhang mit der Erzwäsche im Einsatz waren (Strabon 3.2.10). Das Sieb wurde im Wasser auf und ab geschwenkt, so dass die schwereren Teilchen durch die Maschen auf den Fassboden niedersinken konnten, während sich das leichtere Material obenauf absetzte, eine schlammige Schicht bildend, die weggeschöpft wurde. Dieser sog. Setzprozess (engl. jigging) wurde - nach Agricola - mit zunehmend engmaschigeren bzw. feinflöcherigen Sieben dreimal wiederholt, wobei sich nach jedem Durchgang zunehmend feineres Erz auf dem Fassboden ansammelte, das dann nach dem Ablassen des Wassers für den nächsten Setzprozess herausgeschöpft wurde. Das am Schluss entnommene Erzkonzentrat konnte nach dem Trocknen dem Verhüttungssofen zugeführt werden "aber die schlich (= das am Boden liegende Erzkonzentrat, Anm. d. Verf.) ... , die im letzten vhasboden seindt gelegen, werden herauss gnommen unnd gschmeltzt" (Agricola 8, S. 232, S. 233 Abb).

Die Verwendung hölzerner Waschrinnen und Rippen (Agatharchides 27, S. 21) ist ebenfalls aus der Antike und sogar aus der Bronzezeit bekannt. Derartige Waschmethoden haben sich bis in die Neuzeit hinein erhalten, wie uns Agricola (Buch 8, S. 269) bezeugte. Die Methode beruhte auf demselben Prinzip wie bei den zirkularen Waschanlagen aus Stein: Vertiefungen oder Hindernisse (z.B. in Form von Rippen bei den Waschbrettern) bewirkten eine Verlangsamung des Wasserstromes und gaben damit der Erzaufschlammung Gelegenheit zum Absetzen der schwereren, erzhaltigen Bestandteile, während die leichtere Fracht mit Nebengestein und Nichtbleimineralien mit dem Wasserstrom weitertransportiert wurde. Nach dem Waschvorgang konnte das Erz den Rinnen und Rippen zum Trocknen entnommen werden.

Fest installierte Wascheinrichtungen Darunter sind vor allem grosse Wascheinrichtungen aus lithogenem Material zu verstehen, wie sie aus Laureion bekannt geworden sind. Von der Form her wurden sie rechteckig, kreis- bzw. spiralförmig gebaut. Erstere bedecken Grundflächen

bis zu 12 x 14 m, letztere weisen Durchmesser von ca. 8 m auf. Ein Hauptmerkmal dieser Waschanlagen war der schonende Wasserbedarf, denn das Wasser wurde zu einem guten Teil wiederverwendet. Einer solchen Anlage mussten aber trotz Recyclingsystem immer noch etwa 440 Liter Frischwasser pro Tonne Erz zugeführt werden. In einer kreisförmigen Versuchsanlage wurden 60 kg Aufbereitungsgut (Bleigehalt 16%) mit Korngrößen unter 1,5 mm Durchmesser gewaschen. Als Resultat erhielt man 13,5 kg Erzkonzentrat mit einem Bleigehalt von 45% und 46,5 kg Haldenmaterial mit einem Bleigehalt von 7,5%. Da man in Attica und anderen sommertrockenen Gebieten auf das Sammeln des Regenwassers angewiesen war, wurden für den Betrieb dieser Anlagen zahlreiche und z.T. riesige Zisternen mit einem Fassungsvermögen von bis zu 1 Mio. Litern gebaut. Zisternen für die Erzwäsche sind auch aus Revieren in Hispania überliefert. Man versteht nun auch besser, dass in den ariden Bleibergbaugebieten von Aegyptus entlang des Mare Rubrum (Rotes Meer) keine Waschanlagen entdeckt wurden, weil solche aus Gründen der mangelnden Wasserversorgung wahrscheinlich gar nie oder nur in sehr beschränktem Umfang gebaut wurden.

Im Bergbaugelände von Coto Fortuna (Hispania) entdeckte man eine eigenartige Waschanlage, die sich in baulicher Hinsicht von den oben beschriebenen wesentlich unterscheidet. Diese Installation bestand aus neun in einer Reihe aufgestellten Waschtrögen und einem parallel dazu verlaufenden Wasserkanal, der einst auf einer Länge von 15 m erhalten war und aus dem die Waschtröge über kurze Stichkanäle mit der vom Wasser getragenen Erz- und Gesteinsfracht gespeist wurden. Die durch je ein ca. 50 cm breites Mauerwerk voneinander getrennten Waschtröge sowie der Wasserkanal waren ebenfalls gemauert. Sie besaßen auf der Innenseite einen harten, wasserdichten Verputz aus "opus signinum". Die Wannengliederungen gliederten sich in zwei Teile, einen kreisförmigen "a" mit einem oberen Durchmesser von 75 cm, der gegen den Boden hin in ein Oval mit dem kleinen Achsendurchmesser von 50 cm übergeht. Jedem dieser rund-ovalen Teile ist rechts davon ein rechteckiger Teil "b" von 1,2 - 1,3 m Länge angegliedert. Die Tiefe der Tröge beträgt 0,65 - 0,75 m. Zur Gewährleistung eines guten Geschiebezuflusses besaß die Hauptwasserrinne ein Gefälle von 2,3%. Senkrechte Rillen an den Trogwänden zwischen den Teilen "a" und "b" lassen die Vermutung zu, dass dort Bretter zur Trennung der beiden Teile hineingeschoben werden konnten. Rosumek (1982) geht auf diesen Sachverhalt nicht weiter ein und übernimmt die Interpretation der

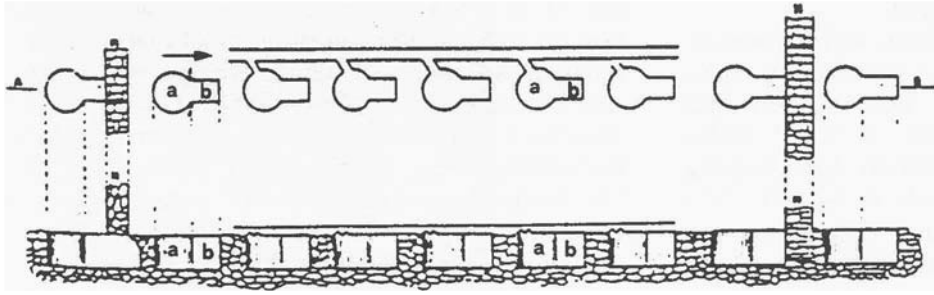


Abb. 11-5: Waschanlage im Revier von Coto Fortuna (Hispania) (aus: Rosumek 1982, 5.92)

Funktionsweise dieser Anlage gemäss J.M. Luzon (Instrumentes mineros de la Espana antigua, Leon 1970, p. 237, zit. aus Domergue 1990, S.502): Das Wasser mit der gemahlene Fracht sei tangential in die Becken geleitet worden und habe wegen der Anordnung der Eintrittsöffnung und der runden Form der Tröge eine kreisende Bewegung erhalten, die möglicherweise noch durch Rührbewegung mit einer Kelle verstärkt worden sei. Das haltige und damit schwere Erz habe sich nach aussen abgesetzt und sich im rechteckigen

Teil "b" der Waschröge angesammelt. Ramin (1977) und Domergue (1990) erwähnen jedoch noch eine andere, plausiblere Funktionsweise, die insbesondere den angetroffenen senkrechten Rillen und der dadurch gegebenen Möglichkeit zur Trennung der beiden Trogabteile gerecht wird. Der Autor gibt hier eine seinem eigenen Sachverständnis entsprechende Annäherung dieser Interpretationen wieder: Zu Beginn der Wascharbeiten wurde der Wasserzufluss am Eingang in den Teil "a" eines jeden Beckens unterbrochen (wahrscheinlich mit Holzklötzen). Dann untertrennte man die beiden Troghälften "a" und "b" mit Hilfe von ca. 2-3 in die vertikalen Rillen eingeschobenen Brettern. Nach Rührbewegungen im rund-ovalen Teil "a" und einer gewissen Wartezeit entnahm man der Aufschlammung die oberste Schicht mit dem tauben Material und schob dieses nach Herausnahme des obersten Brettchens in den rechteckigen Teil "b" des Waschtroges. Daraufhin schöpfte man etwas Wasser aus dem Teil "a" ab, bis man auf haltigeres Material stiess, das herausgeschöpft und am Trogrand deponiert wurde. Nach dem sich wegen des Gesetzes von den kommunizierenden Gefässen der Wasserstand in beiden Trogteilen infolge der Undichtheit der Bretterwand ausgeglichen hatte, schüttete man das zuvor deponierte Erz wiederum in den Trog "a", Darauf wiederholte sich der Vorgang von oben mit dem Unterschied, dass nun zunehmend tiefer liegende Brettchen herausgenommen werden konnten. Der Waschvorgang war beendet, wenn das Erzkonzentrat die geforderte Qualität besass. Nach dem Ausräumen bei-

der Trogteile von ihrer Restfracht (Teil "a" = Erz, Teil "b" = taubes Gestein) konnten die Waschröge nach dem Wiederöffnen der Stichkanäle wiederum mit neuem Scheidegut und Wasser beschickt werden. Die Anordnung dieser Waschanlage in Coto Fortuna gestattete eine parallele und gleichzeitige Erzwäsche, ausgeführt von 9 Arbeitern oder auch Sklavinnen (Wilsdorf 1952, S. 141 Anm. 30).

Aus zwei anderen Bleibergbaurevieren sind Waschanlagen bekannt, deren Wannen aus Blei gefertigt waren. Die eine Anlage auf der Insel Sardinia (Revier Montevecchio) bestand aus kleineren Waschrögen von rechteckiger Form. Die Bleiwannen waren in Serie und in der Höhe versetzt derart angeordnet, dass die jeweils tiefer gelegene Wanne das Wasser mit dem Scheidegut über ein Rohr erhielt. Auf diese Weise erfolgte gegen die tiefer gelegenen Waschröge hin eine zur Partikelgrösse bzw. zum Gewicht umgekehrt proportionale Selektion im Sinne einer immer feineren Erzabscheidung. Auf eine ähnliche Anlage stiess man im Bleibergbauggebiet von Cabezo Rajado (bei Carthago Nova, Hispania). Hier waren die 5 in Serie angeordneten und ummauerten Bleitröge jedoch nicht in der Höhe versetzt wie oben. In einem anderen hispanischen Revier, EI Centenillo (Hispania), entdeckte man Reste von 15 direkt in den gewachsenen Fels eingehauenen Waschrögen längs eines Wasserkanals. Die Erzwäsche in den zuletzt genannten zwei Anlagen muss auf ähnliche Weise wie in der Waschanlage von Coto Fortuna erfolgt sein.

11.3 Thermisch-chemische Aufbereitungsprozesse

Darunter versteht man das Erhitzen und Rösten der Bleierze, das, wie am Anfang von Kap. 11 gezeigt, zwei Zielen diente:

- Das Erhitzen zu Beginn der Erzaufbereitung sollte das Erz nur für die mechanische Zerkleinerung

mürbe machen. Um den Effekt zu steigern, wurde nach Agricola (Buch 8, S. 220) und in Analogie zum Feuersetzen Wasser auf das noch heisse Erz gegossen. Diese Anwendung kam sowohl für den schwefelhaltigen Bleiglanz als auch für Cerussiterze in Frage.

- Das Rösten des Erzkonzentrats am Schluss des mechanischen Aufbereitungsprozesses bezweckte eine weitestgehende Eliminierung des die Verhüttung behindernden Schwefels im Bleiglanz (PbS) und in anderen sulfidischen Mineralien.

Überall dort, wo nicht Cerussit (PbHCO_3) vorherrschte, wie z.B. in Laureion, musste der Schwefel der Erze in einem Röstverfahren verbrannt bzw. oxidiert werden. Für das Schmelzen beim Reduktionsprozess im Schachtofen durfte das Erzkonzentrat insgesamt höchstens 2 % Schwefel enthalten, d.h. also höchstens etwa 20 % Bleiglanz (reiner Bleiglanz enthält ca. 13 % Schwefel. Ein Fünftel davon = 2,6 %). Wurde dies nicht beachtet, so bildete sich Blei-(Kupfer-)stein, und es resultierte ein sehr geringes metallisches Ausbringen. Die Schädlichkeit des Schwefels bei der Verhüttung bezeugte auch Agricola (Buch 8, S. 219). Beim Röstprozess wurden automatisch auch noch andere unerwünschte Elemente beseitigt oder wenigstens mengenmässig reduziert, nämlich Zink und Arsen, die in der Form von Zinkblende (ZnS) und Arsenkies (FeAsS) sehr häufig mit dem Bleiglanz vergesellschaftet sind. Archäologische Spuren der Röstung sind so gut wie keine überliefert. Eine Ausnahme könnten die auf dem Verhüttungsgelände von "Arroyo del Guijuelo" (Sierra Morena, Hispania) entdeckten riesigen Öfen mit Durchmesser von 4 m darstellen. Öfen solcher Grösse eigneten sich nur zum Rösten. Ebenfalls ausschliesslich der Röstung von Bleiglanz dienten die in den Schlackenhalde der Sierra Morena (Hispania) entdeckten riesigen Gruben von 6-7 m Durchmesser und Tiefen von 3 m.

Aus Mangel an aus der Antike stammenden Zeugnissen ist eine Betrachtung der Röstofenkonstruktion bei Agricola (Buch 8, S. 220, 221) sicher angebracht. Gemäss dem sächsischen Gelehrten erfolgte das Rösten in sog. gemauerten "Röstherden". Ein solcher bestand aus einer wenig tief in den Boden eingelassenen Grube, die an den Längs- und der Rückseite von einer niedrigen Mauer umgeben war, um "dz sie dester basz (= um so besser) die hitz des feurs haltendt" (Agricola 8, S. 220). Die Vorderseite war offen. Zum besseren Abscheiden der "Schlacke" besass die Sohle des Herdes ein Gefälle zur offenen Seite hin. Die Beladung eines Röstherdes muss man

sich ebenfalls in Anlehnung an Agricola vorstellen: Zuerst wurden bis 12 Fuss lange Holzscheite kreuz und quer etwa 1 oder 2 Ellen hoch aufgeschichtet. Darauf kam zuerst grob gepochtes Stückerz, dann gegen oben hin immer feineres Erz, bis das Ganze die Form eines Kegels annahm. Nachdem das Erz mit der Schaufel festgeschlagen worden war, damit nichts hinunterrutschte, war der Holzstoss bereit zum Anzünden (Agricola 8, S. 219-221). Möglich ist auch eine alternierende Beladung mit Holz und Erz. Als Brennstoff diente vor allem Holz oder Torf, denn der Hauptzweck war nicht die Reduktion zu Metall. Trotzdem fielen bei jedem Röstprozess z.T. beträchtliche Mengen Werkblei an. Nach der Zündung unterhielt sich der Prozess von selbst, d.h. er verlief überwiegend exotherm und schon bei Temperaturen zwischen 600-700°C (der Schwefel ist auch Brennstoff), ideal zur Vermeidung der Sulfatbildung wären 800-900°C. Der theoretische Röstprozess läuft gemäss folgender chemischer Reaktionsgleichungen ab (Berg/Sommerlatte et al. 1950, S. 16,17; Hauptmann et al. 1988, S. 100; Ramin 1977, S. 148):



Danach musste das zusammengebackene Röstgut mechanisch zerkleinert werden, um dem Schachtofen zur Reduktion zugeführt werden zu können.

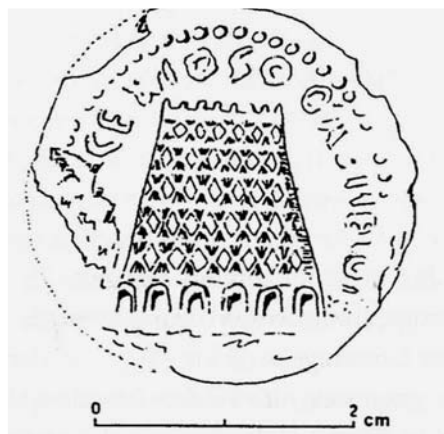


Abb. 11-6. Antike Bleimarke (tessera) mit der stilisierten Darstellung eines Röstofens aus dem Bleibergbaurevier von Lascours (Gallia) (aus: Barruol/Gourdiolle 1982, S. 84)

(Fortsetzung folgt)

Georgius Agricola, ein Ahnherr der Geowissenschaften, des Umwelt- und Arbeitsschutzes

Gotthard Fürer, Goslar Fortsetzung 1/Schluss



Aufsuchen der Gänge mit der Wünschelrute und durch Schürfgräben.

A: Die Wünschelrute

B: Ein Schürfgraben



A: Der Rundbaum

B: Die geraden Stäbe,

auch Haspelwinden genannt

C: Das Haspelhorn

D: Die Speichen des Rades

E: Die Felgen

Agricola und die Geowissenschaften

Es muss vorausgeschickt werden, dass Agricola im Metallerzbergbau im sächsisch-böhmischen Erzgebirge studierte. Man findet deshalb in seinem grossen Werk nichts über den Eisenerz-, Salz- oder Kohlebergbau. Auch der Tagebau wird nur bei der Erzseifengewinnung gestreift. Bohr- und Sprengtechnik waren damals noch unbekannt. Der Untertagebergbau ging, von der Erdoberfläche gemessen, in Teufen bis etwa 100 m, und zwar in der Anreicherungszone der Metallagerstätten, im „Hut“ um. Als Antriebskräfte für Maschinen standen zur Verfügung: die Kräfte der Menschen, der Pferde, des Wassers und im untergeordnetem Umfang des Windes.

Agricolas Kenntnisse anderer Erzreviere dürften nur selten aus eigener Anschauung stammen. So gibt es keine Hinweise, dass er den Bergbau des Rammelsbergs bei Goslar besuchte. Den noch in den Anfängen stehenden Bergbau des Oberharzes befuhr er nicht. Sehr wahrscheinlich hat er aber den Kupferschieferbergbau erlebt. Das Mansfelder Bergbaurevier um Eisleben war für ihn nicht allzu weit entfernt.

Wenn man nach dem wissenschaftlichen Beitrag Agricolas für die Geowissenschaften fragt, so ist zuerst festzustellen, dass es die vielen Zweige am Lebensbaum der heutigen Geowissenschaften noch nicht gab. Und doch sind Ansätze zur Geologie und ihren verschiedenen Sparten, zur Mine-

ralogie, zur Geophysik erkennbar. Das Schwergewicht seiner Forschung lag aber beim Bergbau, bei seinen Maschinen, bei der Aufbereitung, bei den vorbereitenden Arbeiten für das Schmelzen der Erze sowie im Markscheidewesen.

Ausgangspunkt für den Bergbau sind die Lagerstätten. Agricola erfasste in seinem Werk Gangerz-, Flöz- und Seifenlagerstätten und solche, die auch heute noch als „Stock“ bezeichnet werden. Begriffe wie Liegendes, Hangendes, Zwischenmittel, Nebengesteinsschichten, Mächtigkeit und Streichen werden bereits im heutigen Sinne verwendet. Der sedimentäre Charakter eines Flözes ist ihm noch nicht klar, wohl aber die Tatsache, dass sich Flöze - er stützt sich auf das Kupferschieferflöz an der Basis des Zechsteins - selten sich scharen und wiedervereinigen, dass sie sich über eine grosse Fläche ausdehnen - streichen - und kein eindeutiges Ende oder Anfang haben wie z. B. ein Erzgang. Auch ist das Einfallen flach bis halbstiel und wechselt auf kurze Distanz nur schwach. Agricola nennt deshalb ein Flöz noch einen „schwebenden Gang“. Andere Erzlager sedimentären Ursprungs sind ihm noch unbekannt.

Demgegenüber erkennt er die vielen Unregelmäßigkeiten eines aus der Tiefe kommenden und oft übertage ausbeissenden Erzgangs. Er gibt für die Exploration solcher Gänge Hinweise, die sich auf bergmännische Erfahrungen stützen und mir noch vor dreissig Jahren im Siegerland von Prof. Dr. Thienhaus vermittelt wurden.

Aber auch heute gilt noch vielfach der Ausspruch: "vor der Hacke ist es duster". Bohrverfahren mit Kerngewinnung oder Anwendung geophysikalischer Bohrlochvermessungen machen uns die Exploration untertage unendlich viel leichter, als dies zur Zeit von Agricola möglich war.

Die Erzlagerstätten, die er Stöcke nennt, von runder oder elliptischer Form mit steil unter das nicht vererzte Nebengestein einfallenden Flanken, fal-

len ihm besonders im Zinnerzbergbau auf. Es sind auch für ihn keine Gänge. Ein genetischer Erklärungsversuch unterbleibt.

Dagegen erkannte er die Genese einer Seifenlagerstätte. Die in einer Seife zu gewinnenden Erzminerale sind nicht mehr am Ort ihrer Entstehung, sondern wurden durch natürliche Kräfte, die Erosion, abgespalten und forttransportiert. Der Vorgang der Sedimentation ist ihm hier bereits deutlich.

In seinem 10-bändigen Werk: *-de natura fossilium*, versucht Agricola, eine Systematik in die Welt der Steine zu bringen, Versuche, die schon in der Antike - Aristoteles (384-322 v.Chr.) und Plinius dem Älteren (23-79 n.Chr.) - mit den Lapidarien unternommen wurde.

Agricolas Gliederung stützt sich auf das Erkennen von Einzelbestandteilen, soweit ihm das technisch möglich ist. So ist seine Grobeinteilung: Erden, Gemenge, Steine, Metalle und Gemische. Begriffe wie Gesteine, Mineralien und Fossilien sind noch nicht gegenseitig abgegrenzt, weil er z. B. die Bestandteile des Marmors oder des Basalts noch nicht wahrnimmt. Bernstein ist noch ein "fettes Gemenge" wie z. B. Kohle und Bitumen. Die Erze als - Gemische - von Mineralien, die Edelsteine als Mineralien und reine Metalle, wie sie in der Natur vorkommen, sind ihm bereits geläufig. Aber auch die Erkenntnis, dass Versteinerungen - Fossilien - Ueberreste von Organismen sind, besitzen Agricola wie Leonardo da Vinci schon unabhängig voneinander; allerdings nicht im heutigen Sinne, sondern verbunden mit mystischen Vorstellungen, z. T. als Heilsbringer verehrt und nur für fürstliche Sammlungen erlaubt.

Ueber 100 Mineralien werden von Agricola bereits erkannt und an verschiedenen Stellen in seinen Werken aufgezählt. Dieses sind Mineralien auch nach heutiger Definition. Nur ihre Bestimmung erfolgte noch visuell. Farbe und Kristallform waren z. B. Unterscheidungskriterien. Die Erkenntnis

der Kristallsysteme, der physikalischen Begründung für die Farbe eines Kristalls, für seinen inneren Aufbau, der auch für die Spaltbarkeit wichtig ist, lässt noch lange auf sich warten.

So gehen die Entdeckungen der ersten Gesetze der Kristallkunde auf Nicolaus Steno (1638-1687) und Romé de l'Isle (1736-1790) zurück und der Gitterbau der Kristalle auf Max von Laue (1879- 1960). Auch die Härteskala zur Bestimmung der Härte von Mineralien entwickelt erst Friedrich Mohs (1773-1839) im Jahre 1812. Die chemische Zusammensetzung von Mineralien ist nur ansatzweise bekannt. Eine streng wissenschaftliche Chemie muss sich erst von der Alchemie befreien.

So wurde z. B. eines der wichtigsten Elemente, der Sauerstoff, erst Ende des 18. Jahrhunderts von den Forschern Joseph Priestley (1733-1804), Carl Wilhelm Scheele (1742-1786) und Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) unabhängig voneinander entdeckt. Lange Zeit waren die klassischen Elemente Feuer, Wasser, Erde und Luft. Die Aufstellung des periodischen Systems der chemischen Elemente nach dem Atomgewicht gelang erst den beiden Forschern Lothar Meyer (1830- 1895) und Dimitri Mendelejew (1834-1907).

Was für die Kristallographie und Mineralogie gilt, trifft auch für die Geologie zu. Sie war lange Zeit im Sammelbegriff Mineralogie enthalten. Der Schritt von der Beschreibung, von der Naturbeobachtung zu erklärenden Naturwissenschaften mit der Definition von Gesetzmässigkeiten, die beweisbar - nachvollziehbar und reproduziert sind - ist noch weit. Es waren viele kleine Schritte nötig. Erst in der Mitte des 18. Jahrhunderts wurde der entscheidende grosse Sprung in der Geologie getan. Abraham Gottlob Werner (1749-1817) und Leopold von Buch (1774-1852) waren die -Helden- der Geologie. Vor ihnen erklärten James Hutton (1726-1797) und Georges de Cuvier (1769- 1832) den Ursprung der Gesteine der Erdoberfläche, und William Smith (1769-1839) kann als Vater der Stratigraphie angesehen werden.

Aber immerhin beschrieb Agricola bereits die Hangendschichten des Kupferschieferflözes, wie es am südlichen Harzrand ansteht.

Agricola und die Bergbauwissenschaften

Ein Gebiet der Geowissenschaften sind im erweiterten Sinne auch die Bergbauwissenschaften. Gelegentlich werden sie noch heute als -Bergbaukunde- oder -Markscheidekunde- bezeichnet, was sie von den Grundlagenwissenschaften abhebt.

Agricola behandelt den Bergbau auf Erze in seinem mehrbändigen Werk in mehreren Büchern. Er beginnt mit dem Schürfen. Diesem sollen Naturbeobachtungen vorausgehen. Die Ergebnisse der Rutengänger gehörten zu seiner Zeit dazu. Agricola lehnt mit überzeugenden Argumenten die Wünschelrute ab. Sie ist für ihn ein -Zauberstab-. Statt dessen empfiehlt er Gräben und Schächte anzulegen, um den Ausbiss einer möglichen Lagerstätte zu untersuchen.

Ausrichtung und Vorrichtung einer Lagerstätte erfolgen mit Stollen, Schächten, Querschlägen und Strecken. Die Grubenbaue werden bei nicht standfestem Gestein mit Holz ausgebaut. Die Vortriebsarbeit erfolgt mit Fäustel (Schlägel) und Eisen, mit Brecheisen und Keilhaue. Die Ladearbeit bedient sich der Kratze und des Troges, und die Förderung nach untertage verwendet den Trog, die Schubkarre oder den bereits mit Leitnagel auf der Sohle geführten Hund.

Wenn der Bergmann bei der Vorrichtung bereits in der Lagerstätte arbeitet, so erfolgt wie später im Abbau die Erzgewinnung selektiv. Der hohe Aufwand und die schwere Arbeit bei der Förderung macht es notwendig, nur möglichst reines Roherz nach übertage zu fördern.

Ueber Abbaumethoden in den Lagerstätten äussert sich Agricola wenig, was die Vermutung zulässt, dass er nicht allzu oft untertage war. Stros-

sen-, Firstenstoss- und Weitungsbau unter Stehenlassen von Festen lassen sich auf den Holzschnitten seines Buches ausmachen. Die Herstellung einer Weitung erfolgt bevorzugt unter Zuhilfenahme des Feuersetzens.

Bei der Gewinnung des Kupferschieferflözes wird von ihm der Strebbau mit Berge- oder Holzpilelern oder mit Versatz beschrieben. Die Gebirgsschlaggefahr ist bekannt.

Der Wetter- und Wasserwirtschaft untertage widmet Agricola das 6. Buch. Er kennt die Notwendigkeit, frische Wetter den Arbeitsorten zuzuführen, und stellt fest, dass verbrauchte Luft: „schwere Luft“ Atemnot zur Folge hat. Das Kohlendioxyd ist ihm als solches noch nicht bekannt. Zwei Methoden empfiehlt er für den Wetteraustausch, wenn kein natürlicher Wetterzug vorhanden ist:

Die blasende Bewetterung als Sonderbewetterung, wozu er mit Hilfsmitteln auch den natürlichen Wind oder Ventilatoren einsetzt, die durch Menschen-, Wind- oder Wasserkraft angetrieben werden, oder Blasbälge. Die Erzeugung einer Wetterbewegung durch das Wedeln mit grossen Tüchern, eine Methode, die bereits Plinius der Ältere beschreibt, bleibt auch für ihn ein Notbehelf.

Wasserwirtschaft und auch Erzförderung in Schächten sind für Agricola Themen, die er mit grossem Interesse an maschinentechnischen Einzelheiten behandelt. Hierbei gibt es viele technische Parallelen.

Es ist zunächst überraschend, dass ihm fast alle wichtigen Maschinenelemente bekannt sind, dass es Getriebe und Backenbremsen bereits gibt oder bei Kehrrädern mit Schützen die Drehrichtung sich verändern lässt. Auch Kolbenpumpen sind schon im Einsatz. Die Antriebsarten und die Übersetzung der Kräfte auf Wellen sind variantenreich ebenso wie die Vielzahl von Häspeln und Trommelförderungen. Auch die Körbeförderung mit Lastenausgleich ist im ersten Ansatz bereits da. Seile oder Ketten heben das Fördergut.

Die Texte werden in Agricolas Werk durch anschauliche Holzschnitte erklärt, die nicht perspektivische Bilder und nicht Maschinenzeichnungen sind. So gibt es auch keine physikalischen Messeinheiten oder mathematische Formeln. Die Mechanik wird inhaltlich verständlich erklärt, aber Berechnungen, wie sie sicherheitliche oder wirtschaftliche Betrachtungen fordern würden, sind ihm fremd. Die Holzschnitte wurden überwiegend von Blasius Woffing, in Annaberg geboren, und einige wenige von Hans Rudolf Manuel Deutsch, geboren 1525 in Erlach (Schweiz), geschaffen.

Bei dem Abschnitt über die Markscheidekunde hat Agricola zwei Aufgaben herausgestellt. Der Markscheider hat die Grubenfelder über- und untertage einzumessen, Lochsteine und Grenzzeichen zu setzen, und er hat die Vermessung der Grubenbaue vorzunehmen. Schachtlot, Setzwaage, Kompass, Winkel- und Längenmessgerät, auch die Wachscheibe sind bekannt, nicht aber der Theodolit und Nivelliergerät. Die Gesetze der einfachen Geometrie werden vorausgesetzt, aber bei der Dreiecksbestimmung nur gestreift. Die Formelsprache der Algebra ist noch unbekannt.

Die Anreicherung von Erzen

Als letzte der Geowissenschaften im erweiterten Sinn sind die Aufbereitung der Erze und ihre Vorbereitung für den Schmelzprozess zu nennen.

Wegen des selektiven Abbaus waren die Erzmenngen, die es zur Zeit Agricolas zu verarbeiten galt, je Betrieb relativ klein. Es ist auffällig, dass Haldden auf seinen Holzschnitten kaum auszumachen sind.

Agricola nennt und erklärt in seinem Werk die einzelnen Aufbereitungsschritte und maschinentechnischen Anlagen, die im Aufbau oft eine ähnliche Technik zeigen, wie sie bei der Förderung Anwendung finden. Die Verfahrensschritte sind: das Klauben (Sortieren), das Zerkleinern, das

trockene und nasse Sieben, das Waschen, Schlämmen oder Läutern sowie Anfänge der Schwerkraftaufbereitung, wobei Herd und Gerinne Verwendung finden. Für alle diese Verfahren gibt es anschauliche Holzschnitte.

Die Erzvorbereitung stellt Agricola nur knapp dar. Sie beschränkt sich auf das Rösten der Erze, wobei im wesentlichen Schwefel- und Arsenverbindungen als giftige Gase ausgeschieden werden. Für Golderze und -seifen wird das Amalgamieren erwähnt.

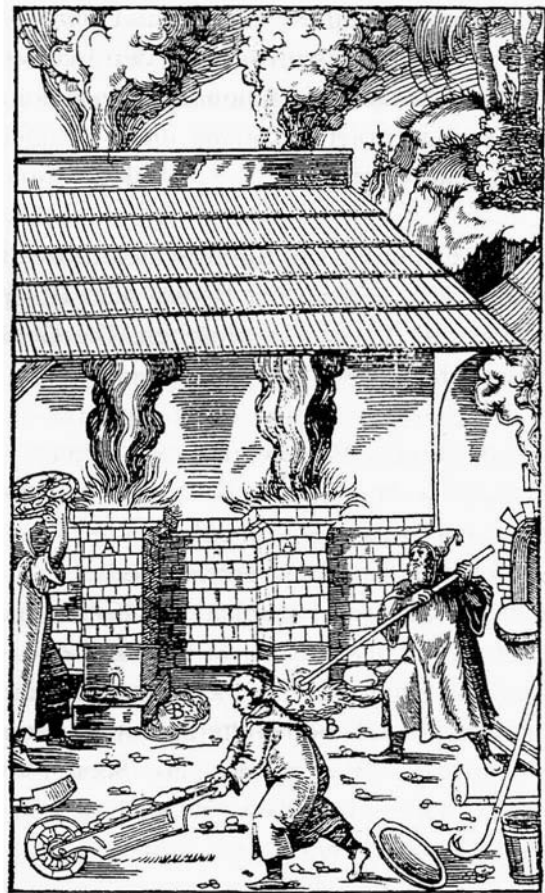
Mit seinem Ueberblick aber den Stand der Geowissenschaften und deren Anwendung im Bergbau des beginnenden 16. Jahrhunderts im sächsisch-böhmischen Erzgebirge hat Agricola eine gewaltige Arbeit geleistet. Er hat vor Ort beobachtet, diskutiert, geprüft, gezeichnet und notiert, um schliesslich in seinem Studierzimmer zu ordnen und zu systematisieren. Er hat aber auch hier und dort bereits gedeutet und Stellung bezogen. Hierfür sollen zwei Bereiche exemplarisch genannt werden: Der Umwelt- und der Arbeitsschutz.

Umwelt- und Arbeitsschutz

Im ersten Buch seines Werkes -De re metallica- würdigt er u. a. die Bedeutung und den Nutzen des Bergbaus für Wirtschaft und Kultur unserer Gesellschaft. Dabei verschweigt er nicht, dass der Bergbau auch Gegner hat und lässt sie zu Wort kommen. Es sind die Umweltschützer, die „Grünen“ seiner Zeit.

Aus der Sicht des Umweltschutzes ist bedenklich, und Agricola verniedlicht dies in Holzschnitten nicht:

- die Verwüstung der Tagesoberfläche durch Schürfergräben, Schächte, Verbrüche, Bergsenkungen, Tagebaue, Halden und Betriebsanlagen. Nach dem Bergbau ist eine Folgenutzung kaum noch möglich;



A: Der Schmelzofen. B: Die Vorherde

- der enorme Verbrauch an Holz für den Grubenausbau, für die maschinellen Künste, für die hochwertiges Stammholz gebraucht wird, für die Herstellung von Holzkohle für das Rösten und Schmelzen der Erze. Kahlschläge grossen Ausmasses sind die Folge;

- die bei der Verarbeitung der Erze vor allem entstehenden schwefel- und arsenhaltigen Gase führen zusätzlich zum regionalen Waldsterben und zu einer Veränderung und Zerstörung von Flora und Fauna;

- die zutage tretenden Grubenwässer wie die Abwässer der Aufbereitungen führen häufig gelöste anorganische Stoffe mit, die fliessende Gewässer schädigen oder gar vergiften, so dass sie für den menschlichen Gebrauch nicht mehr nutzbar sind und bestehende Fischbestände vernichtet werden.

Agricola macht selbst in seinem Buch eine Art Kosten-Nutzen-Analyse und erhebt zurückhaltend die Forderung nach einer Umweltschutzgesetzgebung. Seine Weitsicht ist bemerkenswert. Das gilt auch für das Auflösen von Bergwerken, für das er die verschiedenen Ursachen nennt. Er empfiehlt, was in der Berggesetzgebung Eingang gefunden hat, eine ausführliche, abschliessende Betriebschronik und den Abschluss des Grubenbildes, beides zum Nutzen für die Nachwelt.

Zum Thema Arbeitssicherheit führt er an verschiedenen Stellen seines Werkes Gefahren auf wie Stein-, Erz- und Gebirgsschlag. Er berichtet von den schweren Grubeneinstürzen im "Alten Lager des Goslarer Rammelsberges um 1360. Er nennt die Absturzgefahr, besonders in Schächten, und die Gefahr, die durch stickende (schwere) und giftige Wetter dem Bergmann droht und die ihre Ursache in schlechter Wetterführung und im Feuersetzen untertage hat.

Als Berufskrankheit erkennt er die Staublunge, der auch Krankheiten wie Schwindsucht (Tuberkulose) folgen. Häufig wird im Schriftum die Bergsucht oder Schneeberger Krankheit genannt. Heute weiss man, dass nicht nur lungengängiger



A: Der Stollen. B: Das Tuch

feiner Quarzstaub, sondern ebenso das Radon die Ursache sind. Auch das Rheuma durch ständiges Arbeiten in nassen Grubenbauen und fressende Wunden und Geschwüre durch säurehaltige Grubenwässer sind ihm bekannt.

Schliesslich berichtet Agricola, noch dem Aberglauben verbunden, von böartigen Lebewesen untertage - von Berggeistern und den Glücksbringern - den Kobolden und Bergmännchen. Damit folgt er den Erzählungen der Bergleute, die manches, was sie untertage erleben, noch nicht natürlich erklären können und so zum Aberglauben neigen.

Uebertage ist es der Hüttenrauch, besonders gasförmige Schwefel- und Arsenverbindungen, und der Umgang mit flüssigem Quecksilber und Blei. Beides führt bei den Arbeitern zu schweren Krankheiten.

Agricola weiss nicht überall Rat, aber er nennt bereits geeignete Arbeitsschutzmittel oder empfiehlt organisatorische Massnahmen, die von Arbeitern und Steigern vorbeugend durchgeführt werden können.

Schlussbetrachtung

Dr. Georgius Agricola lebte in einer Zeit des Umbruchs, in einer Wendezeit, zugleich aber auch in einer Zeit der bergbaulichen Hochkonjunktur für den Metallerzbergbau, nicht nur in Sachsen. Er war ein hochgebildeter Mann, dessen Interessen vielseitig und dessen Wissen in seiner Zeit noch umfassend war und nicht spezialisiert, wie es schon zweihundert Jahre später unumgänglich wurde.

Als Gelehrter stand er zwischen zwei Perioden, der Gelehrtschule, die durch die Antike und die machtvolle römisch-katholische Kirche bestimmt war, und dem kausalmechanischen Weltbild, wie es die Gelehrten Galileo Galilei (1564-1642), Johannes Kepler (1571-1636), René Descartes

(1596-1650) und Isaac Newton (1643-1727) einläuteten.

Der Begriff »Wissenschaft« wandelt sich in den Jahrhunderten. Zur Zeit Agricolas wurde zwischen Philosophie und Wissenschaft, z. B. Naturphilosophie und naturwissenschaftliche Physik, noch nicht unterschieden.

Es ist deshalb um so bemerkenswerter, dass Agricola in vielen seiner Bücher, die wir heute überwiegend als Lehrbücher oder Enzyklopädien bezeichnen würden, nicht nur gesammeltes Wissen - Erkenntnisse und Erfahrungen - versuchte, systematisch zu ordnen, sondern dass er auch hier und da bereits für Naturbeobachtungen Erklärungsversuche und zu technischen und ökonomischen Fragen ein eigenes Urteil abgab.

Der Schritt vom Beschreiben zur Deutung und Beurteilung und schliesslich zur Definition von naturwissenschaftlichen Gesetzen, die reproduzierbar und somit nachprüfbar sind, ist den Naturwissenschaftlern späterer Jahrhunderte vorbehalten geblieben.

Besonders die Forscher und Gelehrten des 18. und 19. Jahrhunderts haben im wesentlichen das gesicherte Fundament für unsere heutigen Geowissenschaften gebaut.

So schuf Agricola als erster in der beginnenden Neuzeit besonders für das Berg- und Hüttenwesen ein umfassendes und grundlegendes Werk. Er fasste verständlich zusammen das, was Handwerk, handwerkliche Kunst und Kunde war und von Generation zu Generation, von Bergmeister zu Bergmeister mündlich weitergegeben wurde.

Die Bedeutung seines Werkes -De re metallica- für die Nachwelt ist schwer abzuschätzen. Es ist sowohl in lateinischer wie auch in deutscher Sprache erschienen und im Zeitraum 1556-1657 mehrfach neu aufgelegt worden. Dann aber ist es weitgehend in Vergessenheit geraten, und erst die

bergbauhistorische Forschung hat es zum Beginn des 20. Jahrhunderts wieder entdeckt und in vielen Sprachen publiziert.

Es bleibt die Frage offen, ob es zu seiner Zeit von Männern der Praxis so häufig studiert und genutzt wurde wie zu unserer Zeit: der Heise-Herbst-Fritzsche-Reuther (11. Auflage: 1989),

Agricolas Lehrbuch folgten 1617 das des Berghauptmanns Georg Engelhardt von Löhneysen (1552-1622) mit dem Titel "Bericht vom Bergwerk und wie man dieselben bauen und in guten Wohlstand bringen soll“, später (1700) das von Balthasar Rössler (1605-1663) „der hell polierte Bergbau-Spiegel“ und 1773 die „Anleitung zu der Bergbaukunst“ vom österreichischen wirklichen Hofrat Christoph Traugott Delius (1728-1779).

Das Wissen von Georgius Agricola über das Bergwesen ist in diesen Büchern noch stark spürbar, wurde also in grossen Teilen noch als gültig angesehen und übernommen.

Schliesslich ist noch die Bedeutung des Werkes von Agricola für das Sammeln und Erhalten der deutschen Bergmannssprache hervorzuheben. Er hat den Stoff für sein Lehrbuch in deutscher Sprache gesammelt, wofür ein von ihm erarbeitetes Lexikon mit der Uebersetzung von 480 deutschen Bergbaufachbegriffen in die lateinische Sprache Zeugnis ablegt. Der Uebersetzer des Werkes „De re metallica“ in die deutsche Sprache, der Basler Professor Philippus Bechius, hat es wahrscheinlich benutzt. Sein Verdienst ist es, dass wir in seiner Uebersetzung von 1556/57 heute ein grundlegendes Buch zur deutschen Bergmannssprache des 16. Jahrhunderts besitzen.

Adresse des Verfassers:

Prof. Dipl. Ing. Gotthard Fürer

Reitstallweg 3

D-38640 Goslar

(Schluss)

Berchthold Schwarz - das Schwarzpulver und die Feuerwaffen

Hans Krähenbühl, Davos

Fortsetzung 1

4. Das Auftauchen erster Feuerwaffen in Europa

In der Literatur der Waffentechnik gibt es keine Übereinstimmung darüber, auf welchem Weg Salpeter, Pulver und Geschütz aus Fernost nach Europa kamen. Die ältesten alchemischen Schriften in Süditalien stammen durchwegs von anonymen, arabischen Alchemisten, die seit dem 11. Jahrh. tätig waren. Ihre Kenntnisse verbreiteten sich in der Folgezeit langsam nach Norden. Dabei hat die Wanderungsbewegung der Apotheker, die damit parallel lief, eine wesentliche Rolle gespielt.

Denn sie bildeten den ältesten, rein chemisch-handwerklich orientierten Beruf neben den Alchemisten.

Der Beruf des Apothekers wurde 1241 durch Dekret Kaiser Friedrich II. die "constitionese", nach dem Vorbild der arabischen Apotheke, geschaffen. Ein erstes feststellbares Zentrum bildete sich in Oberitalien um 1300. Der Import orientalischer Waren, (Venedig, Genua) Spezereien und sonstige Substanzen oblag dem Kaufmann. Der Apotheker war nicht nur sein wichtigster Abnehmer, er verarbeitete auch diese Materialien zu Arzneien und Chemikalien.

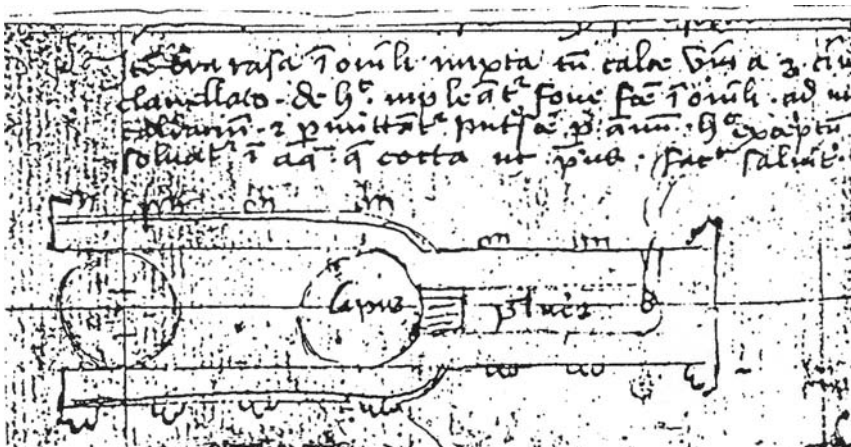


Abb. 7a) Älteste Federzeichnung einer Steinbüchse von 1428. Erste, bisher unbeachtete Umschrift des Textes von A. Schulz, in: Anzeiger für die Kunde der deutschen Vorzeit NF 17. 1870. Die Pulverkammer weist 1,5 Kaliber, der Lauf genau 3 Kaliber auf. Der Klotz ist mit 3 Kaliber extrem kurz. Man erkennt die Beschriftungen: "lapis" (Stein) und "pulvis".

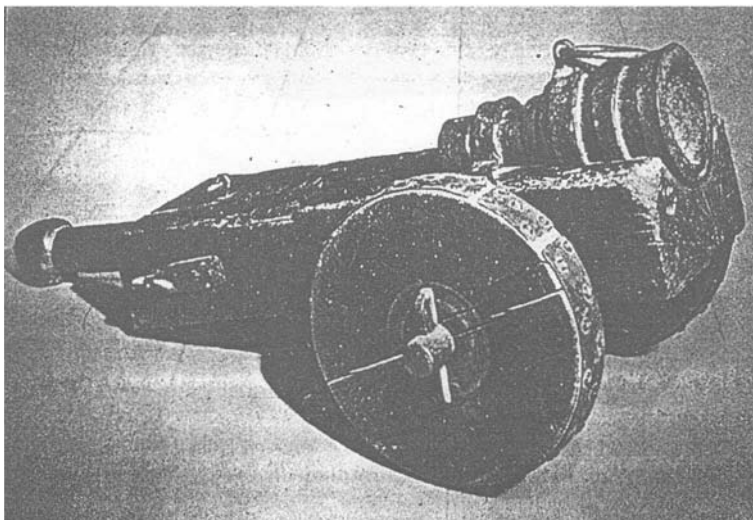


Abb. 7b) Steinbüchse 15. Jahrhundert, Standort unbekannt. Mündungsöffnung und Lauf mit 17 cm bzw. 1,3 Kaliber stellen einen frühen Typus um 1400 dar.

Zu ihnen gehörte auch u.a. die Herstellung von Säuren, z.B. die Salpetersäure. Wie wichtig noch der Apotheker um 1400 für den Büchsenmeister war, erkennt man aus den Veröffentlichungen des sog. "Feuerwerksbuches", in dem die wichtigsten Stoffe aufgeführt sind, die die Büchsenmeister dort erwerben konnten, wie Öle, Harze, Quecksilber und Salpeter etc.

So finden sich zwischen 1300, dem Bekanntwerden von Salpeter und Salpetersäure in Süditalien und 1326, dem ersten, sicher belegten Erscheinen eines Geschützes in Florenz, mehrere chronistische Erwähnungen. In Florenz war der Name "Magister bombardarum", also Büchsenmeister bekannt, es gab dort mehrere solche.

Das Feuerwerksbuch



Entwicklung der Steinbüchse

Metallenes Gefäß mit übergreifendem Deckel, dessen Fugen verkittet werden konnten. Durch Anbringen von Drahtschlaufen, die von den Henkeln aus über den Deckel gezogen wurden, konnte ein Erwärmen über den Kochpunkt hinaus bedingt ermöglicht, ein Abspringen des Deckels jedoch vermieden werden (Rekonstruktion).

Die in Hs.14 Frankfurt gefundene bildliche Darstellung von 1490 bestätigt diese Rekonstruktion. Vor dem Verreiben mit Draht(bändern) umwickelte man das Druckgefäß mit Tuch.

Druckautoklav
des Meisters
Berchtold



Starkwandiges Kupfergefäß mit hochgezogenen und gelochten Wandungen zur Aufnahme des eisernen Verschlussbolzens. Der Deckel wurde mit Kitt auf dem Innenteil aufgesetzt und mit dem Bolzen absolut gasdicht angepreßt (Rekonstruktion).

Steinbüchse des Meisters Berchtold.
Sie wurde aus dem Druckautoklaven (Druckmörser) Berchtolds entwickelt. Deckel und Sperrbolzen wurden durch den - nicht eingezeichneten - Klotz und den Stein ersetzt.



König Eduard II von England (1312 - 1377) hat schon 1333 Salpeter und Blei für seine Truppen beschaffen lassen. Die ersten Feuerbüchsen sind aus der Schlacht bei Crecy von 1346 bekannt, wo die Engländer Frankreich eine schwere Niederlage beibrachten.

Die Legebüchsen besaßen zylindrisch ausgebildete Läufe mit denen sie überwiegend Brandladungen verschossen. In offener Schlacht wurden erstmals bereits anfangs des 14. Jahrh. nachgewiesenermaßen die ersten Handbüchsen verwendet, die kartätschenartigen Ladungen, aus Kieselsteinen oder Bleistücken, die schrotähnlich verschossen wurden. Diese Waffen waren allerdings noch weder Artilleriegeschütze noch bewegliche Feldkanonen.

In Europa tauchten zuerst die Legebüchsen auf,

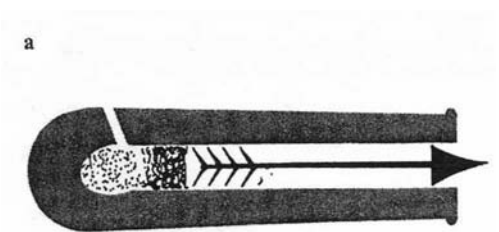
also liegende Geschütze. Die ersten Handbüchsen besaßen die Chinesen, die teils aus Holz, teils aus Metall gefertigt wurden. Die älteste noch erhaltene stammt aus dem Jahre 1288 und aus Heilungchiang. Die erste sichere Erwähnung von Handbüchsen in Deutschland datiert von 1338. Das ist das Jahr, aus dem auch das erste deutsche Pulverrezept bekannt ist. Die ersten Handbüchsen wogen, je nach Länge, zwischen vier und zwölf Kilogramm und liessen sich daher nur schwer stehend freihändig abschießen. Man musste sie entweder mit dem Schaft rückwärts auf der Erde abstützen oder mit ihrem Mündungsteil auf eine senkrechte Gabel abstützen.

Der Weg der Feuerwaffen war ein anderer als der des Salpeters und des Pulvers. Die Waffe kam später nach Europa und ist zuerst in Florenz feststellbar. Handbüchsen sind in Siena und Pe-

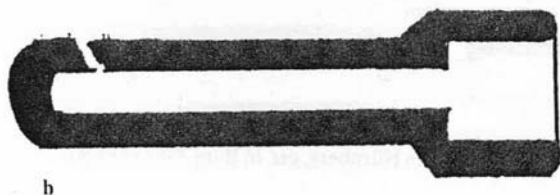
Das Neue: Die Steinbüchse und das gekörnte Pulver



Legebüchse, Metallausführung. Einfacher, handgearbeiteter Lauf, etwa 30-50 cm lang.



Legebüchse geladen. Pulverkammer hinter dem Geschöß nicht klar abgrenzbar. Werg oder Tuchpfropfen zur Festlegung der Treibladung, Geschosse meist Pfeilbolzen.



Steinbüchse mit der langen Pulverkammer und dem kurzen Rohr der Anfangszeit. Maße nach Angaben des Feuerwerkbuches. Typisch für sie sind die unterschiedlichen Durchmesser von Kammer und Lauf.

Flaschengeschütz (a) und Steinbüchse (b), Konstruktionsmerkmale

urgia belegt. Deutsche Söldner besaßen 500 spannenlange Büchsen, die auf Holz geschäftet waren. Ueberwiegend für den Festungskampf gedacht, bewährten sie sich jedoch auch in der Feldschlacht.

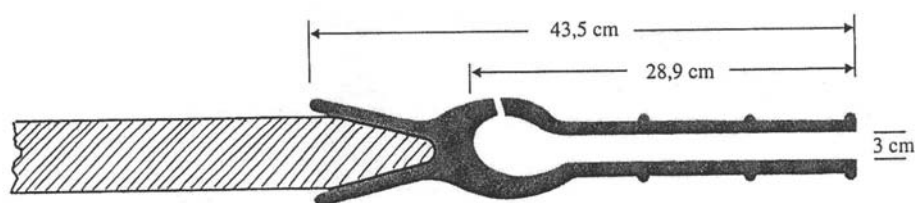
Alle frühen Waffentypen der ersten Jahrzehnte sind in der Konstruktion identisch, einseitig geschlossene Rohre mit Zündloch, gleichgültig ob sie als Lege- oder Handbüchsen ausgebildet wurden. Auch die Art der Geschosse war lediglich massgebend für das Kaliber. Pfeilbolzen bean-

spruchten ungefähr vier bis fünf cm Durchmesser, Bleikugeln und Steine etwa zwei bis drei cm.

Zur Weiterentwicklung dieser Waffen bedurfte es der Kenntnis eines neuen thermodynamischen Prinzips. Von der reinen Waffentechnik her führt kein Weg dorthin. Es bedurfte dazu einer anderen Wissenschaft der Chemie.

Bei den Handfeuerwaffen und Legebüchsen mit den einfachen zylindrischen Rohren musste beim Laden das Pulver von der Mündung her einge-

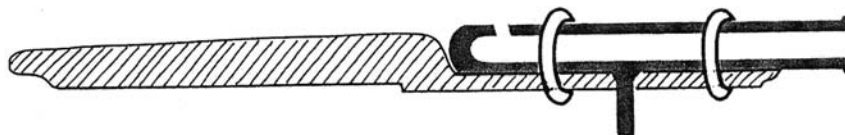
Die Handbüchsen in Europa



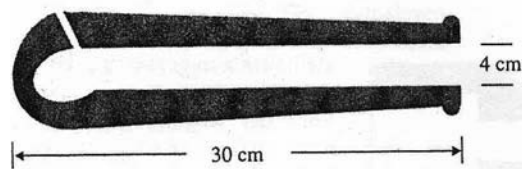
China 1351.
Handwaffe mit Tülle für Stange (links).



Europa, Ende 14. Jh.
Gotische Stangenbüchse, nach Reitmaier.



Anfang 15. Jh. Hakenbüchse (Arkebuse).
Seitliche Holzschäftung, nach Reitmaier.



1395 Stangenbüchse des German. Nationalmuseums in Nürnberg, gefunden in Burg Tannenberg/ Hessen.
Lauflänge 30 cm, Kal. etwa 3,5 cm. Verhältnis Lauf/Kal. ca. 1:11.

füllt und danach das Projektil, Pfeil oder Kugel, lose eingeschoben werden. Bei nur teilweiser Füllung der Pulverkammer führt dies zu einer besseren Energieausnutzung der Ladung und somit zu einer höheren Schussleistung. Im Gegensatz zur Handwaffe und zur Legebüchse konnte die Teilfüllung bei den Steinbüchsen einwandfrei durchgeführt werden, denn dort sind Pulverkammer und Lauf klar voneinander getrennt. Der Vorteil der Teilbeladung ist erstmals in den Büchsenmeisterfragen des Feuerwerksbuches beschrieben worden. Es wurde erkannt, dass die Treibladung bei einer Teilfüllung der Kammer schneller abbrennt, was eine höhere Spreng- bzw. Schusswirkung zur Folge hat. Die Energie des Geschosses steigt auch mit zunehmender Lauflänge, weil die adiabatische Expansion der Pulvergase besser ausgenutzt wird.

Entscheidend für die Weiterentwicklung der Legebüchsen war die Auffindung eines neuen thermodynamischen Prinzips, das den Gasdruck und nicht das Feuer als den energieliefernden Vorgang erkannt hat. Diese Erkenntnisse konnten nur durch Zielstrebiges experimentelles Vorgehen erarbeitet werden. Das weist auf ein einzelnes Gehirn, auf einen Mann hin, dem es gelungen war, diese bedeutende Entwicklungsstufe theoretisch und technisch zu bewältigen, schreibt Kramer. Waren die genannten Punkte physikochemisch und technischer Art, so ist die nächste Erkenntnis eindeutig chemischer Natur und muss auf einen Chemiker zurück gehen: Es ist das gekörnte, handverdichtete und nur mit

den drei Grundkomponenten variierte Pulver, gemäss Tabelle:

Ein einfaches Pulver:	Salpeter	4 Teil
	Schwefel	2 Teil
	Kohle	1 Teil
Eine gute Qualität:	Salpeter	5 Teil
	Schwefel	2 Teil
	Kohle	1 Teil
Höchste Qualität:	Salpeter	6 Teil
	Schwefel	2 Teil
	Kohle	1 Teil

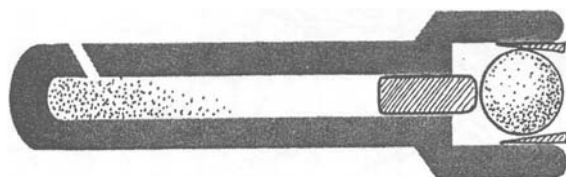
Der entscheidende Fortschritt ist jedoch die Erkenntnis der Herstellung des verdichteten Kunkel- oder Körnerpulvers gegenüber dem herkömmlichen Mehlpulver, wie sie bei den Steinbüchsen Verwendung fanden.

Die Steinbüchse ist ein eigenständiger Waffentypus, der plötzlich im Jahr 1376 erscheint und aus dem oberrheinischen Raum gekommen war. Das Zentrum der älteren Steinbüchsenmeisterei lag zwischen Basel, Strassburg und Rottweil, von wo Meister dieser Kunst ausgingen, oder wo sie sich ausbilden liessen. Die Erfindung der Steinbüchse, ihrer Funktionsprinzipien und die erste Ausbildung von Meister muss im Zeitraum von 1370 bis 1375 erfolgt sein. Wer aber hat dieses neue thermodynamische Prinzip entdeckt und wodurch?

(Fortsetzung folgt)

Geladene Steinbüchse:

Das Geschöß war stets ein rund behauener Stein. Er wurde mit Holzkeilen (Pissen) am Klotz festgelegt und zentriert. Pulverladung ein Viertel bis ein Drittel des Kammervolumens. Der Holzklotz gewährleistete auch bei handgearbeitetem Lauf völlige Gasdichtigkeit beim Schuß.



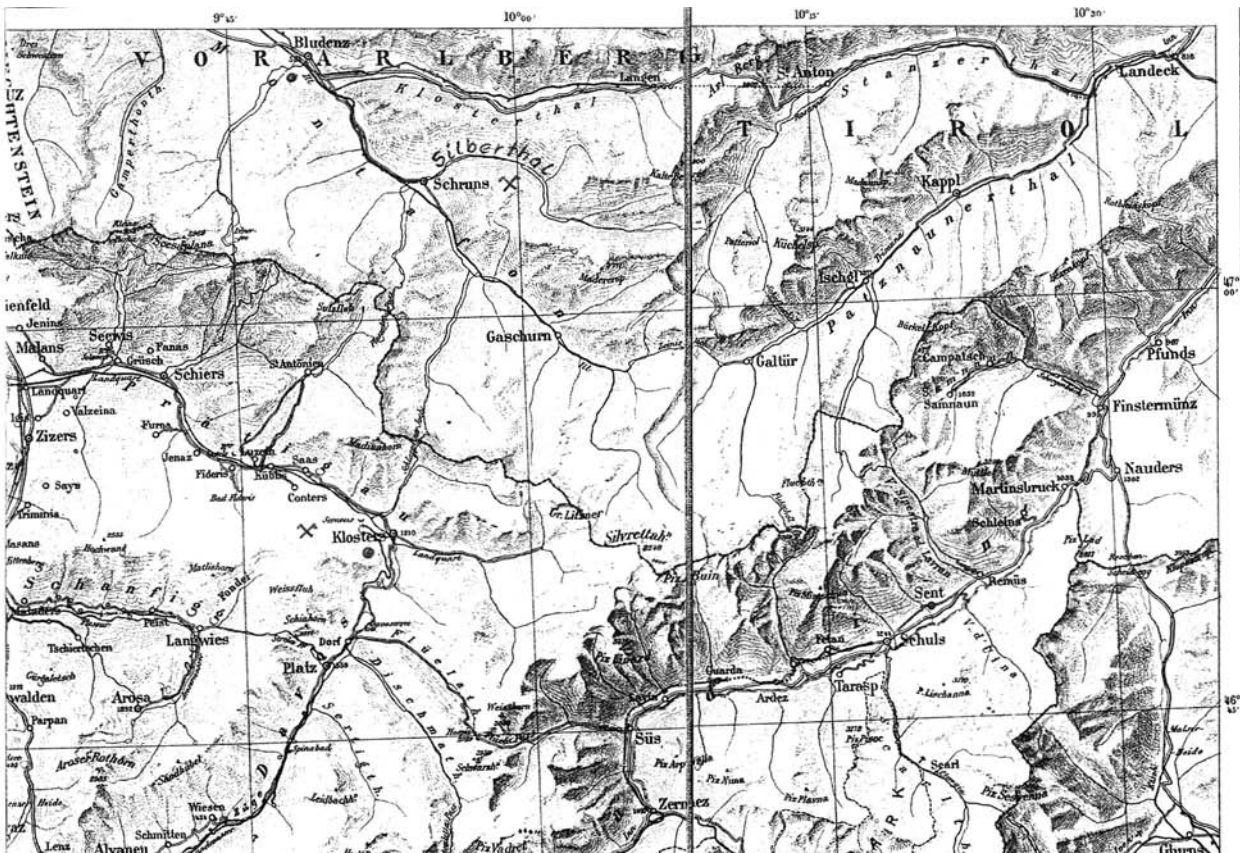
Nachbarlicher Bergbau über der Grenze - Bergbau im Montafon

Hans Krähenbühl, Davos

1. Geschichte des Bergbaus

Die ältesten Urkunden über den Bergbau im Montafon befinden sich in St. Gallen aus der Zeit Ludwigs des Frommen. Sie handeln über Gütereinkünfte in Rankweil (814) und Bürs (820), die in Eisenwert abgeschlossen wurden. Das Eisen wurde wahrscheinlich in der Umgebung von Bürs und Rankweil gewonnen. Werteinheiten waren Eisenpfunde und Eisenmünzen, sog. Tremissen. Eine Quelle aus dem Jahre 842 spricht von Erzbergbau im Drusentalgau. Es handelt sich um ein Einkünfteverzeichnis im Reichsurbar des Bistums Chur. Es wird hier ein eigener Eisenbezirk "ministerium ferraires" erwähnt. Dieser Bezirk ist zweifelsohne zwischen Bürs, dem Arlberg und dem

Montafon gelegen, wo auch später die Hauptabbauegebiete lagen. Noch heute erinnert der Flurname "Ferär" zwischen Dalaas und dem Kristberg daran. Der Mittelpunkt des Erzabbaus in Vorarlberg in all den Jahrhunderten war der Kristberg, das Silbertal und der Bartholomäberg. Von dem im Urbar genannten acht Schmelzöfen "octo fornaces", mussten sieben den sechsten Teil des gewonnenen Metalls als Königszins abliefern. Nur der Schultheiss (Bergrichter) war von der Abgabe befreit. Dem Bergrichter standen 36 Massen (Eisenklumpen oder Masseln) an Eisen zu, wenn er Gericht hielt und 32 Massen, wenn er nicht Gericht hielt sowie acht Beile. Während der Blütezeit des Bergbaues stiess man bald nach dem Eisenerzabbau auf reiche Silberadern. Aus dem Jahr



Karte Montafon, Grenzregion Graubünden - Vorarlberg: X Bergbauegebiet, • Schmelzöfen



Silbertal um 1800 mit dem Kirchlein von 1332, gemalt nach einem Foto von Gottfried Ender.

1319 berichtet eine Urkunde von einem Silberbergwerk. Aus dieser ist zu entnehmen, dass der deutsche König Friedrich der Schöne aus dem Hause Habsburg, seinem Oheim Albrecht von Werdenberg (Bludenz) erlaubte, sein Reichslehen "argentifodina seu mons dictus muntafune" (die Silbergruben oder der Berg genannt Muntafune) seinem Bruder, dem Grafen Hugo zu vermachen.

Die Bewohner wählten zu dieser Zeit den Patron der Bergleute und der Gerber, den hl. Bartholomäus zum Schutzheiligen der Kirche und Gemeinde, das Dorf hiess nun St. Bartholomäberg. Der Name Montafon (Grabenberg) galt nun für die ganze Talschaft. In einer Vertragsurkunde von 1355 ist von "Silberern" und "Walsern" die Rede. Das Silbertal war damals eine geschlossene Walsersiedlung. In der erwähnten Urkunde sicherte sich Graf Albrecht auch die zum Betriebe und zum Schutze des Bergbaus nötigen Leute. Diese genossen zu dieser Zeit besondere Rechte und Freiheiten. Sie hatten ein eigenes Gericht unter einem Bergrichter, dem alle Silberer und Walser zwischen Dalaas und dem Prättigau unterstanden.

Während der Bergrichter die niedere Gerichtsbarkeit ausübte, stand die hohe Gerichtsbarkeit dem Grafen bzw. dessen Vogt zu.

1448 eröffnete Erzherzog Sigismund, der Wiederhersteller der Münze, die berühmte Silbergrube am Falkenstein bei Schwaz. Dies weckte auch die Bergbaulust im Untertanenland des Montafon. Es trat eine neue Blütezeit ein, in der am Kristberg ergiebige Silberadern entdeckt wurden. In Bartholomäberg wurde Kupfer gewonnen. 1470 gab es in Feldkirch ein Hammerwerk, das das Metall aus heimischen Gruben bezog. 1530 bestand in Bludenz eine vom Montafoner Bergbau belieferte Schmelzhütte. Gegen Ende des 15. Jahrh. (1499) brach der Schwabenkrieg aus. In der Schlacht bei Frastanz kämpften österreichische und schwäbische Truppen gemeinsam gegen die Eidgenossen. Nach der Ueberlieferung fanden bei diesem Gemetzel auch etwa tausend Bergknappen aus Tirol und dem Montafon den Tod. Die Bedeutung des Bergbaus in der Herrschaft Bludenz und Sonnenberg wird durch die Bergwerksordnung Kaiser Karl V. vom 28. August 1520 hervorgehoben.



Bartholomäberg anno 1720 mit der gotischen Kirche von 1420; gemalt nach einer Beschreibung in der Turmknopfurkunde 1771.

Ende des 16. Jahrh. ging die Hochblüte des Bergbaus zu Ende. Zwischen 1545 und 1570 sollen unter den Bergknappen Religionsstreitigkeiten ausgebrochen sein, da vermutlich die von den Fuggern ins Tal gebrachten Bergleute dem neuen Lutherglauben ergeben waren. Dazu kam auch die Erschöpfung einzelner Bergwerke und der Mangel an Mitteln für den Weiterbetrieb. Zudem ergossen sich aus den neuentdeckten Ländern Amerikas Unmengen von billigem Kupfer und Silber nach Europa, was den Zerfall der Preise zur Folge hatte. Der endgültige Stillstand brachte dann der Dreissigjährige Krieg 1618.

Aber bereits um das Jahr 1730 versuchte man den Bergbau wieder in Schwung zu bringen. Auf dem Bartholomäberg begann man wieder Kupfer und Silber abzubauen. In der Zwischenzeit war aber der letzte Schmelzofen im Montafon längst zerfallen, sodass die Gewerken gezwungen waren, das geförderte Erz auf dem Saumsattel in einem fünf-tägigen Weg über den Arlberg nach Brixlegg im Tirol zu führen. Bereits aber 1760 scheint der

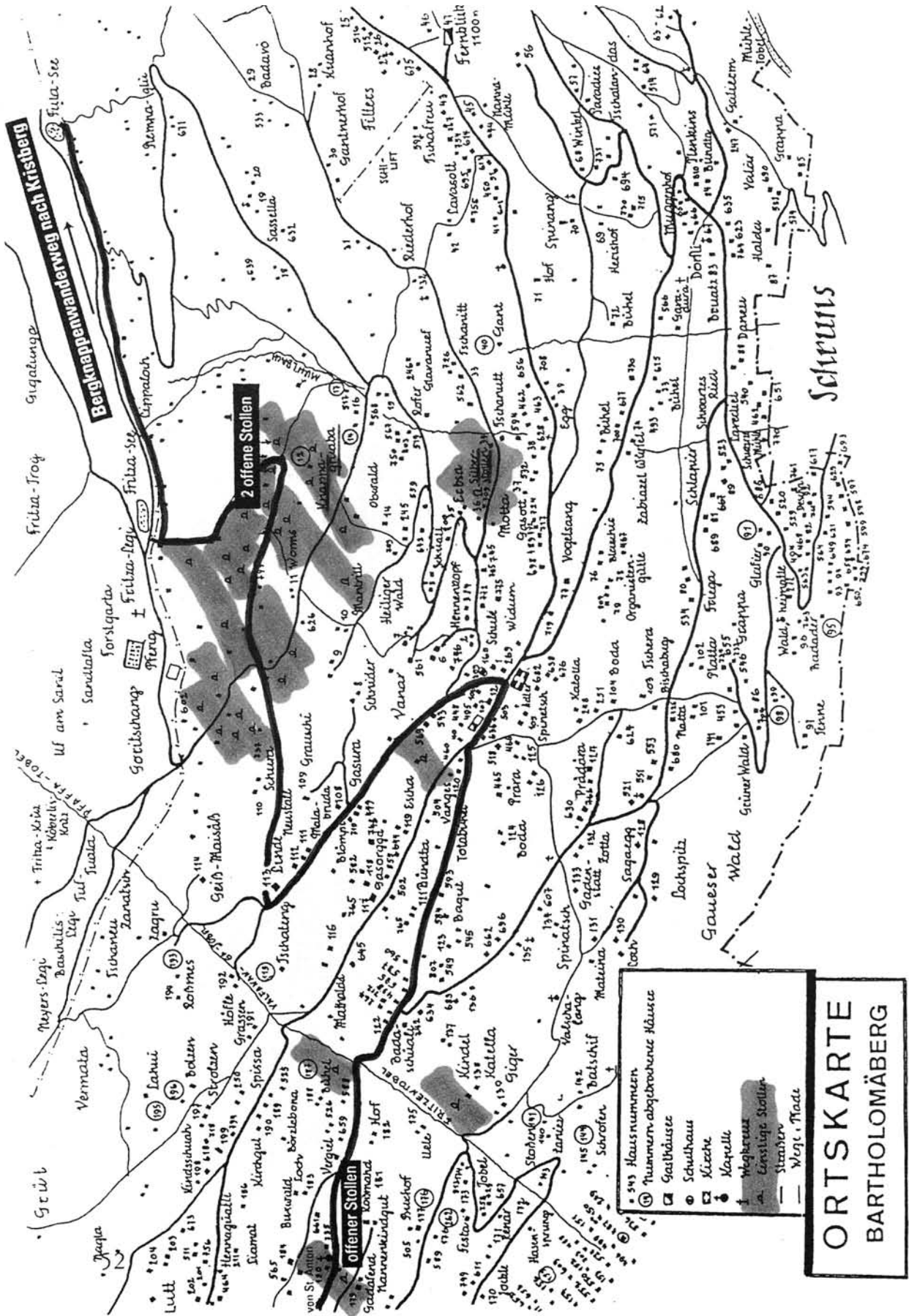
Bergbau wegen mangelnder Rendite, hervorgerufen durch den teuern Transport, endgültig erloschen zu sein.

Anfangs des 20. Jahrh. wurden neue Schürfversuche unternommen. Eine "Bergbaugesellschaft Montafon" versuchte den Bergbau wieder in Angriff zu nehmen, scheiterte aber an einer gesicherten Erzgrundlage und mangelnder Rentabilität.

Nach einem weiteren Versuch 1935 - 1939 und geochemischen Untersuchungen 1969 mit einem kanadischen Spezialbohrgerät, wurde infolge negativer Ergebnisse die Suche als zwecklos eingestellt.

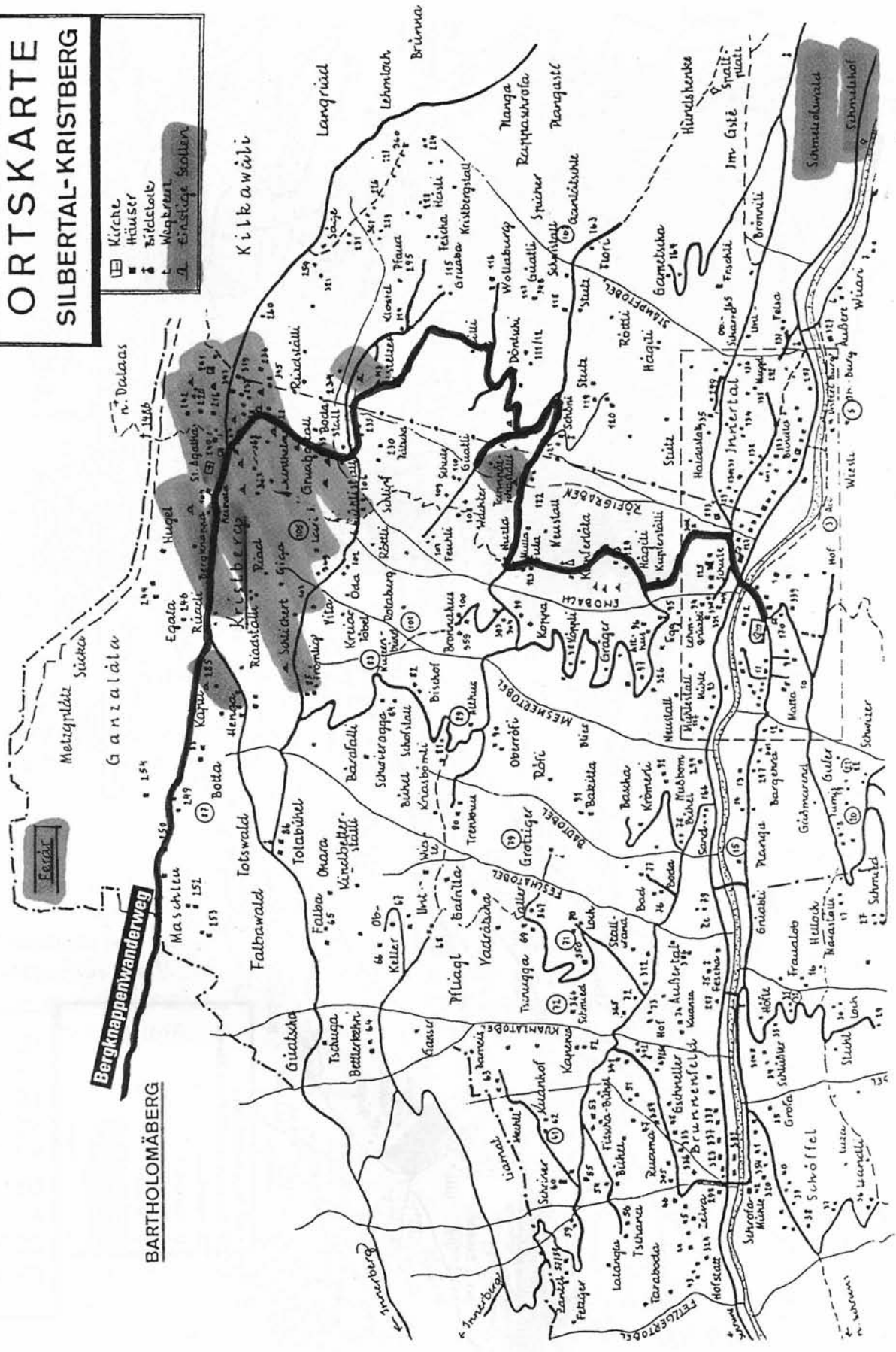
2. Der Bergbau

Der Bergwerksbetrieb wurde durch die Bergwerksordnungen Kaiser Karl V. und Erzherzog Ferdinand I. aus den Jahren 1520, 1522 und 1524 genau geregelt. Für das Montafon bestellte die Regierung in Innsbruck einen eigenen Bergrichter,



ORTSKARTE SILBERTAL-KRISTBERG

Kirche
 Häuser
 Bäckerei
 Wegkreuz
 einstige Station



Stephan Koberl. Die erzfürstliche Kammer in Innsbruck hatte grosses Interesse an der Einhaltung dieser Ordnung, da die Bergwerksabgaben nicht Grundzins, sondern Produktionszins waren.

Die Betriebsorganisation der Bergwerke wurde meist durch Genossenschaften, auch "Gewerken" genannt, gestellt und um gemeinsam Geld, Boden und das Holz für ein Bergwerk zu beschaffen. Bei der kapitalistischen Form finanzierte ein einzelner vermögender Mann, ein Bergwerkunternehmer ein Bergwerk. Das geschah vor allem in der Zeit,

als viele Bergwerke vom Kaiser an die Fugger verpfändet wurden. Die Fugger waren eine reiche Kaufmannsfamilie in Augsburg und dürften auch im Montafon tätig gewesen sein.

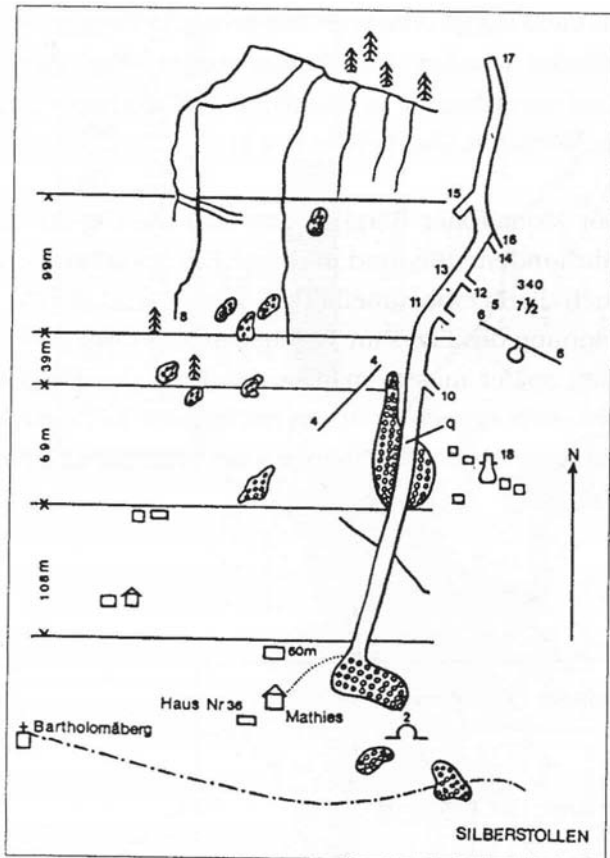
Der Montafoner Bergbau zog sich über mehrere Jahrhunderte hin, und in dieser Zeit änderten sich auch die Erzabbauethoden. Zuerst fand die Gewinnung des Erzes im Tagebau an der Oberfläche statt, später musste man in der Tiefe des Berges den verborgenen Erzadern nachgehen. Es begann die harte Arbeit der Knappen mit Schlägel und Ei-

Erzminerale

Farbe	Härte	Leicht / schwer	Name	Besonderheiten	Vorkommen z. B.	enthält
gold-gelb	3	schwer	Kupferkies	bleibt so	1-9; 21-23	Cu, Fe, S
	6	schwer	Schwefelkies	verrostet braun	3,4,6,10,15-20	Fe,S
grün	3	leicht	Malachit	bleibt so	1,5,7,8,9	Cu,C,O
blau	3	leicht	Azurit	bleibt so	1	Cu,C,O
beige	4	schwer	Spateisenerz	wird dunkelbraun und rötlich	1,3	Fe,C,O
braun	2	leicht	Brauneisenerz	bleibt so	1,5	Fe,O,H
grau	4	schwer	Magnetkies	glänzt stark, wird rasch braun	2,5, Hochjoch, 16	Fe,S
	4	schwer	Fahlerze	werden langsam grün gelb	1	Cu, Ag, S, As, Sb
	6	schwer	Magneteisenerz	bleibt so magnetisch	4	Fe, O
rot-schwarz	2-6	schwer	Roteisenerz	bleibt so	1, 10, 11, 12, 13, 14	Fe, O
schwarz	1	leicht	Manganomelan	schwarz-braun	1,5	Mn,O , H

- 1 = Bartholomäberg-Kristberg-Silbertal/-Rellstal (Bartholomäberg -Silbertal- Vandans)
- 2 = Valschaviel (Gaschurn)
- 3 = Alpe Giesla (Silbertal)
- 4 = Putzkammer (Silbertal)
- 5 = Alpe Fresch (Silbertal)
- 6 = Galgenul (St. Gallenkirch)
- 7 = Rellstal (Vandans)
- 8 = Rellseck (Bartholomäberg)
- 9 = Alplegi (Bartholomäberg)
- 10 = Luterseeberg (Gaschurn)

- 11 = Gafaluner Winterjoch (Silbertal)
- 12 = Gafaluner Mutt (Silbertal)
- 13 = Alpe Käfera (Silbertal)
- 14 = Eisernes Tor (Gaschurn)
- 15 = Garnera (Gaschurn)
- 16 = Gampadels (Tschagguns)
- 17 = Bargehratobel (Silbertal)
- 20 = Alpe Wasserstuben (Silbertal)
- 21 = Fluh (Gaschurn)
- 22 = Vergalda (St. Gallenkirch)
- 23 = Netzatal (St. Gallenkirch)



sen, durch Feuer setzen wurde der Vortrieb der Stollen angegangen. Später wurde ein "Schuss gesetzt", das heisst, man setzte Schiesspulver ein.

Auch im Montafon trugen die Stollen der Bergwerke Namen von Heiligen und Schutzpatronen, was den tiefen Glauben der Bergknappen dokumentiert. Der Bergrichter verlieh den Gewerken im Namen des Landesfürsten die gewünschten Gruben und verzeichnete sie im Bergbuch. Er erhielt dafür pro Grube 3 Kreuzer, der Schreiber 1 Kreuzer.

Das Montafon gehörte bis 1816 zur Diözese Chur und alles, was in kirchlicher Hinsicht in der Zeit ihrer Anfänge bis zu diesem Datum im Tal geschah, wurde von Chur aus bestimmt. Im Silbertal bauten die Walser im Jahre 1332 die erste Kirche, und der Bischof Ulrich von Chur weihte diese am 21. April 1332 ein, den Walserpatronen St. Theodul und St. Nikolaus.

Die alten Siedler im Tal, noch romanisch sprechend, verband mit den Walsern anfangs das gemeinsame Interesse am Land und der Alpwirtschaft, während sie mit den Bergknappen nichts gemeinsam hatten. Spannungen konnten daher nicht vermieden werden. Oft führten die Bergknappen ein Leben, das bei der Bevölkerung Anstoss erregte.

1853 wurden im Bergbaugbiet des Montafon noch folgende Spuren und Stollen festgestellt. Im Silbertal 9, im Kristberg 6, im Bartholomäberg 5, im Vandans 2, im Tschagguns 2 und im Innerfratte 3. Auch viele Namen die auf den früheren Bergbau hinweisen wie, Knappagruaba, Forna, Kegelgraben, Rossgasse, Ferär, Gafluna, Gruabastall, Knappastall, Kupfergruaba, Kupferläta und Schmelzhof, sind heute noch feststellbar. (Siehe Ortskarte Bartholomäberg u. Silbertal-Kristberg).

Im grossen Sagenwald des Tales Montafon spielt der Bergbau eine grosse Rolle. Manch unheimliche und seltsame Begebenheit aus dieser Zeit wurde Generationen hindurch weitererzählt und überdauerte viele Jahrhunderte.

Literatur:

- Emil Scheibenstock, Bergknappen Stollen Erze, Zur Geschichte des Bergbaues im Montafon. Bludener Geschichtsblätter Heft 31, 1996.
- Placidus Plattner, Geschichte des Bergbaus der östlichen Schweiz, 1878.

Der Einfluss der Bergakademie Freiberg auf den Bergbau in Graubünden und der übrigen Schweiz

Hans Krähenbühl, Davos Fortsetzung 3/Schluss

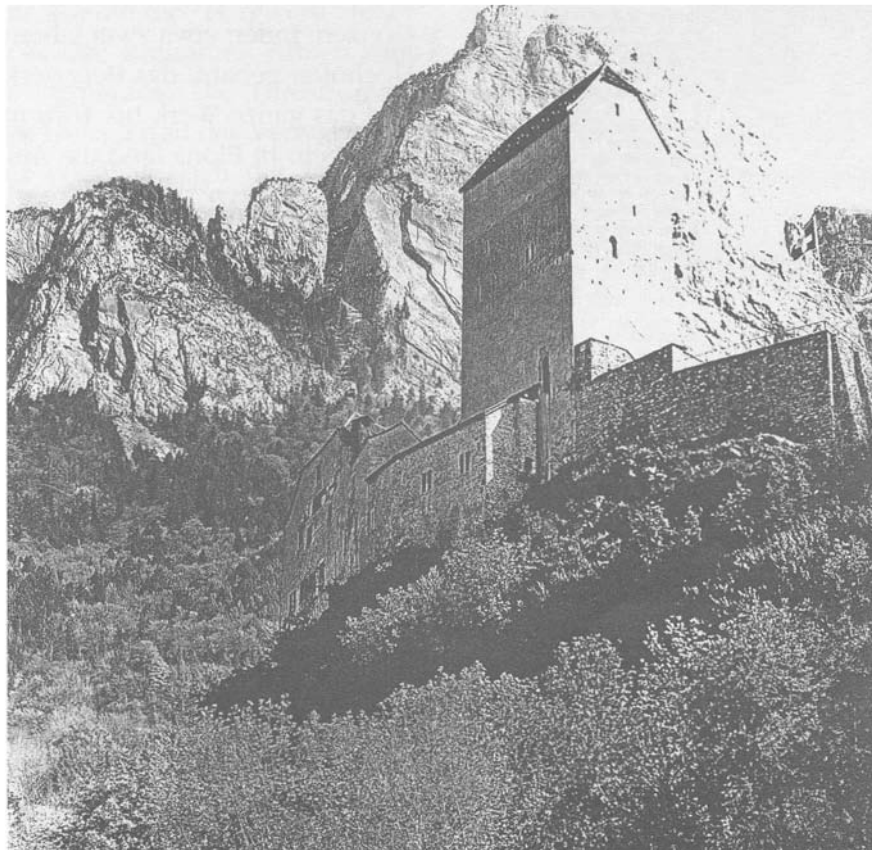


Wappen der Neher

i) Neher Bernhard, Schaffhausen,

besuchte die Bergakademie Freiberg 1833. Nachfolgend über die Tätigkeit der Familie Neher im Bergbau. Im Kanton Schaffhausen wurde seit vier-

zehn Jahren Bohnerz gegraben und verhüttet, z.B. bei Laufen am Rheinfall seit 1614. Aber schon 1588 entstand in Jestetten eine Eisenschmelze. Seither führte Schaffhausen „Rheinfalleisen“ aus. Die Bohnerzvorkommen in der Umgebung waren aber so spärlich, dass bald an eine Erzeinfuhr von auswärts gedacht werden musste. Seit Beginn des 18. Jahrhunderts bezogen die Schmieden am Rheinfall das Erz vom Eisenwerk Albruck bei Waldshut. Eine schleichende Krise wurde überwunden, als im Jahre 1809 die Gebrüder Neher, welche im Thiergarten bei Sigmaringen ein Eisenwerk besaßen, die Rheinfällewerke käuflich erwarben. Die Neher betrieben als Nebenzweig ihres Eisenwerkes die Fabrikation geschnittener Nägel und gingen



Gonzen mit Schloss Sargans

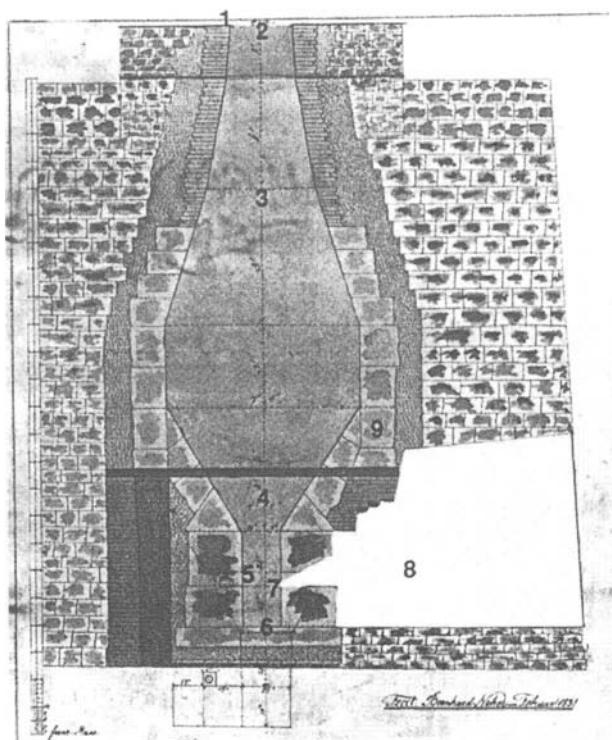


Hochofenanlage in Plons, Mitte des 19. Jahrhunderts. Im grossen Gebäude befand sich der Hochofen. Links davon die Röstanlage. Erzwäsche (etwas hinten) und die Kohlenscheune. Zwischen Scheune und Ofengebäude die Laderampe für Kohle. Hinten auf einer Holzbrücke, vom Schmelzibach her, die Wasserleitung für das Wassertrommelgebäude.

schliesslich auch zur Herstellung von Hartgussrädern, Walzen, Stabeisen und Blechen über.

Um das Werk Laufen genügend mit Eisen belie-

fern zu können, kaufte Johann Georg Neher am 11. Dezember 1823 das zerfallene Eisenwerk Plons samt dem stillgelegten Gonzenbergwerk. Dieses war im Besitze der Familie Bernold in Mels. Die Konzession erteilte der seit 1803 bestehende Kanton St. Gallen. Mehr als ein Jahr lang blieb dann die Familie Neher massgebend am Gonzen. Innert etwa zwei Jahren wurde ein neuer Hochofen gebaut, das Bergwerk neu eingerichtet und das ganze Werk bis 1878 mit grossem Erfolg betrieben. In Plons fand die Aufbereitung der Erze vom Gonzen statt und anschliessend wurden sie geröstet. Alsdann gelangte das vom Schwefel befreite Erz in den Hochofen. Die in den Gräben vor dem Hochofen erstarrten Roheisen-Masseln wurden in Plons nicht weiter behandelt, da sie nun für die Neher'schen Werke Laufen und ab 1845 für das Hammerwerk Thorberg (Luzern) produziert wurden. Nehers Erfolg mit dem neu aufgebauten Gonzenwerk beruhte grösstenteils auf der rationalen Zusammenarbeit zwischen diesem und dem Neuhauser Werk.



Holzkohle-Hochofen von Plons, 1831. Nach einer Zeichnung von B. Neher.

1 Möllerboden. 2 Gicht. 3 Schacht. 4 Rast. 5 Gestell. 6 Boden. 7 Abstichöffnung. 8 Arbeitsgewölbe. 9 feuerteste Ausmauerung.

Nachdem das Bergwerk und das Plonser- Eisenwerk langezeit blühte, hatte der in den sechziger Jahren einsetzende Eisenbahnbau schwere Folgen. Billiger Koks und billiges Roheisen erreichten die Schweiz aus den grossen Eisenzentren Europas und konkurrenzten Plons. 1868 musste

der Holzkohle-Hochofen aus diesem Grunde ausgeblasen werden. Der Deutsch-Französische Krieg brachte jedoch bald einen Eisenmangel, welcher Neher dazu bewog, in Plons einen Koksofen zu bauen.

Zu Beginn des 20. Jahrh. beschäftigte sich Oskar Neher neben Mels mit der Frage, ob das Gonzenbergwerk nicht wieder eröffnet werden und dazu im Raume Sargans ein Hüttenwerk erstellt werden könnte. Aber der 1. Weltkrieg verhinderte zunächst die Weiterverfolgung der Pläne. Die Nachfrage nach Eisen in der Schweiz, insbesondere für die Armee, brachte jedoch unerwartet den Auftrag, das Gonzenbergwerk mit einfachsten Mitteln wieder in Betrieb zu setzen. 1917/18 wurden 1000 Tonnen Erz abgebaut und ins Tessin versandt, wo eine elektrische Schmelzanlage der Eisen- und Stahlwerke Georg Fischer in Giubiasco das Erz verhüttete. Dieses Resultat ermöglichte es Neher, die Firma Georg Fischer AG, Schaffhausen und Gebr. Sulzer AG, Winterthur, für das Gonzenerz zu interessieren. Er konnte die "Bergwerk Neher AG Mels" mit den beiden genannten Firmen zum "Gonzen-Syndikat" verbinden. Die Direktionsarbeiten wurden vom Delegierten des Verwaltungsrates Oskar Neher erledigt. Nach der erneuten Aufnahme des Betriebes im Jahre 1937 übernahm 1940 Dr. E. Eugster die Direktion der EGAG, nachdem Oskar Neher, der letzte "Jsenherr", altershalber seinen Rücktritt gewünscht hatte. Die Familie Neher erscheint auch im Albulatal, in Bellaluna. Sie hatten dem Werk Bellaluna einen durch Wasser betriebenen Windapparat (Siehe BK Nr. 47, 1/1989, Wassertrommelgebläse) abgetreten oder geliehen, und sich dagegen gewisse Rechte in Bezug auf die Eisenfabrikation vorbehalten. Einem Bericht zufolge über das Aufbereiten und Rösten der Erze in Bellaluna, wird 1839 Conrad Neher erwähnt. Es heisst da: "Nach verschiedenen Versuchen, die bei den Gruben ungenügend vorgenommene Handscheidung um allen Schwefelkies vom Erz zu trennen, da dieser die Qualität des Eisens mindert, zu verbessern, ist die Aufbereitung durch Conrad Neher angeordnet

worden. Es folgt ein genauer Beschrieb des Vorgehens wie folgt: "Das Erz wurde gewaschen und dann einer Handscheidung unterworfen. Die Schwefelkies enthaltenden Erzstücke wurden mit dem Hammer zerkleinert und nachher ein zweites Mal von Hand geschieden. Dann wurde das Erz mit Holz- und Holzkohleabfällen in den zwei Röstöfen geröstet, die zusammen etwa 28 Tonnen Erz fassten. Das geröstete Erz wurde alsdann in einem Pochwerk zerkleinert, gewaschen und nachher im Freien gelagert. Dabei ging ein Teil des noch vorhandenen Schwefels in lösliche Oxyde über, die durch Regenwasser entfernt wurden. Erst dann gelangte das Erz in den Hochofen zur Verhüttung." Es scheint, dass Conrad Neher nach anderen Erzbeschaffungsmöglichkeiten gesucht hat, um während der Einstellung des Gonzenbergwerkes seine Betriebe weiterführen zu können.

3. Der Bergbau im Erzgebirge und die Bedeutung der Bergakademie Freiberg in Europa

In der Nähe der späteren Stadt Freiberg wurde zufällig gediegenes Silber gefunden, auch angereichert im Bleiglanz, das man in Goslar untersuchen liess. Als bald entstand das "Berggeschrei und der Silberrausch". König Heinrich erklärte bald die entstehende Siedlung zur freien Bergstadt. Wer nach Freiberg zog, wurde von der Leibeigenschaft befreit und der Bergbau an jedermann freigegeben. Anfangs war man ausschliesslich am Silber interessiert, später nach Erfindung der Feuerwaffen wurde auch Blei zum strategischen Material. Nach Schätzungen sollen über Jahrhunderte gegen 10'000 Tonnen Silber gewonnen worden sein. Der Kulminationspunkt der Silber- und Bleigewinnung erreichte man um das Jahr 1350. Die in Europa wütende Pest liess einen weiteren Bergbau erst um 1470 wieder aufkommen.

Es wurden nun weitere Erzreviere entdeckt, in Annaberg, Schneeberg und Marienberg und im 16. Jahrh. war der Bergbau wieder in voller Blüte.



*Oskar Neher-Stockar, Delegierter des
Verwaltungsrates 1919 - 1940*

Der Dreissigjährige Krieg im 17. und der Siebenjährige Krieg im 18. Jahrh. führten zu weiteren Tiefs.

Um das Jahr 1765 erfolgte die Gründung der Bergakademie Freiberg, eine der ältesten montanwissenschaftlichen Hochschulen der Welt, und damit begann ein neuer Aufschwung. Zur Ausbildung von angehenden "Bergoffizieren" in der Montanwissenschaft, wurde in Freiberg bereits schon 1702 eine Stipendienkasse eröffnet. Erfahrene Techniker und Wissenschaftler erhielten Lehraufträge für Chemie, Metallurgie und Markscheidkunst. (Vermessung) Die sehr positiven Erfahrungen, die mit der zielgerichteten Ausbildung gemacht wurden, führten zur Gründung einer eigentlichen Bergakademie. Mit der Berufung Abraham Gottlob Werners (1749-1817) gelang der jungen Hochschule ein ganz grosser Wurf. Beim Begründer der wissenschaftlichen Mineralogie liessen sich Studenten aus aller Welt ausbilden.

Im 19. und 20. Jahrh. wurden Braunkohlen- und Steinkohlen- Verfahrenstechnik sowie das Eisen-

hüttenwesen zu neuen Forschungsschwerpunkten. Seit 1871 hat die Bergakademie Freiberg den Status einer Technischen Hochschule und bildet gegenwärtig 2'500 Studenten aus, darunter etwa 10 % Ausländer. (Trueb)

Literatur:

Helmut Kirsch, Die Beziehungen des Bergbaus in Graubünden zum Sächsischen (Freiberger) Bergbau", Bergknappe Nr. 17, 3/1981.

Hans Krähenbühl, Ueber die Forschungen von Joh. Strub am Silberberg (1884- 1967) Davos; Zum 25. Todestag (16. 7. 1967) .

Lucien Trueb, Theres Lüthi, Die Bergakademie Freiberg und ihre Sammlungen: Silber- u. Buntmetallgewinnung während 8 Jahrhunderten (NZZ, 26.7.1995),

(Schluss)

Die Sekundärminerale der Blei- Kupfer- Vererzung im Tieftobel bei Schmitten GR

Hans Krähenbühl, Davos

Fortsetzung 1/Schluss

Ed. Escher beschreibt im "Beitrag zur Geologie der Schweiz, 1935", das Tieftobel nur als kleines Kupfervorkommen im Trias Mittelbündens. Er spricht von einer schwachen Imprägnation von Malachit und Azurit, und dass die Vererzung früher bergbaulich bearbeitet worden sei. Er erwähnt einige Stollen und Schürfungen bis zu 20m Länge oberhalb der Kantonsstrasse. Warum Escher die Bleiglanzvererzung nicht erwähnt hat, dürfte den Grund darin haben, dass es sich um kleinere Schmitzen reicher Erze handelt, die versteckt schwierig zu finden oder bereits abgebaut waren.

Im Grubenverzeichnis von Chr. Gadmer, Davoser Bergrichter 1588 - 1618, sind in diesem Gebiet folgende Stollen aufgeführt: "Im Tieffen Tobel, gar weit im Graben beim Bach unden 'St. Peter'; zu äusserst im Tobel under der Strass 'zu Ferdinanden', ob der Strass auch ausser Johann

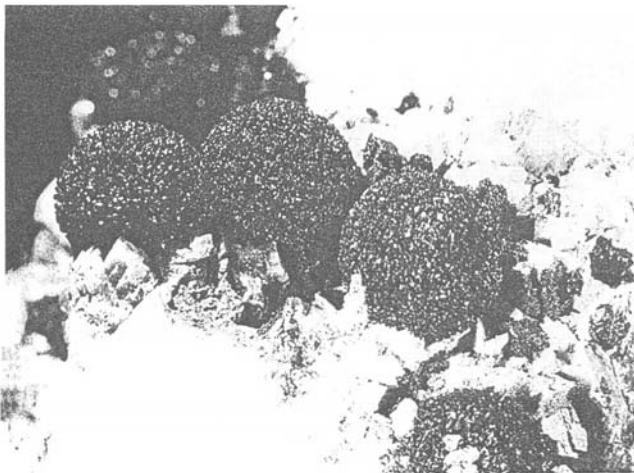


Abb. 8

Oben: Kugelige Azurit-Aggregate, Durchmesser 3mm (Foto Stöcklin)

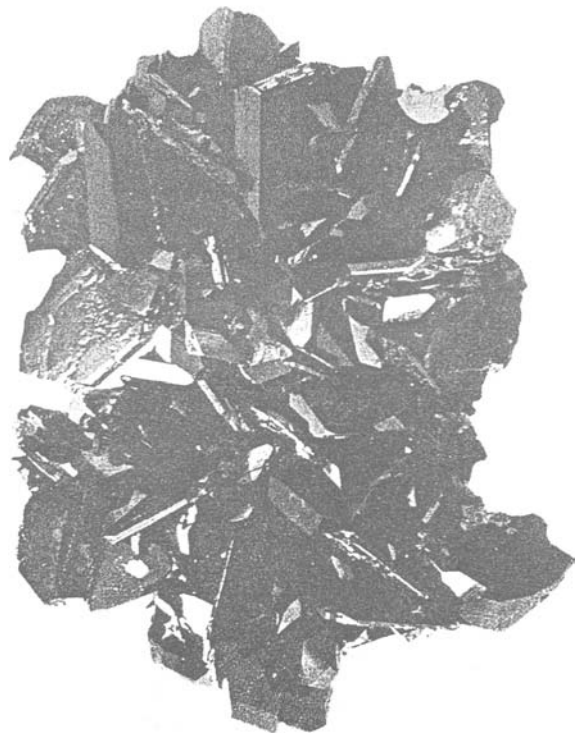
Rechts: Flächenreiches Azurit-Aggregat (Foto Stöcklin)

„Johann Fluri“, ob den Khanlen (Kännel) herein 'Alberten Hoffnung'. Underm Weg daselbst 'St. Christiana'. In der Strass zu nechst beim Bach 'zur H1. Dreifaltigkeit', inderhalben dem Bach ob der Strass 'St. Helena'."

4. Die Kupferkarbonate vom Tieftobe I

a) Azurit:

Das tiefblaue Mineral Azurit wird vom persischen "Lazward" abgeleitet, was in dieser Sprache "blaue Farbe" bedeutet. Nach dem römischen Geschichtsschreiber Plinius wurde der Azurit im Altertum oft als armenischer Stein - lateinisch Armenium - bezeichnet. In der Bergmannssprache wird dieses Mineral oft als Bergblau- Kupferblau oder Kupferlasur, genannt. (E. u. B. Müller)



Azurit, ein basisches Kupferkarbonat mit der chemischen Formel $\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$ ist kristallographisch ein monoklines Erzmineral. Die Kristalle sind prismatisch länglich oder tafelig. Häufig sind die einzelnen Kristalle verwachsen oder bilden strahlige Aggregate. Der Azurit ist oft glasglänzend bis durchscheinend und bewirkt einen blauen Strich mit muscheligen Bruch. Meist erscheint er in himmel- oder dunkelblauer Farbe. Azurit besitzt eine Härte von 3,5-4, er lässt sich mit dem Messer ritzen. Die Dichte dieses spezifisch schweren, spröden und gut spaltbaren Minerals beträgt 3,75- 3,85 g/cm^3 .

Infolge des niederen Schmelzpunktes lässt sich Azurit leicht zum Schmelzen bringen. Er entsteht als Verwitterungsprodukt von sich in und/oder auf karbonatischem Gestein befindenden Kupfersulfiden. Oft tritt der Azurit als Imprägnation kupfersulfidhaltiger Wässer in Sandsteinen oder entlang von Klufflächen in Kalken und Dolomiten auf. Die Azuritvorkommen sind meistens mit dem mineralogisch verwandten Malachit vergesellschaftet. In früheren Zeiten stellte man aus zerriebenem Azurit Blaufarben her. Zur Kupfergewinnung wurde er wegen seiner Eigenschaft als eigentliches Kupfererz, wenn auch meist untergeordnet, bergmännisch abgebaut.

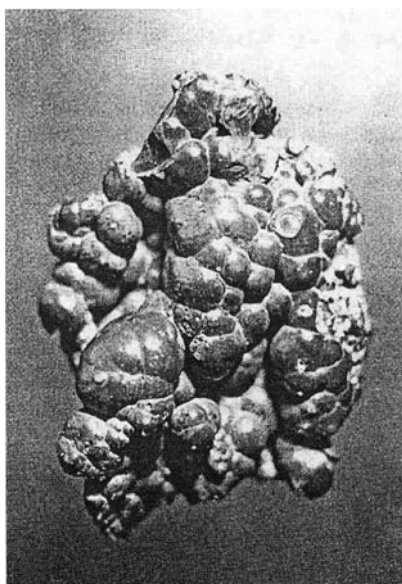
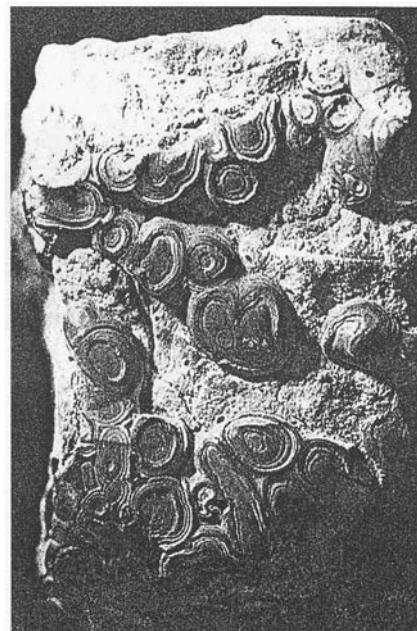


Abb. 9 Nierigtraubenförmiger Malachit (Foto Stöcklin)

b) Malachit:

Das sattgrüne Kupfermineral Malachit hat den Namen entweder vom griechischen Ausdruck "malakos" (=weich) oder gemäss Plinius nach der Malve "Molochitis" (=Malachit) übernommen. Er ist undurchsichtig und von sattem Grün. Im Altertum wurde der Malachit fälschlicherweise oft auch Smaragd genannt. Das basische Kupferkarbonat Malachit mit der chemischen Formel $\text{Cu}_2(\text{OH})\text{CO}_3$ kommt relativ selten vor und ist ein monoklines Erzmineral. Es tritt vorwiegend als grüner Belag und in Form von traubigen oder nierenförmigen Massen auf, die eine krustenartige und smaragdgrüne Zonierung aufweisen. Selten bilden sich faserigstrahlige oder nadelige Aggregate. Oft stellt er eine pseudomorphe Verdrängung auf Azurit dar. Malachit hat eine Härte von 3,5-4, seine Dichte beträgt nur 4 g/cm^3 . Das Mineral ist gut spaltbar und fast undurchsichtig oder mit einem Glas- bis Seidenglanz durchscheinend. Malachit entsteht wie Azurit, entweder direkt durch auf karbonatischem Gestein durch Oxidation von Kupfersulfiderzen, wie hauptsächlich aus Fahlerzen und Kupferkies, oder als Umwandlungsprodukt, infolge Wasseraufnahme, aus Azurit.



Schalige Malachit-Aggregate, Durchmesser 2-3mm (Foto Stöcklin)

Der Malachit findet sowohl als Zierstein wie auch als Nutzstein Verwendung. Er dient auch in Pulverform als grüner Farbstoff. Er bildet auch den Grundstoff für die Kupfergewinnung.

5. Zur Geschichte des alten Bergbaus bei Schmitten

Im ganzen Kanton Graubünden wurden schon in frühen Zeiten an verschiedenen Orten kleinere und grössere Erzvorkommen abgebaut, vor allem zur Herstellung von Metallen zum täglichen Gebrauch. So auch am Bleiberg ob Schmitten und im Tieftobel zwischen Schmitten und Wiesen. Schon zur Zeit der Grafen von Montfort bestehen "Aufzeichnungen über die Verwaltung der VIII Gerichte", aus denen hervorgeht, dass bei Alvaneu (Gesamtgemeinde Alvaneu, Schmitten, Wiesen) mit Erfolg Bergbau betrieben wurde. Hinweise finden sich in den sog. "Aemterbücher des Bistums Chur" aus der Zeit zwischen 1370 und 1424, dass "ysen" von Ferraria (Schmitten) von den Eisenwerken bei Schmitten an den Bischof als Abgaben geleistet werden mussten. ("Item die schmitten- XII ross ysen mit den nageln")

Von Anfang des 15. bis zu Beginn des 17. Jahrh. erlebte der Bündner Bergbau seine Blütezeit. Nachdem die österreichischen Herzöge 1477 die acht Gerichte aufgekauft hatten, wurde der Bergbau intensiviert. Sie besaßen nun auch das Bergregal und setzten Bergrichter ein, welche die Aufsicht über ihren Verwaltungsbereich führten. Welche Bedeutung der Bergbau zur damaligen Zeit hatte, geht daraus hervor, dass in den acht Gerichten allein 78 Gruben ausgebeutet wurden, davon allein 17 am Silberberg, 12 in Schmitten und 9 in Alvaneu.

Im Grubenverzeichnis des Davoser Bergrichters Chr. Gadmer von 1588 sind die Orte und Namen der Gruben verzeichnet, in seinem Verwaltungsbereich total 93. (inkl. die Grafschaften St. Jörgenberg und Rhäzüns)

Ebenso wurde vom Bergrichter Gadmer ein Tagebuch geführt, welches vom 3. Januar 1589 bis 1. Mai 1603 reicht und Aufschluss über den Betrieb, die Gewerken und die Verpachtung der Minen gibt. So lesen wir hier: "*12. Martii (März) 1591: Dem Peter uf dem Podmen, einen neuen Schurpf im Tieffentobel zu underst hinab verlihen, zu <St. Peter> (70).*"

Am 13. Martii (März) 1591 lesen wir die Eintragung: "Der Hauptmann Alb. von Salis hat im 89, 90, 91, 92 empfangen und innen gehabt, auch zum Tbeil arbeiten und Aertz machen lassen, volgende gruoben:" Dann folgt eine Aufzählung verschiedener Gruben so u.a. auch die folgenden "*Im schmittenbleyberg. <Unser Frauwen> (67) und <St. Michel> (68). Im Tieffen Tobl: <Alberten Hoffnung> (73) und <St. Cristina> (74).*"

Zu dieser Zeit erfolgte der Abtransport der Erze vom Tieftobel zur Verhüttung via Bodmen, untere Tieftobelschlucht, Leidboden und weiter entlang dem Landwasser zur Schmelze Filisur. Später, anfangs des 19. Jahrh. erfolgte der Transport in die Schmelzhütte "Schmelzboden- Hoffnungsau " .

Durch den Loskauf der Gerichte von Oesterreich (1649-1652), ging das Bergregal wieder an die Gemeinden zurück. Durch den Unternehmer Le Maire aus Neuenburg fand 1717 noch ein Abbau von Kupfer und Blei auf Schmittener Gebiet statt. Ab 1738 lief der Abbau unter dem Gewerken Heidegger aus Zürich, der auch die Hüttenwerke in Belaluna ausbauen liess. Der Transport der Erze erfolgte nun ins Albulatal Richtung Bergün in die Schmelze. Aber bereits 1745 kam das Unternehmen zum Erliegen.

Erst anfangs des 19. Jahrh. erlebte der Bergbau in Graubünden eine zweite Blütezeit, so auch im Landwassertal. Am Silberberg und am Schmittner Bleiberg, diese gehörten zum gleichen Konzessionsgebiet, wurde 1839 durch die französische Gesellschaft Xaver Dufreier, vertreten durch Paul Pelissier und Dr. Amede Petigand, die Arbeit an den Gruben wieder aufgenommen. Aber bereits

1848 ging die Gesellschaft in Konkurs.

- Strunz H., Mineralogische Tabellen, 6. Auflage, 1977

Literatur:

- Chr. Brazerol u. H. Krähenbühl, Der alte Bergbau am Bleiberg bei Schmitten im Albulatal, Bergknappe Nr. 12, 2/1980

- L. Schmutz u. D. Stöcklin, Blei- u. Zink-Sekundärminerale aus der Schweiz, Separatdruck aus Mineralienfreund, Jg. 18, Heft 2, 1980 (Fotos D. Stöcklin)

- E. u. B. Müller, Der Azurit und Malachit von Schmitten, 1982

Die abgebildeten Sekundärminerale sind aus den Sammlungen von: D. Stöcklin, L. Schmutz, A. Wagner, C. Vogel, H.R. Rüegg, G. Rüdinger, A. Bachmann und Chr. Brazerol.

(Schluss)

Mitteilungen

Ausstellung "150 Jahre Bundesstaat - 150 Jahre Industriekultur" im Tessin

Anmerkung der Redaktion

Auch im Tessin findet im Rahmen der Feier "150 Jahre Bundesstaat - 150 Jahre Industriekultur" vom 26. September bis 23. Oktober 1998 eine Ausstellung im Museum Malcantone mit Exkursionen statt. Die Begehung des "Sentiero delle meraviglie", wo die restaurierte Hammerschmiede bei Maglio sowie verschiedene alte Stollen des früheren Goldbergbaus besichtigt werden können, führt dem Besucher eine der ersten Industrien in dieser abgelegenen Gegend vor Augen.

Das Thema der Tessiner Regionalausstellung, "Gewerbliche Industrie im Tessin", verbunden mit

kulturellen Veranstaltungen, wird ein breites Publikum interessieren.

Zur gleichen Zeit findet vom 2. bis 4. Oktober die 19. Mitgliederversammlung der "Schweizerischen Gesellschaft für historische Bergbauforschung" statt, verbunden mit Besichtigung der Bergbauanlagen im Malcantone, wie sie bereits in unserer Zeitschrift "Bergknappe" in den Nummern 15, 31 und 69 sowie im Periodikum "Minaria" der SGHB, beschrieben wurde.

Alle diese Veranstaltungen empfehlen wir unseren Mitgliedern und Gästen zum Besuche.

Beiträge und Spenden Verein und Stiftung

- Kulturfond der Landschaft Davos	Fr. 8'000.-
- Regierung des Kantons Graubünden	Fr. 5'000.
- Davos Tourismus	Fr. 2'000.
- J. u. J. Luther, Frauenkirch	Fr. 300.
- Walter Schwager AG, Davos	Fr. 300.
- DIAG Davoser Ingenieure	Fr. 250.
- H. u. A. Laely - Meier, Davos	Fr. 250.
- H.J. Kutzer, Dipl. Ing., Wind ach	Fr. 150.-

- E. Leitz, Davos	Fr. 300.-
- E. u. H. Krähenbühl, Davos	Fr. 550.-
- Prof. Dipl. Ing. G. Fürer, Goslar.	Fr. 200.-
- Kurt Neugel, Bern	Fr. 100.-
- Kurverein Schmitten	Fr. 100.-
- Chr. Brazerol, Schmitten	Fr. 100.-
- F. Kaufmann, Eisenwaren, Davos	Fr. 100.-
- Kurverein Wiesen	Fr. 100.-

Naturalgaben an Museum und Arbeitsleistungen

- Prof. Fürer: Verschiedene wertvolle Bergbaubücher, 1673, 1786
- Paul Hostettler: Verschiedene Mineralienbücher der Schweiz
- Prof. Amstutz: Bergbau- u. Mineralienbücher sowie über Geologie, Hist. Lötrohr-LaborAusstattung für Bergbaumuseum
- Werner Scheidegger: Bergbauschriften und Bücher
- Margrit Spiess: Literatur für Bergbaubibliothek
- Robert Maag: Modelle, Pochwerk u. Feldgestänge für Fahrt
- Toni Oetl: Verschiedene Mineralien zum

- Verkauf im Museum
- Arbeitsleistungen am Silberberg: Hans Heierling, Walter Frey, Margo Danz, Paul Sprecher, Otto Hirzel, Bruno Furter, Luzi Kindschi
- Arbeitsleistung Umbau Museum: Otto Hirzel, Paul Sprecher, Walter Frey, Bruno Furter, Hans Heierling, Margo Danz
- Wartung Museum und Führer Schaubergwerk Silberberg: Vielen Dank für den unermüdlichen Einsatz

Allen Spendern und Helfern danken wir ganz herzlich ebenso unseren Mitgliedern für die Treue, die sie unserem Verein entgegenbringen.

HK

Dank an den Zivilschutz Davos

Anlässlich eines mehrtägigen Zivilschutz-Kurses im Rahmen der Armeereform 1995 wurden verschiedene gemeinnützige Arbeiten ausgeführt, unter anderem auch am Silberberg. Ein Teil der 160 eingerückten Teilnehmer erstellten in der Felspartie des Zugangsweges vor dem Schaubergwerk neue Brücken und Stege, die im Laufe von 20 Jahren seit der Erstellung durch ein internationales Studentenlager, erneuerungsbedürftig geworden sind. Auch die primitiven bestehenden Treppen zu den Ruinen des Knappenhauses beim Dalvazzerstollen wurden bei dieser Gelegenheit erneuert und ergänzt.

Anfangs des 19. Jahrh. versuchte die Bergbaugesellschaft Schmelzboden-Hoffnungsaue unter der Verwaltung von Joh. Hitz, einen Schacht zuhinterst im St. Michael-Stollen, unserem Schaubergwerk, als vertikale Verbindung zu den oberen

Stollen, vorzutreiben. Damit sollte der Transport zur Aufbereitung der Erze am Bach beim Dalvazzerstollen verkürzt werden. Dieses Projekt gelangte indessen nicht zur Vollendung und heute sind noch die Bühnen des Vortriebes zu besichtigen, wo auch ein Scheinwerfer installiert wurde. Auch im Neuhoffnungsstollen konnten verschiedene Arbeiten zur besseren Begehung und zur Sicherung ausgeführt werden. Wir danken den Davoser Behörden und besonders der Leitung des Zivilschutzes Davos für die einwandfreien Arbeiten und für die wertvolle Hilfe im Dienste der Allgemeinheit, herzlich. Dank gebührt auch unserem Regionalgruppen-Leiter Silberberg, Hans Heierling für den Einsatz und für die Organisation der Arbeitsgruppen sowie den Helfern des VFBB vor Ort.

HK

Ehrung

Am 7. November 1997 wurde unserem Mitglied und Kulturförderer Bruno Gerber, Direktor Davos Tourismus, der Anerkennungspreis des Kantons Graubünden übergeben. Die Regierung des

Kantons Graubünden hat dieses Jahr den mit 10'000 Franken dotierten Anerkennungspreis an Bruno Gerber "für seine vielfältige und aussergewöhnliche Leistung als Kulturanimator und als

Mitbegründer bestehender Kulturinstitutionen" verliehen. Wie das kantonale Erziehungs-, Kultur und Umweltschutzdepartement dazu erklärt, habe sich Bruno Gerber als "einer der auf kulturellem Gebiet am engagiertesten und am meisten interessierten Kurdirektoren profiliert". Mit seinem Namen seien Institutionen wie das Kirchner Museum oder die Kunstgesellschaft Davos verbunden, aber auch Kulturanlässe wie zum Beispiel das Internationale Musik Festival Davos, "Young Artists in Concert", die Cartoon-Biennale,

das Zauberberg-Symposium usw. Dank Bruno Gerber hat sich Davos auf kulturellem Gebiet stark profilieren können. Der Direktor DavosTourismus hat unsere Bestrebungen, den früheren Bergbau in der Landschaft Davos der Bevölkerung und den Gästen wieder in Erinnerung zu rufen gefördert, und mit der Eröffnung des Bergbaumuseums im Schmelzboden und der Einrichtung eines Schaubergwerkes am Silberberg, unterstützt. Wir gratulieren dem Geehrten ganz herzlich für diese verdiente Auszeichnung.

HK

Eine weitere Tonbildschau für das Bergbaumuseum

Seit elf Jahren läuft die Tonbildschau im Bergbaumuseum Schmelzboden, Davos. Während dieser Zeit ist sie gut tausendmal abgespielt und von etwa 15'000 Personen gesehen worden. In dieser Schau wird dem Zuschauer der Bergbau und dessen Bedeutung für jede menschliche Zivilisation in Vergangenheit und Gegenwart nahe gebracht. Wenn der Museumsbesucher die Schau vor dem Rundgang durch das Museum gesehen hat, so kann er wohl nachher das Ausstellungsgut mit besserem Verständnis betrachten. Immer wieder wurde aber auch der Wunsch geäußert

nach einer Tonbildschau, in welcher speziell der Bergbau in Graubünden dargestellt wird, obwohl ja eigentlich die Museumsausstellung vor allem diesem Thema gewidmet ist.

Diesem Wunsch soll nun entsprochen werden. Im Rahmen der Jubiläumsveranstaltung "150 Jahre Industriekultur", die vom 26. 9. - 18. 10. 1998 anlässlich des Jubiläums "150 Jahre Bundesstaat" in Davos stattfinden wird, soll eine solche Tonbildschau verwirklicht werden.

Otto Hirzel

Bergbaumuseum Davos

Öffnungszeiten:
 Sommer Mitte Juni bis Mitte Oktober
 Mittwoch 14.00 – 16.00 Uhr
 Samstag 14.00 – 16.00 Uhr

Sommergestprogramm Davos:
 Führungen Museum und Silberberg (Schaubergwerk)
 jeden Mittwoch ab Museum 13.45–17.15 Uhr,
 von Mitte Juni bis Mitte September.
 Auskunft Davos Tourismus, Telefon 081/415 21 21 oder
 416 59 18 und 413 63 66

besuchen entdecken erleben