BERGKNAPPE 67

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

1/1994
Februar
18. Jahrgang

Redaktion:
Dr. h.c. Hans Krähenbühl, Edelweissweg 2, 7270 Davos Platz, Tel. 081 43 63 66
Hans Stäbler, Rufana, 7477 Filisur, Tel. 081 72 17 61

Jahresbeitrag: Fr. 50.-
Einzelnummer: Fr. 10.--
PC: 70-4300-3

Präsident Verein und Stiftung
Dr. h.c. Hans Krähenbühl, Edelweissweg 2, 7270 Davos-Platz

Stiftung: eröffnet am 26. Januar 1980

Regionalgruppenleiter:

Davos-Silberberg:
Hans Heierling, Flüelaweg 4, 7260 Davos-Dorf

Klosters-Prättigau:
R. Renner, Rathausgasse 2, 7250 Klosters

Filisur-Albulatal:
Chr. Brazerol, Cafe Belfort, 7499 Schmitten

S-charl- Unterengadin:
Peder Rauch, Vi, 7550 Scuol

Ems-Calanda:
M. Schreiber, Werkstrasse 25, 7000 Chur

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

- Erweiterte Redaktion "Durchstich" Langer Michael 2
- Anteil der Frauen und Kinder am Bergbau 3
- Bleigewinnung in der Antike (Forts. 6) 7
- Der Salzbergbau in der Schweiz (Forts. 4) 14
- Das "Eisenwerk am Stein" (Forts. 2) 16
- In der Sufner Schmelzi 22
- Zinnerz: Bedeutung, Vorkommen, Abbau und Entstehung (Forts. 1) 29
- Adam Riese und der Bergbau 35
- Neue Aspekte der Mineralogie 36

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Prof. Dr. E. Nickel, Universität, CH-1700 Fribourg
Prof. RN Dr. 1. Stelcl, Universität, CSSR-61100 Brno
Hans Stäbler, Rufana, CH-7477 Filisur
Dipl. Ing. H.J. Kutzer, Hütteningenieur, Rehbergstr. 4, D-8911 Windach
Prof. Dr. E. Niggli, Universität, CH-3000 Bern
Dr. Ing. Herbert W.A. Sommerlatte, Bergbauingenieur, Im Rötel 21, CH-6300 Zug
Prof. Dr. G. Weisgerber, Deutsches Bergbaumuseum, D-6430 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, Präsident SGHB, Greifenseestr. 2, CH-8600 Dübendorf
Dr. F. Hofmann, Geologe, Rosenbergstr. 105, CH-8212 Neuhausen am Rheinfall

Erweiterung der Redaktion des Bergknappen

Liebe Freundinnen und Freunde des Bergbaus

Mit dieser Nummer des Bergknappen präsentieren wir Ihnen unsere Zeitschrift in einem neuen Gewande. Als Mitarbeiter in der Redaktion konnten wir in der Person von Hans Stäbler einen Bergbaufachmann gewinnen, welcher Ihnen durch seine Beiträge im Bergknappen, sowie auch als Verfasser der Schrift "Bergbau im Schams, im Ferreratal und im vorderen Rheinwald", bestens bekannt sein dürfte.
Die neue Zeit hat mit dieser Nummer auch bei uns Einzug gehalten und dem seit 1976 erscheinenden Bergknappen durch den Einsatz elektronischer Hilfsmittel neue Möglichkeiten gegeben - wir werden Sie in einer der nächsten Nummern hinter die Kulissen unseres Bergknappen blicken lassen. Den künstlerisch gestalteten Einband haben wir beibehalten, um so das äussere Erscheinungsbild, das vielseitige Anerkennung gefunden hat, nicht zu verändern.
Das Redaktionsteam wird sich weiterhin befleissigen, Sie in vielfältiger Weise über den Bergbau in Graubünden und anderswo, sowie auch über die Tätigkeit unseres Vereins, aktuell zu informieren.
Wir hoffen, dass die Neugestaltung unserer Zeitschrift Ihre Anerkennung finden wird und bitten Sie, allfällige Unzulänglichkeiten, die eine solche Umgestaltung anfänglich mit sich bringt, zu entschuldigen - wir sind keine "Profis"!
Herzlichen Dank für Ihre geschätzte Unterstützung durch die Mitgliedschaft in unserem Verein.

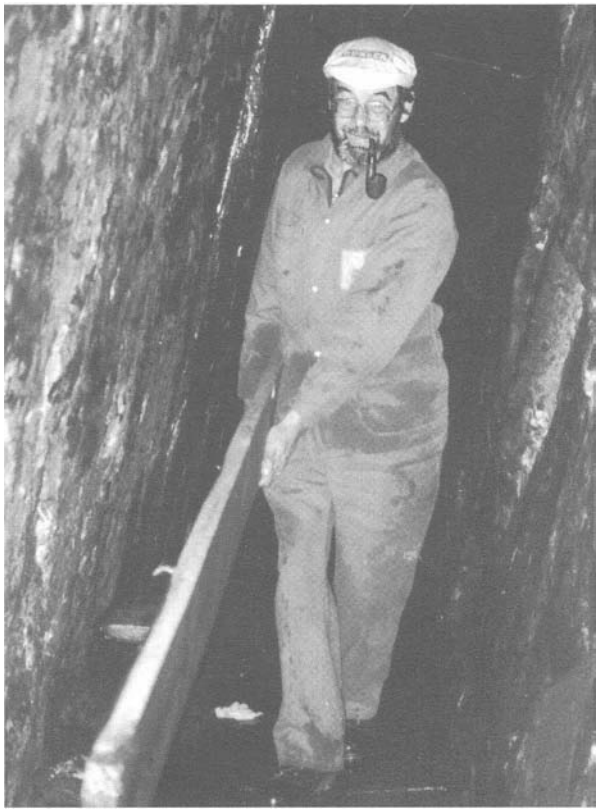
Die Redaktion

Der "Durchstich" Langer Michael am Silberberg ist geschafft!

Dank dem grossen Einsatz unserer Knappenequipe ist der St. Michael Hilfsstollen, "Langer Michael", nun bis an sein Ende in einer Länge von 350 Meter begehbar. Nach mühevoller Arbeit, Erneuern des Laufsteges über der Entwässerung des Stollens, sowie der Einrichtung der elektrischen Beleuchtung, haben einige Mitglieder unter der initiativen Führung von *Hans Peter Bätschi* in Fronarbeit während der Freizeit, das schier Unmögliche vollbracht. Das nun vollausgebaute Schaubergwerk wird im Juni des nächsten Jahres mit einer kleinen Feier eingeweiht werden, so dass bei der Wiedereröffnung des Bergbaumuseums Mitte Juni 1994 das Schaubergwerk, das bis heute nur bis in die Mitte begehbar war, bis zuhinterst besucht werden kann.

Zudem sind die Zugangswege an den Silberberg und ins Stollengebiet dank dem grossen Einsatz unseres Regionalgruppenleiters *Hans Heierling,* durch den Zivilschutz Davos weiter ausgebaut und besucherfreundlicher gestaltet worden.

Allen an dieser aufwendigen Arbeit beteiligten Bergbaufreunden und Mitarbeitern danken wir - auch im Namen des Vereins und der Stiftung ganz herzlich! HK



Hanspeter Bätschi im Element!

Anteil der Frauen und Kinder am Bergbau

Hans Krähenbühl, Davos

Bergarbeiterinnen in einer Steinkohlenzeche bei Charleroi in Belgien

Der Bergbau und das Hüttenwesen gelten allgemein als Arbeitsbereich der Männer. In montanhistorischen Darstellungen wird Frauenarbeit, wenn überhaupt, nur am Rande erwähnt. Stets erscheint sie dabei als Zeichen bergbaulichen Niedergangs und grosser Not, wenn Frauen und Kinder im Bergbau mitarbeiten müssen. Die Arbeit von Frauen und Kindern war in der vorindustriellen Gesellschaft selbstverständlich. Zu denken ist etwa an die Landwirtschaft, wo Kinder Hütedienst und zahlreiche leichtere Arbeiten leisteten, und Frauen an der Milch-, Vieh- und Gartenwirtschaft wesentlichen Anteil hatten. Das gleiche gilt für Handel und Handwerk, in denen der Verkauf der Ware oder die Rechnungs- und Geschäftsführung häufig durch die Ehefrauen getätigt wurden.

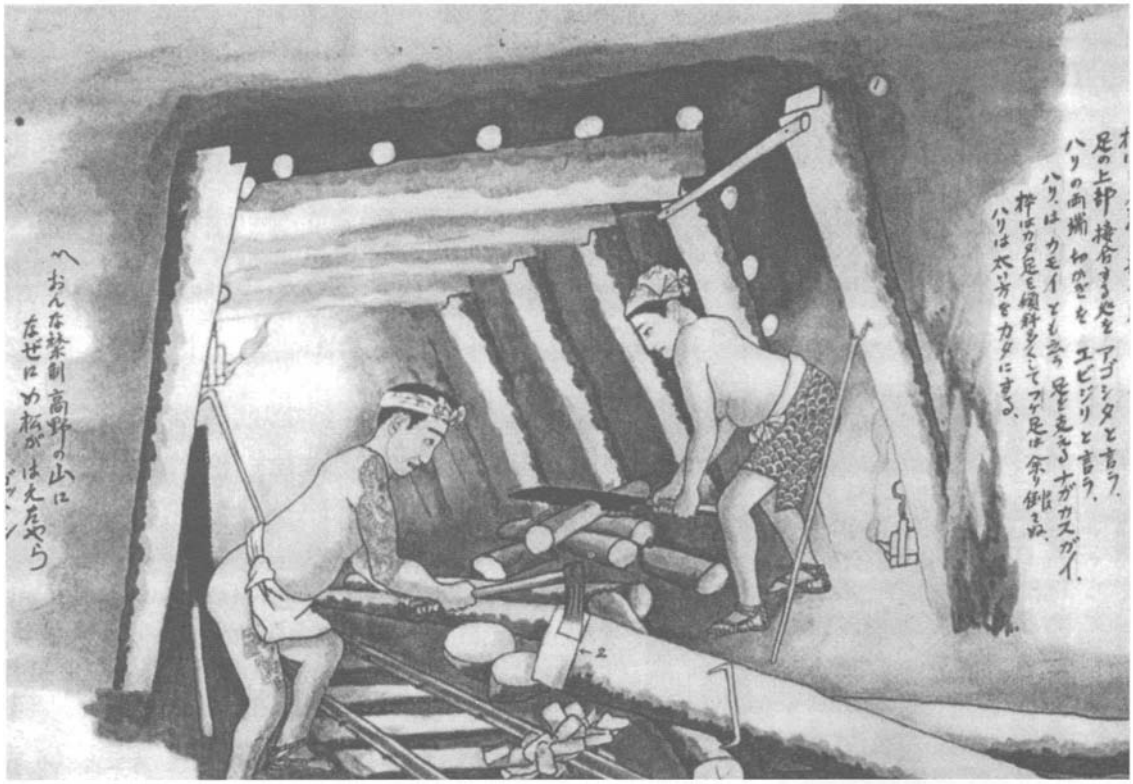
Die Frage stellt sich, ob der Bergbaubereich nicht von Anfang an die grosse Ausnahme war, da er wegen der Art, der zu vollführenden Tätigkeit, wegen der Schwere und Gefährlichkeit der Arbeit oder wegen des "uralten" Glaubens 'Frauen unter Tag bringen Unglück', das weibliche Geschlecht prinzipiell ausschloss. Frauenarbeit hat in der Geschichte des Bergbaus eine Rolle gespielt. Vor allem im Eigenlöhnerbergbau arbeiteten Frauen und Kinder mit dem Mann zusammen. Einzelne Ueberlieferungen verweisen sogar auf die Arbeit von Frauen vor Ort.

Die schriftlichen Quellen geben nur selten Auskunft über die einzelnen Tätigkeiten von Frauen im Bergbau. Erstaunlich oft dagegen werden Frauen bereits seit den frühesten bergbaulichen Darstellungen des 15. Jahrhunderts auf Bildern gezeigt. Auffallend ist, dass Männer und Frauen von der Körperstatur häufig nicht eindeutig zu unterscheiden sind. Mehr als das Geschlecht hat

hier offensichtlich die harte Arbeit den Körper geprägt. Zu erkennen sind Frauen jedoch meist an der Kleidung, die - im Unterschied zu der der Männer - grundsätzlich keine bergbauspezifische Arbeitskleidung ist.

Im 8. Buch seiner 1556 in lateinischer und 1557 in deutscher Sprache erschienenen berühmten Werke "De re metallica - vom Bergwerck XII Bücher" schildert der im Erzgebirge tätig gewesene Arzt Georg Agricola, der den Bergbau seiner Zeit erstmals mit allen technischen Details umfassend darstellte, ausführlich den Bereich der Aufbereitung mit den verschiedenen Arbeitsgängen: Am Anfang stehen das Scheiden und Klauben der Erze. Es folgt das Pochen, das Rösten, die Zerkleinerung, das Sieben und Waschen sowie das weitere Rösten und Brennen. Alle Arbeitsgänge dienten dazu, Erze und Berge voneinander zu trennen und das Roherz sortiermässig zu scheiden, um die Verhüttung der Metalle optimal vorzubereiten. Beim Arbeitsgang 'Klauben und Scheiden' waren vorwiegend Frauen und Kinder beschäftigt.
Als nächster Arbeitsschritt folgte in der Regel das Pochen der Erze, das zunächst von Hand mit Hämmern, später durch mit Wasser betriebene Pochwerke geschah. Das Pochen der Erze von Hand war sehr oft eine Kinderarbeit; es konnte jedoch auch von erwachsenen Männern und Frauen ausgeführt werden. Aus dem Siegener Erzbergbau, der bereits im 13. Jahrhundert urkundlich bezeugt ist, ist das Fragment einer auf Pergament gemalten Buchseite erhalten. Zwischen Laubwerk und Blüten zerkleinert die obere der dargestellten zwei Frauen mit einem dicken Hammer Erzbrocken. Die zweite Frau mit breitkrempeligem Strohhut als Schutz vor der Sonne, schichtet einen Röstherd auf. Die Erze wurden darauf mürbegebrannt und geröstet, um sie spröder werden zu lassen.

Von Pocherinnen und Wäscherinnen im Zinnbergbau in Seiffen von Heidelberg, 1705, wird berichtet. Sie erhielten einen Wochenlohn von 12



Einbringen des Streckenausbaus, Chikuhö-Revier, um 1890 durch Frauen. Aquarell von Yamamoto Sakubei, um 1960, Japan

Groschen. Auch im Salzbergbau waren Frauen tätig und werden in Bildern in verschiedenen Arbeitsbereichen dargestellt.

Die Erzwäsche ist neben dem Klauben der Arbeitsbereich in der Aufbereitung, in dem Frauen am häufigsten gezeigt werden. Die Erze wurden in der Regel in einem Wasserbottich geschwenkt. Den gleichen Zweck konnte jedoch auch die Anlegung kleiner Staulöcher in einem Bach erfüllen. Die Beschäftigung der Wäscherinnen, die Hände und Arme ständig im kalten Wasser hatten, war höchst ungesund. Im Rahmen der Goldwäscherei führten auch die Frauen das Schlämmen mit der Waschpfanne aus.

Die Vielzahl der Bilder, die Frauen bei Transportarbeiten zeigt, hat in der Literatur bisher noch zu keiner entsprechenden Würdigung geführt. Das Tragen auch schwerer Lasten auf dem Kopf oder in sogenannten Krätzen und Säcken auf dem Rücken, war in allen wirtschaftlichen Bereichen bis in dieses Jahrhundert hinein eine durchaus typische Frauenarbeit. Eine wichtige Rolle spielte auch das Auftragen von Kohle (Holz- oder Braunkohle) und Erzen im Verhüttungsbereich. Zwei solche Auf trägerinnen sind bei Agricola gezeigt.

Ueberliefert ist die Arbeit von Frauen an Haspeln oder ähnlichen Seilzügen im Rahmen der Förderung.

Die genaue Zahl der Arbeiterinnen, ihre Lohn- und Arbeitsverhältnisse zu ermitteln, stellt sich als meist nicht zu lösendes Problem dar. So sind nur vereinzelte Zahlen angegeben: Im Lavanthaler Goldbergbau der Fugger waren unter 299 Beschäftigten 96 Frauen, d.h. etwa ein Drittel. Sie arbeiteten in den Wasch- und Pochwerken. Ihre Löhne gehörten der untersten Kategorie an. Anders in der Erzaufbereitung des Quecksilberbergbaus von Idra, wo Frauen und Männer die gleichen Löhne erhielten.

Die Arbeit von Kindern und namentlich auch Mädchen ist im Oberharz für die ganze frühe Neuzeit belegt. Während jedoch die Arbeit von Mädchen als fester Bestandteil des Bergbaubetreibens der frühen Neuzeit betrachtet werden kann, dürfte der Arbeitsanteil der erwachsenen Frauen zeitlich und regional stark geschwankt haben. Eine grosse Rolle spielte der Arbeitskräftebedarf im Bergbau, selbst abhängig von der technischen Entwicklung, der wirtschaftlichen Konjunktur und deren Arbeitskräfteangebot.

Gebhardi: Kohleträgerin in einer Siedehütte der Saline Lüneburg, 16. Jahrhundert

Heinrich Gross: Klauberinnen in La Croix-aux-Mines im Elsass, 16. Jahrhundert

Der Beruf des Bergmannes, der mit der Arbeit des Pochknaben begann und mit der Tätigkeit als Vollhauer enden konnte, und der in genau geregelten Schichtarbeitszeiten verlief, war primär ein männlicher. Trotzdem fanden sich immer wieder Frauen im Bergbau, jedoch meistens nicht als professionelle Bergfrauen, sondern im Bereich der zahlreichen Hilfs- und Zuarbeiten, die jedoch für den Betrieb des Bergbaus nicht weniger unentbehrlich waren.

Der Abbau der Erze unter Tag war ein Bereich des Bergbaus, der nicht zuletzt wegen seiner Gefährlichkeit und Schwere immer wieder besondere Aufmerksamkeit fand. Förderung, Aufbereitung, Transport und Verhüttung waren weitere Bereiche, die die gewonnenen Mineralien erst ihrer Bestimmung zuführten. In diesen Bereichen spielte die Frauen- und Kinderarbeit eine oft bedeutende Rolle. Die meisten der zu leistenden Arbeiten fanden über Tage statt. Da Frauen meistens nur in diesem Bereich eingesetzt werden konnten, ist ihr Fehlen beim Bergbau unter Tage verständlich.

Anders im Kohlenbergbau des 19. Jahrhunderts in Japan, wo Frauen auch unter Tage Beschäftigung fanden. Dort wurden Frauen nicht nur für einfache Arbeiten über Tage, sondern auch beim Abbau und Transport der Kohle unter Tag eingesetzt. Erst mit dem Ende des Zweiten Weltkrieges wurde die Frauenarbeit in den Gruben endgültig aufgegeben.

Die Bergwerke profitierten an der Frauenarbeit zweifach: Sie konnten die Löhne der männlichen Bergleute niedrig halten und erhielten sich dadurch zusätzlich die billige Arbeitskraft der Frauen.

Literatur:
Christina Vanja, Bergbauarbeiterinnen,
Der Anschnitt 1/1987
Regine Mathias, Mit Kohlenschlitten und Spitzhacke, Der Anschnitt 2/1990

Sächsisches Bergwerk: Frau bei der Erzwäsche, Holzschnitt, um 1530

Bleigewinnung in der Antike

Stefan Meier, Zug **Fortsetzung 6**

2.9 Insulae Aegaeae und Attika (Nr. 23 - 25)

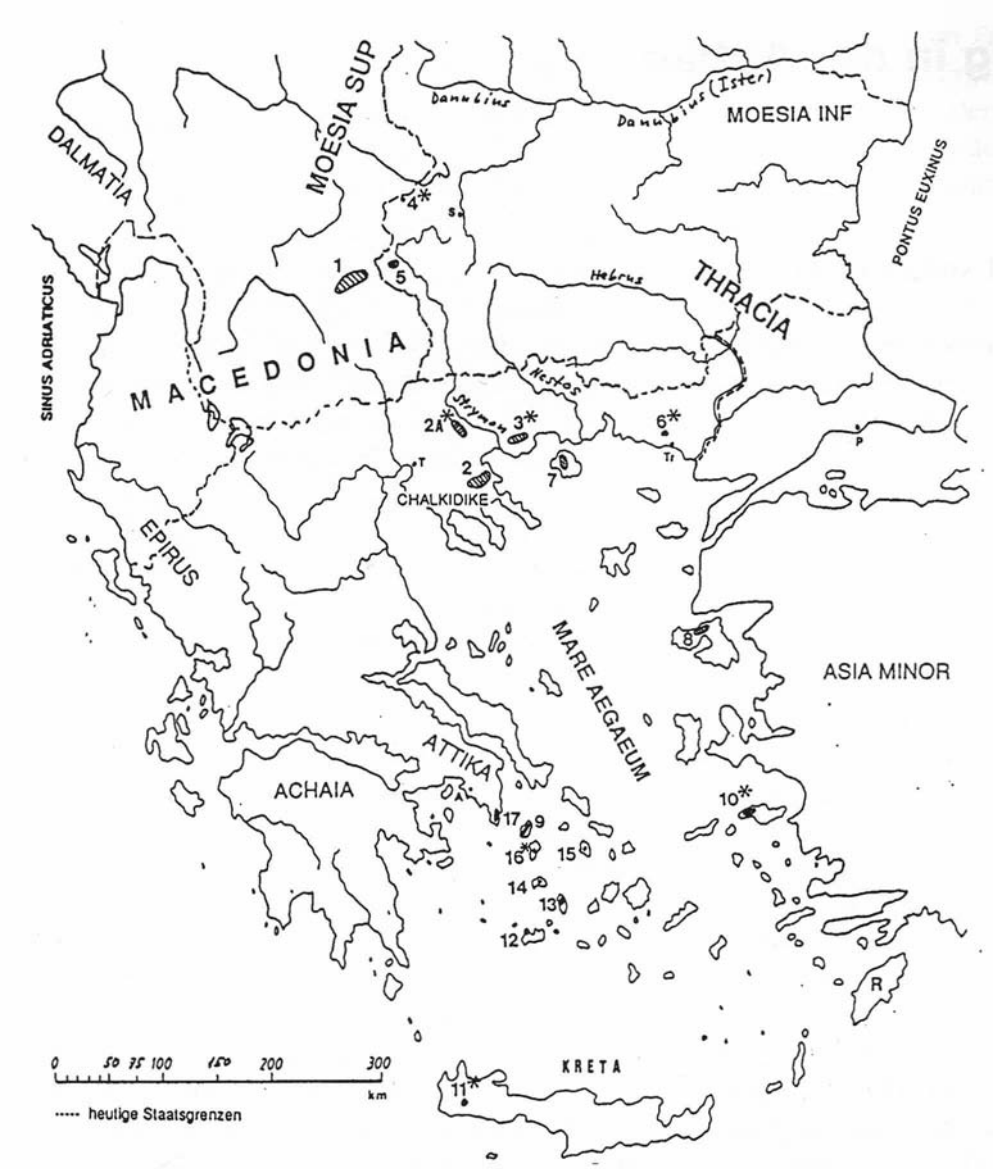
Der hier beschriebene Grossraum darf nicht als verwaltungstechnische Einheit verstanden werden. Es sind vielmehr geographisch- topographische Elemente, eine 2 - 3 tausendjährige Bergbaugeschichte sowie Gemeinsamkeiten in der historischen Entwicklung, die diesem Raum eine Klammer geben. Beachtlich ist hier der montanhistorische Forschungsstand der grossen Bergbaureviere, sodass man auf neue Zahlen und gutes Anschauungsmaterial zurückgreifen kann. An einigen Orten wurde das Erz über umfangreiche Tiefbaue gewonnen, wobei die vielen heute noch gut erhaltenen Schächte und Stollen sowie mächtige Schlackenhalden stumme Zeugen einer einst immensen Bergbau- und Hüttenindustrie sind. Die Ursprünge des Bleibergbaues in diesem Raum reichen bis ins 3. Jt. hinunter (Laureion, Siphnos), In der römischen Kaiserzeit sank diese Bergbauregion jedoch zur Bedeutungslosigkeit herab. Die Gründe hiefür dürften zur Hauptsache mit der Erzleere der oberen Grubenbereiche und mit der Erschliessung neuer Lagerstätten zu tun haben. Andererseits dürfte sich auch der Holzmangel infolge der langen und intensiven Bergbautätigkeiten und der Kriege bemerkbar gemacht haben. Erst mit der Aenderung der politischen Verhältnisse im Reich ab dem 4. Jh. n. Chr. haben sich die Byzantiner wieder vermehrt dieser Bergbauregion zugewandt.

Wie fast überall galt auch hier der Bergbau in erster Linie dem Silber, das Blei fiel eher als nützliches Nebenprodukt an. Obwohl in den wichtigsten Zentren des Blei- Silberbergbaues, in Laureion und auf Siphnos, in bestimmten Zeiträumen ein enormer Hüttenbetrieb geherrscht hatte, sind in der Region kaum Bleibarren gefunden worden. Das kann sicher einmal dahin gedeutet werden, dass viel Blei in der Form von Fertigprodukten die Verhüttungsplätze mit ihren Werkstätten verliess.

Zudem hat die neuere Forschung aufgezeigt, dass die meisten Inseln sowie das Festland (Achaia, Epirus) mit Blei(-erzen) aus Laureion oder Siphnos beliefert wurden. Zu diesen Inseln gehört entgegen anderslautenden Berichten auch Rhodos, das über keinerlei Bleilagerstätten verfügte. Der Grund, wieso diese Insel immer wieder im Zusammenhang mit Bleigewinnung genannt wird, ist der Bericht von Plinius und Theophrastus über die Berühmtheit des rhodensischen Bleiweisses (Cerussit), das dort aus Rohblei unter Einwirkung von Essig künstlich hergestellt wurde.

Anhand von Bleiisotopenanalysen konnte nachgewiesen werden, dass z.B. von 16 Blei- bzw. Silbergegenständen der frühkykladischen Zeit (ca. 3400 - 2100 v. Chr.), die von den verschiedensten Inseln dieser Region stammen, 8 aus silberhaltigen Bleierzen von Siphnos, 6 aus Laureion und 2 unbekannter Herkunft sind. Ebenso verhält es sich mit Artefakten, die auf Kreta entdeckt wurden. Auch hier erwähnt Gale, dass diese aus dem 2. Jt. v. Chr. stammenden Gegenstände zu 80 % aus Bleierzen der Bergwerke von Laureion und zu 10 % aus solchen von Siphnos gefertigt worden waren. Das berühmteste Beispiel liefern die 4 Bleischiffsmodelle von Naxos (erste Hälfte des 3. Jahrtausends v. Chr.), deren Metall ebenfalls nicht von dortigen, sondern aus siphnischen Erzen erschmolzen worden war. Für die 24 Kleingegenstände von der Insel Thera verwendeten die antiken Hüttenmänner ebenfalls fremde, d.h. laurische bzw. siphnische Bleierze, die sie auf der Insel selbst verhütteten.

Man kann somit postulieren, dass es im ägäischen Raum zwei Hauptzentren der Bleierzgewinnung gab, nämlich Laureion und Siphnos, die während der 3 ersten vorchristlichen Jahrtausende die Region mit Blei und Silber, und zwar wahrscheinlich zu einem grossen Teil in der Form von aufbereiteten Erzen mit hohen Metallgehalten, belieferten.



Bleibergbau auf den ägäischen Inseln und in Attika

1) Osogovska Plan
2) Chalkidike
2A*) Dysoron-Gebirge
3*) Pangaion
4*) Trân
5) Pautalia
6*) Kirki
7) Thasos
8) Lesbos
9) Keos (Kea)
10*) Samos
11*) Kreta
12) Milos
13) Siphnos
14) Seriphos
15) Syros
16*) Kythnos
17) Laureion (Laurium)

A) Athenai (Athenae)
P) Perinthos
R) Rhodos (cf S.74)
S) Serdica (Sofija)
T) Thessalonike
Tr) Traianopolis

Dies bedeutet aber auch, dass Verhüttungsrelikte in diesem Raum nicht automatisch auf ein in der Nähe liegendes Bergwerk schliessen lassen. Neben den grossen und berühmten Bergbaurevieren ist Blei-Silberbergbau noch auf folgenden Inseln des Mare Aegaeum nachweisbar: Lesbos, Milos, Seriphos, Syros, Keos (Kea), Euboia,

23) Thasos

Während die von Herodot erwähnten Goldminen an der Ostküste der Insel anzusiedeln sind, liegen die Blei- Silberbergwerke auf der Westhälfte. Die Metallgewinnung gründet auf synsedimentäre bis syndiagenetische Blei- Zink- Vererzungen, die sich im dolomitischen Marmor des Grundgebirges neben einigen schichtförmigen Ausprägungen meist als Stöcke, Nester und Linsen verfolgen lassen.

Die Bleivorkommen treten vor allem als Cerussit und Bleiglanz mit durchschnittlich 2,5 % Pb in Erscheinung. Der Silbergehalt der Bleierze ist meist bescheiden; an einigen Stellen konnten aber 0,151 % Ag (1510 ppm) festgestellt werden.

Die wichtigsten Blei-Silberbergwerke lagen bei *Sotiros* (40°43' n/24°35' o), *Marlou* und *Kourlou* (ca. 6 bzw. 5 km nördlich von Limenaria) sowie bei *Vouves* (40°38' n/24°36' o). Die Ausrichtung der alten Grubenbaue erfolgte hauptsächlich in den bleireicheren, zinkärmeren Zonen des Eisernen Hutes. Die Bergwerke sind charakterisiert durch Weitungs- und Stockbaue sowie kürzere Stollen (selten mehr als 25 m) unregelmässigen Querschnittes.

Der früheste, ausschliesslich dem Blei geltende Bergbau ist ins 12. Jh. v. Chr. anzusetzen und kann ebenso für das 10. - 8. Jh. und das 6./5. Jh. nachgewiesen werden. Die Silbergewinnung aus den Bleierzen für die thasische Münzprägung erfolgte kaum vor 525 v. Chr. und dauerte mit kürzeren Unterbrechungen bis zum l. Jh. v. Chr. an. Im Bergwerk von Marlou mit seinen blei- und silberreichen Erzen konnten Spuren des Feuersetzens festgestellt werden. Aufgrund von Tonlampenfragmenten und der C_{14}-Radiokarbonmethode ist die dortige Gewinnungsarbeit für die Zeit von 330 - 600 n. Chr. sicher nachzuweisen. Der Bleibergbau auf Thasos dauerte somit von der frühen Eisenzeit bis zur byzantinischen Epoche. Sicher haben nicht nur kriegerisch- politische Umwälzungen dieser langen montanhistorischen Periode Zäsuren aufgezwungen, sondern wahrscheinlich auch der Holzmangel, der bei der Kleinheit der Insel (398 km^2) evident ist. Ob die Thasier ihr Blei je exportiert oder ausschliesslich für eigene Zwecke verwendet hatten, ist schwierig zu beantworten. Dem thasischen Blei- Silberbergbau kam aber nur örtlich- regionale Bedeutung zu; er erreichte nie die Dimensionen von Laureion oder Siphnos.

24) Laureion (Laurium)

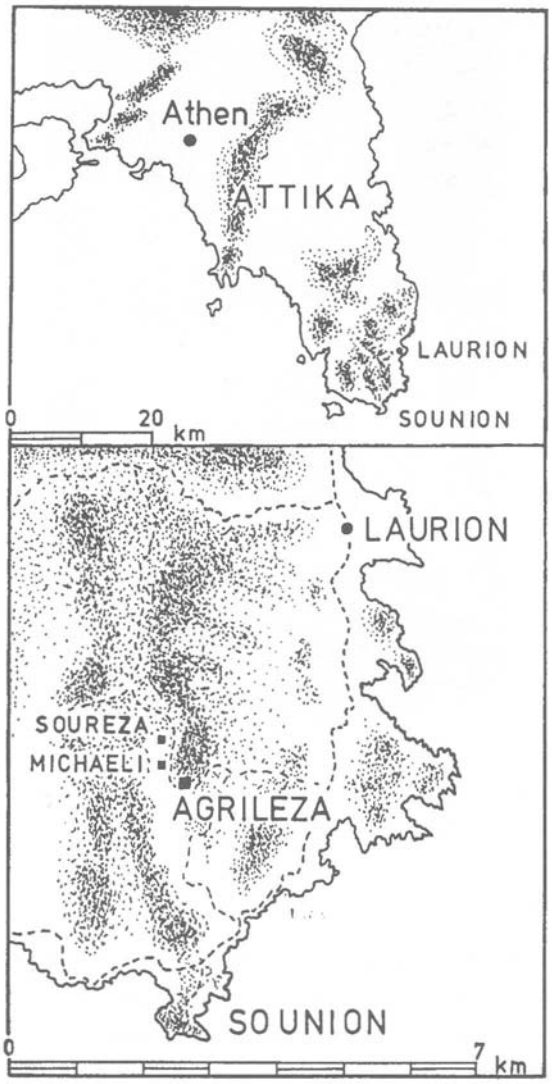
Laurion, wie es heute heisst, ist nicht nur eine der bedeutendsten Bergbauzonen der antiken Welt, sondern auch eine der am besten erforschten und dokumentierten. Sie befindet sich am äussersten Zipfel der attischen Halbinsel und erstreckt sich vom Kap Sunion (Sounion) im Süden, mit seinem Poseidontempel, bis hinauf zur geographischen Breite von ca. 37°46' n. Das gesamte Gebiet hat somit eine Nord-Süd-Erstreckung von ca. 12 km. Während die eigentliche Bergbauzone im Westen aus tektonischen und geologischen Gründen etwa durch den 24. östlichen Längenkreis begrenzt ist und von dort 2 bis 4 km nach Osten reicht, befanden sich grössere Verhüttungsplätze auch am Meer, so bei *Thorikos* (Thorikon, 37°44' n / 24°03' o) und *Panormos* (auch Puntazeza genannt, ca. 6 km südlicher). Direkt bei der dem ganzen Gebiet den Namen gebenden heutigen Ortschaft *Laureion* gab es keine nennenswerten Bergbaue. Bei den Bleivorkommen handelt es sich um metasomatische Bildungen an den Kontaktzonen von Glimmerschiefer und marmorisiertem Kalk. An Erzen treten hier besonders der verhüttungsfreundliche Cerussit, verwachsen mit Galmei ($ZnCO_3$) auf, die in der Teufe zunehmend von ihren sulfidischen Verwandten Bleiglanz (PbS) und Zinkblende (ZnS) begleitet bzw. abgelöst werden. Obwohl die Bergwerkszone reich an Zinkerzen war, wussten die "griechischen" Hüttenmänner diese noch nicht zu verhütten. In grösseren Teufen wiesen die Bleierze teilweise sehr hohe Silbergehalte von 3000 ppm (=0,3 %) auf; heute sind Erze mit Metallgehalten von 8 - 12 % Pb und 216 - 730 ppm Ag anzutreffen. In diesem Zusammenhang muss einmal darauf hingewiesen werden, dass die von gewissen Autoren genannten äusserst hohen Silbergehalte (Kalcyk 1983, S. 13, nennt 25'000 ppm) Extremwerte darstellen, die, wenn überhaupt je existent, auf ganz wenige Stellen beschränkt waren. In der Praxis kann man mit solchen Zahlen nicht viel anfangen, denn sie sind zweifelhaft und weit über dem Durchschnitt liegend. So rechnet denn Conophagos in seinen Beispielen mit nur 400 ppm Ag (= 0,04 %), und dies scheint auch dem Autor angemessen zu sein. Trotzdem war der Silberertrag der laurischen Minen so hoch, dass er dem athenischen Staat im 5. Jh. v. Chr. die Grundlage für Macht und Reichtum lieferte.

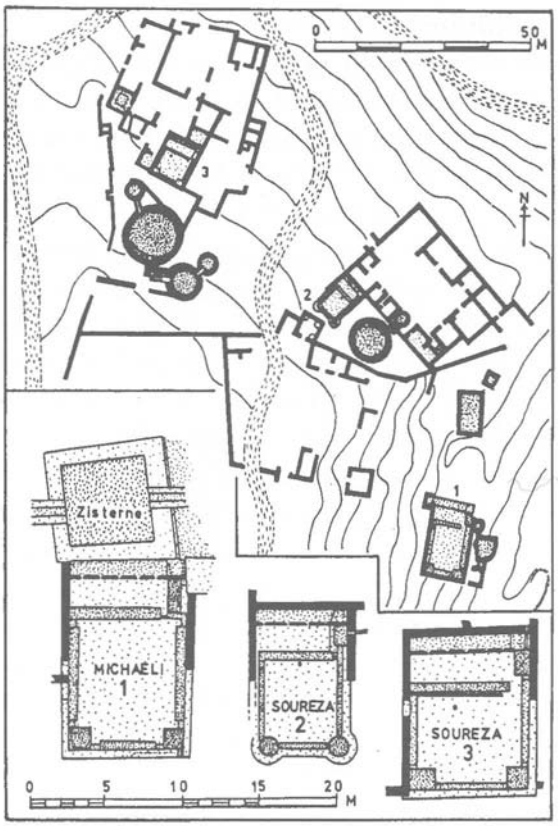
Was nun die montanhistorischen Ueberreste betrifft, so ist dieses Bergbaurevier ein Eldorado für die Forschung, obwohl auch hier durch den rezenten Bergbau, aber auch durch das Wiedereinschmelzen der alten Schlacken durch die Römer und Byzantiner, viel Wertvolles zerstört worden ist. Dies trifft besonders auf die Verhüttungsanlagen zu. Neben Schürfspuren müssen besonders die teilweise noch sehr gut erhaltenen Relikte des Tiefbaues erwähnt werden. Man findet Schächte mit viereckigen bis quadratischen Querschnitten (2 - 4 m^2) und Teufen von 30 - 110 Metern. Die Niederbringung der Schächte erfolgte zuerst meist tonnlägig, um nach einigen Metern in eine seigere Position überzugehen. Die zahlreichen Strecken (Galerien, Stollen) weisen vielfach rechteckige oder trapezförmige Querschnitte (0,6 m^2) auf, wobei die Höhe die Breite meist übertrifft.

Marmorblöcke, Reste einer Waschrinne bei Demoliaki in Laureion. Die Marmorblöcke bildeten einst eine kreisförmige Anlage von etwa sieben Metern Durchmesser. Sie wurde in der klassischen Antike zur Trennung des Bleierzes vom leichteren Abraumgestein benutzt.

Vereinzelt soll es auch Stollen mit gewölbten Firsten geben. Was *dieses* Bergbaurevier aber noch auszeichnet und vor allem von denjenigen Britanniens unterscheidet, ist der relativ gute Erhaltungszustand vieler Einrichtungen zur Erzaufbereitung. So legten die Forscher Klaub- und Hämmertische, Fragmente von Erzmühlen und riesige Waschanlagen aller Art samt Zisternen frei, letztere in diesem sommer-trockenen Klima besonders notwendig. Da, abgesehen von den Exporten, ein Grossteil der Erze hier verhüttet wurde, stösst man vor allem in der Umgebung von Thorikos, Panormos (Puntazeza), Megala Pevka, Soureza und Kamariza (die drei letztgenannten am Westrand des Reviers, etwa auf der Höhe der Ortschaft Laureion) auf Ofenruinen, ja sogar auf Ueberreste eigentlicher Metallwerkstätten.

Nicht nur die Funde sind beeindruckend, sondern auch die über 2000-jährige Bergbaugeschichte, die mittels Daten aus Isotopenanalysen an Blei- und Silberartefakten, aufgrund von Gebrauchsgegenständen, Münzen, Tonscherben, der Form und Abmessungen der Tiefbaue und nicht zuletzt durch die schriftlichen Zeugnisse, rekonstruierbar ist. Anhand von Keramiküberresten in einem Stollen bei Thorikos kann der ungefähre Beginn der bergbaulichen Aktivitäten ins 3. Jt. angesetzt werden; vielleicht reicht er auch noch weiter zurück, da sich in dieser Umgebung Spuren einer Besiedlung aus der Zeit des Neolithikums (5. Jt.) fanden. Exakter, jedoch nicht lückenlos, kann man den laurischen Bergbau für die Zeit von 2175 - 1293 v. Chr. nachweisen, und zwar mittels 3 silbernen und 3 bleiernen Objekten, die in den altägyptischen Städten Abydos, Amarna und Dendera (ca. 600 km von der Meeresküste entfernt) ausgegraben wurden. Die archäologischen Horizonte, in denen diese Gegenstände entdeckt wurden, stammen aus der Zeit der 10. / 11., der 12. oder 13. und aus der 18. Herrscherdynastie. Der Befund aus Bleiisotopenanalysen ergab nun, dass dieses Blei bzw. Silber aus Laureion stammen muss, was den dortigen Bergbau beweist. In einer ins Jahr 1500 v. Chr. zu datierenden Schicht bei Thorikos stiess man auf Bleiglätte (PbO), ein Zeichen für die Silberverhüttung; ebenso entdeckte man Bleiglättereste, die ins Jahr 900 v. Chr. zurückzudatieren sind. Es ist interessant festzustellen, dass gerade in jener Epoche (2. Jt. v. Chr.), in der der siphnische Bergbau kaum belegbar ist, für Laureion eindeutige Beweise vorliegen. Der laurische Blei-Silberbergbau erreicht jedoch erst im 5. Jh. v. Chr., z.Z. Herodots, seinen Höhepunkt: Zwischen den Jahren 460 bis 431 v. Chr. soll der Ausstoss an Werkblei jährlich etwa 8000 Tonnen erreicht haben





Oben: Uebersichtsplan der ausgegrabenen Werkstätten (Ergasteria) und Wäschen in Soureza und Detailpläne der Wäschen Michaeli 1 und Soureza 2,3

Links:
Karte von Attika und des Reviers von Laurion

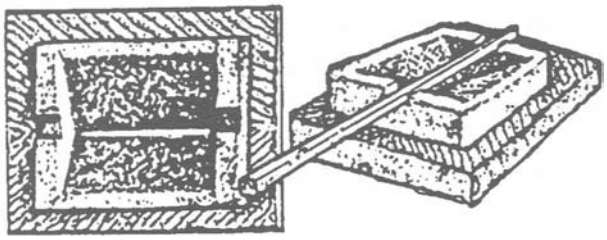
(Silber, 20 t/a), eine überwältigende Leistung der antiken Berg- und Hüttenleute! Dabei ist zu bedenken, dass dafür wahrscheinlich etwa 150‘000t Erz und taubes Gestein vor Ort hereingewonnen und zum Teil befördert werden musste. Danach fiel die Produktion infolge Ausbruchs des peloponnesischen Krieges und der Pest rapide ab, um in der Mitte des 4. Jh. v. Chr. nochmals auf etwa 5300 Jahrestonnen Blei anzusteigen. Im 3. und 2. Jh. v. Chr. sank die Produktion wieder stark ab, um dann zwischen 104 und 80 v. Chr. zeitweise gänzlich zum Erliegen zu kommen. Wilsdorf postuliert das Ende des Bergbaubetriebes auf die Jahre *104/103* v. Chr., und zwar als Folge eines Sklavenaufstandes. Im ersten vorchristlichen Jahrhundert erreichte der Blei-Silber-Ausstoss jedenfalls nur noch marginale Mengen. Die Minen waren an den bisher bearbeiteten Orten, besonders aber in den oberen Teufen, offensichtlich erschöpft. Man ging nun daran, die teilweise noch grosse Metallmengen enthaltenden Schlacken nochmals einzuschmelzen, wie uns Strabon berichtete. Pausanias erwähnte, dass das Gebiet von Laureion (im 1./2. Jh. n.Chr.) jedenfalls verlassen gewesen sei. Hingegen scheint in byzantinischer Zeit der Versuch einer Wiedereröffnung der Minen unternommen worden zu sein, denn man entdeckte in alten Bauen Münzen aus dem Jahre 432 n. Chr. sowie einige christliche Inschriften, und in einem Stollen bei Kap Sunion förderte man byzantinische, mit christlicher Symbolik versehene Lampen zu Tage. Bis zum Ende des 12. Jahrhunderts gehörte diese Gegend zum Byzantinischen Kaiserreich.

25) Siphnos

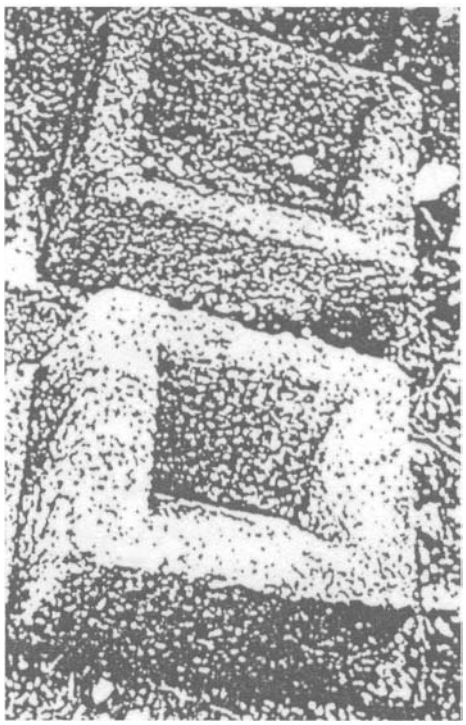
Die Bleivererzungen stehen hier kaum gangförmig, sondern vorwiegend als Stöcke und Nester in kalkartigem Nebengestein an, z.B. im hangenden Marmor bzw. an Schiefer-Marmor-Wechsellagerungen oder auf liegendem Schiefer. Als wichtigste Bleierze treten hier Cerussit und Bleiglanz auf, wobei letzterer und andere sulfidische Erze wie Zinkblende, Pyrit und Kupferkies weniger häufig sind. Was die siphnischen Erze auszeichnete und sie für die alten Bergleute interessant machte, war neben dem z.T. sehr hohen Bleigehalt vor allem der Silbergehalt, der bis zu 0,7 % (7000 ppm) betragen konnte. Die Vorkommen schlossen oft beträchtliche Mengen Gold ein, so dass an der Südostküste der Insel eigentliche Goldbergwerke betrieben wurden. Ein weiteres Kennzeichen der dortigen Bleivorkommen war der für die Verhüttung sich nachteilig auswirkende hohe Antimongehalt (bis zu 25 % Sb).

Wie schon erwähnt, spielte der Blei-Silber-(Gold-) Bergbau dieser Insel für die dortigen Bewohner sowie für den ganzen ägäischen Archipel eine bedeutende Rolle. Dabei ist nochmals festzustellen, dass der Hauptmotor zur Gewinnung der Erze die beiden Edelmetalle Gold und Silber waren, aufgrund deren Gewinnung auch der aussergewöhnliche Reichtum der Siphnier beruhte, wie uns Herodot bezeugte. Leider finden auch hier die antiken Autoren die Bleigewinnung für nicht erwähnenswert.

Die wichtigsten Blei-Silberbergwerke befanden sich im Nordosten, bei Agios Sostis (37°00' n/24°42' o), das direkt am Meer liegt, bei Agios Silvestros (ca. 600 m südlicher) und bei Vorini. Etwa im Zentrum der Insel, bei Kapsalos (36°58' n/24°41, o),



Kastenmühle mit Stiel (Skizze), aus: Jones 1984,S.69



Kastenhandmühlen aus Trachyt. Fundort: Bergbaugelände von Laureion
(aus: Conophagos 1980, S. 229)

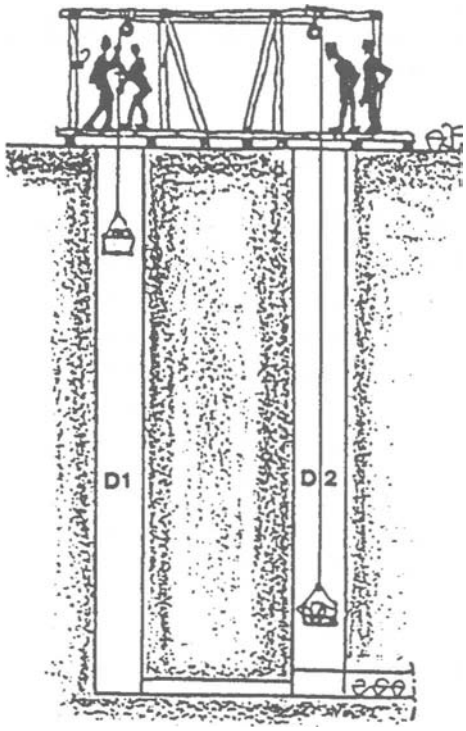
wo es sogar Argentitvorkommen gab, und bei dem 600 m südlicher gelegenen Xeroxylon finden sich ebenfalls bedeutende montanhistorische Zeugen.

Die neuere Forschung hat auf Siphnos viele montanhistorische Relikte freigelegt; prähistorische Grabenpingen, Schürfspuren an ausbeissenden Erzgängen, Weitungen, ovale, unregelmässige bis trapezoidförmige Stollen, Schächte von unterschiedlichen Querschnitten und Teufen. Es fanden sich auch Spuren der Schachtfahrung (Treppen) und Bühnenlöcher. Die Ausrichtung erfolgte nur in den tagesnahen Horizonten und überstieg selten Teufen von 15 m , während sich die horizontale Ausdehnung der Gruben im Bereich von 20 - 35 m bewegte. Erwähnenswert sind auch die Funde von Aufbereitungsgezähen aus Gestein (ev. Obsidian) und Schlackenhalden, die von der Verhüttung zeugen. Der zu gewissen Zeiten sicher auftretende Holzmangel dieses kleinen Eilandes (89 km^2) dürfte die Bergleute zu Erzexporten gezwungen haben. Die Datierung der Berg-

baue und Verhüttungsspuren erfolgte z.T. mit Hilfe modernster physiko-chemischer Methoden, z.B. an Holzkohleresten, an Keramikgegenständen oder an Geleuchtfragmenten, die in Schlackenhalden oder im Grubenversatz bei Agios Sostis entdeckt wurden.

An allen diesen oben aufgeführten Orten reichten die bergbaulichen Aktivitäten von der prähistorischen Epoche bis in die letzten Jahrhunderte vor der Zeitenwende. Im 3. Jt. v. Chr. erfuhr die Insel aufgrund ihres Blei-Silberbergbaues sogar eine erste Blütezeit. Ueber den Bergbau während der Mittel- und Spätbronzezeit (ca. 2100 - 1100 v. Chr.) lassen sich im Moment noch keine genauen Aussagen machen. Wie aus der oben zitierten Herodotstelle ersichtlich ist, blühte der Bergbau aber nochmals in der 2. Hälfte des 1. Jahrtausends v. Chr., um danach allerdings rasch abzunehmen oder sogar gänzlich zu versiegen. Sicher waren die Bergwerke zur römischen Kaiserzeit in den tagesnahen Bereichen erzleer, denn es fehlen Hinweise über den Bergbau in dieser Zeit, trotz kulturellem Aufschwung. Nach der Reichsteilung im Jahre 395 kam Siphnos zum byzantinischen Herrschaftsbereich und verblieb dort bis ins 12. Jahrhundert.

(Fortsetzung folgt ...)



Fördersystem in Zwillingsschächten (D1 < D2) mit zwei Seilrollen und einem Gegengewicht; Bergbaurevier von Laureion (aus: Conohpagos 1980, S. 178)

Links: Schema eines Drehkreuzhaspels mit Achse ausserhalb der Schachtmitte

Der Salzbergbau in der Schweiz

Hans Krähenbühl, Davos **Fortsetzung 4**

DIE BEDEUTUNG DER SALZSTÖCKE FUER DIE ENTSORGUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE IN DEUTSCHLAND

1. Einleitung

Radioaktive Abfälle aller Kategorien der friedlichen Nutzung der Kernenergie müssen säkular sicher gelagert werden. Unter Berücksichtigung des Sicherheitsaspektes sowie auch der Wirtschaftlichkeit ist von den verschiedenen Möglichkeiten der Endlagerung diejenige in Salzformationen des tiefen geologischen Untergrundes als die sicherste anzusehen. Dieses gilt besonders für die Länder Westeuropas mit ihrer hohen Bevölkerungsdichte und ihrem regnerischen Klima.

Folgende Gründe sind massgebend:

a) Die Salzformationen des Zechsteins sind vor rund 220 Mio. Jahren durch Meeresaustrocknung entstanden, vor ca. 100 Mio. Jahren im norddeutschen Raum zu Salzstöcken aufgefaltet worden. Sie haben in der Regel seitdem ihre Beschaffenheit kaum geändert.
b) Salzformationen in Form von Diapiren, von denen in Norddeutschland mehr als 200 vorkommen, garantieren in der Regel einen sicheren hydrologischen Abschluss, so dass möglicherweise freiwerdende Aktivitäten nicht in den Biozyklus gelangen können.
c) Nordeuropa ist weitgehend erdbebenfreies Gebiet.
d) Grosse Hohlräume von mehreren 10'000 m^3 Inhalt lassen sich bei wirtschaftlich vertretbaren Kosten herstellen und stehen gleichzeitig ohne Verwendung jeglichen Ausbaues über lange Zeit völlig offen.
e) Die relativ gute Wärmeleitfähigkeit von Steinsalz ist von besonderer Bedeutung bei der vorgesehenen Endlagerung hochradioaktiver wärmeentwickelnder Abfälle.

Unter Berücksichtigung all dieser Gegebenheiten erwarb der Bund im Jahr 1965 das stillgelegte Salzbergwerk Asse, das etwa 20 km südöstlich von Braunschweig im Lande Niedersachsen liegt. Die Nutzung desselben wurde der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung übertragen, deren einziger Gesellschafter der Bund ist, um im Rahmen umfangreicher Forschungs- und technischer Entwicklungsprogramme die Einlagerung radioaktiver Abfallstoffe aller Kategorien zu erproben und durchzuführen. Anlässlich der Exkursion des Vereins der Freunde des Bergbaues in Graubünden hatten wir Gelegenheit, dieses Salzbergwerk zu besichtigen und waren von der Grösse und Tiefe dieses Bergwerkes sehr beeindruckt. Einer der Hauptschwerpunkte liegt auf der Entwicklung geeigneter Einlagerungstechnologie. Die Schachtanlage Asse ist also eine Pilotanlage. Die hier gemachten Erfahrungen sind wichtig und notwendig für die Planung und den Bau eines grossen Bundeslagers auf einem norddeutschen Salzstock, in dem radioaktive Abfälle aller Kategorien sicher gelagert werden können.

Als Standort dieses Bundesendlagers wurde der Salzstock Gorleben im Kreis Lüchow-Dannenberg nahe der Elbe vorgeschlagen. Aufgrund seismischer Untersuchungen sind zur Zeit nur die Grösse des Salzstockes mit 38.42 km^2 sowie die Mächtigkeit der Deckgebirgeschicht mit rund 300 m bekannt. Im Vergleich zu Gorleben ist dagegen der Salzstock Asse mit etwa 4,2 km^2 Grösse relativ klein.

2. Die Versuchsanlage Asse

Die Asse ist ein Höhenzug von ca. 8 km Länge, der im nördlichen Harzvorland gelegen ist. Er besteht aus einem asymmetrischen Sattel der Triasformationen. Unter mehreren hundert Meter mächtigen Deckgebirgsschichten, die aus Buntsandstein und Muschelkalk bestehen, liegt der ei-

gentliche Salzstock, der sich aus Schichten der deutschen Zechsteinserie der Permformation zusammensetzt.

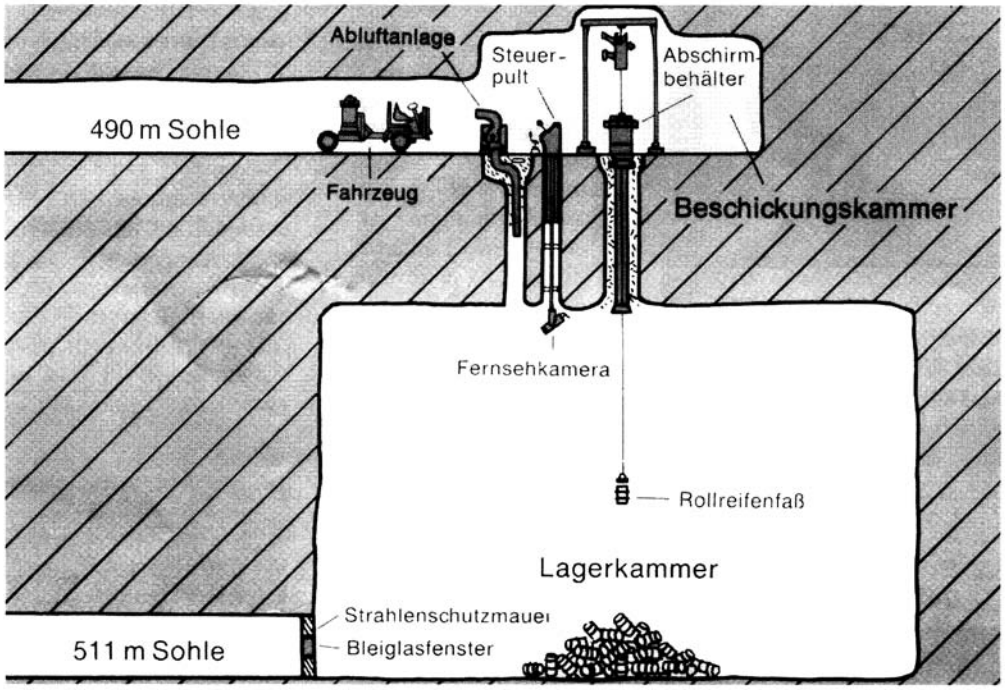
Im Salzbergwerk Asse II wurde von 1908 - 1925 Kalisalz (Carnallit) und von 1916 - 1963 Steinsalz gefördert. Während die Kaliabbaue verfüllt wurden, entstanden durch den Steinsalzabbau über 100 Abbaukammern im älteren und jüngeren Steinsalz im Bereich von 15 Sohlen zwischen 490 und 800 m Tiefe.

Einlagerung von schwachradioaktiven Abfallstoffen

Nach verschiedenen Versuchen der Endlagerung niedrigaktiver Abfälle in Fässern und anderen Behältern in veschiedensten Methoden, wurden bis Ende 1976 insgesamt rund 73'000 Behälter mit schwachradioaktiven Abfällen in Asse eingelagert. Die Strahlenbelastung des Asse-Personals konnte durch die Weiterentwicklung der Einlagerungstechnik unterhalb der zulässigen Dosen gehalten werden.

Auch die technischen Voraussetzungen für schwach- und hochradioaktive Abfälle wurden mit verschiedenen ausgeklügelten Methoden entwickelt, sodass man von der Ueberzeugung ausgehen kann, dass bis zur Erstellung des Bundesendlagers für radioaktive Abfälle auch für die Einlagerung hochradioaktiver Abfälle zuverlässige und akzeptable Lösungen verfügbar sind.

Literatur:
E. Albrecht, Die Tieflagerung radioaktiver Abfälle in Salzformationen der Bundesrepublik Deutschland



Einlagerung mittelaktiver Abfälle

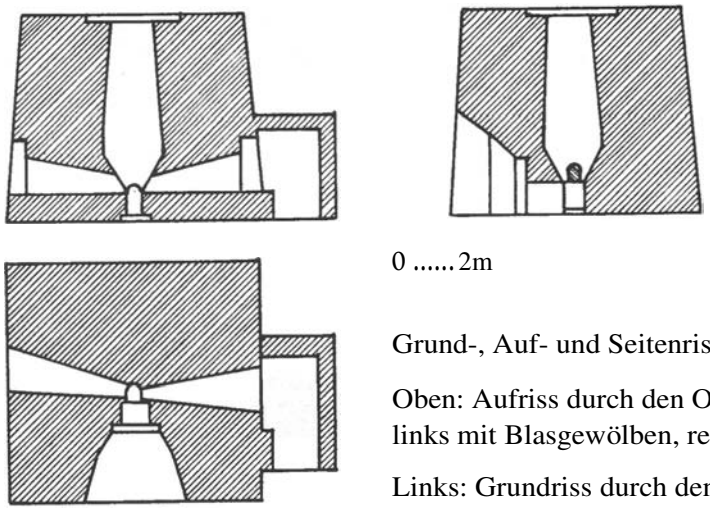
Das “Eisenwerk am Stein“ auf Flecs/Salouf im Oberhalbstein

Eduard Brun, Dübendorf

Die gesicherten Reste der Eisenschmelze (Koord. 764.070/166.590) sind von der Strasse Cunter-Salouf aus leicht erreichbar (Wanderwegweiser Veia Surmirana). Die frühere Hinweistafel musste leider entfernt werden, da viele Automobilisten ins Gelände hinunterfuhren und Landschäden verursachten.

Das attraktivste Objekt auf Flecs ist zweifellos der gut erhaltene Floss- oder Hochofen, sicher einer der schönsten Schmelzöfen der Schweiz aus der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Die Bezeichnungen Floss- und Hochofen umschreiben beide einen Schachtofen, in dem in kontinuierlichem Betrieb flüssiges Roheisen produziert wurde, das in "Flossen" oder Masseln abgestochen wurde. Der Flossofen weist dabei eine niedrigere Bauhöhe auf als der Hochofen, der in modernen Eisenwerken enorme Dimensionen erreicht. In diesem Sinne dürfte die Bezeichnung "Flossofen" für den Ofentyp auf Flecs angebracht sein. Diese Oefen unterscheiden sich von den früher verwendeten "Stucköfen" , die nicht flüssiges sondern teigiges, dafür aber direkt schmiedbares Eisen, die sogenannte "Luppe" oder das "Stuck" lieferten, durch ihren schlankeren Schacht (geringerer Durchmesser bei ähnlicher Bauhöhe), vor allem aber durch das erzeugte Produkt - Roheisen statt Schmiedeeisen. Als ich im August 1975 diesen Ofen erstmals zu sehen bekam, sah er zwar romantisch aus, war aber hochgradig versturzgefährdet. Auf seiner Gicht wuchsen Bäume, seine Abstich- und Blasgewölbe waren teilweise verschüttet, der Ofenschacht mit Schutt verfüllt. Erst durch die Sanierungsarbeiten von 1979 bis 1984 konnte er dann in den heute gesicherten Zustand zurückgeführt werden.

Das Rauhgemäuer dieses Flossofens bildet einen nach oben leicht konischen Kubus von 5,4 x 5,3 m Grundfläche und 4,4 m Höhe und ist aus zugehauenen, lokal verfügbaren Steinblöcken aufgebaut. Der runde Ofenschacht ist in mehreren Steinringen aufgebaut und erreicht im Kohlensack seinen grössten Innendurchmesser von 116 cm, der sich bis zur Gicht auf 80 cm verengt. Ausgekleidet ist der Schacht mit einer 6 - 8 cm dicken, feuerfesten Quarzschamotte. Der Zwischenraum zwischen dem runden Schachtaufbau und dem viereckigen Rauhgemäuer ist mit Kies und losem, kleinem Gestein verfüllt. Rund um die Schachtöffnung auf dem Gichtboden war eine runde Vertiefung von 2 cm Durchmesser und 10 cm Tiefe eingelassen, in der vermutlich früher ein mindestens



0 ..... 2m

Grund-, Auf- und Seitenriss des Ofens.

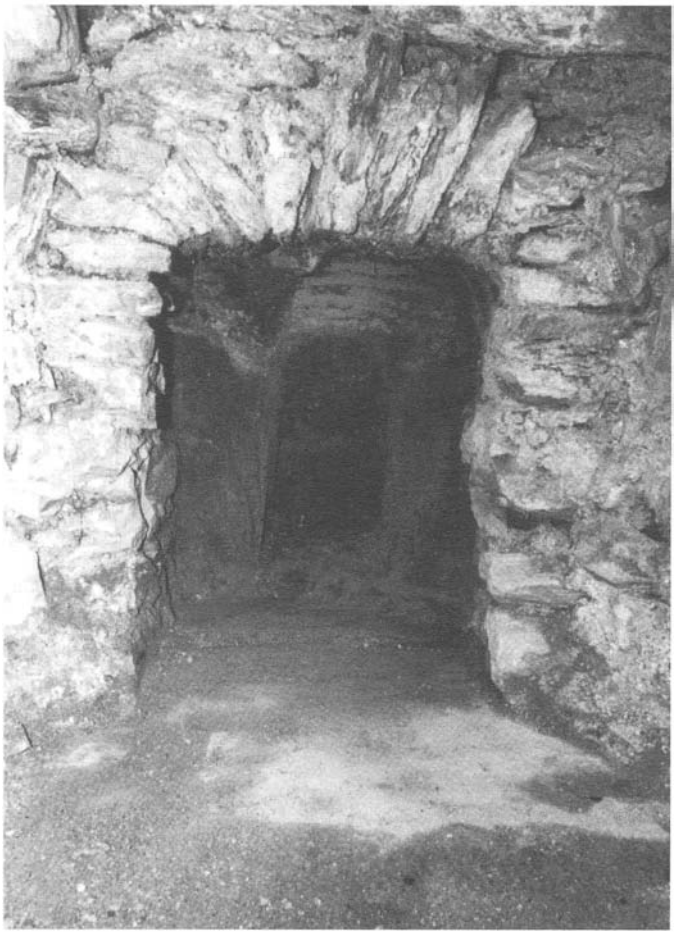
Oben: Aufriss durch den Ofenschacht,
links mit Blasgewölben, rechts mit Abstichgewölbe.

Links: Grundriss durch den Ofen mit seitlichem Anbau.

Der Flossofen des "Eisenwerks am Stein" nach seiner Sanierung und Sicherung mit Abstichgewölbe und Ueberdeckung des seitlichen Blasgewölbes.

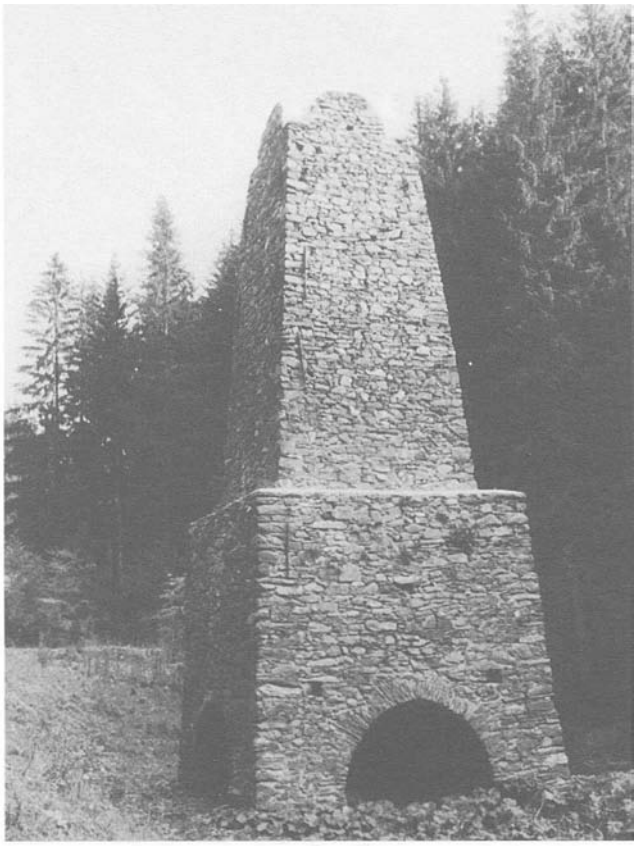
4 - 5 m hoher Kamin oder eine Rauchhaube gestanden haben dürfte.

Von besonderem Interesse an diesem Schmelzofen sind seine drei sorgfältig ausgeführten Gewölbe - ein Abstich - und zwei nach innen konisch zulaufende, seitliche Blasgewölbe. Das nördliche Blasgewölbe ist zudem mit einem Steingewölbe überdacht, vermutlich um es vor dem rutschgefährdeten Hang zu schützen. Es gibt in der Schweiz zwar grössere Schmelzöfen aus dieser oder früherer Zeit, sie wurden aber alle über ein einzelnes Blasgewölbe oder gar durch die Brust geblasen. Damit stellt sich die Frage, nach welchem Vorbild der junge Martin Versell diesen fortschrittlichen Flossofen gebaut hatte. Durch seine frühere Tätigkeit im Schmelzwerk Bellaluna dürfte er bestimmt über Erfahrungen im Hüttenbetrieb verfügt haben, doch kennen wir den Aufbau des dortigen Hochofens nicht mehr. Andererseits könnten Versell aber auch Informationen aus Oesterreich zur Verfügung gestanden haben. So steht heute noch im Mosinzgraben bei Hüttenberg, Kärnten, der von 1768 bis 1792 betriebene Fuchsflossofen, der in den Abmessungen des Ofenstockes (5,9 x 6.3 m bei 8 m Höhe und 95 cm Schachtdurchmesser im Kohlensack) nur unwesentlich vom Ofen auf Flecs abweicht, dafür aber



Details des Abstichgewölbes des Flossofens von Flecs mit Gestell und Herd.

noch immer eine 7,5 m hohe Rauchhaube trägt. Was den Fuchsflossofen als Vorbild aber besonders interessant macht, sind seine ebenfalls zwei seitlichen Blasgewölbe neben dem frontalen Abstichgewölbe. Allerdings wurde das bachseitige Blasgewölbe später zugemauert, während es bei uns noch offen ist (19) Die vielen überraschenden Aehnlichkeiten der beiden Oefen legen zumindest die Vermutung nahe, dass Versell den Fuchsflossofen oder ähnliche Typen kannte, zumindest aber Informationen darüber besass. Für den Ofen von Flecs bleiben einige weitere Fragen ungelöst. Mit seiner Lage direkt am verbauten Balandegnbach darf man sicher annehmen, dass seine Gebläse über ein Wasserrad (nach mündlicher Ueberlieferung ein unterschlächtiges) angetrieben wurden. Die konische Form der Blasgewölbe könnte nahelegen, dass sich in jedem ein Spitzblasbalg befand, die über Gestänge oder Kabelzüge betätigt wurden, doch sind auch andere Lösungen

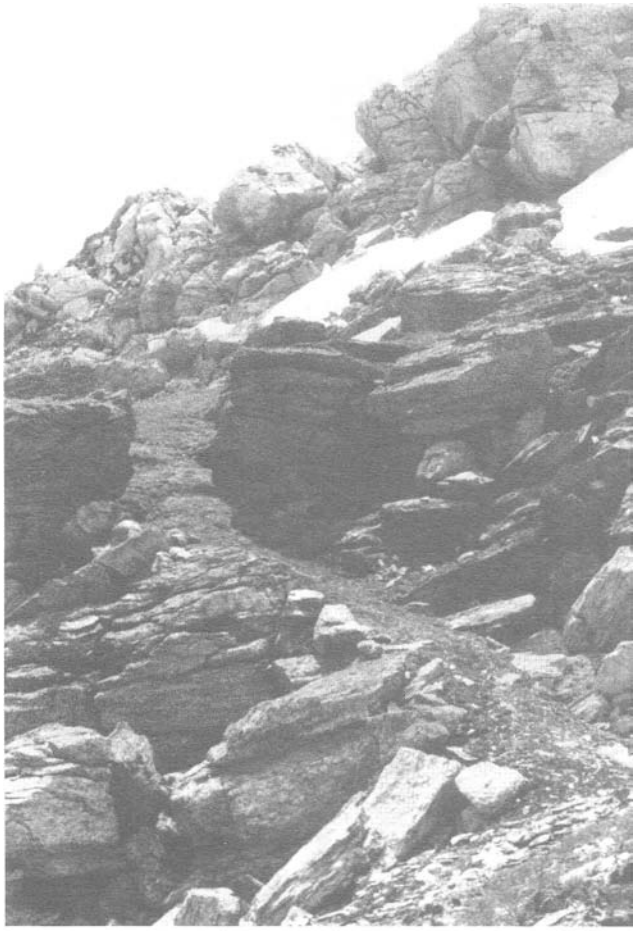


Der Fuchsflossofen im Mosinzgraben bei Hüttenberg, Kärnten, könnte dem Ofen von Flecs als Beispiel gedient haben.

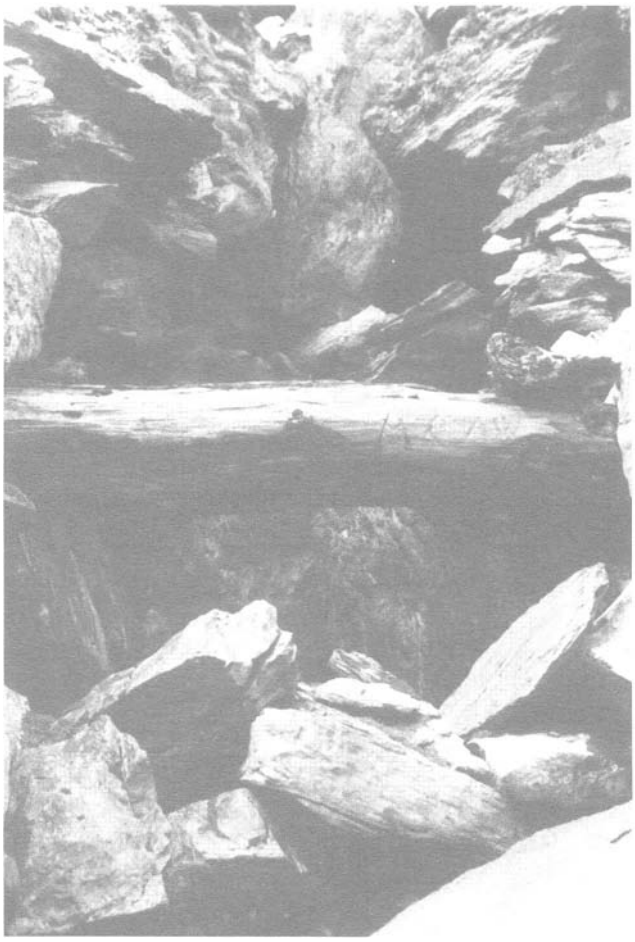
möglich. Die angelieferten Erze mussten gepocht werden, was möglicherweise auf der Aufschüttung auf der dem Ofen gegenüberliegenden Bachseite erfolgte. Auf jeden Fall finden sich dort z.T. klein zerschlagene Erzreste, und es wäre einfach gewesen, von dort über eine Rampe oder einen Aufzug die Gicht zu beschicken. Spuren einer mechanischen Pochanlage fehlen gänzlich, sodass wir annehmen müssen, dass das Erz von Hand zerschlagen, gepocht und verlesen worden war. Ebenso fehlt jede Spur einer Röstanlage, doch wäre vor allem für die sulfidischen Erze von Gruba eine gründliche Röstung unbedingt erforderlich gewesen, um ihren Schwefelanteil auszutreiben. Dass dies zumindest nicht immer gründlich genug erfolgte - wenn überhaupt - liess sich an einem aufgefundenen Eisenbarren nachweisen, der einen viel zu hohen Schwefelgehalt aufwies und rotbrüchig war, d.h. beim Ausschmieden in der Rotglut zerbarst er entlang den Korngrenzen, an denen sich der niedrig schmelzende Schwefel angelagert hatte.

Wie bereits erwähnt, stammte die hier verhütteten Erze von zwei Lokalitäten - von Gruba und dem Schmorrasgrat. Von beiden Vorkommen, für die Bauer Abbaukonzessionen besass, konnten wir Erze auf Flecs nachweisen. Der Schmorrasgrat bildet die Wasserscheide und politische Grenze zwischen dem Ferreratal und dem Oberhalbstein. Von Radons aus, im bekannten Savogniner-Skigebiet, lassen sich seine Abbaustellen auf 2600 m Höhe in 2 1/2 Stunden erreichen. Unterwegs trifft man auf die Ueberreste des ehemaligen Hut- oder Knappenhauses und in den Felsen vor dem Grat ist der alte Grubenweg noch erkennbar. An dessen oberem Ende liegt der erste verstürzte Stollen, weitere sind vor allem an ihren Ausbruchhalden erkennbar. Südlich am Grat liegen mehrere offene Abbaustellen oder Tagebaue mit Haufen von aufgearbeitetem Erz. Die Erzhorizonte von 3 - 15 m Mächtigkeit liegen in den Dolomitschichten der Splügner-Kalkberg/Weissbergzone und sind an der bläulichen bis blutroten Farbe des Hämatits gut erkennbar. Der durchschnittliche Erzgehalt der Gesamtzone erreicht kaum 10 %, ist aber in Linsen, die hauptsächlich abgebaut wurden, bis über 60 % angereichert (21). Dieses hochwertige

Eisenerz wurde jeweils während der Sommermonate abgebaut und aufbereitet, während der Abtransport im Laufe des Winters auf Schlitten erfolgte, die von Ochsen gezogen wurden. Das massiv ausgebaute Trassee dieses Erztransportweges war bis vor wenigen Jahren noch gut erkennbar, ist aber leider bei der Erweiterung des Alpweges zur Schmorrasalp weitgehend zerstört worden. Im Gegensatz zum heutigen Fahrsträsschen, überquerte dieser oberhalb der Alp Nova auf Steinplatten den Schmorrasbach und folgte dem Fusse des Piz Mez in die Ebene der Alp Curtegns hinunter. Weiter nördlich erreichte der Transportweg dann wieder die heutige Fahrstrasse und folgte dieser über Tigignas-Riom hinunter zur Gneidabrücke, von wo jeweils ein Weg entlang der Julia zur Schmelze freigeschaufelt wurde. Solche Transporte beanspruchten je nach Wetter 2 - 3 Tage, wofür den Bauern, die diese ausführten, 5 Ransch, nach heutiger Währung etwa Fr. 8.50, bezahlt wurden. Für das Freischaufeln des Weges, zur Hilfe bei Schwierigkeiten und beim Verlad des Erzes, stellte das Eisenwerk zwei Mann zur Verfügung (22).

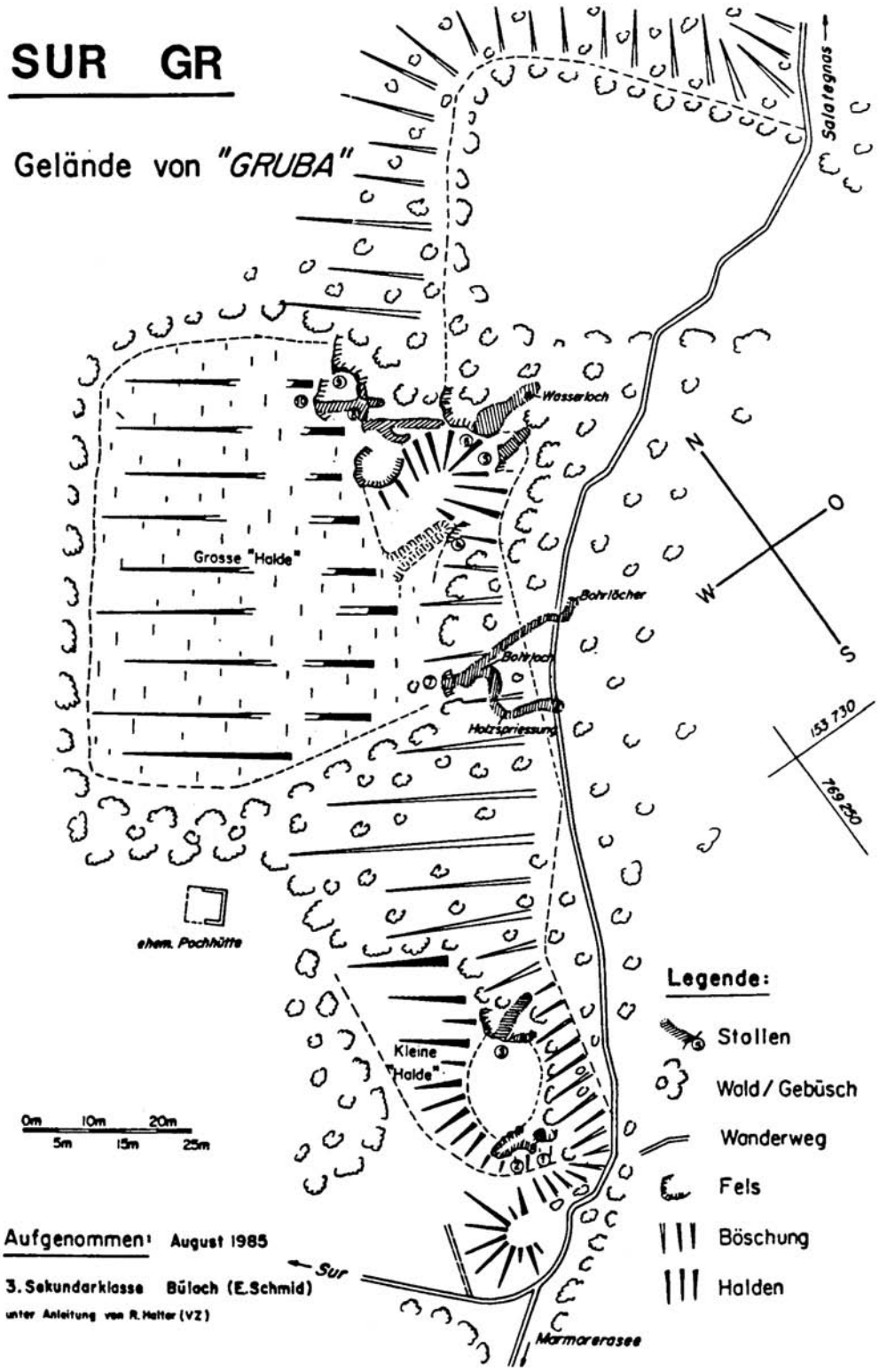


Der alte Knappenweg in den Felsen des Schmorrasgrates ist auch heute noch gut erkennbar.



Verstürztes Stollenmundloch am Schmorrasgrat.

Während dieses oxidische Hämatiterz ohne allzugrosse Probleme geschmolzen werden konnte, dürfte es mit den schwefeligen Eisenkupfererzen von Gruba mehr Schwierigkeiten gegeben haben. Aufgrund verschiedener Schlackenfunde im Gebiet um Gruba, dürfte dieses Vorkommen schon zur Bronzezeit genutzt worden sein, doch scheint es, dass die zehn z.T. verstürzten Stollen auf den Abbau durch Bauer zurückgehen. Gleichzeitig mit dem Konzessionsvertrag vom 7. November 1827, schloss er auch mit Landwirten der umliegenden Gemeinden Verträge ab für den Transport des Erzes zum Stein, wofür diesen pro Zentner (50 kg) elf Kreuzer (ca. Fr. 2.75) bezahlt wurde (15).



Eine erste Aufbereitung der Erze erfolgte bereits auf Gruba, was durch mehrere Poch- und Scheidehalden nebst Mauerresten einer Knappenhütte belegt ist.

Für den Transport von den Gruben nach Sur hinunter dürfte ein Schlitten- oder Sackzug benutzt worden sein, erkennbar am stark eingetieften Verbindungsweg. Möglicherweise wurde dieser Weg schon von den Bronzezeit-Leuten benutzt, denn

Stollenmundloch auf Gruba.

direkt an dessen unterem Ende liegt eine grössere Schlackenhalde aus früher Kupferverhüttung.

Der Flossofen von Flecs lieferte wie jeder Ofen dieser Konstruktionsart nicht-schmiedbares Roheisen mit Kohlenstoffgehalten zwischen 3 und 4,5 %, das abgestochen und in Masseln gegossen wurde, während die Schmiede des Eisenwerks nach schmiedbarem Eisen und für Werkzeuge nach härtbarem Stahl verlangten. Wahrscheinlich wurde das Roheisen aber auch als Gusseisen weiterverarbeitet, mindestens weist eine in einem Antiquitätenladen in Rona gefundene Giesskelle, die von Flecs stammen soll, auf diese Verwendung hin. Für die Umwandlung des Roheisens in schmiedbares Schmiede- oder Schweisseisen (C-Gehalt unter 0,5%) oder härtbarem Stahl (C-Gehalt 0,8 - 1,5 %) war ein zusätzlicher Arbeitsgang, das Frischen, erforderlich, durch den der Kohlenstoffgehalt auf das gewünschte Niveau abgesenkt wurde. Ursprünglich erfolgte dieser Arbeitsgang im mit Holzkohle befeuerten Frischherd. Unter dem Gebläsewind wurde das Roheisen bis zum teigigen Zustand erhitzt, wobei der Kohlenstoff und andere schädliche Anteile wie Schwefel oder Phosphor, verbrannten. Je nach der Qualität des Eisens musste dieser Vorgang ein- bis mehrmals wiederholt werden. Daran anschliessend wurden die Eisenbarren unter dem schweren Schwanzhammer ausgeschmiedet und mehrere Eisenstäbe zu einem Paket verschweisst. Anfang des 19. Jahrhunderts wurde das Herdfrischen durch das Puddelverfahren abgelöst, bei dem das Roheisen in einem Flammofen erhitzt wird. Dieses kommt dabei mit dem Brennmaterial nicht mehr in Berührung, sondern wird durch die heissen Feuergase erhitzt, was erlaubte, neben der Holzkohle auch andere Brennmaterialien wie Holz, Steinkohle, Koks, ja sogar Torf zu verwenden. Zur Oxidation des Kohlenstoffs dienten dabei sauerstoffhaltige Zuschläge, vor allem Schlacken. Durch rühren, "puddeln", des halbflüssigen, teigigen Roheisens wurde ein intensiver Kontakt mit den Zuschlägen und eine gleichmässige Entkohlung sichergestellt - eine schwere Arbeit. Der Hauptvorteil des Puddelverfahrens lag in der Ausweichmöglichkeit auf andere Brennstoffe, vor allem Kohle, zur Schonung der bereits stark gelichteten Wälder, sowie im höhern Durchsatz von Roheisen. Je nach verwendetem Brennstoff waren Anpassungen in der Ofenkonstruktion notwendig, während die Qualität des erzeugten Eisens und Stahls vom Können und der Erfahrung des Puddlers abhing.

(Fortsetzung folgt. ....)

In der Sufner Schmelzi: vom Bergbau bis zur Glasfabrik

Hans Stäbler, Filisur

Die Ebene östlich von Sufers unterhalb der Staumauer bei der Einmündung des Surettabachs trägt die Bezeichnung "Sufner Schmelzi". Dieser Name weist auf eine historische Eisenerzeugungsanlage hin, die in der Geschichte von Sufers eine wichtige Rolle spielte, deren Spuren leider aber in den sechziger Jahren durch verschiedene grössere Bauvorhaben, vor allem durch den Bau der *N13,* sowie durch die Verlegung der Ölpipeline Genua-Ingolstadt, zerstört worden sind - ohne dass ihr Aussehen wenigstens mit Hilfe von Plänen oder Fotos für die Nachwelt festgehalten worden wäre.
Neben einigen überwachsenen Gebäudegrundrissen verraten nur noch zwei 1,5 m hohe Granitblöcke, die als Lager für einen etwa 400 kg schweren Schmiedehammer dienten, die alte Schmelze.

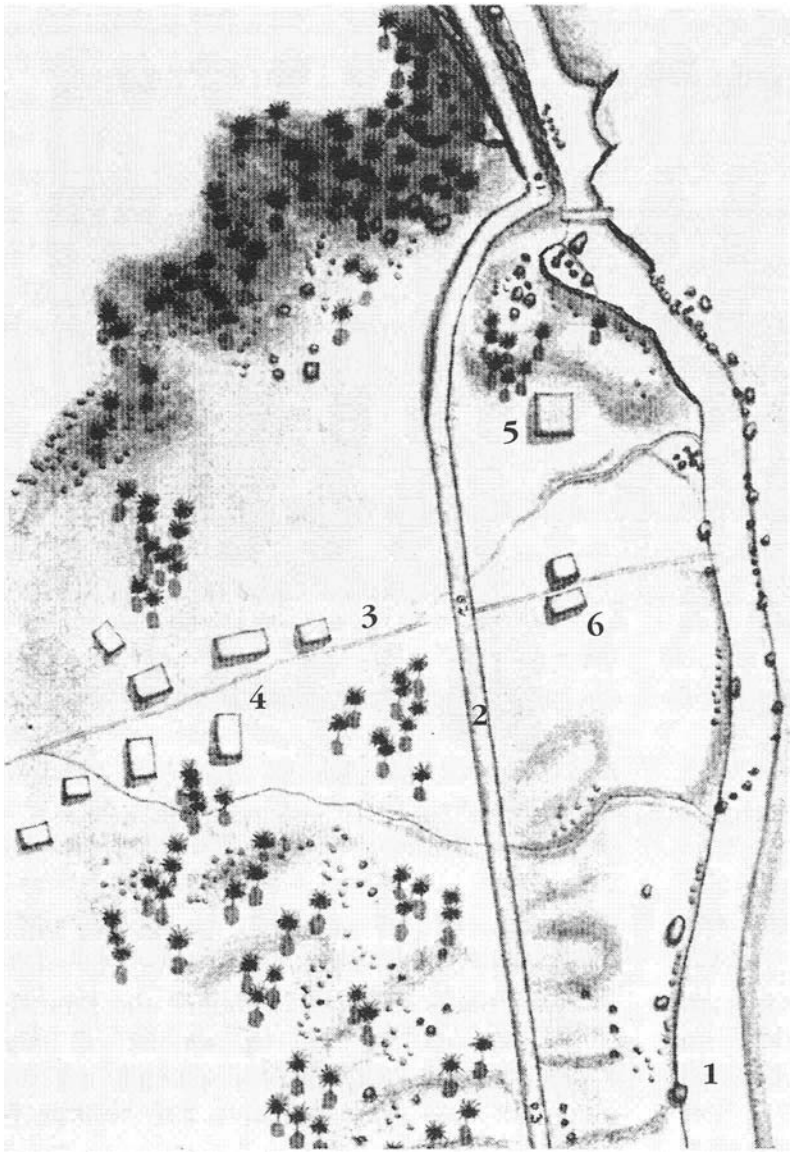
Spricht man vom Bergbau im Hinterrheingebiet, so stehen das Ferreratal (Eisental) mit seinen zahlreichen Eisen- und Manganerzlagern und das Schams mit den zwei Kupfer-, Blei- und Silberbergwerken im Vordergrund.

Interessanterweise bezieht sich der erste urkundliche Hinweis auf den Bergbau im Hinterrheingebiet aber nicht auf das Schams, sondern auf das Rheinwald: Die Urkunde, ein Pachtvertrag zwischen der Gemeinde Sufers und Hans Jakob Holtzhalb, Rat der Stadt Zürich und ehemaliger Landvogt im Sarganserland, spricht im Jahre 1605 dem Herrn Holtzhalb für einen Jahreszins von 48 Gulden in harter Churer Währung das Recht zu, auf dem Gebiet der Gemeinde Sufers Bergbau zu betreiben und eine Schmelze mit Schmiede zu errichten. Neben dem Pachtzins musste Holtzhalb Sufers jährlich 30 Zentner Eisen zu einem Vorzugspreis überlassen.

Dieser Vertrag, der im Gemeindearchiv von Sufers in einer Kopie aus dem 19. Jahrhundert aufbewahrt wird, enthält u.a. noch folgende Bemerkungen: "Ferner habendt wir jenem auch geliehen den Wasserfall und Bach, so durch besagten Schwartzwald läuft, dass sie derselben mögent leiten nach seinem Gefallen. Darzuo Platzung darauf zu bauen Schmelzofen, Schmitten, Behausung und was ihme zu diesem Werk dienlich, nützlich und von nöthigem wirt. " Weiter ist zu lesen: Sofern sich ein Mangel an Werkleuten für das Kalkbrennen und Bauen einstellen sollte, müsse dies Holtzhalb dem Sufner Dorfmeister, "dem frommen, ehrsamen und weisen Christen Bilg, genannt Tettling" (Dettli) melden, damit, falls in Sufers geeignete Arbeitskräfte vorhanden wären, diese vor allen anderen und zum gleichen Lohn wie die fremden angestellt würden. Im Jahre 1609 wurde dieses Abkommen gegen ein Entgelt von weiteren 50 Gulden auf alle übrigen Rheinwalder Gemeinden ausgedehnt, wovon das prächtige Dokument im Kreisarchiv Rheinwald zeugt.

Da der Vertrag ebenfalls erlaubte, im Schwarzwald, der sich an den Hängen südlich der Schmelzi ausdehnt, nach Belieben das zur Verhüttung notwendige Holz zu schlagen und aus einem Seitenbach bei einem Wasserfall (Surettabach) das nötige Wasser abzuleiten, lässt sich die Lage der Holtzhalbschen Schmelze klar mit dem Standort der Schmelzi identifizieren.

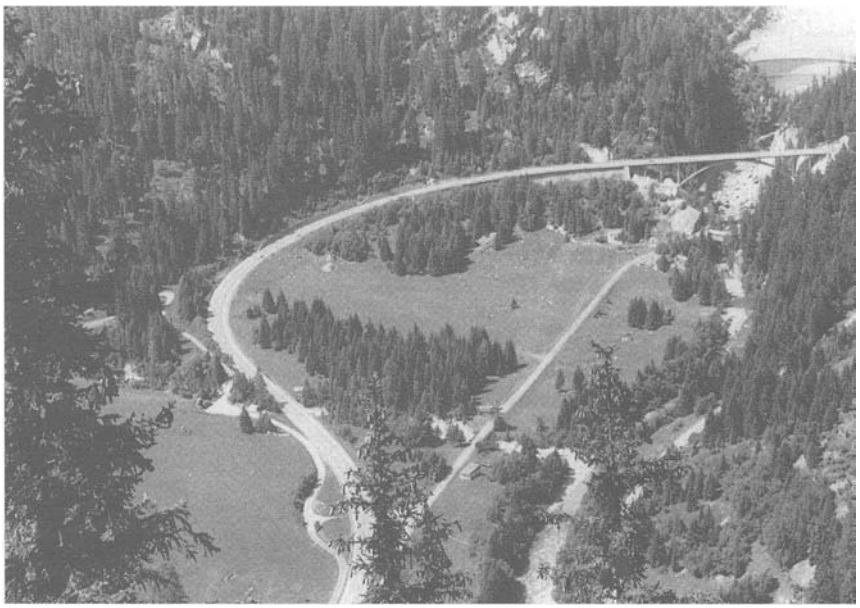
Holtzhalb baute vor allem die Eisenerzlager im Surettatal ab, wo man im Gebiet des Chli Hirli und an der Westf1anke des Suretta-Seehorns noch Spuren einstiger Bergbautätigkeit feststellen kann. Weiter betrieb Holtzhalb auch im Schams Bergbau und führte die gewonnenen Erze in die Schmelzi, was im Vertrag mit der Gemeinde Sufers ausdrücklich erlaubt worden war. Ueber den Verlauf der Eisengewinnung durch Holtzhalb in finanzieller wie auch in mengenmässiger Hinsicht ist nichts bekannt. Einen Bergbau von grossem Umfang erlaubten die kleinen Lager des Surettatales nicht, und mit den damaligen Transportmög-



Plan der Sufner Schmelzi aus dem Jahre 1820

Legende:

1 Hinterrhein
2 Kommerzialstrasse über den San Bernardino, erstellt 1820
3 Wassergraben
4 Vermutete Verhüttungs- und Hammerschmiedeanlagen
5 Viergeschossiges Knappenhaus, wie aus Gemälde ersichtlich
6 evtl. Stallungen oder Magazine



Sufner Schmelzi heute, Blick gegen SE. Im Hintergrund Stausee von Sufers. Im Vordergrund N 13 mit Brücke über den Hinterrhein.

Bergwerksvertrag zwischen der Landschaft Schams und dem Freiherrn von Haldenstein aus dem Jahre 1611.

lichkeiten konnte auch nur eine beschränkte Erzmenge aus dem Ferreratal nach Sufers transportiert werden. Irgendwie musste das Unternehmen auch in Schwierigkeiten geraten sein, denn im Jahre 1611 wurden die Schamser Silbererze an den Freiherrn von Haldenstein verpachtet, der kurz zuvor das Recht zur eigenen Münzherstellung erworben hatte. Gleiches geschah mit den Rheinwalder Silbererzen im Jahre 1613. Möglicherweise handelte es sich beim Rheinwalder Vertrag nur um eine vorsorgliche Uebereinkunft, denn heute sind dort keine silberhaltigen Vererzungen bekannt. Im Vertrag mit dem Rheinwald wurde ausdrücklich festgehalten, dass die Eisenerzlager ausschliesslich von Herrn Holtzhalb abgebaut werden durften, trotzdem erklärte dieser, die Verleihung sei "wider Brief und Sigel", und er begann mit den Landschaften Schams und Rheinwald einen Prozess, in dem sich sogar die Stadt Zürich für ihren Bürger vehement einsetzte. Holtzhalb starb im Jahre 1617. Sein Sohn prozessierte aber weiter. Aus einem Gerichtsprotokoll ist sogar die aufschlussreiche Inschrift auf dem Grabstein des Vaters überliefert: "Houptmann Hans Jakob Holzhalb alter schultthes, gewesener Landvogt beider graffschafften Khiburg und Sargands, des Ratts der Statt Zürich, Anheber und Erbuwer der Schambschischen und Rinwaldischen Bärgwärchen, nach Erbuwung derselbigen mit Costung vyll sines Hab und guotts auch vyll Rechtens wyder gegeben brieff und sigell, so wyder im gefuerrt, ist er vonn khumer gestorben den 1. Augusti anno 1617 sines Altter im 75sten."

Erst 200 Jahre später, im Jahre 1816, wurde die Schmelzi wieder schriftlich erwähnt. Die Herren Staffoni aus dem lombardisch-venezianischen Königreich pachteten, zusammen mit einigen Rheinwalder Teilhabern, sämtliche Eisenerzvorkommen ausserhalb des Guggernülls bis zur Schamser Grenze und erhielten das Recht zur Errichtung der Schmelzgebäude in der Schmelzi und zum Schlagen des nötigen Holzes im Schwarzwald. Ueber den Umfang und Verlauf dieser Bergbautätigkeit fehlen leider jegliche Aufzeichnungen.

Im Sufner Gemeindearchiv finden sich jedoch zahlreiche Dokumente, die sich mit den aus Pisogno

im Valle Camollica stammenden Herren Staffoni und Bordiga auseinandersetzen. Es handelt sich zum Teil um Vertragsentwürfe oder deren Kopien, die zwischen den Bergbaubetreibern und der Landschaft Rheinwald, bzw. der Gemeinde Sufers abgeschlossen wurden. Wenn auch die Abbaustellen in diesen Urkunden nicht detailliert aufgeführt sind, so ersehen wir daraus trotzdem, dass es sich um ein recht grosses Gebiet gehandelt haben muss. Wir lesen u.a.: "Die Landschaft verleiht und bewilligt den Herren Staffoni und Companie alle Eisen-Mineralien, welche bereits in dem Kreis vom Guggernüllhorn auswärts bis an die Grenzen der löblichen Landschaft Schams auf beiden Seiten vom Rhein bis auf den Berg Vizan entdeckt sind oder noch entdeckt werden könnten ausschliesslich und einzig gebrauchen und benutzen zukomm und zu dürfen ... " Sicher wurde innerhalb dieses "Kreises" im Surettatal Eisen abgebaut, denn ohne dieses wäre ein Bergbau im vorderen Rheinwald unmöglich gewesen. Neben diesen Hauptgruben sind aber heute innerhalb der vertraglich festgelegten Grenzen noch zwei kleinere Erzvorkommen bekannt. Eines, ein Manganerzlager, befindet sich etwas unterhalb der Tannatzhöhe, das zweite, eine Eisenerzzone, liegt in der Gemsschlucht am Guggernüll. Im weiteren hatte Staffoni begonnen, die bescheidenenen Kupfererzvorkommen auf der Cufercalalp auszubeuten.

Uebrigens wurde im Vertrag mit der Firma Staffoni den Vorgesetzten - es handelte sich um Ausländer - die Erlaubnis zum Fischen und Jagen erteilt, während es den Arbeitern, mit Ausnahme der Schweizer, verboten war. Ein Privileg wurde jedoch auch den Arbeitern eingeräumt, indem man ihnen erlaubte, "eine Anzahl Geiss zu halten, auch zwei Kühe und ein Pferd auf ihrer Allmeinde zu weiden, doch aber mit Vorbehalt, dass die Habe der Nachbarschaft Sufers in diesem benannten Bezirk auf keine Weise ausgeschlossen sei." Im weiteren erhielten Staffoni und Bordiga die Auflage, dass "alle nothwendig habende Fuhrleuthe und Taglöhner zum Transport des Eisens, des Minerals und Kohlen als auch Lebensmittel, vor jedem anderen auswertigen aus der Landschaft zu nehmen und zwar Landschaftsgenossen vorzugsweise um den gleichen Preis." Dann erhielt jede Rheinwalder Gemeinde "unentgeldlich ein Eisen Stecken, zwei Zapony und ein Eisen Schlegel". Es war den Rheinwaldern aber auch nicht gleichgültig, wer im Bergbau arbeitete, denn die Unternehmer mussten sich verpflichten, "keiner Arth fremder Arbeitsleuthe in den Eisen Bergbau aufzunehmen, die sich nicht mit einem Pass und einem Attestat von guter Aufführung und gutem Herkommen haben, und dass kein Criminal-Prozess auf ihnen laste." Schliesslich ist auch noch vom Geld die Rede: "Der Landschaft Rheinwald gleich bei der Ausfertigung dieser Locazionsschrift 1900 Gulden in baar zu erlegen, und bis auf die Summa von 8000 Gulden 3050 Gulden dem ersten Mayen anno 1819 samt dem Zins 5 % vom ersten Mayen anno 17 an gerechnet und endlich 3050 Gulden den ersten May anno 1820 samt Zins vom vorigen Termin zu bezahlen und zu erlegen."

Zu dieser Zeit kam es in der Schmelzi noch zu einer Art "Zwischenspiel", das mit dem Bergbau nichts oder nur sehr wenig, mit den vorhandenen Schmelzöfen aber sehr viel zu tun hatte: Es wurde eine Glasfabrik in Betrieb genommen. Zwei Urkunden im Rheinwalder Kreisarchiv aus den Jahren 1826 und 1827 berichten darüber. Die Schmelzi in Sufers ging bereits damals von der Firma Staffoni an die Gebrüder Marietti aus Mailand über, denen von der Landschaft die Bewilligung zum Holzschlagen im Schwarzwald zwecks Betrieb einer Glashütte erteilt wurde. Die Landschaft verlangte wiederum, dass die für die Glasherstellung notwendigen Materialien wie Kalk, Quarz und Sand durch Einheimische transportiert werden müssten. Ein grosser Erfolg scheint dieser Glasfabrik aber nicht beschieden gewesen zu sein, denn bereits in der zweiten Urkunde ist von Glas kaum mehr die Rede, umso mehr aber von den Problemen mit der Kantonsregierung, welche sich für die Mailänder Fabrikanten wegen Benützung der "Chaussee-Strasse" ergaben. Wer heute jedoch die Uferpartien des Hinterrheins in der Schmelzi etwas genauer unter die Lupe nimmt, wird hie und da noch vereinzelte Splitter des einstigen Sufner Glases finden.

Im Jahre 1828 lief der Vertrag zwischen der Land-

schaft Schams und der italienischen Eisenbergwerksgesellschaft Venini & Co. aus, die im Ferreratal mit rund 200 Arbeitern und zwei Verhüttungsanlagen einen ausgedehnten und offensichtlich gewinnbringenden Bergbau betrieb. Anscheinend hatten die Schamser mit der Gesellschaft gute Erfahrungen gemacht, denn sie boten unaufgefordert eine Vertragsverlängerung von 25 Jahren an. Die Veninis verzichteten aber und übergaben sämtliche Bergwerke und Schmelzeinrichtungen ihrem Landsmann Marietti aus Mailand. Dieser schloss im Jahre 1829 einen entsprechenden Pachtvertrag mit der Landschaft Schams ab.

Aufschlussreich in diesem Vertrag ist vor allem ein Punkt, durch den nur die Schamser alleine das Recht erhielten, die Eisen- und Erztransporte zwischen den Verhüttungsanlagen im Ferreratal und Sufers durchzuführen. Marietti hatte also nicht nur die Ofenanlagen im Ferreratal übernommen, sondern stand bei Vertragsabschluss bereits im Besitze der Schmelzi. Obwohl kein entsprechender Vertrag mit den Rheinwaldern vorhanden ist, darf man annehmen, dass Marietti zwischen 1820 und 1827 das Rheinwalder Eisenwerk von Staffoni übernommen und weitergeführt hatte.

Obschon die Eisenerzlager im Ferreratal weit umfangreicher und reichhaltiger sind als diejenigen im Rheinwald, lag das Hauptgewicht der Arbeiten im Rheinwald. Sie hielten sich darum in bescheidenem Rahmen. Im Ferreratal stand das Bergbauunternehmen einem grossen, unlösbaren Problem gegenüber. Aus einem Brief Mariettis geht hervor, dass er gewillt wäre, im Ferreratal Erze abzubauen; dies werde ihm aber verunmöglicht, weil dort kein Wald mehr vorhanden sei. Dieser Kahlschlag des Ferreratals rührte offensichtlich vom umfangreichen Bergbau der Firma Venini her, die das drohende Unheil, das sie durch die rücksichtslose Nutzung des Waldes angerichtet hatte, erkannte und den Vertrag mit den Schamsern nicht mehr verlängerte, sondern mit dem erzielten Gewinn von dannen zog. Weil die Waldreserven bei der Schmelzi auch beschränkt waren und Marietti diese nicht unnötig aufzehren wollte, machte er den verzweifelten Vorschlag, auf dem Nesselboden bei Rongellen eine Schmelze einzurichten und das Holz zur Verhüttung in Sils im Domleschg zu schlagen. Dieser absurde Plan kam natürlich nie zur Ausführung.

Eine Aufwertung erfuhr die Gesellschaft in den Jahren 1835 bis 1840 durch das Hinzukommen von Signor del Negri und des Marchese Gaspare de Rosales als neue Teilhaber am Bergbaubetrieb. Die Gesellschaft hiess von nun an "Del Negri & Co". Del Negri selbst war anscheinend ein Sachverständiger in Bergbaufragen, und Rosales finanzierte die Pläne seines Kompagnons. Die beiden

Widerlagerböcke für einen Schmiedehammer in der Sufner Schmelzi

neuen Kräfte im Bergbau, besonders der Marchese de Rosales, waren begeisterte Anhänger Mazzinis, der die italienische Freiheitsbewegung "Giovine Italie" anführte, welche die Apenninenhalbinsel von der österreichischen Herrschaft befreien wollte. Rosales war ein Spross einer spanischen Adelsfamilie, die sich in der Lombardei niedergelassen hatte und dort ein bedeutendes Vermögen besass. Seine spanische Abstammung hinderte ihn aber nicht, mit Mazzini, dem Gegenspieler der mit Spanien verbündeten Oesterreicher, zu sympathisieren. Diese Sympathien trugen ihm eine Gefängnisstrafe ein; Rosales konnte aber ins Misox entfliehen. Im Abwesenheitsverfahren wurde er darauf in Mailand zum Tode verurteilt. Um einer Auslieferung zu entgehen, versuchte er, in verschiedenen Misoxer Gemeinden das Bürgerrecht zu erwerben, was ihm jedoch nicht gelang. Auch in Andeer erhielt er das Heimatrecht erst, nachdem er versprochen hatte, sich an der Eisenerzeugung zu beteiligen.

Rosales und del Negri wollten nun die Eisenwerke des Schams und Rheinwalds in den Dienst der italienischen Freiheitsbewegung stellen und mit dem erzeugten Eisen Waffen für die Freiheitskämpfer herstellen. Die kaufmännischen Ueberlegungen in dieser Epoche des Bergbaus machten politischen Absichten Platz. Dadurch wurden die Bergbauanlagen für kurze Zeit ins Blickfeld der europäischen Politik gerückt. Andeer und vor allem die etwas abseits gelegene Sufner Schmelzi waren Sammelpunkt und Zufluchtsort der italienischen Freiheitskämpfer. Die Bedeutung, welche die Führer des italienischen Freiheitskampfes, Mazzini und Cavour, der Entwicklung des Bergbaus beimassen, geht aus ihren Besuchen und aus dem regen Briefwechsel mit den Leitern des Bergbau-Unternehmens hervor. Aber auch die Gegenpartei, die Oesterreicher, zeigten Interesse am Bergbau. Sie liessen ihn nämlich durch Spitzel überwachen und versuchten, ihn durch Proteste bei der Bündner Regierung lahmzulegen, was ihnen jedoch nicht gelang.

Damit die Eisenerzeugung im grossen Umfang wieder aufgenommen werden konnte, musste ein neuer Hochofen errichtet werden, denn die Verhüttungsanlagen im Ferreratal waren wegen des sich noch nicht erholten Waldbestandes unbenutzbar. Rosales baute darum bei Andeer einen für Bündner Verhältnisse ungewöhnlich grossen Blashochofen. Um das darin erzeugte Roheisen schmiedbar zu machen, musste es gefrischt, d.h. entkohlt werden. Die Frischfeuer-Anlage, in der man das Roheisen nochmals anschmolz , wurde in der Sufner Schmelzi errichtet, weil das Verhüttungs-, wie auch das Frischverfahren riesige Holzmengen verbrauchten und man die Waldbestände möglichst ausgeglichen nutzen wollte - man hatte also bereits die Lehren aus früheren Fehlern gezogen.

Aus den Geschäftsabschlüssen der Gesellschaft geht hervor, dass insgesamt etwa 15'000 Tonnen Eisen erzeugt worden sind. Die Freiheitskämpfer in Italien kamen aber nicht dazu, das gewonnene Eisen in Form von Waffen zu gebrauchen. Man war gezwungen, es auf dem europäischen Eisenmarkt zu verkaufen. Dabei wirkten sich die grossen Transportstrecken zwischen den Erzminen im Ferreratal, dem Hochofen in Andeer und dem Frischfeuer in Sufers negativ auf den Verkaufspreis aus. Das in der Schmelzi bereitgestellte Eisen konnte nie kostendeckend verkauft werden. Das Vermögen von Rosales wurde allmählich aufgezehrt, und die Gesellschaft verschuldete sich stark.

Als nach dem Sturze Metternichs im Jahre 1848 die politischen Verhältnisse in der Lombardei zugunsten der Freiheitsbewegung ausschlugen, kehrte Rosales nach Italien zurück. Die Gesellschaft verblieb in den Händen von del Negri, dem es aber ohne die finanzielle Unterstützung durch Rosales nicht gelang, den Bergbaubetrieb aufrecht zu erhalten. Das Unternehmen war trotz der für damalige Verhältnisse grosser Eisenproduktion gezwungen, seinen Betrieb mit einem Gesamtverlust von 1.5 Mio. Franken einzustellen.

Damit war das letzte Kapitel in der bewegten Geschichte der Sufner Schmelzi abgeschlossen. Leider sind die interessanten Frischfeueranlagen, die, um die Roheisenproduktion des 8 m hohen Andeerer Hochofens zu verarbeiten, bedeutende

Knappenhaus und Magazin in der Sufner Schmelzi um 1820. Blick gegen W.

Ausmasse besessen haben mussten, und auch die älteren Baureste der Schmelzi ohne irgendeine Aufzeichnung für die Nachwelt einer moderneren Technik geopfert worden.

Eine Frage bleibt noch offen: Bestanden eigentlich Kontakte zwischen den Leuten aus Sufers und jenen der ausgedehnten Bergwerkssiedlung? Die Belegschaft, die zu gewissen Zeiten an die 100 Mann zählte, stammte aus dem nahen Schams und vor allem aus dem Tirol, so die Fümberger und Rostetter, die sich schon früh in Ferrera niederliessen. Einheimische waren unter den Knappen und Schmelzern nicht anzutreffen, wohl aber unter den Holzfällern und Köhlern, gelangte doch als Brennmaterial ausschliesslich Holzkohle zur Verwendung. Arbeit gab's auch für andere Einheimische: Nicht umsonst waren bereits zu Holtzhalbs Zeiten in Sufers zwei Bäcker tätig, Peter Putscher und Jakob Töntz, die übrigens 1652 vom Rheinwalder Kriminalgericht mit einer Busse von vier Kronen bestraft wurden, weil sie zu kleines und zu schwarzes Brot gebacken hatten. Soviel wir aus den Archiven entnehmen können, lebte das kleine Völklein in der Schmelzi ziemlich für sich und bereitete den Rheinwaldern kaum Unannehmlichkeiten.

Quelle:
Kurt Wanner, Sufers, das älteste Dorf im Rheinwald, Kapitel "In der Schmelzi: vom Bergbau bis zur Glasfabrik", Verfasser: Hans Stäbler, Verlag Bündner Monatsblatt

Hans Stäbler, Bergbau im Schams, im Ferreratal und im vorderen Rheinwald
Diese Schrift kann im Bergbauverlag, Edelweissweg 2, 7270 Davos-Platz zum Preis von Fr. 17.- bezogen werden.

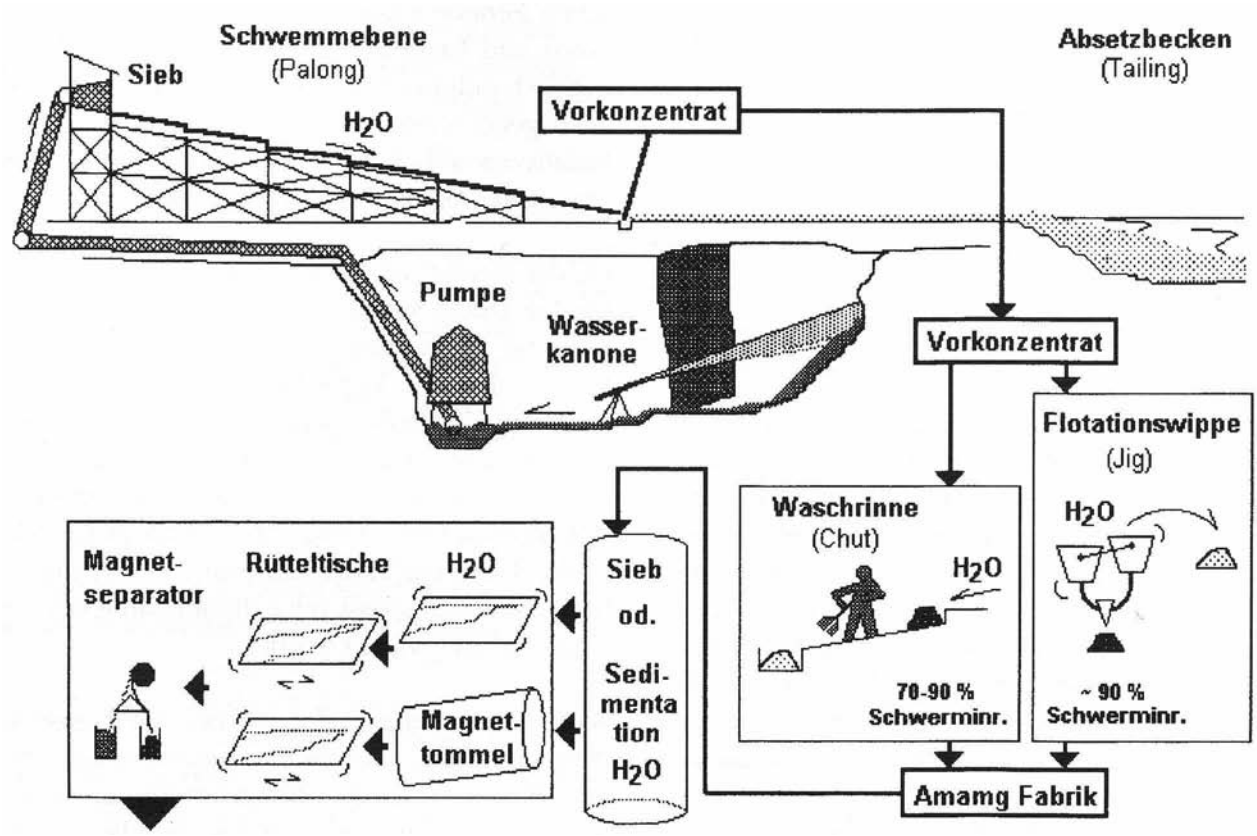
Zinnerz:
Bedeutung, Vorkommen, Abbau und Entstehung

Ruedi Krähenbühl, Davos **Fortsetzung 2**

2.2 Die Nebenprodukte des Zinnabbaus

Die Schwermineral- und Erz-Vorkonzentrate werden in den im Abbaugebiet liegenden "Amang" Fabriken in die einzelnen Mineralkomponenten aufgetrennt. Hierbei kommen vorwiegend umweltfreundliche, d.h. mechanische Separationsmethoden zum Einsatz. Dies erfolgt weniger aufgrund eines gegenwärtigen Umweltgedankens, sondern viel eher aus Kostengründen. Je nach Art des Erzvorkommens und der Schwermineralzusammensetzung gelangen verschiedene Arbeitsschritte zur Ausführung. Ist beispielsweise das Zinnerz mit anderen Mineralien verwachsen, was häufig in sulfidischen Lagerstätten vorkommt, so ist eine vollständige Erzanreicherung erheblich erschwert. Durch mehrfaches Mahlen versucht man entweder das Zinnerz freizulegen oder aber es gelangen gelegentlich kosten- und arbeitsintensive chemische oder bakteriologische (bsp. Thiobacillus ferrooxidans) Flotationen zum Einsatz.

Ueblicherweise kann bereits durch eine geschickte Wahl der Arbeitsmethoden wie Brechen, Mahlen, Sieben und Schlämmen aus den verschiedenen Kornfraktionen eine > 70 % $Sn0_2$-Anreicherung erreicht werden. Auch die Wahl der verschiedenen Typen von Steinbrechern und Mühlen, d.h. ob sie eher schlagen, kneten oder reiben, wirkt sich auf das Ergebnis sehr entscheidend aus. Mit Magnetscheidern wird anfänglich der kaum magnetische Ilmenit ($FeTiO_3$) im nassen Zustand abgetrennt und nach dem Trocknen der Cassiterit



Schematisch dargestellter Weg des Cassiterits von der Flussablagerung bis hin zum reinen Konzentrat

und Zirkon in einer späteren Phase ebenfalls magnetisch vom Monazit getrennt. Als sehr wirkungsvoll erweisen sich beim Schlämmverfahren die leicht geneigten, wasserbenetzten Rütteltische, die vorwiegend auf der Basis unterschiedlicher spezifischer Mineralgewichte arbeiten (eine Art Wilfley table). Das Schwermineralkonzentrat kann bei guter Einstellung des Tischs mit verblüffender Reinheit in die einzelnen Mineralkomponenten aufgeteilt werden. Daneben gelangen aber auch Trockenschütteltische und Rinnen zum Einsatz. Das in feinen Flittern spärlich auftretende Seifengold wird über quecksilberbeschichtete Kupferplatten gespült, amalgamiert, und dadurch bis und mit Staubfraktion gebunden.

Neben dem> 95 % angereicherten Hauptprodukt Cassiterit, fallen in den Amang Factories folgende Nebenprodukte an:

Mineral	Formel	Produktion 1982
Ilmenit	$Fe\mathbf{Ti}O_3$	100000 t
Wolframit	$(Fe, Mn)\mathbf{W}O_4$	70 t
Scheelit	$Ca[\mathbf{W}O_4]$	
Gold	**Au**	200 kg
Monazit	$\mathbf{Ce}[PO_4]$	4550 t
Zirkon	$\mathbf{Zr}[SiO_4]$	42000 t
Columbit	$X[\mathbf{Nb,Ta}]_2O_6$	
Xenotim	$\mathbf{Y}PO_4$	
Rutil	$\mathbf{Ti}O_2$	
Pyrit	$Fe\mathbf{S}_2$	
Apatit	$Ca_5 (X) (PO_4)_3$	
Fluorit	$Ca\ \mathbf{F}_2$	

Der Ilmenit und Rutil werden zur Titangewinnung nach Japan verschifft und aus Pyrit Schwefelsäure produziert. Monazit, Xenotim und Zirkon decken ca. 5 % der Weltproduktion an Seltenen Erden (Ce, La, Nd, Pr, Sm, Eu) sowie des Thorium-, Ytrium-, Hafnium- und Tantal-Bedarfs. Seltene Erden benötigt man zur Herstellung von Autokatalysatoren, zur Regulierung des Schwefelgehalts in hochwertigen duktilen Stählen, zur Verzögerung der Demagnetisierung von permanenten Magneten und zur Ent- oder Verfärbung von Glas. Ferner werden diese Elemente bei Farbfernseh- und Fluoreszenzröhren, in der Laser-, Mikrowellen-, chemischen und der Computerindustrie verwendet.

3. Lagerstättenbildende Prozesse

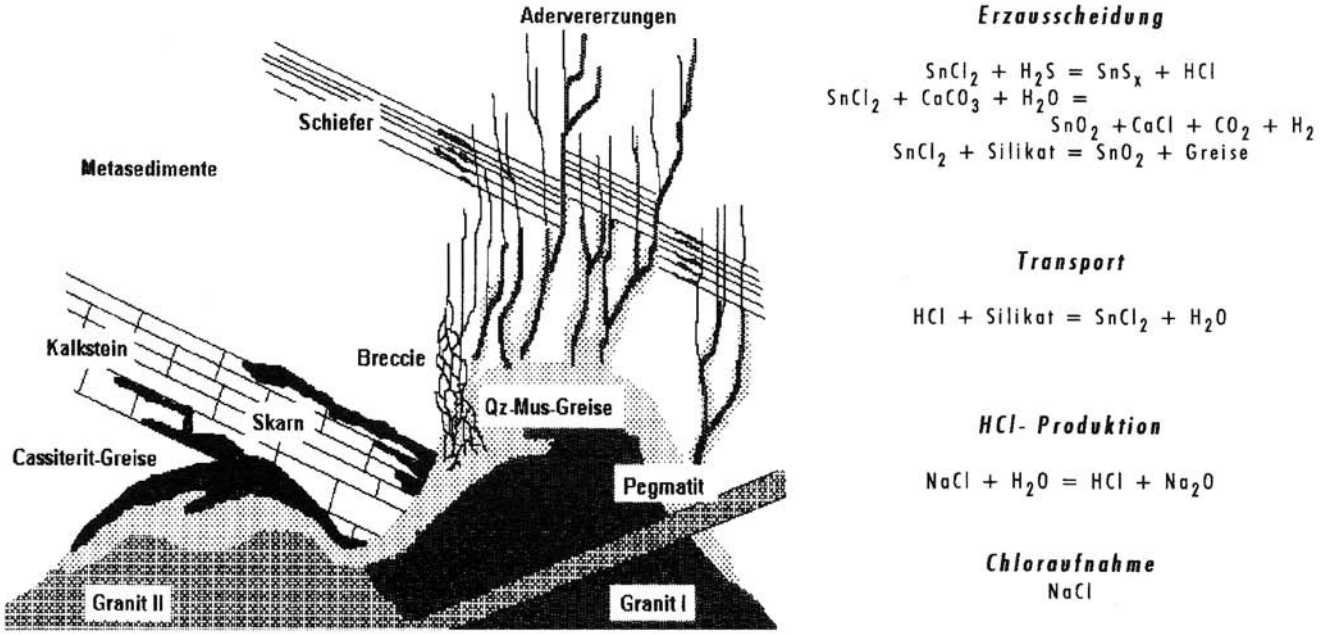
3.1. Lagerstättentypen

Unter *Lagerstätten* versteht man Anhäufungen nutzbarer Minerale, Gesteine oder auch Erdöl etc. deren Grösse, Abbaubarkeit und Aufbereitung wirtschaftlich von Interesse sind. Ist der materielle Aufwand zur Rohstoffgewinnung jedoch zu gross, so spricht man lediglich von *Vorkommen.*

In der max. 60 km dicken Erdkruste sind viele verschiedene Typen von Lagerstätten bekannt, die durch unterschiedliche geologische Entwicklungen entstanden. Was die für Lagerstätten erforderliche Elementanreicherung anbelangt, so spielen die innerhalb geologischer Kreisläufe wechselwirkend zwischen Sedimenten, Metamorphiten und Magmatiten sich verändernden physikochemischen Bedingungen eine zentrale Rolle. Welche Erzvergesellschaftung hingegen in der jeweiligen Anreicherung auftritt, hängt massgeblich von der chemischen Affinität der Elemente ab (Aehnlichkeit im atomaren Aufbau). Stark vereinfacht ausgedrückt treten Elemente, welche im chemischen Periodensystem benachbart sind, in Mineralien und Lagerstätten zusammen auf und können sich aufgrund ihrer chemischen Aehnlichkeit auch gegenseitig substituieren. Beispiele solcher Metallvergesellschaftungen sind Ni/Co, Cu/Zn, Cu/Au/Ag, As/Sb, Mo/W, Nb/Ta, Zr/Hf.

Da der Mensch und allen voran der Wissenschafter den Drang verspürt, stets Ordnung in die Unordnung zu bringen, wurde trotz der enormen Komplexität von Lagerstätten versucht, diese zu klassifizieren, wobei generell zwischen sedimentären, metamorphen und magmatischen Lagerstätten unterschieden wird. Für die einzelnen Lagerstättentypen entwickelte man Entstehungsmodelle, die dem stetig ändernden Stand der Kenntnisse fortlaufend angepasst oder die im Laufe der Zeit vollkommen revidiert wurden.

Wie wir am Beispiel der malaiischen Zinnseifen gesehen haben, entstehen *sedimentäre Lagerstätten* einerseits durch Gebirgserosion, Transport, Anreicherung und Ablagerung. Ist die Erosion schwächer oder das Lockergestein partiell resistenter, so kann wie am Beispiel der Bauxitlager-



Schematische Darstellung der Sn-Anreicherungsprozesse nach Eugster, 1985 sowie der verschiedenen, primären Zinnvererzungstypen.

stätten durch selektiven Abtrag eine Erzanreicherung vor Ort entstehen (Lateritböden). Andererseits können durch zirkulierendes, oberflächennahes oder salzhaltiges Wasser leicht lösliche Metallionen aus dem Gestein gelöst, transportiert und später wieder ausgeschieden werden (Sandstein-Uranlagerstätten von Colorado).

Als *metamorphe Lagerstätten* werden Anreicherungen bezeichnet, die als Folge temperatur- und druckbedingter Migrationen von Metallionen entstehen. Derartige Bedingungen findet man in absinkenden Sedimentbecken (Subsidenz) oder im Bereich abtauchender Plattenränder der Erdkruste (Subduktion), wo Sedimente in grössere Krustentiefen gelangen. Mit diesen Stoffwanderungen ändert sich auch der Mineralbestand des Gesteins, und je nach Grad der Metamorphose kann es im Gestein sogar zu partiellen Aufschmelzungen und zu neu kristallisierenden Gesteinsgefügen kommen. Der Uebergang zu den magmatischen Gesteinen ist daher oftmals fliessend und lässt eine eindeutige Klassifizierung nicht immer zu. Als typische metamorphe Lagerstätten gelten die BleiZink-Kupfer-Vererzungen von Sulijelma in Norwegen.
Magmatische Lagerstätten entstehen in der tiefen Erdkruste während komplexer Abkühlvorgänge von Magmen (Gesteinsschmelze), der Kristallisation von Mineralien und den physiko-chemischen Gleichgewichtsänderungen zwischen flüssiger, fester und gasförmiger Phase. Als Endprodukt entsteht dabei stets ein chemisch inhomogener Pluton (Erstarrungskörper). Im Frühstadium kristallisieren bei Temperaturen> 900 Grad Celsius einerseits Eisen-Magnesiumsilikate aus der Schmelze (Olivine, Pyroxene). Andererseits scheiden sich chrom-, platin-, vanadium-, eisen und nickelreiche Metalle aus, die durch gravitatives Absinken in der Schmelze lagige Horizonte bilden können. Beispiele hiefür sind Ni, Co, Pt, Cu Lagerstätten in Südafrika und Botswana oder in Kotalathi, Finnland. Je nach der chemischen Zusammensetzung des Magmas entstehen während dieser liquidmagmatischen Phase zwei nicht mischbare Schmelzen, eine Silikat- und eine Fe-reiche Sulfidschmelze. Letztere setzt sich am Boden des Magmas ab und erstarrt zu grossen Erzkörpern, wie man sie beispielsweise von den Kupfer-Nickel-Lagerstätten Kanadas oder Australiens kennt.

Am Ende der Hauptkristallisation (< 600 Grad C), während der sich vor allem die Si, Al, Na, Ca und K - reichen Mineralien wie Feldspat, Glimmer und

Quarz des Granits bilden, bleiben wässrige, hochtemperierte Lösungen zurück. Darin werden vor allem grosse Metallionen wie U, W, Mo, Ta, Zr, Au, Pb, aber auch Ag, Sn, Cu und Zn angereichert, die aufgrund ihrer Grösse in den Mineralien der Hauptkristallisation nicht genügend freie Kristallgitterplätze finden. Mit zunehmender Abkühlung schrumpft der Granit zusammen, die wässrigen, gasreichen Restschmelzen steigen entlang der entstehenden Hohlräume auf und sammeln sich im Dach des Granitkörpers. Im Laufe der *pegmatitisch* (600 - 500 Grad C) bis *hydrothermalen Phasen* (400 - 100 Grad C) kann sowohl der kristallisierende Granit als auch ein nach oben abdichtendes Nebengestein (Sediment) durch den gewaltigen Dampfdruck aufreissen, womit für die Restschmelze der Weg in Richtung geringerem Druck und Temperatur erneut geöffnet wird. Unter den dabei laufend sich ändernden physikochemischen Bedingungen kristallisieren diese Restschmelzen unter der Bildung von Greisen, Breccien-, Pegmatit-, Ader-, Verdrängungs-, und Imprägnationslagerstätten aus. Viele U, Cu, W, Mo, Nb, Au und Sn Lagerstätten fanden auf diese Weise ihre Entstehung.

Man kann sich leicht vorstellen, dass diese hier einfach dargestellten, in Wirklichkeit aber äusserst komplex ablaufenden Vorgänge zu einer enormen Vielfalt von Lagerstätten und Vorkommen führen. Wenn man andererseits bedenkt, dass nur ein verschwindend kleiner Teil der Erdkruste mineralische Vorkommen aufweist, so müssen lokal ganz spezielle Bedingungen vorherrschen, damit es zu Mineralisationen kommen kann. Geowissenschaftliche Untersuchungen an verschiedenen Vorkommen zeigen auch in der Tat, dass die Genese von Lagerstätten gesetzmässigen Vorgängen unterworfen sind. Durch die dynamischen geologischen Prozesse kommen jedoch Gesteine der unterschiedlichsten Herkunft und Entwicklungsgeschichte unmittelbar nebeneinander zu liegen, was in der wissenschaftlichen Erkenntnisfindung oftmals zu mehr Verwirrung als zu Klarheit führt.

3.2 Entstehung von Zinnerzlagerstätten

Wie wir einleitend gesehen haben, sind Zinnvorkommen weltweit wenig häufig. Die meisten *primären Vorkommen* sind an magmatische Aktivitäten bzw. an Granitintrusionen oder an Subvulkanite gebunden (untief unter der Erdoberfläche kristallisierende, saure Schmelzen, die häufig mit Oberflächenvulkanen in Verbindung stehen), Zinngranite treten einerseits zusammen mit Vulkaniten isoliert inmitten der alten afrikanischen Sedimentkruste auf (Ringkomplexe Nigerias). Andererseits findet man sie in Intrusionskörpern bekannter Orogene (Gebirgszüge), d.h. entlang ehemaliger Kontinentalplattenräder. Daneben sind atypischerweise auch an sulfidische Erzkörper gebundene, teilweise mit marinen Vulkansedimenten vergesellschaftete Zinnvorkommen bekannt (British Columbia, West Tasmanien, Ostküste Malaysias).

Derart unterschiedliche geologische Rahmenbedingungen primärer Zinnvorkommen stellten bei den Wissenschaftern die folgenden zentralen Fragen in den Vordergrund:

1. Weshalb sind innerhalb einer vulkanomagmatischen Abfolge oder eines Orogens nur einzelne Granite vererzt?
2. Wird das Sn von Lagerstätten wie angenommen aus der primären Schmelze angereichert oder stammt es aus dem Nebengestein?
3. Unter welchen Bedingungen wird Sn angereichert, transportiert bzw. ausgeschieden?

Aufgrund vieler internationaler Feldstudien, Detailuntersuchungen, Laborexperimenten und diverser Publikationen war es möglich, dass diese Fragen heute weitgehend beantwortet und in einen überregionalen Zusammenhang gestellt werden können. Wichtige Detail- und umfassende Uebersichtsarbeiten finden wir bei Plimer, 1987; Eugster, 1985; Plant et.al., 1985; Jackson & Helgeson, 1985; Heinrich & Edington, 1986; u.a.

Die wesentlichsten heutigen Erkenntnisse sind:
- Das Sn wird durch eine mehrfache Umbildung bzw. mehrfaches Aufschmelzen der Erdkruste angereichert (polymagmatische Zyklen).
- Auf diese Weise entstandene Granitoide mit erhöhten Sn-Konzentrationen bauen das Sn bei der Früh- und Hauptkristallisation in Mineralien

wie Ilmenit, Titanit, Zirkon, Biotit und Muskovit (Glimmer) ein.

- Hoch in die Kruste aufsteigende, heisse Granitschmelzen pumpen salzsäurehaltige, wässrige Lösungen durch das Nebengestein und durch den kristallisierenden Granit bzw. verursachen ein hydrothermales Konvektionsystem.

- Aus den von der Konvektion betroffenen, älteren Nebengesteinen werden Metallionen inkl. Sn aus den Mineralien gelöst und in Form von sauren Chlor- oder Fluor- Komplexen wegtransportiert. Gleichzeitig kann es in Graniten zu ersten, die Säure neutralisierenden Mineralumbildungen kommen. Biotit wird dabei in Chlorit, die Feldspäte in Kaolin (Tonmineral), Biotit und Feldspat in Turmalin, etc., umgewandelt.

- Cassiterit wird bei Abnahme der Salinität und/oder der Temperatur oder bei Zunahmen des Sauerstoffgehalts (fO_2) ausgeschieden. Erfolgt die Cassiterit bildende Reaktion in Graniten, so verschwinden die Feldspäte und der Biotit nach unten stehender Formel unter Bildung von Muskovit und Quarz, womit aus dem Granit Qz-Mus-Greisen entstehen (u.a. auch Topas, Fluorit, Turmalin führend):

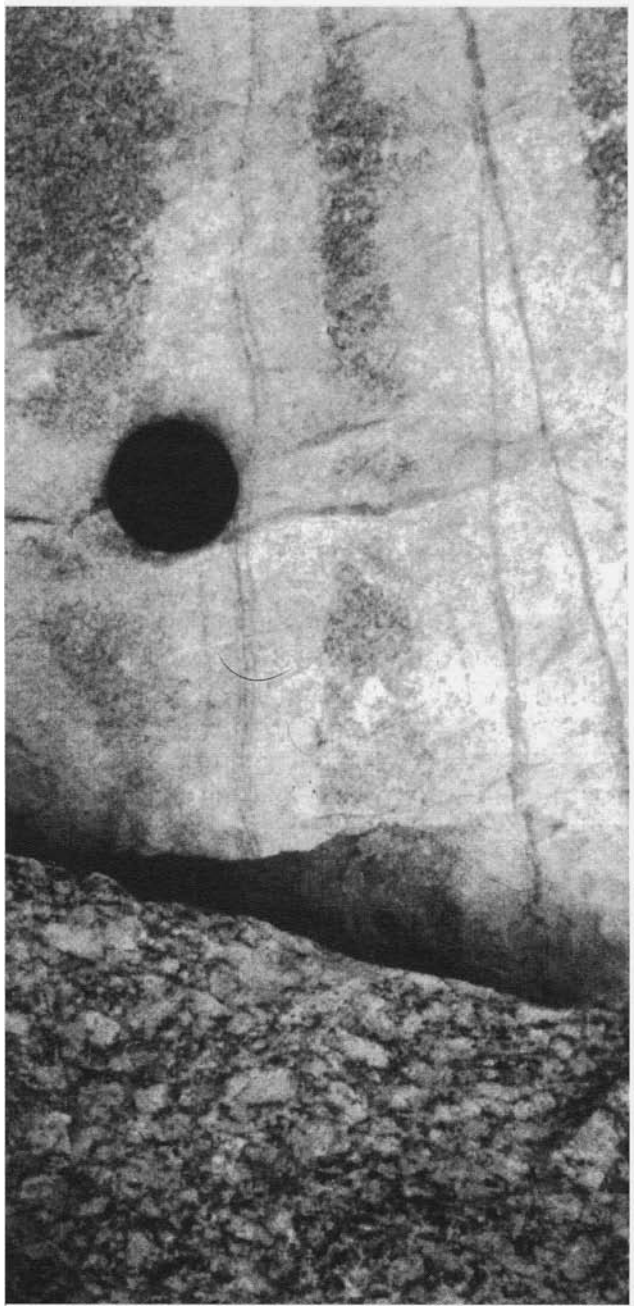
$$SnCl_2 + 3\,(Na, K)\,AlSi_3O_8 + H_2O \Rightarrow SnO_2 + KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2 + 6\,SiO_2 + 2\,NaCI + H_2$$

Zinnchlorid + Feldspat + Wasser => Cassiterit + Muskovit + Quarz + Kochsalz + Wasserstoff

- Kommt SnCl, mit Kalkstein in Kontakt, entsteht Cassiterit unter Auflösung des Kalks (Verdrängungsmineralisation) .

- Aus organischen oder vulkanischen Sedimentkomponenten freigesetztem H_2S können sich verschiedene Metallsulfide aber auch Stannit (Cu_2FeSnS_4) bilden, die dann vergesellschaftet mit Cassiterit auftreten.

Es gilt zu beachten, dass einige dieser chemischen Parameter wieder in die umgekehrte Richtung laufen oder dass auch zusätzliche Parameter hin-



Durch die hydrothermale Ueberprägung wandeln sich grobkörnige Biotit-Granite mit Kalifeldspatblasten (unten) in feinkörnige Zweiglimmergranite um (oben). In den vertikal angeordneten, hellen Auslaugungszonen werden Metallionen aus Mineralien der Hauptkristallisation gelöst und u. a. in Adern als Erze abgelagert.

zukommen können. Daher weist jede Lagerstätte ihre eigene, spezielle Charakteristik auf.

Im übrigen erscheint es plausibel, dass wenn nur einer dieser *physiko-chemischen Parameter,* wie

beispielsweise die initiale HCl-Bildung oder die Wärmekapazität zur Aufrechterhaltung des hydrothermalen Konvektionssystems fehlen, die genannten Prozesse ausbleiben und es damit zu keiner Lagerstättenbildung kommt.

Hoch in die Erdkruste aufsteigende Granite findet man einerseits da, wo die Kontinentalkruste gedehnt und aufgerissen wird (Rifting). Im sich öffnenden Zwischenraum können die Intrusionskörper ungehindert eindringen. Daher erscheinen diese sogenannten *anorogenen Granite* in der Regel als ruce Körper (Nigeria, Kinarid et. al., 1985). Oder nach erfolgter Hauptintrusionsphase im Bereich aktiver Plattenränder können am Ende einer Orogenese wasserarme Schmelzen entlang von tiefgreifenden Störungszonen aufsteigen und hoch in der Kruste auskristallisieren *(postorogene Granite).* Mit anderen Worten darf im Bereich der jüngsten Granite eines Orogens am ehesten mit primären Sn-Vererzungen gerechnet werden.

Da man aber in einem Gebirge wie beispielsweise dem Gotthardmassiv dem einzelnen Granit im Felde kaum ansehen kann, ob er entlang einer Störungszone eindrang, ob er in einem höheren Stockwerk liegt oder jünger als seine Umgebung ist, sind für die Beantwortung dieser Fragen umfangreiche mineralogische, geochemische und isotopengeologische Untersuchungen erforderlich. Mit anderen Worten, wenn die Vererzung oder deren eindeutigen Anzeichen an der Geländeoberfläche nicht erkennbar sind, so bleiben die meisten dieser spätorogenen Granite eines Gebirges unseren Augen verborgen, da die Mittel für umfangreiche Untersuchungen häufig fehlen.

4. Der Südostasiatische Zinngürtel

Die Zinnerzvorkommen Malaysias liegen innerhalb eines ca. 8'000 km langen magmatischen Gürtels, dem sogenannten Zinngürtel, der von West Kalimantan (Borneo) und Sumatra, über Malaysia, Thailand, Burma bis ins Tibet zieht und seine mögliche Fortsetzung im Iran und der Türkei findet. Bei diesen vorwiegend aus granitischen Gesteinen aufgebauten Gebirgen handelt es sich um einen über lange geologische Zeiten aktiven Kontinentalrand. Bedingt durch das NW und spätere E Driften der indisch australischen Platte wurden immer neue Krustensegmente (Gürtel) gegen die starre eurasische Platte gestossen, was schliesslich vor ca. 50 Mio. Jahren (Ma) in der Kollision des indischen Kontinentes mit dem Tibet gipfelte. Die heutigen Inseln und Halbinseln zwischen Burma und Indonesien bestehen somit aus mehreren aneinandergeschweissten Krustenbögen unterschiedlicher geologischer Zusammensetzung. Von Thailand bis Malaysia findet man noch reliktische Fetzen alter Subduktionszonen, d.h. Gebiete, wo der eine Krustengürtel unter den anderen tauchte. Diese erkennt man anhand parallel zu den Gebirgen verlaufender Zonen aus Serpentiniten und Blauschiefern mit stark deformiertem Sedimentmelange dazwischen (Nan-Utaradit-Linie, Thailand; Bentong-Raub-Linie, Malaysia).

Im Bereich des Himalayas wurde der Zinngürtel durch die Kollision Indiens verschuppt und ist möglicherweise nur noch reliktisch vorhanden. Die östlich und südöstlich liegende Platte zwischen Indochina und Kalimantan wurde dabei gegen E und SE ausgequetscht. Die resultierenden Scherbewegungen zerscherten die Gürtel in verschiedene Segmente, die in der Folge gegeneinander rotiert und z. T. hintereinander geschoben wurden (bsp. Burma).

Mit anderen Worten, diese dynamischen geologischen Prozesse führten dazu, dass entlang dieser Gürtel riesige Mengen von Krustenmaterial vom Erdmantel verschluckt, darin aufgeschmolzen und als Plutone wieder in die Kruste injiziert wurden. durch die nachfolgende Kompressionstektonik wurden die dabei entstandenen Gebirge gegeneinander über hunderte von Kilometern horizontal (laterale Scherzonen) und in geringerem Masse auch vertikal verschoben und verstellt (Blocktektonik). Als Konsequenz treten heute die ursprünglich in schmalen Gürteln angeordneten Zinnerzvorkommen grossräumig verstreut auf.

Global kann in ganz Südostasien wie in Malaysia zwischen einem von Graniten dominierten, zinnerzreichen Westgürtel mit geringeren, teilweise sulfidischen Zinnerzvorkommen unterschieden werden.

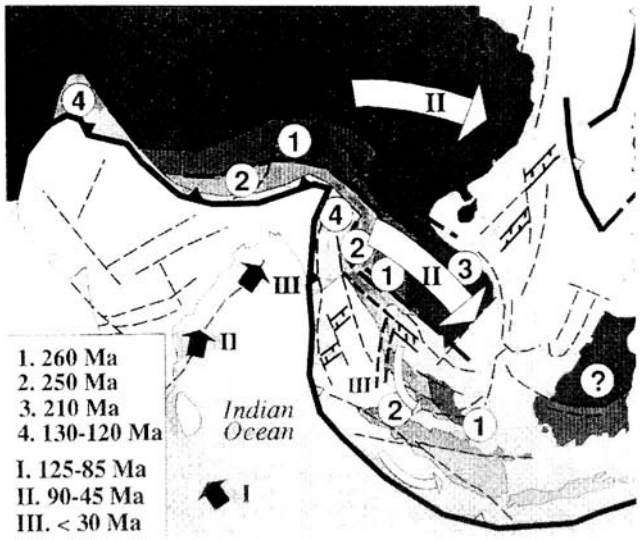
Sowohl die sekundären als auch die weniger häufigen primären Lagerstätten sind sich im ganzen südostasiatischen Raum ähnlich, was nach den bis dahin erlangten Kenntnissen über die zinnerzbildenden Prozesse nur wenig erstaunt. Die Frage nach der Auftretensart sowie der Entstehung der primären südostasiatischen Zinnvorkommen kann anhand dem Beispiel Malaysia näher betrachtet werden.

(Fortsetzung folgt ...)

Literatur:

Eugster H.P., 1985; Granites and hydrothermal ore deposits: a geochemical framework. Mineral. Mag., 49, 7- 23.

Tapponnier P., Peltzer G., Le Dain A.Y., Armijo R., 1982; Propagating extrusion tectonics in Asia: New insights from simple experiments with plasticine. Geology, 10, 611 - 616.



Tektonische Karte mit der dynamischen Entwicklung Südostasiens nach Tapponnier et.al., 1982, sowie der Zeitskala nach Krähenbühl, 1989. Die römische Numerierung zeigt die räumliche und zeitliche Kollision einzelner Gürtel (arc) miteinander oder mit dem eurasischen Kontinent, die arabischen Zahlen die jüngsten Richtungsänderungen der Indischen Platte, verantwortlich für die junge Bruchtektonik.

Adam Riese und der Bergbau

Hans Krähenbühl, Davos

Dieser Name taucht heute öfters auf, wenn man bestätigen will, dass eine Rechnung wirklich stimmt. Tatsächlich war Adam Riese ein Rechengenie zur damaligen Zeit und mit dem Bergbau im Erzgebirge aufs engste verbunden. Ueber seine Geburt weiss man nichts genaues, doch nimmt man an, dass er 1492, vor mehr als 500 Jahren, (1492 - 1559) in Staffelstein zur Welt kam. Von 1523 bis 1559 lebte er in Annaberg, und er ist von dort ebensowenig wegzudenken wie der Silberrausch.

Sein Vater soll ein armer Bergmann aus Annaberg gewesen sein. Man sagt, dass Adam Riese in seiner Jugend im Erzgebirge Huntläufer (Beförderer des Erzes aus den Stollen mittels Erzwagen) gewesen sein soll. Man weiss auch nicht, wo Riese seine Ausbildung als Rechenmeister erhielt. Diese Ausbildung erforderte sechs Jahre Lehrzeit. Dass sie gut und gründlich ist, bezeugt, dass er 1518, im Alter von 26 Jahren, sein erstes Rechenbüchlein herausgab, dem weitere hochqualifizierte Rechenbücher folgten. In Erfurt eröffnete er seine erste Rechenschule. Alsbald siedelte er 1523 in die aufblühende Bergbaustadt Annaberg um.

Um 1492 - in seinem Geburtsjahr - waren erstmals im Erzgebirge die ergiebigen Silberfunde entdeckt worden. Auch in Annaberg, dieser berühmten Bergstadt, brauchte es gewiegte Rechner, weshalb er auch hier eine private Rechenschule eröffnete. Das war eine echte Marktlücke. Da Rechnen kein Schulfach war, wurde diese auch von Erwachsenen besucht. Zu dieser Zeit war es allgemein nicht üblich, rechnen zu können. Aber es gab die Rechenmeister wie Adam Riese, bei denen man rechnen lassen konnte.

Daneben verdiente er auch etwas Geld durch die Herausgabe seiner Rechenbücher sowie als "Bergmann von der Feder" (Bergschreiber), in fester öffentlicher Stellung in Annaberg. Bereits 1525 wurde er als "Rezessschreiber" aufgeführt. Er musste jedes Vierteljahr dem Regalherren eine Aufstellung mit dem aktuellen Stand des Bergwerkbesitzes und des Gruben-Schuldnerwesens abliefern. Er prüfte die Bergbaurechnungen, berechnete die Förderquoten und trug die Ausbeute ins Rechenbuch ein. Dies war beim damaligen Umfang des Bergbaues jede Menge Arbeit und Ansporn genug, schnelle und wirksame Rechenoperationen zu entwickeln.

Sieben Jahre später wurde Adam Riese zum Gegenschreiber im Bergamt Annaberg befördert. In diesem verantwortungsvollen Posten musste er das "Gegenbuch" führen, in dem alle Gewercken und Kuxen (Gewährscheine) verzeichnet waren. Ebenfalls oblag ihm das Zuteilen von Ausbeute und Zubusse - also von Gewinnen und Verlusten. Auch haftete er in dieser Stellung für etwelche Schäden, "... „die durch seine Unvorsichtigkeit jemand betrogen oder in Schaden geführt zu haben"; sodann gehörten zu seinen Pflichten die Ueberwachung der metallurgischen Prüfungen des Metallgehaltes der Fördererze sowie die Münzrechnung und die "Zehendtrechnung". Daraus kann man ersehen, dass in der Entwicklung der Algebra Adam Riese ein erheblicher Stellenwert zugemessen war.
Er gehörte zur damaligen Zeit zu den gebildeten Rechenmeistern. Da es keine kanonisierte Mathematik wie heute gab, sondern verschiedene Schulen mit den unterschiedlichsten Methoden, erwähnte man mit Stolz, dass man selbst "nach Adam Riese" rechne, heute noch ein bekannter Ausspruch, dass man eine bestimmte Rechnung richtig aufgestellt habe. Sein grosser Bekanntheitsgrad verdankte Riese auch seinen Büchern. Die "Practica" von 1550 hatte den Rang eines allgemein anerkannten Standardwerkes.

Adam Riese war ein hervorragender Didakt und Meister in der lebhaften Darstellung selbst algebraischer Rechnungen. Das Rechenbrett, in Asien noch heute vielfach gebräuchlich, war damals weit verbreitet. In Annaberg kann man heute auch ausser der Bergbaugeschichte das Adam Riese-Museum besuchen.

Literatur: Fritz Deuberer, Riese-Biographie - nach Adam Riese, Verlag Tauchaer.
Der Bergmann von der Feder, Lapis Nr. 12, Dezember 92.

Neue Aspekte der Mineralogie - Lebensretter und Gesundheit

Georg D. Engel, St. Moritz

Anbei möchten wir unseren Lesern einen Beitrag von unserem Regionalgruppenleiter Oberengadin unterbreiten, dem das Schicksal schwer zugesetzt hat. Georg Engel, ein langjähriges Mitglied unseres Vereins, heute an sein Zuhause gefesselt, was ihm als reisefreudigen Menschen sicher schwerfällt, hat uns an vielen Exkursionen begleitet und uns durch seine Freude an Mineralien und dem grossen Wissen über dieses Gebiet beeindruckt.

Wir wünschen dem schwer geprüften Bergbaufreund viel Mut und Zuversicht und Freude an seinen Mineralien und Edelsteinen, die er auf seinen forschenden Expeditionen im vorderen Orient gesammelt hat. Redaktion

Dies ist keine Abhandlung zum Thema "Esoterik", sondern eine echte Lebenserfahrung. Aus den Tiefen der Depression, anlässlich einer Bein-

amputation, haben mich meine Mineralien wieder unter die Lebenden zurückgeholt.

Zuerst konnte ich wieder "Trockenübungen" machen und mir überlegen, wie meine Mineraliensammlung am besten auf die Datenbank im Computer passen wird. Manch lange Nacht ging auch schneller vorbei mit Gedanken über Mineralienfotografie, das Aufstellen verschiedener Stufen und deren beste Beleuchtung.

Viel innerliche Freude und nicht zuletzt aus der Tiefe gezogen hat mich dann mein Spezialgebiet: die Edelsteine und Mineralien der Bibel [Gold & Silber (1. Könige 10, 22), Edelsteine (Erz. 28, 13), Silber, Zinn, Blei (Erz. 17, 12)].

Etliche Wüstenexpeditionen, archeo-mineralogische und andere, an denen ich teilnehmen konnte, gingen mir langsam nochmals durch den Kopf: Serabit-El-Khadem (Türkis), St. Katharinen-und Moses-Berg (Bergkristall, Calcitdruse), farbige Sandsteine vom Farbencanyon in der Sinaiwüste/ Aegypten, Timna (Malachit und Azurit), Totes Meer (Salz und Pech), Berg Karkom - Der Berg Gottes - (Iaspis und Feuerstein-Werkzeuge) in Israels Negev, Berg Hermon (Bleisilber).

Die vielen Nächte im Schlafsack unter dem Sternenhimmel, wo man manchmal von einem Kamel "wachgeküsst" wurde, oder die herbstlichen Regentage, an denen Blumen und Gewürze der Wüste zum Leben erwachen, zogen wieder an meinen Augen vorbei. Auch lustige Begegnungen kamen mir in den Sinn, wie die mit dem ägyptischen General im Katharinen-Kloster, der mich wegen meines khakifarbenen Tenues fragte: "What Army?" Worauf ich mir nicht verkneifen konnte, militärisch zu antworten: Nikon Air Force, Sir!" Die Erinnerung an die Abende mit den 22 hauptsächlich italienischen Professoren, bei denen es mitten in der Wüste Minestrone, Spaghetti oder Pizza gab, brachten mich wieder zum Schmunzeln.

Die Hauptecke in meinem Spezialgebiet beinhaltet die Identität der 12 Edelsteine im goldenen Brustschild des Hohepriesters Aharon (2. Moses-Exodus-Kapitel 39/6 bis 21). Hier führe ich eine rege Korrespondenz mit dem Experten Dov Ginzburg vom "Geological Survey of Israel" in Jerusalem sowie mit diversen anderen Personen. Es gab und gibt hierüber viele Diskussionen und Meinungen. Hievon habe ich teils 32 verschiedene, teils ähnliche Versionen.

Dov Ginzburg hat über dieses Thema längere Vorträge in China, Russland, Spanien etc. gehalten. Ich erlaube mir nicht, mich mit den verschiedenen Museumsdirektoren zu messen, doch konnte ich greifbare Erfahrungen - untermauert von Besuchen in Ausstellungen wie München, Turin, Kairo - in den Wüsten, der Insel Seberged im Roten Meer (St. John's Insel) mit Peridot, etc. machen, wo ich praktisch alle Steine fand, die in Frage kommen, mit Ausnahme des Lapis Lazuli, der aus Afghanistan kommt.

Die Namen der Steine in der biblischen Originalversion (hebräisch) lassen sich nicht übersetzen. Bereits in den verschiedensprachigen Bibeln gibt es unterschiedliche Versionen. Anhand der Standarten-Farbe der 12 Stämme Israels versuchen Dov Ginzburg und ich die dazugehörigen Steine zu ermitteln. Aber auch da ist man auf Mutmassungen angewiesen.

Ich habe einige Unterstützung für meine Auffassung, dass z.B. der biblische "Yahalom", der heute in Israel noch so heisst, kein Diamant, sondern ein klarer Bergkristall ist (siehe Mosesberg/Sinai). Smaragde waren in biblischen Zeiten vermutlich unbekannt, denn erst die Griechen begannen, am "Berg Smaragdos" zu suchen.

So gäbe es noch vieles zu erzählen, denn in den vielen Jahren habe ich alle meine Ferien mit diesem Thema verbracht. So können die Mineralien auch dann Freude bereiten und eine echte Lebenshilfe sein, wenn man krank und verzweifelt ist.

Verein der Freunde des Bergbaus in Graubünden

Bergbaubücher aus Graubünden

Ich/Wir bestelle(n): Ex. Silberberg Davos, von H. Krähenbühl — Fr. 15.-

__ Ex. Bergbau im Schams, im Ferreratal und im vorderen Rheinwald, von H. Stäbler — Fr. 17.-

__ Ex. Der Bergbau in Nord- und Mittelbünden und seine Beziehung zur Kulturlandschaft, von H. Wider — Fr. 18.-

__ Ex. Der historische Bergbau in Graubünden, Bergbaumuseumsführer und Geologie der Landschaft Davos, von H. Krähenbühl — Fr. 24.-

Ex. Geschichte des Bergbaus im Oberhalbstein, von E. Brun — Fr. 19.-

__ Ex. Der Bergbau im Val Minor, Bernina, von U. Bodmer und W. Aegerter (2. Auflage) — Fr. 13.-

Adresse: Name:

Vorname:

Adresse:

Datum: Unterschrift:

Bitte einsenden an: BERGBAU-VERLAG, Edelweissweg 2, 7270 Davos Platz

Centorame + Zaugg CZ Bauunternehmung

Davos · SCHMITTEN · Brienz

Telefon 081/72 11 94 Fax 081/72 21 59

Hoch- und Tiefbau

Strassenbau

Schwarzbelag

konvent. Betonboden

Umgebungsarbeiten

Eisenwaren Kaufmann

Eisenwaren, Haushalt

Promenade 38
7270 Davos Platz
Telefon 081/435180

Vormals Coray, Karlen & Co.