

**Gerhard MÜLLER**

**WALLERFANGEN.  
RÖMISCHER BERGBAU AUF AZURIT  
UND DIE PRODUKTION VON ÄGYPTISCH BLAU.**

**Saarbrücken 2010.**

**(Vom Verfasser verlegt.)  
Auflage 500 Exemplare.**

## Veröffentlichungen des Verfassers.

- Die Gipslagerstätten des Mittleren Muschelkalks im Saarland. — Unveröff. Diplomarbeit, Univ.d.Saarlandes, Mineralog. Inst., 115 S.; Saarbrücken 1960.
- Ein Beitrag zur Geochemie des Strontiums in Ca-Sulfatgesteinen. — Dissertation, Universität des Saarlandes; Saarbrücken 1964.
- Kurzgefasste Darstellung des Bergbaugesbietes bei Wallerfangen. — 18 S.; Saarbrücken 1967
- Pseudomalachit und Libethenit von Düppenweiler/Kreis Saarlouis. — Der Aufschluss, Jhrg. 18, S.95-96; Heidelberg 1967.
- Zur Bergbautechnik des historischen Bergbaus bei Wallerfangen/Saar. — Der Aufschluss, Jhrg. 18, S.256-272; Heidelberg 1967.
- Zur Diagnose römischer Bergbauspuren im Buntsandstein des Saar-Moselraumes. — Der Anschnitt, Jhrg.20, S.27-33; Bochum 1968.
- Die Charakteristika der Bergbautechnik verschiedener Epochen im Bergbaugesbiet bei Wallerfangen/Saar. — Erzmetall, Bd. 21, S.172-177; Stuttgart 1968
- Der historische Bergbau bei Wallerfangen/Saar. — Oesterreichischer Berg- und Hüttenkalender 1968, S.138-142; Wien.
- Zum Vorkommen von Mirabilit (Glaubersalz) und Ulexit bei Ihn, Kreis Saarlouis. — N.Jb. Miner., Abh., Jhrg. 110, S.188-198; Stuttgart 1969.
- Mineralogie und Lagerstätten des Saarlandes. — in: LIEBER,W. (Hrsg.): Idar-Oberstein. - Aufschluß, Sonderheft 19, S.153-172; Heidelberg 1970.
- Minerallagerstätten des Saarlandes. — Exkursionsführer VFVG und DMG; Saarbrücken 1970.
- & MIHM, Arne: Seichte Intrusionen im Verband der extrusiven Grenzlagervulkanite am Hellerberg bei Freisen (nördliches Saarland). — N. Jb. Miner, Mh., Jhrg.1971, S.385-393; Stuttgart 1971.
- Ein Kupfererztagebau im Saarland? — Erzmetall, Bd.27, S.236-240; Stuttgart 1974.
- Das Nohfeldener Rhyolithmassiv. — Exkursionsführer MGAS; Saarbrücken 1975.
- Einführung in die Geologie des Saarlandes, 1. Teil, Devon. — MGAS-Ausstellungsführer; Heuweiler 1977.
- Tektonik und Mineralisation (Übersicht über die Mineralisation im Saar-Nahe-Raum). — Lapis, Jhrg.2, S.18-21; München 1977.
- Einführung in die Geologie des Saarlandes, 2. Teil, Karbon. — MGAS-Ausstellungsführer; Heuweiler 1978.
- Einführung in die Geologie des Saarlandes, 3. Teil, Perm. — MGAS-Ausstellungsführer; Heuweiler 1979.
- Einführung in die Geologie des Saarlandes, 4. Teil, Trias (1.Hälfte). — MGAS-Ausstellungsführer; Heuweiler 1980.
- Einführung in die Geologie des Saarlandes, 5. Teil, Trias (2.Hälfte). — MGAS-Ausstellungsführer; Heuweiler 1981.
- & STOPPEL, Dieter: Zur Stratigraphie und Tektonik im Bereich der Schwer-  
spatgrube "Korb" bei Eisen (N-Saarland). — Z.dt. geol. Ges., Bd. 132, S.325-352; Hannover 1981.

# WALLERFANGEN. RÖMISCHER BERGBAU AUF AZURIT UND DIE PRODUKTION VON ÄGYPTISCH BLAU.

von Gerhard MÜLLER

Begründung der Arbeit.

Aufbau der Arbeit.

## 1. BERGBAU.

Zusammenfassende Wertung.

- 1.01 Der Umfang des römischen Bergbaus.
- 1.02 Das Problem der Rundschächte.
- 1.03 Das Ziel des römischen Bergbaus.
- 1.04 Die römischen Abbauräume.
- 1.05 Der Stollen Bruss (Übersicht nach Arbeiten des Verfassers).
- 1.06 Der Stollen Bruss (Diskussion).
- 1.07 Die "römischen" Lampennischen.
- 1.08 Die "römische" Schaufel.
- 1.09 Die "römische" Wasserseige.
- 1.10 Die Holzpackung.
- 1.11 Anmerkungen zu Details bei KÖRLIN (2010).
  - Zu den Werkzeugspuren.
  - Zu den Fördertrögen.
  - Zum gewonnenen Material.
  - Zum Schacht aus dem "Mémoire" von Sau(e)r.
  - Zu den "300 Schächten".
- 1.12 Die Datierung des Pingenfelds.

Kurzfassung der Forschungsergebnisse von HECK.

## 2. RÖMISCHE TECHNOLOGIE.

Zusammenfassende Wertung.

- 2.1 Die römische Aufbereitung von Azurit und die Gewinnung des "Iomentum".
- 2.2 Ausgangsstoffe, Verfahren und Wirtschaftlichkeit.
- 2.3 Anmerkungen zu den Glasphasen.
- 2.4 Die Bedeutung von Cassiterit und Malayait im Produktionsprozess.
- 2.5 Das "Effektpigment".

## 3. GEOLOGIE und MINERALOGIE.

Zusammenfassende Wertung.

- 3.1 Die Mineralogie in den Arbeiten von HECK.
- 3.2 Der Mineralbestand der Gesteine und die Zersetzung des Feldspats.
- 3.3 Die Entstehung von Muskovit und die gleichzeitige Bildung von Azurit.
- 3.4 Das Cu/Al-Verhältnis in Azuritknotten.
- 3.5 Die Frage der "bluettes".
- 3.6 Das Quarz-Vorkommen bei Borg.
- 3.7 Der Glaukonit aus dem oberen Buntsandstein.

## 4. ANALYTIK.

Zusammenfassende Wertung.

- 4.1 Die chemische Analytik.
- 4.2 Die Vergleichbarkeit der Analysen in den Arbeiten von HECK.
- 4.3 Vergleich der Azurit-Analysen in den Arbeiten von HECK mit anderen Analysen.
- 4.4 Die Analysen der Arbeit von ECHT und THIELE.

## **ZUSAMMENFASSUNG.**

Ein Prinzip guter Wissenschaft.

Literatur.

Analysen.

Fotos.

## **Begründung der Arbeit.**

Ein Fund von Pigmentkugeln aus Ägyptisch-Blau bei der Ausgrabung der römischen Villa in Borg (Saarland) gab HECK (1999, 2003, 2008 und 2010) den Anlass, solche Kugeln zu untersuchen. Er deutete diese als das Ergebnis einer Verarbeitung von Azurit von Wallerfangen.

Seit mehreren Jahren räumt das Deutsche Bergbau-Museum unter der Leitung von Frau Dr. Gabriele KÖRLIN Abbauräume im Stollen Bruss aus. KÖRLIN sieht darin römische Abbaue, die das Ausgangsmaterial für die Produktion von Ägyptisch Blau nach der Vorstellung von HECK geliefert haben sollen. Einem Vortrag (2008-11-07) gab sie entsprechend den Titel "Das Imperium macht Blau", das heißt, dass diese Farbstoff-Gewinnung von überregionaler Bedeutung war. Eine entsprechende Veröffentlichung erschien im September 2010.

Eine wissenschaftliche Diskussion dieser Arbeiten hat bislang noch nicht statt gefunden.

Der Verfasser hat nach umfangreichen Arbeiten in den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts eine Klärung der bergbaulichen Spuren des Azurit- und Kupfererz-Bergbaus bei Wallerfangen vorgelegt (MÜLLER 1967 u. 1968). Er hat diese gegen eine grundlegend andere Sicht von BARTELS (2000 u. 2003), mit vielen vorher unveröffentlichten Details bekräftigt (MÜLLER 2004).

Der Verfasser sieht bezüglich Wallerfangen weder in den Vorstellungen von HECK noch in denen von KÖRLIN eine reale Basis. Er sieht sich daher verpflichtet, die bislang fehlende Diskussion zu beginnen. Für den Verfasser gehört es dabei auch dazu, "Kleinigkeiten" zu erörtern. Der Umgang mit dem angesprochenen Themenkreis fand und findet vielfach sehr großzügig statt. Eine großzügige Wissenschaft ist für den Verfasser ein Widerspruch in sich.

Ägyptisch Blau gehört nicht zum Themenspektrum des Verfassers. Er geht darauf nur in solchen Punkten ein, die in diesem Zusammenhang wesentlich sind.

HECK baut, vielfach auf sehr schmaler Basis, umfangreiche Ausflüge und Gedankengebäude in unterschiedlichsten Gebieten auf, die dann mit dem Kernthema nichts mehr zu tun haben. Der Verfasser geht bei Themen, die nicht zum Kern gehören, in der Regel nur auf solche ein, die Geologie oder Mineralogie betreffen.

## **Aufbau der Arbeit.**

Diese Arbeit war ursprünglich wesentlich auf die Veröffentlichungen von HECK bezogen, der römische Bergbau sollte nur kurz gestreift werden. Nach der im September 2010 erfolgten Veröffentlichung von KÖRLIN sieht es der Verfasser als sinnvoll an, auch diesen Bereich ausführlicher anzulegen.

Die Aussagen von HECK zum Bergbau selbst sind geringfügig. Der Bergbau und die Themen von HECK lassen sich trennen. Der Verfasser behandelt daher zuerst den Bergbau und anschließend die Thesen von HECK.

Die Details der Arbeiten von HECK, mit denen sich der Verfasser hier auseinander setzt, finden sich in verschiedenen Veröffentlichungen, die nicht alle leicht zugänglich sind. Um eine nachvollziehbare Darstellung zu schreiben, steht an erster Stelle eine knappe Aufzählung der Thesen von HECK. Dieser folgt eine kurz gefasste Diskussion oder ein Kommentar. Die ausführliche Beweisführung wird in einzelne Kapitel verlagert.

## **1. BERGBAU.**

### **Zusammenfassende Wertung.**

KÖRLIN (2010) beschreibt einen mittelalterlichen Abbaubereich im Stollen Bruss als römisch. Damit entspricht sie der Vorgabe des verstorbenen Gerd WEISGERBER (Deutsches Bergbau-Museum), der ohne eigene Kenntnis vor Zugang zum Stollen, nur auf Grund von Fotos und Aufzeichnungen des Verfassers und entgegen dessen Wertung, diesen Bereich als römisch gedeutet hatte.

— KÖRLIN schildert zunächst den oberen wie den unteren Emilianus-Stollen, die beide in ihrer Technik dem Stollen Bruss entsprechen. Das ist unbestritten und eine gute Ausgangslage.

— Dann beschreibt sie den Abbaubereich im Stollen Bruss und bezeichnet diesen als römisch. Die Gewinnungsarbeit wird nicht im Detail beschrieben, aber sehr deutlich gemacht, dass die Höhe im Abbau kaum über 70 cm geht. Bei den Stollen gab es den Vergleich mit den beiden Emilianus-Stollen. Hier fehlt jeder Vergleich mit durchaus vorhandenen römischen Abbauten im Oberen Emilianus-Stollen wie in einem System am Limberg. Diese sind Weitungsbaue mit der gleichen Höhe wie die römischen Stollen, also mannshoch. Allein von der Dimension der Räume passen diese Abbauten nicht zusammen, genauso wenig von der unzureichend geschilderten Technik.

— Obwohl der Stollen Bruss heute auch ein System erschließt, dessen mittelalterliche Entstehung vom Deutschen Bergbau-Museum nicht angezweifelt wird, verzichtet KÖRLIN auf jeglichen Vergleich mit der mittelalterlichen Gewinnungsmethode. Diese ("Keilreihenmethode") gewinnt das Material durch Abkeilen herein.

Bei einem solchen Vergleich müsste auffallen, dass das untersuchte "römische" System von den mittelalterlichen im Prinzip nicht zu unterscheiden ist.

— Absolutes Charakteristikum des mittelalterlichen Bergbaus sind Löcher in Keilform, die mit Schlägel und Bergeisen gefertigt wurden, um die Keile tiefer im Gestein ansetzen zu können. Solche Keillöcher werden bei KÖRLIN als "Lampennischen" beschrieben.

— Im Bericht fehlt die "römische" Schaufel, die direkt nach dem Fund für reichliches Aufsehen sorgte, allerdings im Nachhinein als spätmittelalterlich datiert wurde. Diese wurde an anderer Stelle mit einer Nachnutzung gedeutet, obwohl der ganze Bereich durch Sedimentation aus dem Schacht so verfüllt worden war, dass er völlig unzugänglich wurde.

— Bei KÖRLIN finden sich auch keine Angaben zu den Arbeiten der Gewerkschaft "Paulshoffnung" (1855-1866). Neben einer hohen Weitung gehen auf diese auch kleine Arbeiten im Stollen zurück. So kann man an einer Abrissfläche oberhalb einer von KÖRLIN beschriebenen "Abbaunische 3", die nie mit der Keilhaue angelegt worden sein kann, Spuren von Schwarzpulver erkennen.

— KÖRLIN referiert ausführlich die These(n) von HECK. Besprochen wird allerdings nur die Produktion von "Ägyptisch Blau". Unerwähnt bleibt aber dessen "lomentum", ein Aufbereitungsprodukt aus sandigem Azurit zu sehr viel höherer Reinheit. Die Beweisführung dieses Prozesses wurde immerhin in einer archäologischen Zeitschrift veröffentlicht.

— KÖRLIN erwähnt als Ziel des Bergbaus nur die Gewinnung von Azuritkonkretionen aus einer Lettenschicht. Sie erwähnt nicht, dass mit Azurit mineralisierter Sandstein im Versatz blieb. Beide Aussagen entsprechen genau der mittelalterlichen Gewinnung von blauer Farbe. Das Ausgangsmaterial für die Produktion von Ägyptisch Blau war nach HECK Azurit aus Sandsteinen, der verblieb hier allerdings im Versatz. Die reineren Azuritknotten aus Siltsteinen ("Letten") die hier gesucht wurden, gibt es nach HECK jedoch nur als Aufbereitungsprodukt des sandigen Azurits ("lomentum").

Wer die Deutung dieses Abbaus als römisch akzeptiert, der muss erklären, wieso bei drei in der Technik identischen römischen Stollen zwei einen mannshohen Weitungsbaue aufweisen, der sich von den mittelalterlichen Abbauten völlig unterscheidet, dass die Römer aber im Stollen Bruss eine völlig andere Technik benutzt haben, die von der mittelalterlichen nicht zu unterscheiden ist. Er akzeptiert auch, dass dann in kürzester Zeit die Technik einen gewaltigen Entwicklungsschub gemacht haben muss. Der Stollen selbst wurde noch mit der Keilhaue aufgeföhren wie die anderen römischen Objekte. Urplötzlich sollen dann Werkzeuge und Methode gewechselt haben, statt der Keilhaue sollen jetzt Schlägel und Eisen und Keil in Gebrauch gekommen sein. Logischerweise wäre dann die mittelalterliche Bergbautechnik also römisch geboren und nach solchem Stand der Erkenntnis von der römischen nicht mehr zu trennen.

## 1.01 Der Umfang des römischen Bergbaus.

HECK (1999, S.30): "[...] das Stichwort Emilianus-Stollen steht für fünf oder sechs Bergwerke [...]."

HECK (2008, S.435): "Die OFFICINA ist ein Stollensystem unbekanntes Ausmaßes und im Bergwerksbereich sind noch mindestens vier andere römischen Ursprungs."

Wer solche Aussagen wie hier von HECK liest, bekommt zwar keinen klaren Überblick über den Umfang des römischen Bergbaus, wird aber das Empfinden haben, dass dieser nicht ganz klein gewesen sein kann. Die Begriffe "Bergwerke" und "Stollensystem" stehen für eine gewisse Größe.

Hier die Realität:

— Der Untere Emilianus-Stollen ist ein gerader, stark ansteigender Stollen in völlig unmineralisierten Gesteinen.

— Der Obere Emilianus-Stollen beginnt geradlinig und dreht dann schwach nach rechts. Insgesamt sind dies etwa 21 m. In einer Bruchzone, die nur zu einem Teil aufgewältigt wurde, wechselt er dann fast rechtwinklig seine Richtung nach links. In der neuen Richtung zieht sich der Bruch noch etwa 8 m weiter. Ob der Stollen selbst noch etwas weiter ging, ließ sich vom Bruch aus nicht abschätzen.

Der Verbruch geht eindeutig von einer Ausweitung des Stollens nach den Stößen aus. Der Stollen wurde von einem mittelalterlichen Schacht aus wieder befahren. Von daher lässt sich nicht definitiv aussagen, ob der mittelalterliche Betrieb auch im Bereich des Verbruchs tätig war. Der Verfasser hält es aber für möglich, dass es hier nur den römischen Abbaueversuch gegeben hat.

Allerdings trifft die Aussage von CONRAD (1968, S.118) nicht zu:

"Daß jedoch ein weitläufiger Abbau betrieben worden ist, geht aus den sich über Tage abzeichnenden Absenkungen von 25-30 m nach beiden Seiten der Stollenrichtung hervor."

Der Verbruch ging zumindest auf der linken Seite nicht bis über Tage. Man konnte vor dem endgültigen Ausbau eindeutig über die höchste Stelle der Bruchmassen sehen, mit einer festen Firne darüber.

— Der Stollen Bruss ist ein wiederum grob geradlinig aufgefahrener Stollen ohne jeglichen römischen Abbaueversuch.

— Am Limberg gibt es einen auch nur kurzen Stollen, von dem nur das letzte Stück über ein mittelalterliches Schachtsystem zu erreichen ist. Dieses letzte Stollenstück ist nach einer Seite hin ausgeweitet.

— Bei dem Stollen im Nahtenkeller wie beim Stollen im Blauwald sind die jeweils ersten Meter der ansonsten erst in der Periode Sau(e)r aufgefahrenen Stollen von einer Dimension, dass man einen römischen Ansatz nicht ausschließen kann.

Einzig im Bereich des Verbruchs im oberen Emilianus-Stollen sowie am Limberg kann man römische Abbauversuche als gegeben ansehen.

Die Stollen zeigen einen einheitlichen Charakter. Man kann daraus schließen, dass sie jeweils in kurzer Zeit aufgeföhren wurden und nicht das Ergebnis eines mehrere Jahrhunderte andauernden Abbaus sind, wie es HECK sieht. Es hätte auch für einen Stollen, der kein positives Ergebnis brachte, keinen Grund gegeben, diesen über mehrere Jahrhunderte hinweg immer wieder zu betreiben.

Soweit bislang römisches Fundmaterial datierfähig war, wurde dieses dem 2./3. Jahrhundert zugeschrieben.

## **1.02 Das Problem der Rundschächte.**

Das größte und nicht absolut zu lösende Problem in Bezug auf den römischen Bergbau stellen die Rundschächte dar.

- Es gibt eindeutig römische Stollen. Diese können mit Rundschächten in Verbindung stehen. Von daher könnte man diese Rundschächte als römisch ansehen.
- Es gibt zwar sehr viele Rundschächte, aber keine, von denen Strecken oder Abbauorte ausgehen, die so dimensioniert sind, dass sie als römisch gedeutet werden müssten.

Alle Rundschächte haben ausnahmslos den gleichen Charakter. Es gibt keine Abweichungen, die Unterscheidungen ermöglichen würden. Die durch den engen Raum erzwungene Arbeitsweise ist im Prinzip immer die gleiche.

Die Technik der Stollen ist nicht die Technik der Schächte. Die Keilhaue ist ein Werkzeug, das am besten im Stehen und mit Einsatz des ganzen Körpers benutzt werden kann. Im engen Schacht ist dieses Werkzeug nicht benutzbar. Die Schachtdurchmesser müssten wesentlich größer sein. Es gibt lediglich zwei vernünftige Körperhaltungen,

- entweder kniend mit den Fußspitzen im fertigen Schram
- oder in Hockstellung mit Unterstützung durch eine Art Melkschemel.

Der Ausbruch erfolgt durch einen ringförmigen Schram an der Schachtwand und weiteren Ausbruch der geschrämten Scheibe. Die Arbeit mit Spitzkeil/Spitzmeißel oder mit Bergeisen ist prinzipiell gleich, sie erfolgt auf einer Körperseite. Spitzkeil/Spitzmeißel, die direkt mit der Hand gehalten werden müssen, erzwingen eine stärkere Körperkrümmung als das gestielte Bergeisen.

Die Überzahl aller Schächte ist völlig problemlos dem Mittelalter zuzuschreiben. Zu diskutieren sind lediglich vier Schächte:

- der in den Oberen Emilianus-Stollen mündende,
- der den Unteren Emilianus-Stollen durchörternde,
- der vor dem Mundloch des Unteren Emilianus-Stollens,
- der "Schacht Zorzut".

Auf die beiden letzteren geht der Verfasser hier nicht ein. Bei den beiden anderen geht es um die Frage der Beziehung von Schacht und Stollen.

Beim Oberen Emilianus-Stollen ist der Schacht eindeutig jünger als der Stollen, denn im untersten Teil ist sein Querschnitt schräg in den Stollen hinein gezogen. Wäre er römisch,

so wäre seine Anlage weder zur Untersuchung des Vorkommens noch zur Bewetterung oder Förderung notwendig gewesen, für all dies war der Stollen ausreichend. Direkt an diesen Schacht schließt sich des weiteren eine mittelalterliche Arbeit an.

Beim Unteren Emilianus-Stollen geht der Schacht mit seinem Querschnitt ohne erkennbare Beeinflussung durch den angeschnittenen Stollen bis unter dessen Sohle. Hier könnte man am ehesten einen römischen Schacht vermuten. Dessen Zweck wäre dann die Untersuchung der Schichtenfolge gewesen. Da das Ergebnis jedoch völlig negativ war, so wäre die nachfolgende Auffahrung des Stollens letztlich sinnlos gewesen. Es kommt hinzu, dass die Keilhau als Werkzeug in jedem Falle die Grenzen des Schachts stark verändert hätte.

Wenn der Schacht nach dem Stollen entstanden wäre, so wie beim Oberen Emilianus-Stollen, dann wäre er als römische Anlage ebenso sinnlos. Für einen prinzipiell durchaus wahrscheinlich mittelalterlichen Schacht bleibt das Dilemma, dass der Schachtquerschnitt vom Stollen nicht erkennbar beeinflusst ist. Man muss die Entscheidung dann danach treffen, dass die Arbeit mit Schlägel und Eisen im Gegensatz zu der mit der Keilhau, so es der Bergmann wollte, durchaus in der Lage war, den Schachtquerschnitt ohne Abweichung beizubehalten.

Für einen mittelalterlichen Schacht ist es bemerkenswert, dass damit eine Schichtfolge untersucht worden wäre, in der sonst keine Arbeiten nachgewiesen sind.

Die Diskussion der beiden anderen Schächte muss offen bleiben. Deren römische Datierung geht über archäologische Funde, nicht über die Arbeitsspuren.

### **1.03 Das Ziel des römischen Bergbaus.**

Für SCHINDLER, der den Oberen Emilianus-Stollen ausgraben ließ, und den Verfasser war es keine Frage, dass die römische Tätigkeit auf Kupfererz ausgerichtet war. Während SCHINDLER von einer wirklichen Gewinnung ausging, sah der Verfasser nur einen Versuchsbergbau.

HECK lieferte einen neuen Ansatz, nämlich die Verwendung des Azurits als Basis für die Gewinnung von Ägyptisch Blau und nach Aufbereitung für ein weiteres Produkt "Iomentum". Die Deutung bezüglich des Ägyptisch Blau wurde vom Deutschen Bergbau-Museum und von Archäologen übernommen, zum "Iomentum" kann der Verfasser bislang nur Schweigen erkennen. Es ist interessant zu sehen, dass man in dem Bereich, in dem man eigene Kenntnisse hat (Bezug auf die Götterwelt beim "Iomentum") vorsichtig ist, die naturwissenschaftlichen Aussagen aber unreflektiert übernimmt.

Der Verfasser wird zeigen, dass diese Thesen von HECK keine belastbare Basis besitzen. Damit wäre dann aber die ursprüngliche Frage noch nicht entschieden.

Man darf vermuten, dass der Obere Emilianus-Stollen, der ja im als vererzt erkannten Horizont ansetzt, zuerst aufgefahren wurde. Wenn es in diesem zu einem Gewinnungsversuch kam, so hätte man bei ungenügendem Ergebnis doch weiter in diesem Schichtpaket explorieren müssen. Einem solchen Ansatz entspricht etwa der Stollen Bruss. Ansonsten

gab es noch Erzspreuen in dem konglomeratischen Sandstein an der Grenze des mittleren zum oberen Buntsandstein.

Warum legte man dann aber einen Stollen an in der dazwischenliegenden Schichtenfolge, die auch an anderen Orten vollständig erzleer ist, und fährt diesen Stollen dann noch mit einer übertriebenen Steigung auf? Die Wasserlösung und Bewetterung des Oberen Emilianus-Stollens war jederzeit ausreichend, eine Hilfsfunktion kann dem Unteren Emilianus-Stollen nicht zukommen.

Man kann eine solche Frage nur beantworten, wenn man die Modellvorstellung und/oder die Erfahrungen der römischen Bergleute kennt. Ein Bergbau entsteht nicht zufällig. Man braucht eine Person, die die sichtbaren Hinweise deuten kann. Diese Person hat an anderer Stelle Erfahrungen gesammelt. Mit diesen Erfahrungen will diese Person dann hier Entsprechendes nachvollziehen.

Wenn dort, wo die Erfahrung gesammelt wurde, tatsächlich Azurit für die Produktion von Ägyptisch Blau gewonnen wurde, dann wird diese Person hier das Gleiche versuchen. Sie wird dann an unterschiedlichen Stellen arbeiten, aber nur dort, wo sie erwarten darf, dass Azurit gefunden wird.

War Azurit oder ein anderes sekundäres Kupfermineral dort, wo die Erfahrung gesammelt wurde, lediglich ein Anzeichen für ein reicheres Kupfererz in der Nähe, so wird man auch die Anzeichen in der konglomeratischen Sandsteinbank wie in dem Horizont knapp an der Basis des Voltziensandsteins nicht als das verstanden haben, was man gewinnen wollte, sondern als einen Hinweis auf ein reicheres Vorkommen. Der Abbauersuch im Oberen Emilianus-Stollen hatte dieses Vorkommen nicht erbracht. Dann hätte es möglicherweise zwischen den beiden Horizonten liegen können. Der Untere Emilianus-Stollen setzt direkt über dem konglomeratischen Sandstein an und durchörtert die gesamte Schichtenfolge und wäre bei weiterem Vortrieb wenige Meter unterhalb des Abbauersuchs gekommen. Der Stollen hätte damit sowohl eine größere Fläche wie auch das fragliche Gesteinspaket erkundet.

Für das mögliche Modell wäre es eine sinnvolle Untersuchungsarbeit gewesen. Das Modell war jedoch nicht das richtige.

Der Verfasser bleibt also dabei, dass Kupfererz gesucht wurde, das Vorkommen aber nicht den Anforderungen entsprach, es sich also um einen Bergbauersuch gehandelt hat.

#### **1.04 Die römischen Abbauräume.**

Bekannt sind Abbauten im Oberen Emilianus-Stollen und in dem System am Limberg, das unter einem Steinbruch liegt. In beiden Fällen handelt es sich um Weitungsbaue. Senkrecht zur Richtung des Stollens wurde nach beiden Seiten jeweils ausgeweitet. Am Limberg sind dies maximal 6 m. Im oberen Emilianus-Stollen kommt die gleiche Größenordnung in Frage. Die Spuren weisen am Seitenstoß senkrecht von oben nach unten (Limberg) und an der Sohle senkrecht vom Seitenstoß zum Stollen. Ein absolut klares Schema.

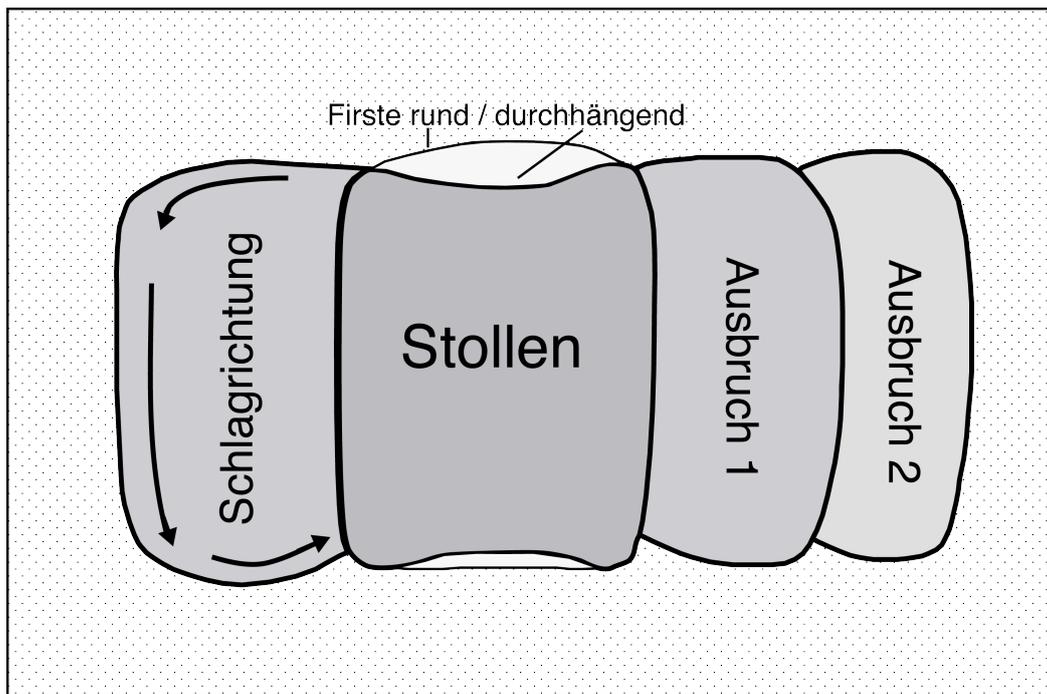


Abb.1:  
Schema des römischen Weitungsbaus ausgehend vom Stollen.

Versatz wurde nicht eingebracht. Da der Abbau im Oberen Emilianus-Stollen noch nicht die Unterkante einer starken Felsbank erreicht hatte, führte dies letztlich zum völligen Verbruch. Über diesem Verbruch spannt sich noch eine Felsdecke. Am Limberg hat der Steinbruchbetrieb eine solche, eventuell vorhanden gewesene Decke zerstört.

Es handelt sich also um ein völlig klares und eindeutiges Arbeitsschema, das sich vom mittelalterlichen grundsätzlich unterscheidet und nicht verwechselt werden kann.

### 1.05 Der Stollen Bruss (Übersicht nach Arbeiten des Verfassers).

Der Verfasser hat 1966 unter Mithilfe seiner Frau und von Werner BARTH einen Zugang in den Stollen Bruss und dessen Verbruchzone im vorderen Bereich geschaffen, den Stollen mit einem Kompasszug vermessen, aufgezeichnet und fotografiert.

Das damalige Ergebnis entspricht nach wie vor den heutigen Ansichten des Verfassers. In der Anlage handelt es sich ausschließlich um einen römischen Stollen ohne jeden Abbau. Der Stollen erschließt heute drei Bereiche mittelalterlicher Arbeiten, den ersten im Bereich der Verbruchzone, den zweiten ausgehend vom rechten Stoß des Stollens in dessen hinterem Bereich und den dritten in einem Bereich hinter dem ehemaligen römischen Ortsstoß.

Dieses dritte mittelalterliche System ist mitsamt seinem Schacht erschlossen. Es zeigt sich als eine Einheit, die sehr klar die typischen Merkmale der "Keilreihenmethode" aufweist.

Die Anlage von zwei Seitenschrämen und eines Grundschräms erzeugt primär glatte Flächen mit dicht liegenden Werkzeugspuren. Die Keillöcher können teilweise erhalten bleiben. Der Abriss des Blocks erzeugt eine schräg gestellte Fläche. Diese kann durch Nacharbeiten grobe oder feine Werkzeugspuren aufweisen, vielfach streifend, durchaus aber

auch senkrecht auftreffend, also punktförmig. Die Arbeitsweise führt zu scharfen Kanten und Flächen.

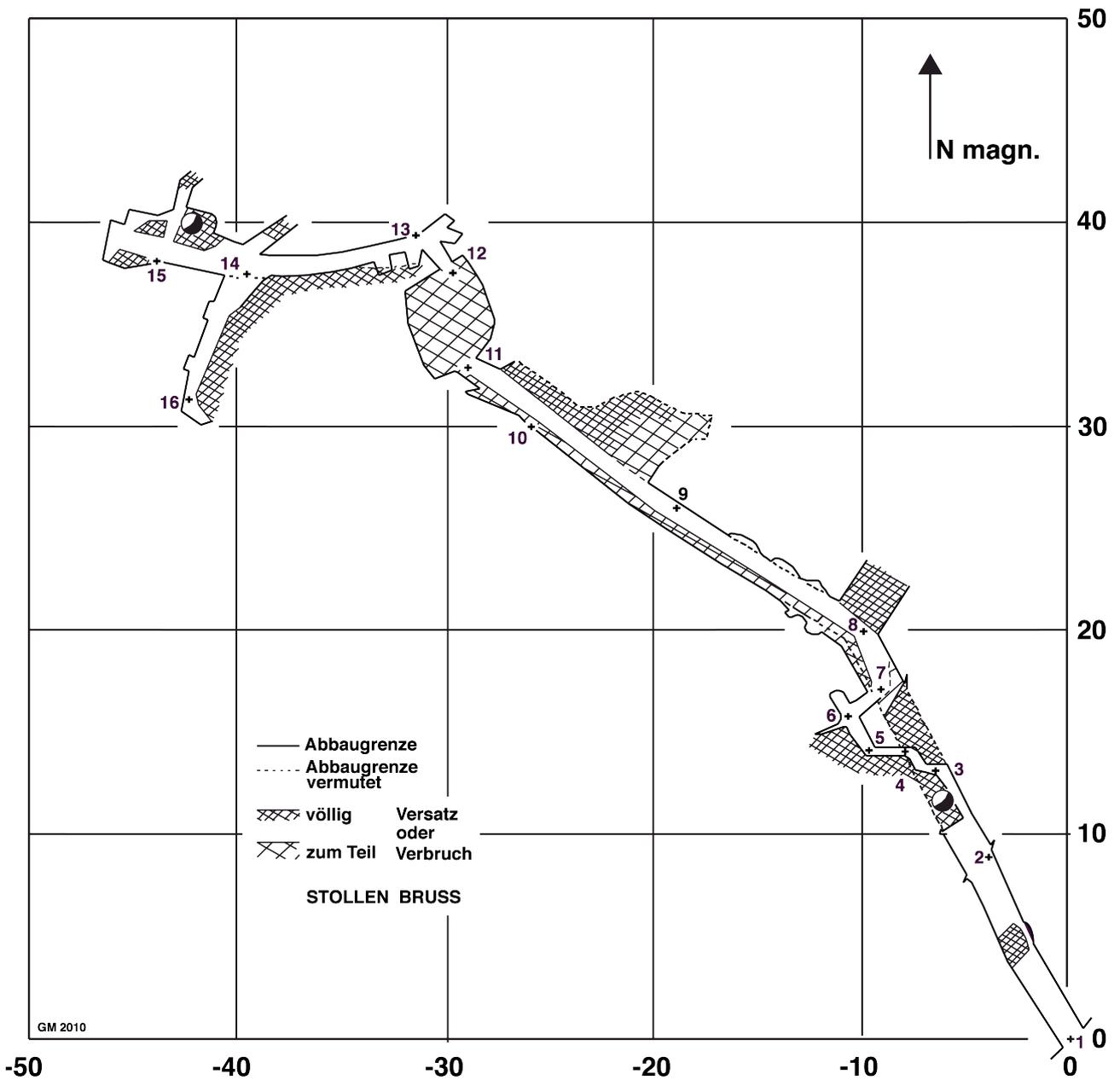


Abb.2:

Grundriss des Stollens Bruss, umgezeichnet und verändert nach MÜLLER 1967.

Bei der Berechnung des Kompasszuges war dem Verfasser ein Fehler (Pkt.13 nach Pkt.14) unterlaufen. Dadurch war der hinterste Bereich des Stollens falsch dargestellt worden. Der Fehler ist hier berichtigt.

Ein Versturzkegel zwischen Pkt.2 und Pkt.3 wurde als möglicher Schacht gedeutet. Er ist nicht gesichert.

Die beiden anderen Bereiche entsprechen sich in der Arbeitsmethode, zeigen aber nicht das gleiche klare Bild. Das liegt daran, dass die Ausrichtung der einzelnen Blöcke

zueinander vielfach wechselt, statt eines weiteren Blocks in Gesamthöhe nur noch einer mit geringerer Höhe im Basisbereich angesetzt wird.

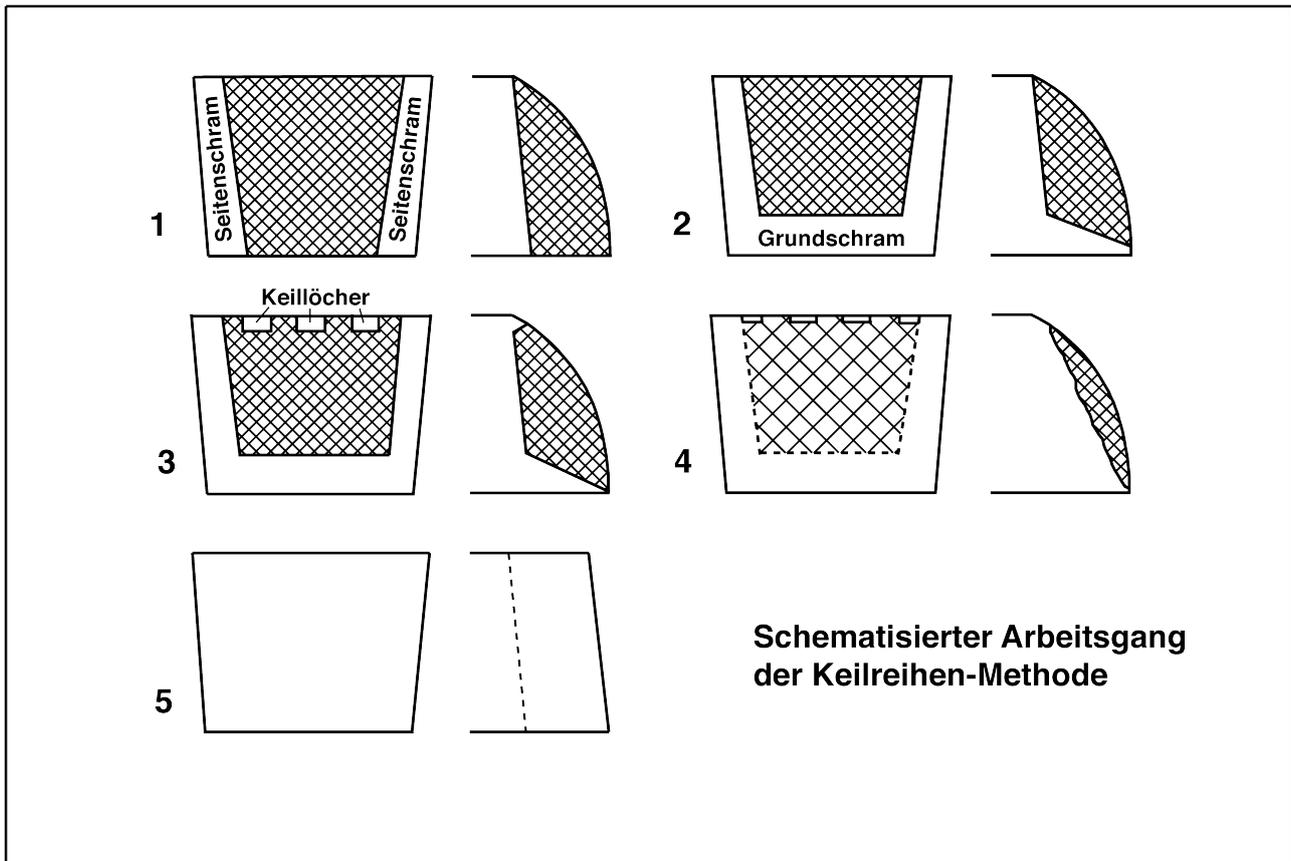


Abb.3: Schema der mittelalterlichen Vortriebs- und Gewinnungsmethode, umgezeichnet nach MÜLLER 1967.

Versucht man die beiden Ausbildungen miteinander zu vergleichen, so kann man der "klassischen" Methode zuschreiben, dass sie planvoll vorgeht, sich nicht an den kleinen lokalen Details orientiert, damit viel Arbeit in Exploration und Ausrichtung investiert. Die Arbeitsräume sind klarer und geräumiger. Das beste Beispiel dafür ist der Systemteil "A" (MÜLLER 1967, S.266), der nach heutigem Kenntnisstand als eine bewusste Exploration zu deuten ist.

Die andere Ausbildung orientiert sich stark an den direkt lokal gegebenen Möglichkeiten und minimiert den Arbeitseinsatz. Vorliegender Azurit wird mit geringerem Aufwand gewonnen, aber es wird nicht exploriert. Die Arbeitsräume sind enger und unübersichtlich.

Der Verfasser hat diese Ausbildung schon einmal der Verfallszeit zugeordnet. Dies hat nur den Rang einer Vermutung.

Durch die Gewerkschaft "Paulshoffnung" (1855-1866) wurde der Stollen Bruss aufgewältigt und untersucht. Das ist zwar nicht durch Akten belegt, geht aber vor allem aus den Spuren der Schießarbeit (Sprengarbeit) hervor. Die Firste des Stollens wurde im vorderen Bereich etwas nachgerissen. Streng genommen ist lediglich feststellbar, dass es sich um eine Schlägel-und-Eisen-Arbeit handelt, die man auch dem Mittelalter zuschreiben könnte,

da dieses aber keinen Wert auf aufrechtes Gehen gelegt hat, ist das eher unwahrscheinlich.

Zwischen Pkt. 11 und Pkt.12 findet sich eine kleine Weitung von 4,6 m Höhe, die auf "Paulshoffnung" zurückzuführen ist. Es lässt die Vermutung zu, dass hier möglicherweise eine kleine Primärmineralisation existierte.

## 1.06 Der Stollen Bruss (Diskussion).

MÜLLER (1967,S.261):

"Ein Grundriß des Stollens Bruss ist auf Abb.3 zu sehen. Römisch ist ausschließlich der Stollenvortrieb bis zum Pkt.11, wo ehemals der römische Ortsstoß stand. Eventuell römisch könnte noch der bei Pkt.8 nach NE abgehende Abbau sein. Da räumlich keine Möglichkeiten mehr zur Aufwältigung bestanden, bleibt dies unentschieden. Alle übrigen Abbauten und Arbeitsspuren sind mittelalterlich und neuzeitlich."

WEISGERBER u. SPRAVE (2000, S.45):

["Von einer Aufwältigung und Befahrung des Systems durch Dr. Gerhard Müller \(Saarbrücken\) im Jahre 1965/66 und durch dessen uns zur Verfügung gestellte Dokumentation ist bekannt, dass im weiteren Verlauf des Stollens mit ungestörten römischen Abbauen mit Versatzdeponierungen gerechnet werden darf."](#)

Der Verfasser hatte auf eine entsprechende Bitte hin, Herrn WEISGERBER seine vollständigen Aufzeichnungen und Fotos des Stollens Bruss überlassen. Auf Grund dieser sehr begrenzten Kenntnisse, ohne eigene Erfahrung und entgegen der Auffassung des Verfassers, war das Deutsche Bergbau-Museum sich sofort sicher, dass es sich um ungestörten römischen Abbau handelte.

Diese als sicher dargestellte Ausgangshypothese war es, die Anträgen für öffentliche Gelder zu Grunde gelegt wurden, und zu den umfangreichen Arbeiten im Stollen Bruss durch das Deutsche Bergbau-Museum, vor allem unter der Leitung von KÖRLIN, führte. Der römische Abbau war zu beweisen. Folgerichtig sprachen alle Verlautbarungen und Veröffentlichungen vom römischen Abbau; beweiskräftige Argumente wurden nicht geliefert. Die Hypothese von HECK, dass Wallerfanger Azurit die Basis der Gewinnung von Ägyptisch Blau war, wurde akzeptiert, da dadurch ja ein römischer Abbau unbedingt erforderlich war.

Von den drei mittelalterlichen Abbaubereichen wird der hinterste auch vom Deutschen Bergbau-Museum als mittelalterlich akzeptiert. Die beiden anderen sind für das Deutsche Bergbau-Museum römisch, wobei ein Teil des vorderen Bereichs in der Verbruchzone heute nicht mehr zugänglich ist.

Der Abbaubereich auf dem rechten Stoß des römischen Stollens kurz vor dessen Ende gehört wahrscheinlich zu zwei mittelalterlichen Systemen. Das eine System eröffnete den Abbau vom römischen Stollen her. Über die ganze Wand des Stollens sind regelmäßig an der Firste die Keillöcher mit Keilspuren noch erhalten. Bei der Ausräumung des Abbaus, der sich als größer erwies, als vom Verfasser einzusehen war, wurde noch ein Rundschacht angefahren, sodass innerhalb des ausgeräumten Bereichs eine Systemgrenze vorliegen sollte.

Dieses Gesamtsystem ist weniger schön als mittelalterlich zu erkennen, das liegt daran, dass es nicht die "klassische" Ausbildung zeigt und weiter, dass es vollständig unter Wasser stand und verlehmt wurde. Der Abbau fuhr keine standardisierten Räume mehr auf, zumindest dann nicht mehr, wenn die Grenze einer Bauwürdigkeit erreicht wurde. Die Keilreihenmethode wurde dann zwar immer noch angewendet, allerdings wurde die hereingewonnene Höhe geringer gewählt. So erscheinen gegebenenfalls abgestufte Abbaugrenzen, die letztlich nur noch einem Schram entsprechen.

Weiter baute dieser Abbau in einem Sandsteinpaket mit zum Teil sehr reichlichen Glimmerlagen und stark wechsellagernden Sandsteinen. Das bedeutet, dass die Firste entweder leicht verbrechen konnte oder auch entsprechend hereingewonnen wurde, und damit die Reste der typischen Keillöcher verschwunden sind.

Hinweise für die Deutung des Systems als mittelalterlich finden sich bei den entsprechenden Fotos.

### **1.07 Die "römischen" Lampennischen.**

KÖRLIN (2010, S.180):

"An zwei Stellen auf Höhe des Abbauraums 1, befanden sich jeweils zwei kleine Lampennischen dicht nebeneinander (Abb.12). Leider ist lediglich die obere Hälfte der Nischen erhalten, breite Keilspuren deuten darauf hin, dass die bereits ausgehauenen Taschen bei der Anlage des Abbauraums genutzt wurden, um Steinmaterial abzukeilen. Ihre Funktion als Lampennische ist allerdings aufgrund von Rußspuren, die sich genau oberhalb der Taschen an der Firste bzw. am Stoß befinden, eindeutig."

Was KÖRLIN als Lampennischen beschreibt, sind eindeutige Keillöcher. Was die Rußspuren anbelangt, so fehlen solche meist oder sitzen sogar auf den Abrissflächen nach dem Abkeilen. Auf einer Länge von grob 9 Meter lassen sich am Übergang vom römischen Stollen in den Abbauraum 14 Keillöcher nach ihren Spuren nachweisen. Die Abstände sind unregelmäßig. Es könnten ursprünglich mehr Keillöcher gewesen sein.

Wenn dies zum größten Teil nie benutzte "Lampennischen" waren, die dann lediglich deshalb zum Abkeilen benutzt wurden, weil sie schon einmal da waren, dann muss man aber auch fragen, warum solche "Lampennischen" in den Bereichen des römischen Stollens völlig fehlen, wo kein Abbau versucht wurde.

### **1.08 Die "römische" Schaufel.**

BODWING, Johannes A. (2008-07-09):

"Nur wenige haben diese Schichtungen bislang gesehen, die fast 1800 Jahre lang in einen rund 20 m tiefen Schacht gespült wurden. „Dort unten lag die Schaufel“, weist Körlin zum Boden. 63 Zentimeter ist diese Schaufel noch lang, mit hölzernem Stiel und gebrochenem Blatt aus Metall."

ANONYM (2008):

"Bei neuen Grabungen in den historischen Bergwerken bei St. Barbara im Wallerfanger „Blauloch“ haben Experten des Deutschen Bergbaumuseums in Bochum in diesem Sommer einen aufsehenerregenden Fund gemacht. Sie entdeckten in einem alten römischen Stollen, der nach dem früheren Eigentümer als „Stollen Bruss“ bezeichnet wird, eine Schaufel, die dort offenbar einst von römischen Bergleuten zurückgelassen wurde. Das Werkzeug lag in der Verfüllung eines Abbauräumens und wurde dort entweder vergessen oder als unbrauchbar weggeworfen. *„Nicht nur das eiserne Blatt, sondern auch der hölzerne Stiel sind, bedingt durch die Einlagerung in feuchtem Lehm, noch gut erhalten“*, teilte das Landesdenkmalamt in Saarbrücken mit. „Das ist extrem selten, und entsprechend begeistert sind die Archäologen.“

SLOTTA, Rainer (2008, S.3-4):

"Herr Tönjes führt aus: [...] Die römischen Bergleute haben den Abbau nach Beendigung der Arbeiten planmäßig aufgegeben und geräumt, so dass bislang nur einige wenige Funde, z.B. Scherben und Eisennägel gemacht werden konnten. In diesem Jahr allerdings konnte der Teil einer Schaufel freigelegt werden, mit einem hölzernen Stiel und einem eisernen Blatt, das allerdings vorne abgebrochen war. Vermutlich hatte man die Schaufel deshalb auch zurückgelassen. [...] Für eine genaue Datierung muss noch die Holzanalyse abgewartet werden, die derzeit bei der ETH in Zürich durchgeführt wird."

KÖRLIN (2009, S.33):

"Wie in den Vorjahren wurden kaum Funde geborgen, ein sicherer Hinweis auf eine geplante Auffassung des Bergwerks. Fast ausnahmslos kamen nahezu komplett durchkorrodierte Eisenobjekte zu Tage, deren Ansprache leider nicht mehr möglich ist. Eine Ausnahme bildet lediglich das Fragment einer Schaufel, die allerdings aus der Zeit einer jüngeren Nachnutzung stammt. Die Schaufel besitzt einen hölzernen Stiel mit einem eisernen Blatt, sie wurde auf dem Versatz in der Nähe des Schachtes gefunden. Eine bei der ETH Zürich durchgeführte <sup>14</sup>C-Analyse ergab eine Datierung von 1470-1670 n.Chr."

KÖRLIN (2010, S.186):

"Im Stollen Bruss kamen bislang kaum Funde zutage. Dies spricht für einen sehr sorgfältig aufgelassenen Betrieb. Lediglich zwei unverzierte römische Keramikfragmente sowie einige Dutzend Eisenobjekte konnten geborgen werden. Die Scherben dürften von einem Topf oder Krug stammen. Die Funktion der Eisenobjekte lässt sich nicht bestimmen, die Stücke sind vollständig korrodiert, Eisenkerne haben sich fast nie erhalten. Aufgrund der Größe der Stücke wird man in den meisten Fällen an Eisennägel denken dürfen. Die Scherben kamen im Stollen zutage, die Eisenobjekte stammen fast ausschließlich aus dem Versatz in den Abbauräumen."

Die "römische" Schaufel hat zunächst im Saarland zu einer starken Publikation geführt. Auch in einer Beilage zum Anschnitt wurde sie erwähnt. Nach Datierung ins ausgehende Mittelalter, also in die Zeit des mittelalterlichen Bergbaus, wurde es still um diese Schaufel. Die Presse hat die Sensationsmeldung nicht revidiert, Der Bericht in der Beilage zum Anschnitt des folgenden Jahres geht nicht mehr darauf ein.

Allerdings hat KÖRLIN zweimal für Klarheit gesorgt, einmal bei einem Vortrag in Wallerfangen (2008-11-07) und in KÖRLIN (2009, S.33). Wer allerdings bei KÖRLIN (2010) einen Verweis auf diese Arbeit im Literaturverzeichnis sucht, findet da nichts.

Wenn man, aus der Sicht des Verfassers, ein einwandfrei mittelalterliches Schachtsystem konstant als römisch bezeichnet, wie es das Deutsche Bergbau-Museum tut, so ist dieser Fund nicht gerade beweiskräftig für die Datierung als römisch. Man kommt in Erklärungsnöte.

Zunächst einmal wurde in den ersten Meldungen berichtet, dass die Schaufel am Boden lag. Im Vortrag (2008) und bei KÖRLIN (2009) lag die Schaufel dann auf dem Versatz. Im Vortrag wurde der Fund so gedeutet, dass der Schacht römisch sei, bis ins Mittelalter offen stand, die Schaufel dann in den Schacht fiel, und der Schacht später verfüllt wurde.

2010 versuchte das Deutsche Bergbau-Museum diesen Schacht auszuräumen. Da sich aber schnell zeigte, dass er über einige Meter nicht standfest war und zu verbrechen drohte, wurde er sofort wieder verfüllt. Dieser Versuch machte sehr deutlich, dass dieser Schacht nach Auffassung gleichgültig zu welchem Zeitpunkt sofort verbrechen musste.

Die erste Deutung wurde schnell verworfen, so erscheint bei KÖRLIN (2009) eine jüngere Nachnutzung. Allerdings wurde dieses System bislang ausschließlich als römisch bezeichnet und war so vollständig mit Versatz und eingeschwemmtem Sand verfüllt, dass da niemand nachnutzen konnte, ohne erkennbare Spuren der Aufwältigung zu hinterlassen.

Ein Foto von 1965 aus dem römischen Stollen in Richtung auf diesen Schacht zeigt eine völlig unversehrte Oberfläche der vom Schacht eingeschwemmten Massen. Die Höhe des verbliebenen Hohlraums ist viel zu gering, um darüber zum Schacht zu gelangen. Auch ein Schnitt durch diese Massen durch das Deutsche Bergbau-Museum zeigt, dass die Schichtung völlig unversehrt geblieben ist.

Die durch den Schacht einfließenden Schlämme haben die Schaufel eingebettet. Danach ist nichts mehr geschehen. Schacht und Schaufel sind prinzipiell gleichaltrig.

Die Schaufel führt zu einer letztlich fundamentalen Kritik an der Arbeit des Bergbau-Museums. Es arbeitet untertage ähnlich wie die Archäologie obertage. Der Abbauraum wird geleert, die Massen werden nach Fundmaterial sorgfältig durchgearbeitet. Dagegen ist letztlich nichts einzuwenden, soweit dies nur einen Teil der Arbeit darstellt. Das Ergebnis ist allerdings so mager, wie es erfahrungsgemäß in mittelalterlichen Systemen zu erwarten ist (abgesehen von der Schaufel!). Das Eigentliche der archäologischen Arbeit untertage findet nur ansatzweise statt mit wenigen Beschreibungen. Der Abbauraum ist im Gesamtplan des Stollens Bruss nur eine kleine Fläche. Es fehlt eine selbstständige Graphik mit Eintragungen dessen, was bergbaulich wesentlich ist, zumindest Versatz, Versatzmauern, freie Abbaustellen, Kriechstrecken, Abbaurichtungen. Zu kartieren wären die Keillöcher und Keilspuren, Flächen, die mit der mittelalterlichen Keilreihenmethode in Verbindung zu bringen sind, Seitenschräme, nachgearbeitete Abrissflächen. Während die Firste durch das Ablösen an Schichtflächen spurenarm werden kann, bleiben an der Sohle praktisch alle Spuren erhalten, da hätte sich manches ablesen lassen.

Eine Grabung erbringt keine Zeitstellung, lediglich Arbeitsspuren. Die Zeitstellung ist Deutung. Bis zur Datierung der Schaufel wurden alle Spuren als römisch gedeutet. Danach war die Rede von einer Nachnutzung. Dann müsste ein Teil der Spuren, die vorher als römisch gedeutet wurden, jetzt als mittelalterlich gedeutet werden. Die Schaufel ist keine

Spur. Eine Diskussion der "römischen" Spuren und derer der "Nachnutzung" im System findet nicht statt. Es wäre dann auch zu diskutieren, warum man solche Spuren zunächst falsch gedeutet hat.

Letztlich ist es so, dass es keine Unterschiede in diesem Abbau gibt, die für zwei grundverschiedene Perioden sprechen würden. Man hat solche Unterschiede vor der Datierung der Schaufel nicht festgestellt. Wäre das der Fall gewesen, so hätte man sich zunächst wesentlich vorsichtiger über den Fund geäußert. Man kann sie auch jetzt nicht aufzeigen. Es gibt sie nicht.

## 1.09 Die "römische" Wasserseige.

SLOTTA, Rainer (2006):

"Bei der Freilegung der Sohle wurde im vorderen Bereich des untersuchten Teilstückes wiederum eine vermutlich mittelalterliche Astlage angetroffen, die sich vor allem in den Bereichen findet, die stark rutschgefährdet sind. Erstmals konnte auch an einer Stelle der nachgerissene Teil der Sohle komplett freigelegt werden – dort wurde eine sehr gut erhaltene Wasserseige angetroffen, die eine Teufe von 1,55 m besitzt, so dass der Stollen an dieser Stelle eine Gesamthöhe von 2,90 m (!) besitzt. Nach den Gezähespuren zu urteilen, wurde die Wasserseige bereits in römischer Zeit angelegt; die Ausmaße sind zwar nicht einzigartig im römischen Imperium, aber auf jeden Fall ungewöhnlich und stehen im Gegensatz zu der Anlage nur schmaler Rinnen zur Wasserhaltung im benachbarten Emilianus-Stollen. Dennoch zeigt sie, dass die Wasserhaltung zu erheblichen Anstrengungen und Investitionen in römischer Zeit geführt hat."

KÖRLIN (2010, S.180-181):

"Das Besondere am Stollen Bruss ist seine Wasserseige, ein in die Sohle eingetiefter Kanal, der das zusitzende Wasser ableiten soll. Wasserseigen wurden in vielen römischen, mittelalterlichen und auch noch neuzeitlichen Gruben benutzt, die Anlage an sich stellt daher keine Besonderheit dar. Ungewöhnlich sind allerdings die Ausmaße, die diese Wasserseige besitzt. Im Bereich eines Querschnittes auf der Höhe von Abbauraum 1 wurde die komplette Verfüllung bis auf die Sohle der Seige entfernt (Abb.11). Dabei wurde eine Teufe von 1,55 m erreicht; bei einer Höhe des Stollens von 1,4 m an dieser Stelle ergibt sich eine lichte Höhe von 2,95 m. Die Breite der Wasserseige beträgt zwischen 66-83 cm auf Höhe der Stollensohle und verjüngt sich nach unten hin auf ca. 40 cm. Damit nimmt die Seige etwa die Hälfte der Breite des Stollens ein. Falls es keine Einbauten wie Bühnen o.ä. gegeben haben sollte, hätte dies eine erhebliche Behinderung der Förderung bedeutet. Selbst die schmale Seige im Oberen Emilianus-Stollen war abgedeckt.

[...]

Die Gezähespuren entsprechen den kurzen kräftigen Spuren an Firste und Stößen und stammen von einer Keilhau. Daher kann die Wasserseige in die römische Betriebsperiode datiert werden.

[...]

Notwendig wurde die Anlage dieser Wasserseige, da die Lagerstätte bergewärts schräg einfällt. Möglicherweise war sie im Vorfeld nicht ausreichend prospektiert worden oder der Neigungswinkel, in dem der Stollen aufgeföhren wurde, wurde

nicht richtig berechnet (vorausgesetzt, die Schächte waren zuerst abgeteuft worden). Dies hatte zur Folge, dass der Abbauraum voll Wasser lief. [...] Die diesjährige Grabung hat jedoch gezeigt, dass aufgrund eines Absatzes zwischen Abbauraum und Seige der Abbauraum 1 nicht oder nur bei einem relativ hohen Wasserstand in die Wasserseige entwässert. [...]

Die Anlage dieser tiefen Wasserseige bedeutete für die römischen Bergleute einen erheblichen Mehraufwand und damit auch einen entsprechenden Zeit- und Kostenfaktor. Die Bedeutung bzw. die Ergiebigkeit der Lagerstätte wurde aber offensichtlich so hoch eingeschätzt, dass das in Kauf genommen werden konnte."

Zunächst erscheint es sinnvoll zu klären, worum es eigentlich geht. KÖRLIN beschreibt eine nur örtlich nachgewiesene Erscheinung, nämlich eine unter die Stollensohle gehende Arbeit von 1,55 m. Über die Erstreckung dieser Arbeit über den gesamten Stollenverlauf liegt keine belastbare Aussage vor, da, soweit es der Verfasser weiß, an keiner anderen Stelle so tief gegraben wurde.

Nun könnte das betreffende Loch so tief sein, wie es wollte, die Frage ist, ob das Wasser entsprechend tief hätte abfließen können. Das ist nicht der Fall. Am Stollenmundloch liegt der originale römische Querschnitt vor. Dieser ist zwar erkennbar deutlich vertieft worden. Allerdings wurde nicht die gesamte Sohlenbreite nachgerissen. Entweder auf einer oder auf beiden Seiten verblieben schmale Stege. Da es sich dabei jedoch um eine Arbeit handelt, die mit einer später zu datierenden Astpackung verknüpft ist, konnte zu römischer Zeit das Wasser lediglich über die normale Stollensohle ablaufen. Da spielt es auch keine Rolle, dass der (mittelalterliche, nicht römische!) Abbau in dieses Objekt nicht hinein entwässern konnte, obwohl dazu eine nicht allzu tiefe schmale Rinne ausgereicht hätte.

Der Leser sollte sich darüber klar sein, eine wie geringe Intelligenz man den römischen Bergleuten hier zuspricht. Sie fahren zunächst einen Stollen mit deutlicher Steigung auf, bei dem das Wasser problemlos über die Stollensohle ablaufen kann. Dann entschließen sie sich eine sehr tiefe Wasserseige anzulegen. Sie beginnen damit aber nicht am Mundloch des Stollens sondern weit im Innern. Zuletzt schaffen sie es noch nicht, den etwas tiefer liegenden Abbauraum durch eine nicht allzu tiefe, schmale Rinne zu entwässern.

Ein Vertikalschnitt über den Stollenverlauf hätte für den Leser bequem Klarheit verschaffen können.

Bei der Deutung dieser "Wasserseige" muss man gegebenenfalls zwei Punkte auseinander halten. Es gibt, ob nur über Teilstücke oder den ganzen Stollen kann der Verfasser nicht aussagen, ein Nachreißen der Stollensohle. Dieses erreicht eine Tiefe um 0,5 m. Die Bedeutung dieses Nachreißen ist unklar. Die deutlich stärkere Vertiefung, wie sie die Freilegung an einer Stelle gezeigt hat, kann damit nichts zu tun haben. Sie ist zu verstehen als eine Untersuchungsarbeit, ob unter der Stollensohle noch ein weiterer vererzter Horizont zu finden war. Wenn diese Untersuchung sich nur auf eine geringe Länge erstreckt, so wäre sie als Gesenk zu bezeichnen, über eine größere Länge würde es sich um eine Strosse handeln.

Das Alter der Arbeit steht offen. Die beiden Seitenstöße sind sehr eben, wesentlich glatter als die Seitenstöße des Stollens. Die Grenze zur Sohle völlig scharf, die Sohle einwandfrei eben. Das spricht für eine Schlägel- und-Eisen-Arbeit.

Man muss jedoch auch bedenken, dass beim Tiefergehen eine Keilhaue mit einer Körperhaltung benutzt wird, die durchaus gestattet, einen ebenen Stoß zu erzielen. Dann muss

man mit zwei Seitenschrämen arbeiten. Der entstehende Stoß unterstützt dabei die Lenkung des Werkzeugs. Die Ausbildung im Sohlbereich sollte dann aber an den beiden Seitenstößen eine wenigstens leichte Eintiefung und Rundung aufweisen, was nicht der Fall ist. Bei einem Mittelschram für den Einbruch würden die Seitenstöße durch das ungelentete Arbeiten wesentlich gröber ausfallen.

Der Stollen war im Abbaubereich ursprünglich etwa bis zur halben Höhe versetzt. Dieser Versatz war vollständig mit Schwemmsand eingedeckt. Wohl durch Arbeiten der Gewerkschaft Paulshoffnung war in diesen Komplex aus Versatz und Sand ein schmaler Weg geschaffen worden, zum Teil indem Material lediglich umgelagert wurde.

Da der Versatz mittelalterlich ist, die "Wasserseige" aber unter diesem Versatz lag, muss diese Arbeit in jedem Fall vor dem Teilversatz liegen.

Macht man den Abbau römisch, wie es KÖRLIN tut, so muss der Versatz auch römisch sein. Die Römer haben dann die "Wasserseige" hergestellt, anschließend wieder zugeworfen, letztlich auch den eigenen Weg durch den Stollen stellenweise bis zur halben Höhe verfüllt.

## 1.10 Die Holzpackung.

KÖRLIN u. MÜLLER (2004, S.85):

"[...] fand im Stollen Bruss eine Sondagegrabung statt. [...]"

Bereits beim ersten Spatenstich wurden Holzreste angetroffen. Nach einem Bodenabtrag von ca 10 cm kamen unter einer Packung von Sandsteinen weitere Holzreste zutage. Offensichtlich wurden hier mehrere Lagen unbearbeitete Äste samt Rinden und Zweigen verlegt. Unter der Lage der Querhölzer konnten weitere 2-3 Lagen mit zahlreichen Holzresten freigelegt werden, diesmal in Längsrichtung. Die Äste bilden vermutlich verschiedene Laufhorizonte, die im Lauf der Zeit nötig wurden, da das fast ständig fließende Wasser zusammen mit dem eingespülten Lehm den Untergrund sehr rutschig machte und die einzelnen Lagen immer wieder zusedimentierte. Denkbar wäre auch, dass mit diesen Lagen eine feuchte und tiefe Stelle "überbrückt" bzw. aufgefüllt wurde, wofür die weitgehend waagrecht liegenden Hölzer sprechen würden. Bei einer geplanten Wasserführung müssten die Hölzer bergauswärts einfallen. Zumindest im Bereich der "vorderen" Hölzer war die antike Sohle um mindestens 50 cm nachgerissen worden. Die beschriebenen Hölzer stammen nicht aus der römischen Nutzungszeit des Bergwerks, sondern aus einer Zeit der Nachnutzung. Eine 14C-Untersuchung erbrachte einen Datierungsansatz von etwa 982-1166 n.Chr. Dies bedeutet, dass der mittelalterliche Bergbau in Wallerfangen wesentlich älter ist als bislang angenommen. Dies ist überraschend, denn die schriftlichen Quellen setzen erst 1492 ein."

Diese Holzpackung und ihre Deutung weist reichlich Merkwürdigkeiten auf:

— Die Datierung fällt in eine Zeit, in der mit einer nennenswerten wirtschaftlichen Tätigkeit allgemein kaum zu rechnen ist.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass alle Datierungen, die vom Deutschen Bergbau-Museum veröffentlicht wurden, lediglich Zeitspannen ohne jegliche Kommentierung angeben. Zumindest bei der hier bezogenen Probe wäre es wohl zu diskutieren, ob für den Zeitraum, in dem diese allgemein dünnen Hölzer nicht völlig dicht im Lehm eingeschlossen

waren, durch fließendes Wasser oder bakterielle Tätigkeit ein scheinbar jüngeres Alter bewirkt worden sein könnte.

— Für KÖRLIN kommt offensichtlich nur ein Zusammenhang mit Bergbau in Frage. Man muss sich jedoch fragen, welchen bergbaulichen Sinn eine solche Maßnahme haben sollte.

Der römische Stollen hatte genügend Gefälle, um das Wasser problemlos ablaufen zu lassen. Die Höhe des Stollens war jederzeit ausreichend. Warum nun zunächst den Stollen um grob 50 cm vertiefen und dann eine solche Packung aus dünnen Hölzern bis zu feinen Ästen einbringen? Kein Bergmann würde so etwas machen, um nicht auszurutschen oder sich nasse Füße zu holen. Bei starkem Wasserlauf täten es Trittsteine, Bretter oder ein aus Steinen gelegter und abgedeckter Kanal.

— Das nächste Problem ergibt sich daraus, dass KÖRLIN die Abbauräume, die sich im Stollen weiterhin anschließen, unbedingt römisch machen will. Es verbleibt als mittelalterlich für sie nur das hinterste Schachtsystem, das eindeutig vom Schacht her entwickelt wurde. Von diesem ist nicht sicher zu sagen, ob es einen Durchschlag bis in den römischen Stollen hergestellt hat. Es gibt also von diesen frühen mittelalterlichen Bergleuten keinerlei weitere Spuren.

— KÖRLIN zieht keinen direkten Vergleich mit dem Emilianus-Stollen, man kann diesen aber herstellen.

KÖRLIN (2010, S.176) bezogen auf den oberen Emilianus-Stollen:

"Das zuzitzende Wasser wurde mittels einer kleinen Wasserseige, die mit Steinplatten abgedeckt war, abgeleitet.<sup>13</sup>"

Der Bezug in der Anmerkung 13 "Schindler 1968, Seite 30f." (Studien) führt auf S.31 zur folgenden Aussage .

"Eine in den Fels gehauene Rinne diente der Wasserlösung. Über die Rinne waren zugehauene Platten gelegt. Dann folgte, soweit erhalten, eine Lage von drei Rundhölzern, je eines an den beiden Seitenwänden des Stollens und eines in der Mitte. Ob es sich hierbei um eine Gleitbahn für Transportschlitten oder um eine Unterlage für die darübergeschichteten Knüppelhölzer handelt, war wegen des unterschiedlichen Erhaltungszustands nicht eindeutig zu erkennen."

Bei SCHINDLER (1968, S.127, Erzmetall) steht:

"Eine mit Reisig und Steinplatten zugedeckte Felsrinne auf der Stollensohle diente als Wasserlösung."

Die beiden Schilderungen SCHINDLERs sind nicht identisch und völlig klar. Es hat aber doch sehr den Anschein, dass hier etwas Ähnliches angetroffen wurde wie im Stollen Bruss. Als bergmännische Einrichtung ist dies auch im Emilianus-Stollen nicht zu sehen.

— Da die Anlage nun einmal existiert, so sollte sie ja auch einen Zweck verfolgt haben. Es ist eindeutig, dass das Wasser aus dem Stollen durch die Holz-/Reisigpackung durchlaufen musste. Da es für den Verfasser keine Vorstellung gibt, dass damit beim Reisig etwas bewirkt werden sollte, dieses lag ja auch bei Beginn der Grabung noch vor, so kommt eigentlich nur in Frage, dass es sich um das Wasser handeln musste. Vermutlich handelt es sich also um eine Zweitnutzung des Stollens zur Wassergewinnung.

Die Reisigpackung ist in der Lage mitgeführtes Feinkorn zur Sedimentation zu bringen, sie könnte in Grenzen auch Wasser speichern, zumindest den Ablauf über längere Zeiten verstetigen. Ob das sich zersetzende Holz auf den Lösungsinhalt des Wassers sich auswirken konnte oder sollte, sei dahin gestellt.

— Der obere Buntsandstein zeigt keinen ausgesprochenen Quellhorizont, sodass eine Wasserversorgung auf dem schmalen Höhenrücken von St. Barbara wohl nicht unproblematisch war. Eine solche Nutzung des Stollens ist also vorstellbar, sofern eine Bevölkerung mit entsprechendem Bedarf nachweisbar ist.

## 1.11 Anmerkungen zu Details bei KÖRLIN (2010).

### Zu den Werkzeugspuren.

WEISGERBER u. SPRAVE (2000, S.46):

"1998 wurde der Stollen Bruss weiter freigeräumt. Ein Rückbau über der Stollenfirste zeigt sehr feine Spuren, wie sie für römischen Bergbau gemeinhin als typisch gelten können."

KÖRLIN (2010, S.181):

"Die Gezähespuren entsprechen den kurzen kräftigen Spuren an Firste und Stößen und stammen von einer Keilhaue. Daher kann die Wasserseige in die römische Betriebsperiode datiert werden."

S.183:

"Diese dritte Nische weist eindeutige Keilhauespuren auf, ist also der römischen Betriebsperiode zuzuweisen."

S.185:

"Kurze kräftige Gezähespuren belegen den Einsatz einer Keilhaue, daher kann der Abbauraum der römischen Betriebsperiode zugewiesen werden."

WEISGERBER hat einen eindeutig mittelalterlichen Abbau, der alle Eigenschaften der Keilreihenmethode trägt, fälschlich als römisch bezeichnet. Feine Spuren können für eine Keilhauen-Arbeit nicht als typisch gelten.

Ist dann andererseits die Aussage "kurze und kräftige" Spuren ein Beweis für den Gebrauch der Keilhaue?

Der Verfasser hat sich mit dem Problem der Werkzeugspuren intensiv auseinandergesetzt (MÜLLER 1968). Man muss sich zunächst einmal darüber klar sein, dass die einzelne Spur allenfalls etwas über die Spitze des Werkzeugs und die eingesetzte Energie aussagen kann. Mehr an Aussage ist in der Einzelspur kaum drin, sie kann von einer Keilhaue, einem Spitzkeil/Spitzmeißel, wie von einem Bergeisen stammen. Erst die gesamte Arbeit führt zu brauchbaren Aussagen.

Die Keilhaue ist ein ungeführtes Werkzeug (Ausnahme in einem engen Schram oder streichend an einer Fläche). Sie kann einen Zielpunkt nur ungefähr treffen. Um Wirkung zu erzielen, muss sie mit vollem Körpereinsatz benutzt werden. Zum Ausholen und Bewegen benötigt sie einen entsprechenden Raum, der eine Bewegung im Schultergelenk möglich macht.

Spitzkeil und Bergeisen sind geführte Werkzeuge. Sie können genau an dem Punkt angesetzt werden, wo sie wirken sollen und auch genau im gewünschten Winkel zur zu bearbeitenden Fläche. Da der Spitzkeil mit der Hand gehalten werden muss, ist der Körper näher am Objekt, die Einsatzmöglichkeiten eingeschränkt. Das gestielte Bergeisen lässt wesentlich mehr Spielraum zu, vor allem in sehr beengten Räumen. Die Bewegung kommt vorwiegend aus dem Ellbogengelenk.

Wenn man unter diesen Gesichtspunkten größere Flächen und Räume betrachtet, dann werden Übergänge oder Grenzen von Flächen zueinander bei einer Keilhaue immer mehr oder weniger rundlich ausfallen. Das ist an den römischen Stollen zur Genüge zu sehen.

Diese besitzen auch die großen Dimensionen, die einem solchen Werkzeug angepasst sind. Das letzte Stück des Oberen Emilianus-Stollens gehört nicht mehr zum ursprünglichen Stollen sondern zum römischen Abbau. Die Sohle zeigt dort sehr schön, dass der Abbau über ein Ausweiten des Stollens senkrecht zu dessen Verlauf stattfand, also ebenfalls eine entsprechende Höhe vorlag, um solche Schläge ausführen zu können.

Betrachtet man Abb.14 (KÖRLIN 2010, S.182, die sogenannte dritte Abbaunische, Text siehe oben), so erkennt man, dass zunächst ein horizontaler Schram angelegt und dann von oben her das Material hereingewonnen wurde. Einen solchen horizontalen Schram mit der Keilhaue anzulegen, ist ungünstig. Man kann die Keilhaue nicht aus den Schultergelenken bewegen, sondern nur über eine Körperdrehung. Die wirksame kinetische Energie ist geringer als bei sinnvoller Schlagrichtung, vor allem ist die Zielgenauigkeit wesentlich geringer. Wäre der Schram mit der Keilhaue angelegt, müsste die Kante sehr stark gerundet sein.

Mit dem Spitzkeil kann man den Schram durchaus so anlegen, dass eine scharfe Kante entsteht, da der Schram jedoch nur eine geringe Höhe hatte, wird das Halten des Spitzkeils schwieriger; das gestielte Bergeisen ist die bessere Lösung. Stücke der Größenordnung wie auf dem Bild zu sehen, entsprechen dem, was beim Abtreiben des Gesteins von oben nach unten, durchaus üblich war.

Ansonsten sitzt über dem Schram ein Schuss von "Paulshoffnung", erkennbar an typischen Spuren des Schwarzpulvers auf einer Fläche. Da das Schwarzpulver kein Sprengen aus dem Vollen erlaubte, war ein Unterschrämen notwendig. Streng genommen ist damit nicht bewiesen, dass der Schram zu "Paulshoffnung" gehört, prinzipiell könnte er auch mittelalterlich sein; römisch ist er aber gewiss nicht.

Die Abb.18 (KÖRLIN 2010) zeigt wenigstens drei scharfe Kanten, die gegen die Benutzung einer Keilhaue sprechen. Letztendlich sind fast alle Teilräume so eng, dass eine Keilhaue nur mühsam und wenig wirksam genutzt werden könnte.

Wer sich die Fotos aus dem Abbau bei KÖRLIN (2010) anschaut, wird ohne Mühe erkennen, dass die Arbeitsspuren feiner, die Flächen glatter und klar begrenzt sind, sowie scharfe Kanten auftreten; alles Elemente, die zum gerundeten Stollenquerschnitt nicht passen.

## **Zu den Fördertrögen.**

KÖRLIN (2010, S.186):

"Aus dem Stollen Bruss gibt es bislang noch keine direkten Hinweise auf die Art der Förderung. Allerdings weist das Fehlen von Spuren, die sich bei einer schleifenden Förderung auf der Sohle zeigen müssten, eher auf eine tragende Förderung hin. Eine tragende Förderung wird auch für den Emilianus-Stollen postuliert: Im oberen Emilianus-Stollen wurden bei den Ausgrabungen Reste von zwei hölzernen Fördertrögen entdeckt."

Für die bezogene Mulde liegt eine dendrochronologische Datierung auf 1511, (für den Steigbaum auf 1514) vor. Die Originalquelle kann der Verfasser zur Zeit nicht nachweisen (nicht bei HOLLSTEIN 1980; die Daten stammen eventuell von einem Besuch bei HOLLSTEIN). Ersatzweise kann auch WEISGERBER (2001, S.12) dienen:

"Jedenfalls erwies sich, dass ein Teil der 1964/65 gefundenen Hölzer (Holztrog, Steigbaum) aus dem frühen 16. Jh. stammte."

### **Zum gewonnenen Material.**

KÖRLIN hat durchaus richtig festgestellt, dass der Abbau den Azuritknotten in Siltsteinhorizonten ("Letten") galt. Aus dem Versatz kamen aber auch mit Azurit mineralisierte Sandsteinbrocken. Das ist typisch für das Mittelalter. Aus den mineralisierten Sandsteinen ließ sich keine gute Farbe gewinnen.

Das Ausgangsmaterial bei HECK für die Gewinnung von Ägyptisch Blau ist dagegen gerade der im Sandstein vorliegende Azurit, wie dessen Analysen ausweisen. Die besseren Qualitäten aus den Siltsteinen sind bei HECK "Iomentum", aufbereiteter (!) Azurit. Zum "Iomentum" von HECK scheint Frau KÖRLIN kein richtiges Vertrauen zu haben; es fehlt jeglicher Hinweis darauf. Jedenfalls verblieb im angeblich römischen Abbau das nach HECK von den Römern genutzte Material im Versatz. Der Stollen Bruss taugt daher nicht als Rohstoffquelle für Ägyptisch Blau nach HECK.

### **Zum Schacht aus dem "Mémoire" von Sau(e)r.**

KÖRLIN (2010, S.186):

"In dem oben erwähnten Bericht von Saur (siehe Endnote 4) berichtet er von einem alten Schacht mit einer Endteufe von 22 Lachtern, <sup>38</sup> der von den Bergleuten erneut aufgewältigt wurde. Da unbekannt ist, wie alt der Schacht tatsächlich war, ob aus der römischen oder mittelalterlichen Betriebsperiode, lässt sich die Angabe leider nicht als Vergleich heranziehen, sie zeigt aber dennoch die unterschiedlichen Teufen, die in Wallerfangen erreicht wurden."

Dieses System ist erstmals bei MÜLLER (1967, S.269) erwähnt, allerdings nicht als das im "Mémoire" erwähnte. Sehr ausführlich und entsprechend bezogen ist das System bei MÜLLER (2004, S.8, 11, 13-17, Fotos 5-12) beschrieben. Es ist also keineswegs unbekannt, wie alt der Schacht ist, er ist eindeutig mittelalterlich. Wenn KÖRLIN anderer Meinung ist, so sollte sie schon Gründe dafür anführen.

### **Zu den "300 Schächten".**

KÖRLIN (2010, S.175):

"Neben den Stollen sind aus Wallerfangen Hunderte von Schächten belegt, die aus verschiedenen Perioden stammen. Jean Jacques Saur zählte 1746 über 300 von ihnen."

Saur hat sicherlich nicht die Schächte gezählt. Es handelt sich hier lediglich um einen Gebrauch bestimmter Zahlen für eine unbestimmte Aussage, was in früheren Zeiten gängig war. Die Zahl 300 überstieg bei weitem die Realität kleiner Familien oder Gemeinschaften. Solche Zahlen waren für viele Menschen nicht abzählbar. Eine solche Aussage bedeutet lediglich "sehr, sehr viele". Von Düppenweiler heißt es, ebenfalls aus dem 18. Jahrhundert, dass bei Hauzeur 300 Bergleute gearbeitet hätten.

In der Realität kann man die Zahl der Schächte zwischen 100 und 200 einschätzen. Es sind dies:

- 4 als römisch zu diskutierende Rundschächte (siehe oben),
- 3 Schächte der Gewerkschaft Paulshoffnung mit rechteckigem Querschnitt,
- alle anderen Schächte sind mittelalterlich, üblicherweise Rundschächte, ganz wenige mit rechteckigem Querschnitt.
- Die Periode Saur hat keine Schächte geliefert.

## 1.12 Die Datierung des Pinginfelds.

Der Verfasser erlaubt sich hier einen Exkurs aus eigener Betroffenheit, der vom Kernthema her nicht begründet ist.

HECK (2010, S.8):

"Die Zeitstellung der Schächte vom Pinginfeld ist ungewiß, doch schon bei Beginn der Aufzeichnungen über die Abgabe des Zehnten, 1492, sind sie nicht mehr erwähnt."

Im Zusammenhang mit dem Begriff "bluettes" (2010, S.6-10) befasst sich HECK auch mit dem mittelalterlichen Bergbau und kommt dabei zu der zitierten Aussage. Diese ist in mehrfacher Hinsicht merkwürdig.

- Die in Nancy erhalten gebliebenen Aufzeichnungen über den Zehnten beginnen mit dem Jahr 1492. Damit ist nicht bewiesen, dass es vorher keine gab.
- Die Aufzeichnungen belegen den Unternehmer, die Förderung und die Abgabe. Es findet sich tatsächlich keine Aussage darüber, ob die Förderung aus einem Schacht oder aus einem Stollen stammt. Man kann sich allerdings fragen, was die bergbauliche Technik mit der Besteuerung zu tun haben sollte.
- Da aber Schächte "nicht mehr erwähnt" werden, so sollten diese früher schon einmal erwähnt worden sein. Solch ältere Erwähnungen kennt der Verfasser im Gegensatz zu HECK leider nicht.

Dagegen WEYHMANN (1911, S.58):

"Die für Seile, Leitern und andere Geräte zum Aus- und Einfahren sowie zum Herausziehen des Bergblaus seit 1584 mehrfach verrechneten Beträge wiesen ziemlich unzweideutig auf Schachtförderung hin."

Da handelt es sich um Kosten, die dem Herzogtum entstanden sind, und plötzlich gibt es Schächte.

Die Formulierung von HECK erinnert an Formulierungen von Rudolf ECHT.

(1994, S.34): "[...]ein ausgedehntes Pinginfeld über dem Stollen im Blauwald ist niemals archäologisch untersucht worden." und noch einmal "[...] Pinginfeld unbekannter Zeitstellung".

In ECHT (2001, S.35-37) wird der gleiche Text wiederholt.

Bei ECHT geht es darum, dass an Lötstellen eines vorgeschichtlichen Halsringes sowie eines Armringes aus Wallerfangen Zink-Gehalte von 0,42 bis 7,71 Masse-% nachgewiesen wurden. ECHT spricht die Vermutung aus, dass

"als Lot ein Granulat aus einer natürlichen Gold-Silber-Legierung und einem zinkhaltigen Kupfererz benutzt worden ist."

Von geringen Zn-Gehalten im Bereich oxidierter Primärvererzungen ("Inselvererzungen") aus dem Bereich des Stollens im Blauwald hat der Verfasser durchaus berichtet (MÜLLER 1970). Bei 7 Analysen, deren Probenmaterial zumindest zum Teil aus dem gleichen Bereich stammen muss, wurden von ECHT u. THIELE an 5 davon Zn-Gehalte zwischen 0,6 und 0,9 % mit REM-EDX ausgewiesen.

Die ganze Analysen-Serie weist Kritikpunkte auf, die an anderer Stelle besprochen werden. Die Zn-Gehalte sind der Größenordnung nach zu akzeptieren. Was allerdings eine Gewinnung und Nutzung angeht, so sind klare Aussagen möglich:

- Die Gehalte sind zum Teil sicherlich Punkt-Messungen und keine Durchschnittsgehalte von praktikablen Mengen.
- Sie liegen deutlich niedriger als die Gehalte in den Lötmassen. Man wird auch sicherlich keine höheren Gehalte an anderen Proben nachweisen können. Primäre Sphalerit-Gehalte in den Cu-Mineralisationen sind minimal, und es kommt zu keinen Anreicherungen.
- Eine Reindarstellung von Zn-haltigen Mineralen ist nicht vorstellbar. In den Lötmassen würden auch die Sedimentbestandteile auftreten.
- Die angeführten oxidierten Inselvererzungen liegen im unzugänglichsten Teil des Stollens im Blauwald mit einer Überdeckung von über 30 m (maximal 38 m). Dieser Bereich ist erst im Mittelalter erschlossen worden.

Da ECHT an der vorgeschichtlich zugänglichen Oberfläche kein Zn-haltiges Material nachweisen kann, muss er es notgedrungen von untertage beziehen. Wenn er das Pingenfeld als mittelalterlich entstanden akzeptiert, dann hat er für seine Vermutung keinerlei Basis mehr. Also erklärt er, dass das Pingenfeld letztlich archäologisch unbearbeitet ist.

Der Verfasser hat in mehreren Jahren das Pingenfeld übertage und vor allem untertage vermessen und eingehend bearbeitet. Die Vermessungsarbeiten sind seit langem und voll veröffentlicht. Auch bezüglich der Bergbauspuren hat der Verfasser genügend veröffentlicht, sodass klar sein muss, dass alle Arbeiten unter dem Pingenfeld, abgesehen von späteren, nach einer einheitlichen Methode ("Keilreihen") erfolgten. Auch ohne keramische Funde ist das Pingenfeld schon allein auf Grund seines Umfangs einwandfrei als mittelalterlich auszuweisen. Wer das verneint, der verneint jegliche mittelalterliche Azurit-Gewinnung.

Der Verfasser hat einen Teil der Schächte an der Oberfläche mit ihrer Pinge erfasst und untertage direkt an ihrer Sohle gesehen. Von dort geht ausschließlich mittelalterlicher Bergbau um. Zwischen oben und unten ist nur die Schachtröhre und weder Cu- noch Zn-Erz.

Ansonsten wurden nach RÜCKLIN (1937, S.113) aus einem Schacht im ehemaligen Gemeindesteinbruch von St. Barbara von [Siegfried] Loeschke (Rhein. Landesmuseum Trier) Gefäßscherben auf Ende des 15. bis Anfang des 16. Jahrhunderts datiert.

Weiter ENGEL (1994, S.180) vom sogenannten Blaufels-Schacht im Neubaugebiet:

["Beim Aushub des Schachtes konnten Keramikscherben aus dem Spätmittelalter freigelegt werden."](#)

Oder ENGEL (1995, S.113-114):

["Es konnten Keramikscherben, die aus dem 13., 15. und 16. Jahrhundert stammen, freigelegt werden."](#)

Bezogen auf den gleichen Schacht:

HOLLSTEIN (1980, S.173):

"Gegenstand	Holzart	Ringe	Endjahr	Fällungszeit"
Vierkantholz	Eiche	100	1492 n Chr.	n. 1510 n. Chr."
"Die Eichenholzprobe stammt aus der Grubensohle eines Kupfer-Pingenfeldes bei St. Barbara-Wallerfangen."				

Es gibt zwar reichlich Vermutungen und Glaubensgewissheiten für eine vorrömische Nutzung der Wallerfanger Azurit-Vorkommen, aber bislang nicht den geringsten Hinweis, weder bergbaulich, noch durch Schlacken oder Materialanalysen.

## **Kurzfassung der Forschungsergebnisse von HECK.**

### **Bergbau und Produktion.**

- Römischer Abbau ist von der ersten Hälfte des 1. Jahrhunderts (Kaiser Tiberius) bis mindestens zur ersten Hälfte des 4. Jahrhunderts (Kaiser Konstantin) nachweisbar.  
(2003, S.235, 2010, S.13)
- Die OFFICINA EMILIANA ist ein Stollensystem unbekanntes Ausmaßes und im Bergwerksbereich sind noch mindestens vier andere römischen Ursprungs.  
(2008, S.435 und 1999, S.30)
- Möglicherweise hat schon Plinius diesen Bergbau bei Wallerfangen erlebt.  
(1998, S.145.)
- Aus Azurit-führenden Gesteinen Wallerfangens wurde Ägyptisch Blau gewonnen [ohne Aufbereitung des Ausgangsmaterials. Anmerkung des Verfassers.]. Die Produktion versorgte weite Teile der gallischen und germanischen Provinzen mit blauen Farbstoffen für Wandmalereien.  
(2003, S.235, 2010, S.13)
- Aus Azurit wurden durch mechanische Aufbereitung ein Kosmetikprodukt sowie ein Waschhilfsmittel zur Weißaufhellung erzeugt ("lomentum"). Ein medizinisches Produkt erscheint möglich.  
(2003, S.246-253)
- Bei einer Aufbereitung lassen sich mit Wasser Azurit/Glimmer-Stapel abtrennen und dem reinen Azurit später wieder zusetzen.  
(2003, S.243)
- Für diese Aufbereitung stehen die bekannten Götterbilder der "Drei Kapuziner".  
(1998, S.145 und 2003)
- Das Wort "officina" bedeutet "Werkstatt", ein Bergwerk wäre "metallum" zu benennen. (Damit steht letztlich die Inschrift am Emilianus-Stollen für den Aufbereitungsbetrieb.)  
(1998, S.145)
- In der Buntmetallwerkstatt von Pachten wurde Azurit möglicherweise für Löt-mischungen genutzt und an Händler verkauft.  
(1998, S.145, 1999, S.35)
- Die Zeitstellung der Schächte vom Pingenfeld ist ungewiss.  
(2010, S.8)

## Produktionsverfahren für Ägyptisch Blau.

- Dieses Verfahren erforderte wenigstens drei Brände. In der Endphase wurden Bronzefeilspäne zugesetzt.  
(1999, S.31)
- Aluminium (Al)-Gehalte des analysierten Ägyptisch Blau beweisen die Herkunft aus Wallerfanger Rohmaterial.  
(1999, S.13)
- Der im Verfahren benötigte Kalk stand den Römern in geringer Entfernung zur Verfügung.  
(1999, S.15)
- Dieser Kalk war nicht rein genug.  
(1999, S.30)
- Der benutzte Kalk war ein Marmor (kontaktmetamorph entstanden)  
(1999, S.30).
- Quarzsplitter, die als Träger des Ägyptisch Blau dienen, stammen aus einem Quarzgang bei Borg.  
(1999, S.30 und 36)

## Geologie und Mineralogie.

- Die Sandsteine bestehen primär nur aus Quarz und Feldspat. Der Feldspat wird über eine Zwischenstufe von Glimmer zersetzt zu Kaolinit, wobei  $\text{SiO}_2$  abgeführt wird. Dadurch entstehen höhere  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalte.  
(1999, S.24-25)
- Ein "knappes Viertel" des Sandes in den Azuritlinsen ist Kalifeldspat.  
(2010, S.5)
- Glimmer sind im Oberflächenbereich nicht transportfähig. Alle Glimmer in den Sandsteinen sind im Sediment entstanden. Die Glimmer entstehen durch Zersetzung von Kalifeldspat.  
(2010, S.6)
- Aufgeblätterte Glimmer sind zwar im Sediment (bei den Bedingungen der Azurit-Bildung) entstanden, dann aber bei einer "Verlagerung" zerbrochen.  
(2010, S.6)
- Gleichzeitig mit der Entstehung von Glimmer bildet sich Azurit aus der Oxidation einer "Kupfererzvorstufe".  
(2010, S.7)
- Durch die gleichzeitige Entstehung bilden sich "Azurit-Glimmer-Stapel". Diese werden vom Entstehungsort weggeführt und dabei noch weiter zerlegt.  
(2010, S.7)
- Die Azurit-Glimmer-Stapel sollen einen besonderen optischen Effekt erzeugen. Diesen Effekt verknüpft HECK mit dem Ausdruck "bluette".  
(2010, S.8)
- Die Azuritlinsen besitzen ein Al : Cu -Atom-Verhältnis von 0,9 : 1.  
(1999, S.25)
- Der Azurit-Gehalt kann knapp 25 Gewichtsprozent erreichen.  
(2010, S.4)
- Im oberen Buntsandstein gibt es Glaukonit, den die Römer als "Wäscheblau" gewonnen haben. "  
(2010, S.11-12)
- Im oberen Buntsandstein gibt es Berthierin.  
(2003, S.239 u. 2007, S.482)

## 2. RÖMISCHE TECHNOLOGIE.

### Zusammenfassende Wertung.

— Das "Iomentum" ist eine Fehlinterpretation. Azuritlinsen aus Siltsteinen (2 von Wallerfangen, 1 von Hemmersdorf, die untersucht wurden) entsprachen nicht der Vorstellung von HECK, wonach der Azurit nur in Sandsteinen auftritt. Danach musste es sich um ein Kunstprodukt handeln. Dazu schildert HECK Aufbereitungsmethoden, die so sicherlich nicht praktisch umsetzbar sind.

An der Aufbereitung der sandigen Erze scheiterte im 18. Jahrhundert auch Sau(e)r.

— Die Produktion von "Ägyptisch Blau" erfolgt am unproblematischsten aus reinen Grundstoffen. HECK ist von einer Herstellung aus sandigem Azurit überzeugt (Die Kritik an der Beweisführung über Al-Gehalte findet sich an anderer Stelle.) Seine Versuche, auf dieser Basis Ägyptisch Blau zu gewinnen, führen direkt zu einem unbrauchbaren Produkt und nur auf Umwegen zu einem Erfolg.

— Sn-Gehalte der Pigmentkugeln aus Borg werden entsprechend dem Prozess nach HECK als Zugabe von Bronze am Ende des Verfahrens gedeutet, sind aber nach Pseudomorphosen von Malayait nach Cassiterit dem Ausgangsmaterial zuzurechnen.

— Der in der Beweisführung von HECK so wichtige Al-Gehalt muss sich vollständig in der Glasphase wiederfinden. Wenn in den Pigmentkugeln von Borg heute noch das gleiche Verhältnis von Kupfer zu Aluminium vorliegen soll wie im Azurit von Wallerfangen, dann darf kein Aluminium verloren gegangen sein. HECK will aus den Al-Gehalten aber noch einen Vorteil für das Ägyptisch Blau darstellen. Es sollen aus dem Glas gemischte Al-Hydroxid- und SiO<sub>2</sub>-Gele entstanden sein als Bindemittel für die Farbe, die allerdings über lange Zeit ausgelöst wurden. Beide Vorstellungen widersprechen sich.

In Wirklichkeit beinhalten die Gläser einfach die Elemente, die aus den verwendeten Sanden nicht in den Cuprorivait eingehen konnten und zusätzlich das Natrium aus der Sodaschmelze.

### 2.1 Die römische Aufbereitung von Azurit und die Gewinnung des "Iomentum".

(2003, S.240-241): "Das Grundmaterial der Funde ist bemerkenswert homogen; der Azurit sehr gleichmäßig verteilt, die Partikel in einem engen Korngrößenbereich, in der Regel gut gerundet und so dicht gepackt, dass das Bindemittel Ton völlig in den Hintergrund tritt. Weitere Beimengungen treten nur sporadisch in einzelnen Bereichen auf.

In den Azuritlinsen ist Sand das Grundmaterial, die Form ist unregelmäßig und die Größe der Körner streut über einen weiten Bereich. Das Bindemittel ist der Azurit selbst, die Packung der Körner in der Schliiffebene ist locker, teils mit teils ohne Kontakt zu den Nachbarn („schwimmende Körner“). In dieses Gemenge eingestreut findet man da und dort die bereits genannten Begleitminerale.

Der auffallendste Unterschied, die Korngrößenverteilung, weist die Funde überzeugend als Artefakte aus, für deren Herstellung man eine Reihe von Verfahrensschritten postulieren kann. Zunächst muss der Azurit möglichst vollständig vom Sand getrennt werden, dann muss man dieses feine Material mit einem Bindemittel-

tel versetzen, eine Prise ‚bluettes‘ zumischen, den „Teig“ zu Kügelchen formen, zu (handelsüblichen?) Aggregaten portionieren und zuletzt trocknen lassen."

HECK baut dieses Kapitel, das zu den Produkten Schminke, optischer Aufheller und möglicherweise einer flüssigen Medizin führen soll, auf zwei Punkten auf:

- Die in Wallerfangen mineralisierten Gesteine sind für ihn grundsätzlich nur Sandsteine.
- Der Azurit-Gehalt in seinem Standard-Sandstein beträgt 24 Gewichts-%.

Da nun HECK zwei Stückchen Azurit gefunden hatte, zudem ein drittes aus Hemmersdorf bekam, die zu den von ihm untersuchten Proben nicht passten, schloss er daraus, dass diese nicht natürlich sind, sondern durch Aufbereitung gewonnen wurden.

Interessant ist, dass HECK seine Messungen an dem Stück von Hemmersdorf vornahm, es aber offensichtlich als selbstverständlich ansah, damit Aussagen für Wallerfangen zu machen.

HECK weist in der untersuchten Probe einen Azurit-Gehalt von 75,4 % aus. Das ist nun tatsächlich das Dreifache seines Standard-Azurits. Ganz wichtig ist ihm aber die Korngrößenverteilung. Im Sandstein findet er Körner unterschiedlicher Größen, die von Azurit verkittet werden. Bei der untersuchten Probe dagegen sind es Azurit-Körner neben wenig Bindemittel ("Ton"). Da HECK nun aber auch Quarzkörner und Schwerminerale aus dieser Probe nennt, wie auch Glimmer mit einer Korngröße von 0,2 mm, so beschreibt er exakt einen mit Azurit mineralisierten Siltstein. Nur hat eben HECK nie zur Kenntnis genommen, dass der obere Buntsandstein auch reichlich Siltsteine aufweist.

Besonders interessant ist, dass er die größeren Glimmer als künstlich zugesetzt ansieht. Auf Grund der extremen Dünnpflichtigkeit schwimmen Glimmer sehr gut, das heißt sie werden vom Wasser immer weiter transportiert als isometrische Körner der gleichen Größe. Damit kommen die größeren Glimmer mit deutlich kleineren Körnern anderer Minerale zur Ablagerung. Das ist geologisches Allgemeinwissen.

Unter den Analysenproben (jeweils Durchschnittsproben mit einer Mindestmasse von 5 g) des Verfassers finden sich zwei mit Azurit-Gehalten von grob 63 (Probe W 10) beziehungsweise 70 Masse-% (Probe W 15). Diese waren nicht bewusst auf einen möglichst hohen Azurit-Gehalt hin ausgesucht worden. Es handelt sich aber bei beiden um isolierte Azurit-Knotten aus Siltsteinen. Die Körner der Probe W 15 stammen aus dem vom Deutschen Bergbau-Museum vor dem Stollen Bruss deponierten Abraam des ausgeräumten Abbauhohlraums.

Einigermaßen logische Schlussfolgerung: die Römer (nach Meinung auch von HECK ist dieser mittelalterliche Abbauort römisch) haben bereits untertage (bei den engen Verhältnissen halbwegs liegend) vor Ort Azurit aufbereitet. Von dem gewonnenen "lomentum" ist dabei einiges unter Tage geblieben, zum Teil eingebacken in Siltstein.

(2003, S.242): "Sobald die mechanische Bearbeitung aufhört und während die Flüssigkeit noch weiter rotiert, setzt sich das dichtere Material, in unserem Fall der Azurit mit der Dichte 3,8, rasch ab, die spezifisch leichteren Teilchen, Feldspat und Quarz (2,5 bis 2,6) fallen etwas langsamer. Beim raschen Abgießen des Wassers wird jeweils ein Teil des aufgewirbelten Materials abgetrennt."

(2003, S.243): "Ganz sicher haben sich die ‚bluettes‘ bei dem Waschprozess auf einigen der Siebe bei geschickter Bewegung stellenweise angereichert, so dass man sie beobachten und einsammeln konnte. Ihr Transport im aufgewirbelten

Stoffgemisch wird viel weniger von der Schwerkraft bestimmt als vom strömungsbedingten Auftrieb. So können sie sich nicht am Rand eines Wirbels absetzen, sondern nur im Zentrum, wo die Wasserbewegung sich zuerst beruhigt."

Dass Glimmer gelegentlich mit Azurit verwachsen sind, kommt vor, ist aber mengenmäßig völlig unbedeutend.

Wenn man in der von HECK beschriebenen Weise (mit exzentrisch kreisförmig bewegtem Sieb im Wasserfass) aufbereiten will, so wird Glimmer am leichtesten weggeschwemmt. Falls er mit viel Azurit verwachsen ist, so wird er am ehesten in der verbleibenden Azurit-Fraktion landen, andernfalls spätestens mit den Quarzkörnern entfernt. Eine Glimmer-Gewinnung wäre jederzeit möglich.

## 2.2 Ausgangsstoffe, Verfahren und Wirtschaftlichkeit.

HECK argumentiert, dass eine Gewinnung von Ägyptisch Blau aus Azurit zu einem hochwertigeren und verkaufsfähigeren Produkt führt, als es die Gewinnung von Kupfer darstellt. Dieses Argument ist in sich völlig schlüssig.

Es wird dabei jedoch unterstellt, was nicht erwähnt wird, dass hier ein geschlossenes System vorliegen muss, also ein abgeschlossener Wirtschaftsraum, in dem ohne Konkurrenz die beiden Alternativen gegeben sind. Der römische Wirtschaftsraum war für die damalige Welt riesig und offen. Man muss daher auch betrachten, ob nicht aus anderen Rohstoffen und mit einem anderen Verfahren eine wirtschaftlichere Produktion von Ägyptisch Blau möglich war. Eine solche Betrachtung fehlt bei HECK völlig.

Die für die Synthese von Cuprorivait (Name des natürlich vorkommenden Farbstoffs in Ägyptisch Blau) benötigten Elemente sind Ca, Cu und Si, in einfachster Form zu beziehen aus den entsprechenden Oxiden:

Kupferoxid	CuO
Calciumoxid	CaO
Siliciumdioxid	SiO <sub>2</sub> .

Chemische Technologie verwendet nach Möglichkeit reine Ausgangsstoffe. Damit werden am ehesten unerwünschte, falsche oder Nebenreaktionen vermieden. Statt solch reiner Stoffe Gemische eventuell wechselnder Zusammensetzung zu nutzen, sollte schwerwiegende Gründe haben.

Im metallischen Kupfer, für das es wohl auch einen Altmetallmarkt gab, ist die einfachste Quelle für die Gewinnung von CuO durch Oxidation mit dem Luftsauerstoff bei hoher Temperatur gegeben.

An Stelle des von HECK gewählten Gemenges aus Sandstein/Siltstein mit Azurit hätte man wesentlich besser Malachit nehmen können. Malachit ist das stabilste Kupfermineral an der Oberfläche unter unseren klimatischen Bedingungen. Aus Lösungen können durchaus reine Massen abgeschieden werden. Alle größeren und kleineren Kupfererz-Vorkommen der Region hätten ein Material liefern können, das beim Glühen direkt reines, zugleich auch sehr feinkörniges und damit reaktionsfreudiges CuO ergeben hätte.

Es ist nicht einzusehen, warum stattdessen es das Gemisch aus Gestein und Azurit hätte sein sollen. HECK führt als Vorteile dieses Materials an:

- Es liegt bereits zweiwertiges Kupfer vor, man muss kein elementares Kupfer oxidieren (2008, S.434).
- Der notwendige Sand ist im Gemenge bereits vorhanden (2008, S.434).
- Durch den Al-Gehalt (der gleichzeitig nach HECK auch als negativ zu werten ist), wird letztlich beim Auftragen des fertigen Pigments ein Bindemittel erzeugt (1999, S.31-33).

Den ersten Punkt könnte man akzeptieren, muss dann aber fragen, warum man dann nicht Malachit gewählt hat. Der zweite Punkt ist kaum ernst zu nehmen, zumal zusätzlich noch grob zerkleinerter Quarz eingesetzt wurde, bei dessen Produktion auch genügend feineres Korn anfallen konnte.

Das "Bindemittel" bezweifelt der Verfasser. Er weiß aber aus Erfahrung, dass die Silte des oberen Buntsandsteins in den Illiten neben Al auch Mg und Fe führen, was leicht zur Bildung von Spinellen führen kann. Dazu liegen eindeutige Nachweise aus verschlackten Gesteinen (Limberg, Wall II) vor. Solche Spinelle bilden sich sehr früh bei der Zersetzung der Illite, sind sehr stabil und lösen sich daher in der Schmelze nicht mehr auf. Die Beschreibung eines Syntheseprodukts von HECK (1999, S.27) "**anthrazitgrau, glänzend, sehr hart**" könnte auf eine Spinellbildung hinweisen. Eine solche Spinellbildung kann nur negativ gesehen werden.

Was den benötigten Kalk angeht, so finden sich genügend reine Kalksteine im oberen Muschelkalk, es gibt reinen Calcit auf Klüften, man kann Schalen von Schnecken und Muscheln verwenden. Man kann selbstverständlich auch Marmorabfälle nehmen, aber man braucht diese nicht, und sie lassen sich nicht beweisen.

## **2.3 Anmerkungen zu den Glasphasen.**

Für HECK ist die Feststellung zentral, dass das ursprüngliche Verhältnis Cu:Al im Azurit in den Pigmentkugeln erhalten bleibt. Das bedeutet, es darf entweder von beiden nichts verloren gehen oder es muss beides im gleichen Maße zugesetzt werden.

HECK sieht zwar am Ende des Prozesses eine Zugabe von Cu in Form von Bronzespänen vor, geht aber davon aus, dass das Verhältnis dadurch nicht merklich verändert wird.

Da das Al weder im Cuprorivaite noch in den Quarzsplittern sich findet, so muss es sich vollständig im ebenfalls vorhandenen Glas vorliegen.

Vor der Diskussion des Al-Gehalts im Glas ist eine Klarstellung notwendig. HECK spricht an anderer Stelle von der Zersetzung von Na-Aluminat und von Wasserglas, die bei der Schmelze entstanden sein sollen. Hier muss sehr deutlich gemacht werden, dass bei einem einheitlichen Produktionsprozess nur eine einheitliche Schmelze entstehen konnte, nicht verschiedene mit unterschiedlichen Zusammensetzungen (es gibt seltene Möglichkeiten des Zerfalls einer ursprünglich einheitlichen Schmelze in zwei verschiedene Phasen, von denen man hier nicht ausgehen kann). Das bedeutet, dass die Zusammensetzung, die HECK am noch erhaltenen Glas bestimmt hat, die ursprüngliche sein muss. Wenn Glas zersetzt wurde, dann ist es ausschließlich das gleiche Glas, das noch erhalten ist.

Wenn schließlich trotz einer Zersetzung das ursprüngliche Cu/Al-Verhältnis erhalten blieb, dann dürfte bei der Zersetzung nichts verloren gegangen sein.

HECK hat Gläser von drei Fundorten untersucht, Borg (1999), Köln und Haltern (2008).

	Si	Na	Al	Cu	K	Fe	Ca	Mg	Cl	
<b>Borg</b>	23,92	6,62	3,15	2,15	1,05	0,58	0,43	0,45	n.b.	
<b>Köln</b>	23,99	7,54	2,35	2,40	1,90	0,58	0,65	0,23	0,65	
<b>Haltern</b>	24,2	11,5	0,31	3,7	0,25	0,0	1,3	0,0	0,95	
	SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO	K <sub>2</sub> O	FeO	CaO	MgO		Cu
<b>Borg</b>	75,81	6,82	7,48	5,28	1,72	1,31	0,84	0,74		4,22
<b>Köln</b>	75,04	7,67	5,51	5,80	3,06	1,31	1,24	0,37		4,64
<b>Haltern</b>	75,72	11,70	0,72	8,97	0,40	0,00	2,49	0,00		7,16

Oben finden sich die Originalwerte (Atom-%), unten umgerechnete Werte (Masse-%), rechts der Cu-Inhalt des CuO.

Korrekt wäre es, das nachgewiesene Chlor als NaCl und entsprechend weniger Na<sub>2</sub>O auszuweisen. Der Verzicht darauf ändert an der Betrachtung nichts.

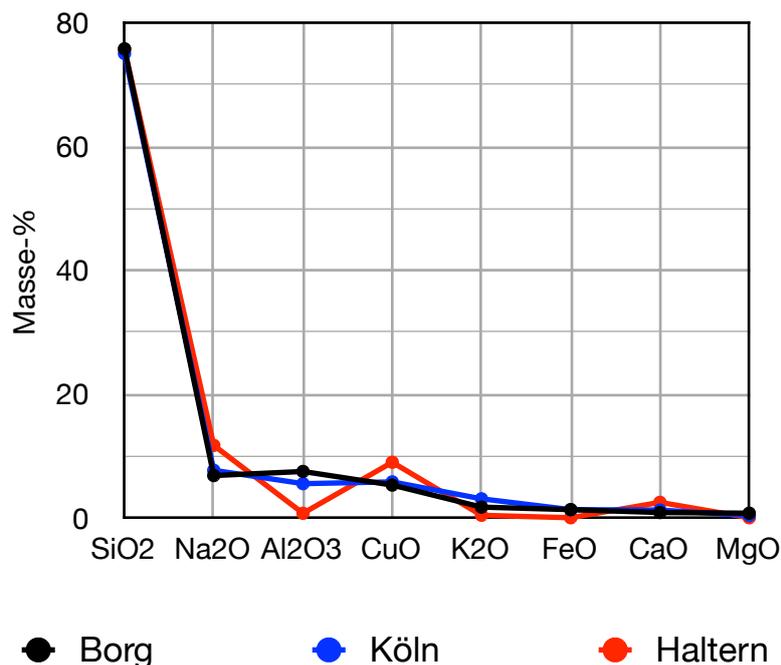


Abb.4: Glasanalysen von HECK, umgerechnet in Masse-% (ohne Chlor).

Das Diagramm zeigt auf den ersten Blick drei weitgehend identische Kurven. Das kommt daher, dass SiO<sub>2</sub> bereits 75% der Gesamtmasse ausmacht.

Das sagt etwas aus über das allgemeine Prinzip, nach dem diese Gläser entstanden sind, nämlich durch Verschmelzen von Sand und Soda. Die weiteren Elemente sind mehr oder weniger zufällig und machen Aussagen über die verwendeten Sande.

HECK (2008) stellt für Köln heraus:

"Das bisher unbekannte Kupferglas/Cuprorivait-Pigment auf einem Wandmale-  
reifragment vom Appelhofplatz in Köln ist mit Azuritlinsen aus den römischen  
Bergwerken an der Saar hergestellt worden."

Damit können die beiden Gläser von Borg und Köln direkt mit den Azuritproben aus Wall-  
erfangen verglichen werden, für Haltern sieht HECK einen anderen Rohstoff.

Den Beweis, dass Azurit aus Wallerfangen die Grundlage des Pigments aus Borg bildet,  
sieht HECK in dem, nach seiner Ansicht, gleichen Verhältnis (sowohl im Azurit wie im ge-  
samten Pigment):

oder  $\text{Cu: Al} = 1,11 : 1$  (Atom-Verhältnis)  
 $\text{Cu : Al}_2\text{O}_3 = 1,384 : 1$  (Massen-Verhältnis).

Hier ergeben sich (Atom-Verhältnisse):

Borg	0,68 : 1
Köln	1,02 : 1
Haltern	11,94 : 1

Geht man zum Vergleich von 100 Atomen Cu + Al aus, so ergibt sich:

	Cu	Al	Cu Glas	Cu Cuprorivait
Azurit	52,6	47,4		
Borg		47,4	32,2	20,4
Köln		47,4	48,3	4,3

Die Rechnung zeigt, dass ein großer Teil der Azuritknoten (in der Definition von HECK) zu  
Glas verarbeitet wurde. Im Fall Borg gehen immerhin 38,8 % in den Cuprorivait, im Fall  
Köln lediglich 8%.

In der gleichen Weise wie Al kann auch K nur ins Glas gehen. Der Vergleich liefert hier  
(Atom-Verhältnis):

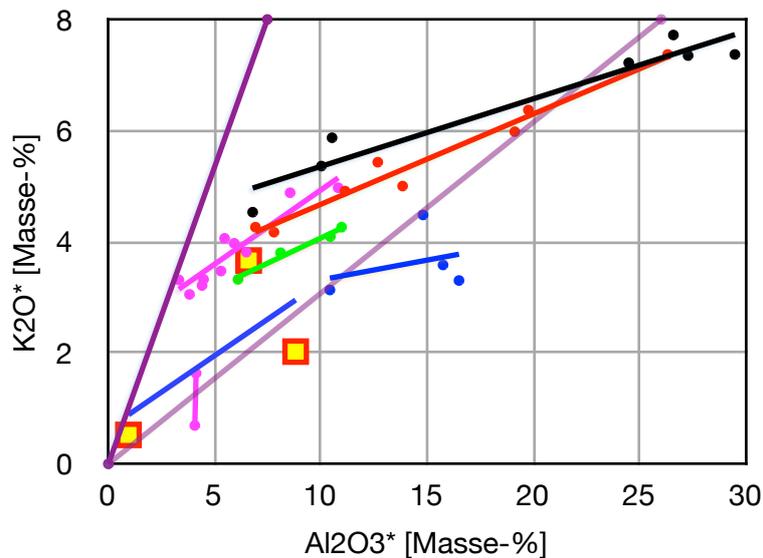
	K : Al
Azurit	0,27 : 1
Borg	0,33 : 1
Köln	0,80 : 1

Wenn man hier die Erhaltung des Al vorgibt, so erhöht sich in den Gläsern der K-Gehalt.  
Da hat HECK aber die Möglichkeit auf einen Zusatz von Pflanzenasche zu verweisen.

Solche Rechenspiele haben letztlich keine Relevanz. Das liegt nicht an den Rechengän-  
gen, sondern daran, dass die von HECK an den Beginn gestellten Azurit-Analysen in kei-  
ner Weise belastbar sind.

Diese Rechnungen reichen aber durchaus dazu aus zu zeigen, dass die scheinbar glei-  
chen Gläser von Borg und Köln einander nicht entsprechen. Sie entstammen einem im  
Prinzip gleichen Prozess, doch enthielt der jeweils verwendete Sand neben Quarz etwas  
verschiedene Beimischungen. Grundvoraussetzung für diese Aussage ist, dass die beiden  
Analysen völlig korrekt sind, was für Borg in Analogie zu den Azurit-Proben bezweifelt  
werden kann.

Die Berechnung im Teilsystem  $\text{SiO}_2^*$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3^*$  und  $\text{K}_2\text{O}^*$  lässt die folgende Darstellung zu.



- Gesteine
- Azurit
- Anal.HECK
- Anal.Krupp
- Anal.Aachen
- Anal.Aachen
- Kalifeldspat
- Muskovit
- Gläser

Abb.5

Lage der darstellenden Punkte für die von HECK analysierten Gläser im Vergleich zu den Azurit-Analysen von Wallerfangen im Diagramm  $K_2O/Al_2O_3$ .

Der darstellende Punkt für Haltern (nahe dem Nullpunkt) entspricht einem recht reinen Quarz-Sand. Das Glas von Köln (oben) passt zu einem Kalifeldspat-führenden Sandstein. Das Glas von Borg (bei den gleichen Bedingungen gemessen wie die Azurit-Proben) fällt in gleicher Weise wie diese heraus. Korrigiert man so, dass die Azurit-Proben von HECK zu denen des Verfassers passen würden, so entspräche das Glas von Borg dann besser dem von Köln.

Die auffallend niedrigen Ca-Gehalte der Gläser gehen wohl auf die niedrigen Prozess-Temperaturen zurück. Höhere Ca-Gehalte erfordern höhere Temperaturen als die relativ reinen Alkaligläser. Damit sagen diese Werte nichts über das vorhandene Ca-Angebot aus.

Mit entsprechend den Analysen hergestellten Mischungen ließen sich Schmelztemperaturen bestimmen und damit entsprechende Aussagen über die Prozesstemperatur im Endzustand gewinnen.

HECK (1999, S.32-33) befasst sich mit den Gläsern in Hinblick auf einen Zerfall zu gemischten Al-Hydroxid- und  $SiO_2$ -Gelen, die als Bindemittel im fertig aufgetragenen Pigment wirken sollen.

Die Erörterungen dazu basieren auf reinen Zweistoffsystemen, Na-Aluminat und Na-Wasserglas. Hier liegt ein komplexes Mehrstoffsystem vor, das man so einfach nicht abhandeln kann. Der Al-Gehalt ist keineswegs so hoch, dass man von einem Aluminat sprechen könnte. Der Vergleich mit einem Wasserglas wäre eher möglich. Allerdings sind Wassergläser nicht, wie HECK schreibt, gut in Wasser löslich, ganz im Gegenteil. In der Technik benötigt man dazu Temperaturen oberhalb der Siedetemperatur des Wassers, also gleichzeitig erhöhten Druck.

Wenn es so abliefe, wie HECK dies in Hinsicht auf die Gele als Bindemittel beschreibt, dann hätte er sicherlich keine Gläser mehr nachweisen können. Unbestreitbar ist allerdings, dass diese Gläser nicht sonderlich stabil sind. Ihre Zersetzung sollte aber relativ langsam über Diffusion erfolgen.

## 2.4 Die Bedeutung von Cassiterit und Malayait im Produktionsprozess.

Zinn-Gehalte in den Pigmentkugeln von Borg (1999, S.21) liegen als Cassiterit (Zinnstein) und Malayait vor. In den Azurit-Vorkommen von Wallerfangen kommt Zinn lediglich in Gehalten bis 6 ppm vor. Zinn kann also nur bewusst oder unbewusst mit dem Rohstoff Kupfer als Legierungsbestandteil in den Produktionsprozess gekommen sein. Das wäre bei einer üblichen Produktion, die von Bronze-Feilspänen ausginge, völlig normal. HECK bezieht das Kupfer aber aus Wallerfanger Azurit. Damit wird die Erklärung des Zinn-Gehalts schwierig. HECK erklärt dies dann so, dass zum Ende des Prozesses ein Zusatz von Bronze-Feilspänen dazu diene, überschüssiges Ca durch Bildung von weiterem Cuprorivait dem Prozess zu entziehen.

Zu den beiden Mineralen:

- Zinnstein ( $\text{SnO}_2$ ) ist das gängigste Zinn-Mineral überhaupt und praktisch das einzig nennenswerte Zinnerz. Es kristallisiert sehr gut (tetragonal) und bildet häufig Zwillinge und Drillinge.
- Malayait ( $\text{CaSnO}[\text{SiO}_4]$ , als Summenformel  $\text{CaSnSiO}_5$ , nicht  $\text{CaSnSiO}_4$  wie bei HECK) ist ein sehr seltenes Mineral und zeigt abgesehen von Kristallen (monoklin) auf hydrothermalen Klüften üblicherweise keine ausgebildeten Kristalle.

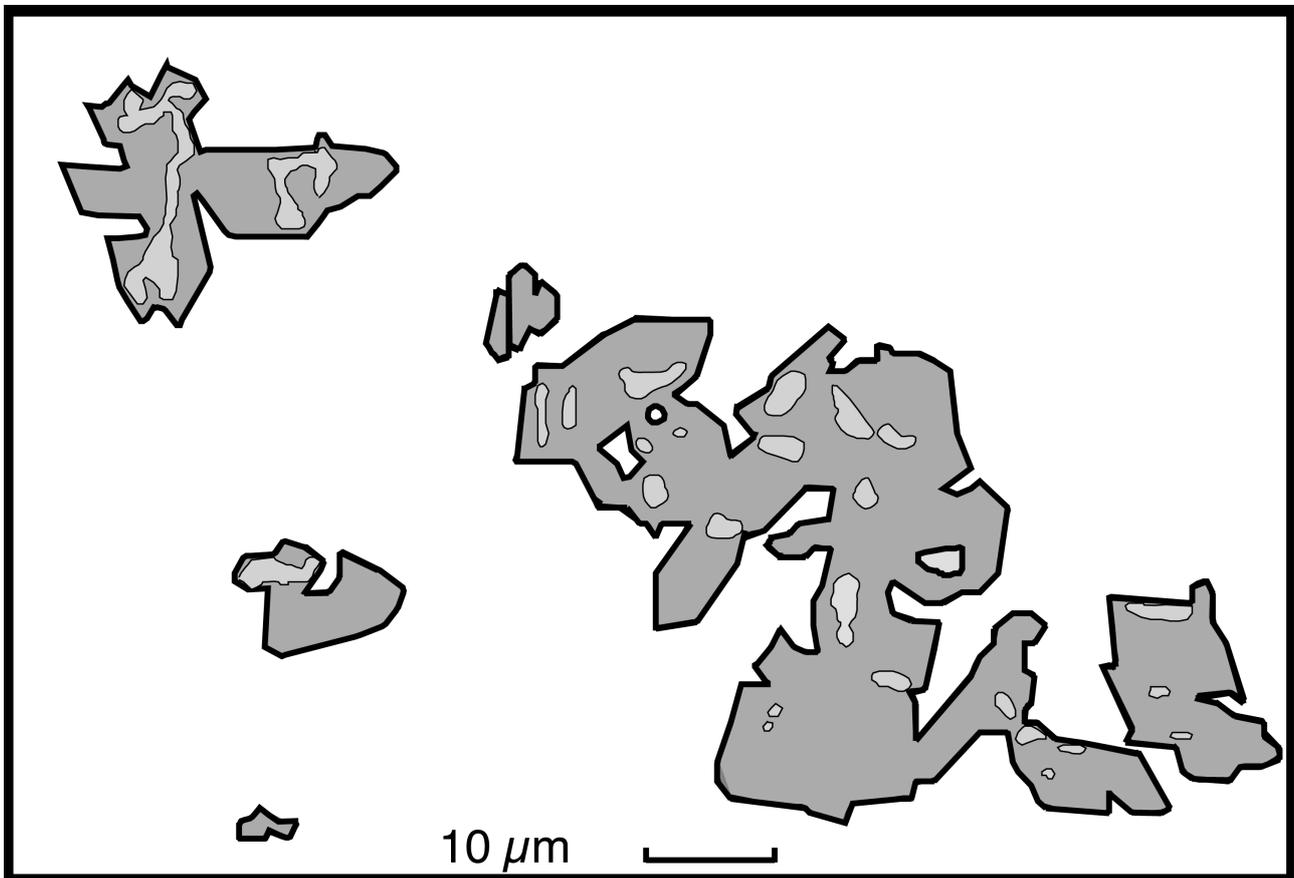


Abb.6:

Umzeichnung der Abb.13 bei HECK 1999. Die hellgrauen Flächen entsprechen Cassiterit, die dunklen Flächen innerhalb der Kristallgrenzen Malayait.

Man sieht bei HECK (1999, S.21, Abb.13) nun gut ausgebildete Kristalle, deren Substanz Malayait ist. Meist innerhalb des Malayaits finden sich unregelmäßig begrenzte Flecken von Cassiterit. Für diese Erscheinung stehen zwei Möglichkeiten der Entstehung zur Diskussion:

— Mehr oder weniger stark Sn-legiertes Kupfer ist direkt oder indirekt Cu-Lieferant für das Ägyptisch Blau. Bei der notwendigen Oxidation bildet sich  $\text{SnO}_2$  neben  $\text{CuO}$ . Bei hoher Temperatur und hohem Ca-Angebot wandelt sich dann Cassiterit bis auf Reste in Malayait um.

— Nach weitgehendem Verbrauch des Ca (es geht nur noch um Restmengen) werden Bronze-Feilspäne zugegeben. Das freiwerdende Sn reagiert in Konkurrenz zum Cu mit dem wenigen noch vorhandenen Ca. Es bilden sich Malayait-Kristalle mit Cassiterit-Partien im Innern.

Bei dem Verfahren nach HECK ist am Ende der Reaktion das Ca-Angebot eher gering. Da die Malayait-Bildung Ca benötigt, sollte man sie am ehesten zu Beginn der Reaktion bei noch höherem Ca-Angebot erwarten. Cassiterit wäre eher am Ende der Reaktion, also außen auf dem erstgebildeten Malayait zu erwarten.

Während die Darstellung bei HECK (1999, S.21) deutlich mehr Malayait als Cassiterit zeigt, spricht er (2008, S.434) von "Zinnverbindungen, besonders Zinnstein".

Die Verhältnisse sind mit Sicherheit komplexer als oben beschrieben. Das Sn ist in der Bronze auf atomarem Niveau verteilt. Bei der Oxidation der Bronze würde ein feinstverteilter Cassiterit entstehen. Das Zinn muss in jedem Falle gesammelt, also transportiert werden. Eine direkte Reaktion mit dem Ca wird nicht erfolgen. Das  $\text{CaO}$ , das bei der Prozess-temperatur entsteht, kann keine Schmelze bilden. Eine erste Schmelze entsteht mit dem  $\text{Na}_2\text{O}$ , das aus dem zerfallenden Natriumkarbonat sich bildet. Diese Schmelze ist in der Lage, Sn als Stannat zu lösen, damit zu transportieren. Eine Sammelkristallisation erscheint möglich. Die Ca-Aufnahme der Schmelze ist temperaturabhängig. Die ersten Schmelzen sind Ca-arm. Erst wenn gegebenenfalls die Temperatur erhöht wird, und damit höhere Ca-Gehalte möglich werden, könnte eine Umwandlung des Cassiterits in Malayait stattfinden.

Der Verfasser sieht in der Mitte der Abb.13 zumindest einen ideal ausgebildeten Cassiterit-Kristall, umgewandelt bis auf kleine Reste in Malayait. Das bedeutet, dass sich zunächst Cassiterit gebildet hat, der nachfolgend in Malayait umgewandelt wurde, das entspricht einem Sn-haltigen Ausgangsmaterial und nicht der Zugabe von Bronze am Ende des Prozesses.

## 2.5 Das "Effektpigment".

In den Proben von Borg sitzt der Cuprorivait auf gröberem Quarzsplittern. HECK (1999, S.32) deutet dies so:

"Die Quarzkeile hatten eine andere Funktion: beim Zerkleinern der Kugeln wurden die Cuprorivaitkrusten von den Bruchflächen abgerieben und beim Auftrag der Farbe auf die Putzschicht wurden die Splitter teilweise in die Malschicht eingebettet, teilweise lagen sie frei. Wurde die Wand von einer Lichtquelle angestrahlt,

dann leuchtete das Pigment blau, die Quarzkeile aber reflektierten wie kleine Spiegel das einfallende Licht. Diese Reflexe schienen bei Bewegungen der Lichtquelle oder des Betrachters zu erlöschen oder aufzublitzen."

Der angebliche Effekt ist nicht nachvollziehbar. Die Oberfläche der Quarzsplitter ist völlig uneben. Licht kann dann wohl an allen passenden Phasengrenzen reflektiert werden, es handelt sich aber ausschließlich um Streustrahlung. Die Wahrscheinlichkeit, dass das Licht bei mehrfacher Reflektion im Quarzkorn verschwindet, ist recht groß, dann erscheint das Korn allerdings dunkel. Nach dem Modell Heck könnte jeder beliebige Sand oder Sandstein solche Effekte zeigen, tut es aber nicht. Es gibt allerdings Sandsteine, die einen solchen Effekt bei starkem Licht zeigen können, das sind "Kristallsandsteine", Sandsteine, bei denen die Körner durch sekundäre Aufwachsungen Kristallflächen ausgebildet haben.

Die Quarzsplitter dienen vermutlich als Trägersubstanz. Die teuren Farbpartikel sitzen in dünner Schicht auf dem Quarz. Dadurch kann eine größere Oberfläche erzielt werden. Dies kann eventuell auch dazu dienen, dass keine festverbackene Masse entstand, die beim Zerkleinern zuviel unerwünschtes Feinkorn geliefert hätte.

### **3. GEOLOGIE und MINERALOGIE.**

#### **Zusammenfassende Wertung.**

— Den Aussagen von HECK im Bereich der Geologie und Mineralogie fehlen elementare Grundkenntnisse. Der Umfang des Wissens in diesen Bereichen hat sich in den 50 Jahren, die der Verfasser überblicken kann, so vermehrt, dass es nicht damit getan sein kann, sein Wissen punktuell aus Lehrbüchern zu beziehen. Nur ein breites Grundwissen kann vor groben Fehlern schützen.

— Die Geologie ist eine historische Wissenschaft, wenn auch mit Benutzung naturwissenschaftlicher Methoden. Sie beschreibt, was vorzufinden ist. HECK betreibt eine synthetische Geologie, er baut sich eine Welt nach eigener Vorstellung. Er benötigt für seine Aussagen daher auch keine vergleichenden Untersuchungen an unmineralisierten Gesteinen und auch keine weiteren, durchaus übliche Untersuchungsmethoden.

— Die Ansichten von HECK über die Gesteine des oberen Buntsandsteins beschränken sich auf einen Sandstein, der primär nur aus Quarz und einem überhöhten Feldspatgehalt besteht. Darauf baut HECK Prozesse auf, die, so wie er diese sieht, real nicht stattgefunden haben, noch stattfinden können.

— Für HECK sind Glimmer im sedimentären Kreislauf nicht existenzfähig, müssen daher in sedimentären Gesteinen immer neu gebildet sein. Dies steht im absoluten Gegensatz zur Realität.

— Da HECK die Genese des Azurits mit der Neubildung der Glimmer im Sediment verknüpft, sind auch diese Vorstellungen nicht nachvollziehbar.

— Insbesondere hat eine Kaolinit-Bildung aus Feldspat im oberen Buntsandstein im von HECK geforderten Umfang keine Realität. Da HECK Glimmer-/Illit-Gehalte in seinem Modellgestein nicht hat, benötigt er den Kaolinit, um darin die (analytisch überhöhten) Al-Gehalte unterzubringen.

— Das von HECK behauptete einheitliche Cu/Al-Verhältnis in den Azuritknoten besteht nicht. Es gibt nach den Proben des Verfassers weder einen einheitlichen Verhältniswert, noch entsprechen solche dem von HECK postulierten Wert.

- Von seinen genetischen Vorstellungen her definiert HECK den Ausdruck "blutete", der für die beste Farbstoff-Qualität steht, als eine Glimmer-Azurit-Verwachsung und stilisiert diese zu einem Alleinstellungsmerkmal. In Wirklichkeit handelt es sich dabei um reine Azurit-Kristalle in Hohlräumen der Azuritknotten. Diesbezügliches Material fehlt im Standard-Azurit von HECK.
- Die Mineralogie von HECK wird ausschließlich bestimmt durch die chemische Analyse. Aus seinen eingeschränkt aussagefähigen Analysen leitet er Minerale ab, ohne eine Kenntnis, ob das primär für das Mineral bestimmende Gitter auch vorliegt, ebenso ohne Beachtung der Bildungsbedingungen.

### 3.1 Die Mineralogie in den Arbeiten von HECK.

Ein Mineral, das ist eine natürlich vorkommende kristalline chemische Verbindung, besitzt eine Grundbedingung, nämlich ein Gitter, also eine dreidimensional unendlich periodische Anordnung seiner Bausteine (Atome oder Atomgruppen). Dieses Gitter ist eindeutig zu definieren durch seine Konstanten, das sind Längen und Winkel. Die zur Bestimmung dafür passenden Verfahren sind üblicherweise Röntgenmethoden.

Erst in zweiter Linie kommt die Besetzung der Gitterpunkte durch von der Größe und Wertigkeiten her passenden Atomen, also die chemische Zusammensetzung. Sie kann daher bei prinzipiell gleichem Gitter sehr unterschiedlich ausfallen.

Das führt zu einer eindeutigen Aussage:

- man kann ein Mineral über sein Gitter bestimmen, ohne zunächst seine chemische Zusammensetzung zu kennen,
- man kann aber ausschließlich über die chemische Zusammensetzung kein Mineral wirklich bestimmen.

Die chemische Zusammensetzung kann allerdings in vielen Fällen deutliche Hinweise auf mögliche Minerale liefern. In sehr einfachen Fällen kann eine solche Aussage auch ausreichend wahrscheinlich sein.

Die Röntgenmethoden zur Bestimmung eines Minerals sind deutlich aufwändiger und erfordern wesentlich mehr an Material als eine chemische Analyse mit REM-EDX. Es hat sich daher vor allem bei Mineralien-Sammlern verbreitet, mit REM-EDX-Analysen Minerale zu "bestimmen". Das geht in einfachen Fällen, hat in vielen Fällen aber mit Wissenschaft nichts mehr zu tun.

HECK benutzt für seine mineralogischen Aussagen ausschließlich seine REM-EDX-Analysen. Da es sich bei den bezogenen Mineralen weitgehend um Silikate handelt, die bei gleichem Gitter sehr unterschiedliche Zusammensetzungen haben können, führt diese Arbeitsweise in reichlich vielen Fällen zu Fehldeutungen.

Es kommt noch eine weitere Fehlerquelle hinzu. Für die Beurteilung eines Minerals in seiner Umgebung spielen seine Bildungsbedingungen und Stabilitätsfelder eine ganz wesentliche Rolle. Solche Kenntnisse, bezogen auf die Geologie, sind notwendig. Deren Fehlen wird in verschiedenen Kapiteln nachzuweisen sein. Der Verfasser erläutert an dieser Stelle nur einige Punkte, die letztlich mehr oder weniger randlich sind.

Zu den Mineralen, die HECK "nachgewiesen" hat gehören Glaukonit (siehe Kapitel 3.7) und Berthierin. Für beide sollen im Oberen Buntsandstein die Bildungsbedingungen gege-

ben sein. Allerdings sind diese so verschieden, dass die beiden nicht gleichzeitig gebildet werden könnten. Für den Oberen Buntsandstein ist dies aber kein Problem, beide existieren nicht.

### – **Pyroxen.**

HECK (1999, S.16,18-19) zeigt zwei Fotos eines säuligen Kristalls, den er nach Analysen als einen Pyroxen deutet, genauer als Omphacit. S.30 schreibt er diesen Pyroxen einer Kontaktmetamorphose zu und schließt daraus auf die Verwendung von Marmor bei der Synthese des Ägyptisch Blau.

Zunächst einmal entsprechen Querschnitt und säuliger Habitus eher einem Amphibol als einem Pyroxen. Im Buntsandstein sind zwar beide nicht zu finden, jederzeit aber als Verunreinigung an der Oberfläche ("Eifel-Assoziation"). Ein einzelner Kristall sagt letztlich nichts aus.

HECK unterstellt, dass seine Analyse die originale Zusammensetzung darstellt. Man müsste dazu ausschließen können, dass der Kristall nicht vor dem Herstellungsprozess angewittert war. Vor allem aber muss man sich auch die Frage stellen, welchen Einfluss die Schmelze haben konnte. Der Ca-Gehalt und vor allem der Na-Gehalt (Soda-Schmelze) wären zu hinterfragen.

Wenn HECK bei Annahme eines Pyroxens diesen als Omphacit deutet, so unterstellt er dabei gleichzeitig eine sehr ausgefallene Genese. Omphacit tritt nur in Eklogiten auf, das sind Gesteine, die bei der Regionalmetamorphose unter sehr hohem gerichteten Druck ("Stress") entstanden. Für eine solche Herkunft könnte HECK dann etwa in den Alpen weiter suchen.

Die Herkunft aus einem Kontaktmarmor führt auch auf Abwege. Diese sind in der Regel keineswegs reine Marmore. Was die Römer schätzten, waren möglichst reine Marmore, die das Produkt einer Regionalmetamorphose sind.

Der analysierte Kristall ist wahrscheinlich normaler magmatischer Herkunft und beweist keine Verwendung von Marmor.

### – **Berthierin.**

HECK (2003, S.239):

"Als ungewöhnlicher Begleiter sei Berthierin genannt, ein eisenreiches Tonmineral, das im Gegensatz zu Kaolinit etwa nicht durch Verwitterung von Feldspäten entsteht, sondern aus "amorphen Fe- und Al-Hydroxiden sowie durch Organismen erzeugten Kieselgelen"[13] unter sehr speziellen, vermutlich marinen Bedingungen."

HECK liefert mehrere Analysen eines Silikats, das er mit dem Namen Berthierin belegt. Dieses Mineral gehört zu den Chloriten im allerweitesten Sinne.

Die Chlorite bestehen zwar nur aus wenigen chemischen Elementen, sind aber durch diadochen Ersatz auf unterschiedlichen Gitterplätzen sehr variabel. Da sie geologische Bedeutung besitzen, gibt es eine größere Zahl von Mineralnamen mit entsprechenden Abgrenzungsproblemen. Will man einen Chlorit wirklich bestimmen, so benötigt man dazu

sehr genaue chemische Analysen und auch Röntgendaten zum Gitter. Dazu reicht REM-EDX in der Genauigkeit von HECK einfach nicht aus.

Versucht man dennoch die Analysen von HECK zu deuten, so fällt auf, dass der Mg-Gehalt zu hoch, der Fe-Gehalt zu klein ist, um in das Feld eines Berthierin zu fallen. Letztlich handelt es sich um reichlich normale Chlorite, die auch zur Sedimentfracht des Oberen Buntsandsteins gehören.

Es kommt noch etwas dazu. Zusammensetzungen, die dem Berthierin entsprechen, gehören zu den Chloriten, die im weitesten Sinne als "Chamosite" zu bezeichnen sind. Bei diesen finden sich nun Vertreter, die das normale Chlorit-Gitter besitzen, wie auch solche, deren Gitter zu den Serpentinaen gehört (Alumoserpentine, Septechlorite). Diese werden heute als Berthierin bezeichnet. Selbst wenn HECK eine passende Analyse mit höherem Fe-Gehalt gehabt hätte, so hätte er unbedingt ein Röntgenverfahren benutzen müssen, um überhaupt zu entscheiden, ob es sich um einen Berthierin oder einen Thuringit handelt.

Der Chlorit ist kein Berthierin. Damit entfällt auch die Spekulation von HECK um eine Bildung in situ. Dieser Chlorit ist nicht geeignet, damit eine Herkunft zu beweisen.

### – Aluminium-Yakhontovit

HECK (2007, S.486-487):

"Als Kuriosität sei schließlich noch die Beobachtung einer Serie von vier kleinen Plättchen erwähnt, bei denen es sich um eine Verbindung des Kupfers mit der Struktur eines Schichtsilikats handeln muss. Eine Recherche in den aktuellen Mineralogie-Datenbanken ergab als nächstliegende Möglichkeit Yakhontovit<sup>30)</sup>:

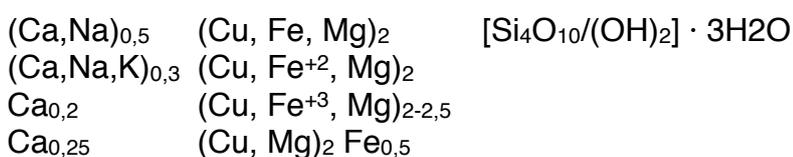


Die Atomverhältnisse stimmen sehr gut überein, wenn man statt des dreiwertigen Eisens in die Formel das dreiwertige Aluminium einsetzt. Dann erhält man in guter Näherung



ein Aluminium-Yakhontovit <sup>31)</sup>."

Yakhontovit ist ein bislang sehr seltenes Mineral (4 Fundstellen weltweit). Vom Gitter her ist es ein Smektit und soweit eindeutig anzusprechen. Was den Chemismus anbelangt sind die Originaldaten mit Vorsicht zu bewerten, was die verschiedenen Varianten der Formel zeigen, die man in der Literatur finden kann. Da der Anionkomplex in allen gleich geschrieben wird, erscheint er in der folgenden Liste nur einmal, um diese übersichtlicher zu machen. Die vierte Variante entspricht der bei HECK, bei dem allerdings die Formel mit dem Faktor 4 multipliziert erscheint.



Um das Problem zu verstehen, muss man wissen, dass der Formel nur eine Analyse mit der Mikrosonde zu Grunde liegt, da das Original ein Gemisch mit Malachit und

Pseudomalachit darstellt. Die ganz wesentliche Aussage, mit welcher Oxidationszahl Fe auftritt, wurde nasschemisch am gesamten Gemisch entschieden als  $\text{Fe}^{+3}$ . Das darf man als sehr unsicher ansehen.

Untersucht wurde von HECK ein Fragment einer Malschicht, kein reines Naturprodukt. HECK hat nur eine Analyse (REM-EDX), von einem winzigen Bereich seiner Probe, der mit keiner weiteren Methode untersucht ist. Über das Gitter liegt keine Aussage vor, es kommt also prinzipiell jedes Mineral oder Mineralgemisch in Frage, das eine ähnliche Zusammensetzung hat. Allerdings findet HECK kein Eisen, dafür aber Aluminium. Er ersetzt dreiwertiges Eisen durch dreiwertiges Aluminium und er hat ein neues Mineral gefunden "Aluminium-Yakhontovit". Die Frage, ob Eisen zwei- oder dreiwertig ist, ist unklar. Bisherige Analysen kennen keine Al-Gehalte, es gibt also keinen Hinweis, dass überhaupt eine Mischungsreihe mit einem Al-haltigen Endglied existieren könnte. Zuletzt, es gibt im Oberen Buntsandstein keine Bildungsbedingungen für einen Smektit.

### **3.2 Der Mineralbestand der Gesteine und die Zersetzung des Feldspats.**

Die Gesteine, in denen die Azurit-Mineralisationen auftreten, werden von HECK lediglich als Sandsteine aufgefasst. In der Realität ist es dagegen eine Folge von Feinsiltsteinen über Grobsiltsteine, Feinsandsteine bis zu gröberen Sandsteinen. Die früher nutzbaren Azurit-Gehalte sind an die feinkörnigeren Gesteine gebunden.

Die Sandsteine im Sinne von HECK bestehen primär nur aus Quarz und Feldspat. Glimmer sind nach HECK nicht stabil genug für den sedimentären Transport. Bei der Entstehung des Azurits soll der Feldspat zunächst in Glimmer umgewandelt und zu Kaolinit abgebaut werden. Bei der Entstehung des Kaolinites soll  $\text{SiO}_2$  in Lösung abgeführt werden. Dadurch soll der  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt im Sandstein erhöht werden.

HECK (1999, S.24-25):

"Alle Werte lassen sich auf ein Gemenge von Azurit, Sand (Quarz mit einem Anteil an Kalifeldspat) und Kaolinit zurückführen. Das Tonmineral Kaolinit ist in situ aus Kalifeldspat durch Verwitterung entstanden, wie die Beobachtung einer Zwischenstufe des Prozesses, der Bildung von Muskovit aus Orthoklas, in den Planschliffen beweist. Für die vorliegende Arbeit ist entscheidend, daß bei dieser Verwitterung eine deutliche Anreicherung von Aluminium in den Azuritlinsen stattgefunden hat, da die freigesetzte Kieselsäure eine merkliche Wasserlöslichkeit besitzt und deshalb weggeführt worden ist."

Prinzipiell ist die Zersetzung von Feldspäten zu Kaolinit auch bei niedrigen Temperaturen möglich. Ein ganz wesentliches Charakteristikum des oberen Buntsandsteins ist allerdings das Auftreten frischer Feldspäte, das heißt, ein solcher genereller Prozess hat im oberen Buntsandstein nie stattgefunden. Kaolinit lässt sich wohl in den Siltsteinen nachweisen, aber immer untergeordnet neben Glimmern/Illiten.

Eine Bildung gut kristalliner Glimmer erfordert Temperaturen von wenigstens 200-300° C in hydrothermalen Systemen. Die Bildung von Azurit ist an Oberflächennähe und damit entsprechende Temperaturen geknüpft. Neben dem Glimmer soll dann aber noch gleichzeitig ein feinkristalliner Kaolinit entstehen. Beides nebeneinander schließt sich aus. Bei den Temperaturen einer Glimmerbildung würde ebenfalls gut kristalliner Nakrit auftreten.

Die Diskussion über diesen Vorgang erübrigt sich aber, wenn man den Prozess nach HECK einmal durchrechnet.

HECK (2010, S.4-5):

"Hier sei nur noch gesagt, daß man Sande mit einem nennenswerten Feldspatanteil "Arkosesande" nennt und daß ein knappes Viertel des Sandes in den Azuritlinsen Feldspat ist."

HECK(1999, S.25) berechnet aus seinen Analysen den "Mittelwert der Zusammensetzung einer Azuritlinse" (die Umrechnungen sind vom Verfasser):

	"Gewichts%"	Umgerechnet ohne Azurit und Glühverlust	Ursprüngliche Zusammensetzung
Azurit	24	0	
Kalifeldspat	14	18,4	55,75
Kaolinit	17	22,4	
Quarz	45	59,2	44,25

Bei der oben genannten Angabe von "ein knappes Viertel" bezieht sich HECK auf den "Mittelwert". Der auf den Gesteinsanteil bezogene Gehalt an Kalifeldspat beträgt dann 18,4 %, nicht gerade ein Viertel.

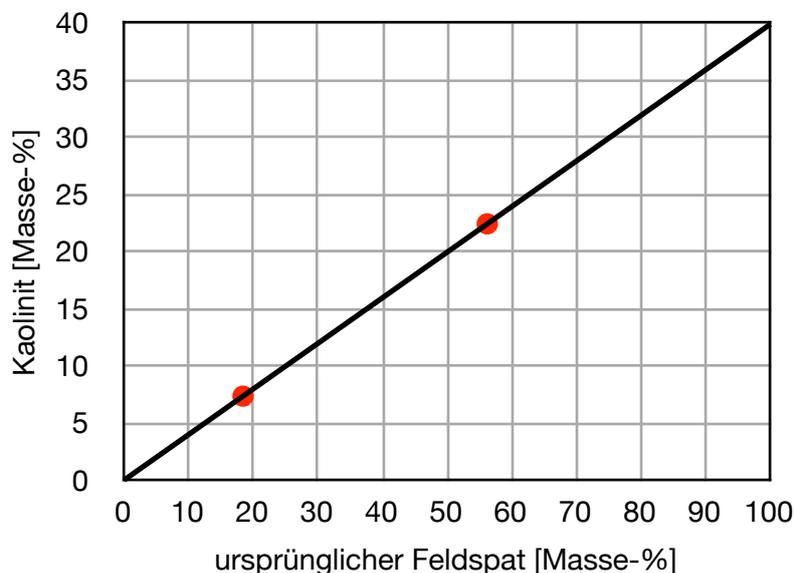


Abb.7:

Zusammenhang zwischen ursprünglichem Feldspatgehalt und dem daraus potentiell gewinnbaren Kaolinit

Aus dieser Zusammensetzung nach HECK kann man direkt keine Schlüsse ziehen, da neben dem noch erhaltenen Kalifeldspat auch daraus gebildeter Kaolinit vorliegt. Aus dem Diagramm in Abb. 7 lassen sich nun die den oben genannten Gehalte entsprechenden Äquivalente ablesen. Für ein Beispiel von 100 g Gesamtmasse ergibt sich dann: 22,4 g Kaolinit entsprechen 56,2 g Kalifeldspat. Dazu kommt noch der unzersetzte Kalifeldspat

mit 18,4 g, insgesamt also vor Zersetzung 74,6 g. Mit dem Quarz zusammen ergibt sich eine Gesamtmasse von 133,8 g.

Umgerechnet ergibt sich dann ein Ausgangsgestein mit 55,75 % Kalifeldspat!

Einigermaßen realistisch sind in den Sandsteinen etwa 15 % Kalifeldspat als Durchschnittsgehalte, in den feinkörnigeren Gesteinen nimmt der Gehalt ab.

Der Verfasser hat an mehreren groben Sandsteinen Feldspat-Gehalte getrennt nach Kornfraktionen ausgelesen. Der höchste Wert lag bei 19,7 % in der Fraktion 0,2-0,4 mm. (Kleinere Fraktionen wurden nicht erfasst. In den größeren Fraktionen nahmen die Gehalte schnell ab.)

Die von HECK errechneten Mineralbestände sind abwegig. Sie sind das Ergebnis ungenauer und eingeschränkter Analysen, kombiniert mit einem genetischen Modell, das mit der Wirklichkeit nichts gemein hat.

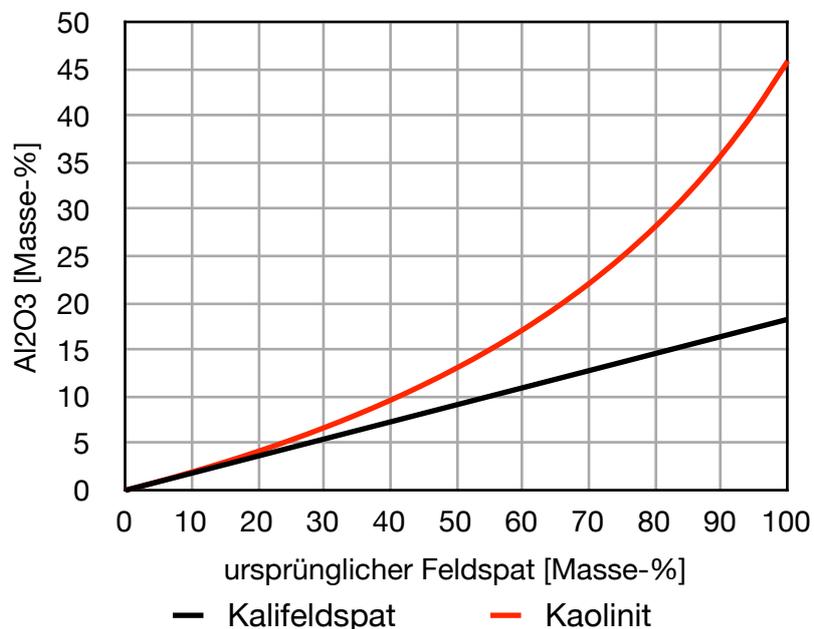


Abb 8:

Das Diagramm gibt, bezogen auf den ursprünglichen Kalifeldspat-Gehalt den dazu gehörigen Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalt an, einmal für den Kalifeldspat selbst, zum andern für den Fall der vollständigen Umwandlung in Kaolinit.

Der Effekt einer Kaolinisierung lässt sich am obenstehenden Diagramm abschätzen. Zwar erhöht sich bei der Kaolinisierung eines reinen Kalifeldspats der Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalt im Endprodukt von grob 18 % auf 46 %, doch macht sich der Effekt bei den betrachteten Sandsteinen nur geringfügig bemerkbar. Bei einem Sandstein mit einem Kalifeldspat-Gehalt von 15 % erhöht sich der Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalt gerade einmal von 2,74 % auf 3,01 % (wasserfrei gerechnet).

### 3.3 Die Entstehung von Muskovit und die gleichzeitige Bildung von Azurit.

HECK (2010, S.6):

"Mit den Analysenergebnissen läßt sich das Rätsel nicht lösen — das helle Material ist wie erwartet Azurit, das mittelgraue ein Glimmer, Muskovit  $KAl_2[(OH)_2/AlSi_3O_{10}]$ . Dieser helle Glimmer kann nicht wie Quarz und Feldspäte bei der Sedimentation "angeliefert" worden sein, denn Glimmer sind weder gegenüber mechanischer Beanspruchung noch gegen Verwitterung bei höherer Temperatur und Feuchtigkeit besonders stabil."

Völlig abwegig ist die Vorstellung einer Neubildung von größeren Glimmern im Sediment. Die Kristallisation von Glimmern, wie sie sich als Dedritus im oberen Buntsandstein finden, gehört in den magmatischen oder metamorphen Bildungsbereich. Selten findet sich auch eine Bildung im hydrothermalen Bereich. Da sollte man aber wohl schon mit einer Temperatur von wenigstens 300° C rechnen. Die Bildung des Azurits findet dagegen bei Oberflächentemperaturen statt.

HECK stellt sich nicht der Frage, wie die großen Glimmer-Gehalte des oberen Buntsandsteins, die ohne Azurit auftreten, mit dem gleichen Mechanismus entstanden sein sollen. Er müsste einen umfassenden Prozess formulieren, der dann mit der Entstehung von Azurit nichts zu tun hätte.

Dass Glimmer an der Erdoberfläche nicht transportiert werden können, und damit in klastischen Sedimenten letztlich die Glimmer immer Neubildungen darstellen müssen, ist den Geowissenschaften bisher völlig entgangen. Dazu ein Beispiel:

TRÖGER: Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, Teil 2 Textband (1969):

S.509: "In Sedimenten ist Muscovit in Form größerer, dedritischer Plättchen in Sanden, Sandsteinen [...] und Grauwacken, besonders auch in Arkosen vorhanden und manchmal lagenweise angereichert. In der Tonfraktion der Sedimente spielt feinst zerriebener Muscovit-Dedritus oder sein Abbauprodukt Illit [...] eine wesentliche Rolle."

S.512: "Muscovit gilt im Bereich der Verwitterungsvorgänge makroskopisch als eines der stabilsten Minerale."

"Von den üblichen Mineralsäuren wird Muscovit nicht merklich angegriffen; auch Fluorwasserstoffsäure wirkt nur langsam ein."

Man sollte dazu wissen, dass "der Träger" auch heute noch eine "Bibel" der Gesteinskundler darstellt. Arkosen sind feldspatreiche Sandsteine, etwas reicher an Feldspat als die angesprochenen Sandsteine.

Dazu noch einmal die Aussage HECK:

"Dieser helle Glimmer kann nicht wie Quarz und Feldspäte bei der Sedimentation "angeliefert" worden sein, denn Glimmer sind weder gegenüber mechanischer Beanspruchung noch gegen Verwitterung bei höherer Temperatur und Feuchtigkeit besonders stabil."

Und weiter:

HECK (2010, S.7):

"Diese extreme Seltenheit gilt für die Kombination von Glimmerpäckchen mit Feldspatkörnern in Azuritlinsen auch deshalb, weil es wiederholte Verlagerungen der

Sedimentschichten gab, und zwar während und nach der Umbildung von Feldspat zu Glimmer einerseits und der Oxidation einer Kupfererzvorstufe zu zweiwertigem Kupfer und schließlich zur Abscheidung von Azurit andererseits. Die vom Entstehungsort weggeführten und dabei weiter zerlegten Azurit/Glimmer-Stapel sind garnicht so selten."

Nach HECK laufen zunächst zwei Prozesse parallel zu einander ab:

- Aus einem Kalifeldspat wird Muskovit.
- Eine "Kupfererzvorstufe" wird oxidiert und es entsteht Azurit.

Durch die zeitliche und örtliche Verknüpfung entstehen die Azurit/Glimmer-Stapel. Diese können transportiert und dabei zerlegt werden.

Was HECK sich unter "Kupfererzvorstufe" vorstellt, weiß der Verfasser nicht. Er kennt aber die primären sulfidisch-arsenidischen Vererzungen in den Sandsteinen des oberen Buntsandsteins. Diese sind ausgehend von Kluftsystemen durch heiße Wässer entstanden. Seit dieser Bildung sind diese absolut ortsfest bezogen auf ihre direkte Umgebung.

Die Oxidation dieser Primärerze führt zu sauren Lösungen. Wenn am Ort der Oxidation Glimmer entstanden wären, so hätte kein Azurit sich gleichzeitig bilden können. Erst nach einer Wanderung der sauren Lösungen und deren Neutralisation kann es an anderem Ort zur Ausscheidung von Azurit kommen.

Völlig gleichgültig nun aber, wo solche Azurit/Glimmer-Stapel gebildet worden wären, was für ein Prozess sollte diese danach transportiert haben? Außer dem Bergmann fällt dem Verfasser dazu nichts ein.

### 3.4 Das Cu/Al-Verhältnis in Azuritknoten.

HECK (1999, S.25):

"Das Verhältnis Al:Cu = 0,9 stimmt ganz überraschend überein mit dem Befund von Borg."

Der Kern des Beweises für die These, dass Wallerfanger Azurit der Rohstoff für die Pigmentkugeln von Borg ist, liegt für HECK einmal überhaupt darin, dass er in den Pigmentkugeln Aluminium nachweisen kann, zum anderen aber, dass das Verhältnis von Kupfer zu Aluminium in beiden Fällen das gleiche sein soll.

Das oben genannte Atom-Verhältnis schreibe ich als

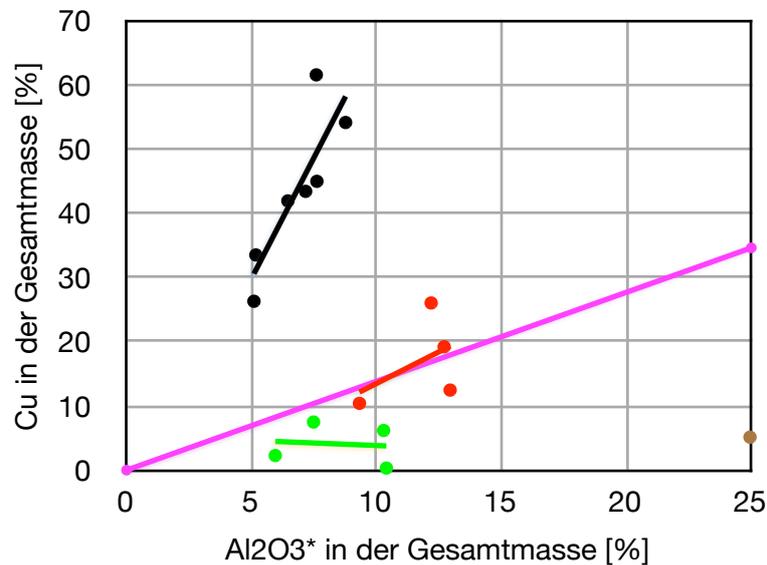
	Cu: Al = 1,11 : 1	(Atom-Verhältnis)
oder	Cu : Al = 2,615 : 1	(Massen-Verhältnis)
oder	Cu : Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 1,384 : 1	(Massen-Verhältnis).

Dargestellt werden die Verhältnisse in einem System aus

Cu (elementar)  
SiO<sub>2</sub>\*  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*  
K<sub>2</sub>O\*.



5,16 und 8,10. Es fällt heraus der Wert für eine mit Mangan mineralisierte Probe, bei der das Cu nicht als Azurit vorliegt. (Bei allen Vergleichen, bei denen Cu keine Rolle spielt, weicht diese Probe von anderen nicht ab.



- Azurit
- Anal.KRUPP
- Cu:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 1,384:1
- Anal.HECK
- Mn-Mineral.

Abb.10:

Das Verhältnis Kupfer / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\* in der Gesamtmasse der Proben aller dazu nutzbaren Analysen. Zusätzlich eingetragen ist das von HECK für Wallerfangen als typisch angesehene Verhältnis (magentafarbene Linie).

Von einem einheitlichen Verhältnis, wie von HECK behauptet, kann keine Rede sein. Der Wert trifft nur auf den Mittelwert der Proben von HECK zu. Alle Proben des Verfassers weichen davon völlig ab. Die von Friedr. Krupp Rohstoffe analysierten Proben sind zwar aufgenommen, jedoch nicht belastbar.

Allgemein gilt, dass der Cu-Gehalt mit dem Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalt steigt. Das bedeutet, je feinkörniger das Gestein, damit je mehr an Glimmer/Illit es besitzt, desto höher können die Azurit-Gehalte werden. Dennoch ist darauf hinzuweisen, dass die beiden Proben mit den höchsten Cu-Gehalten zwar im Cu-Gehalt sich unterscheiden, aber gleichen Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalt aufweisen. Es gibt keinen echten genetischen Zusammenhang. Der Zusammenhang ergibt sich aus primären und sekundären Porositäten (primär groß in Sandsteinen und klein in Siltsteinen, sekundär unbedeutend in Sandsteinen, aber groß in Siltsteinen durch Auslösung von Dolomit).

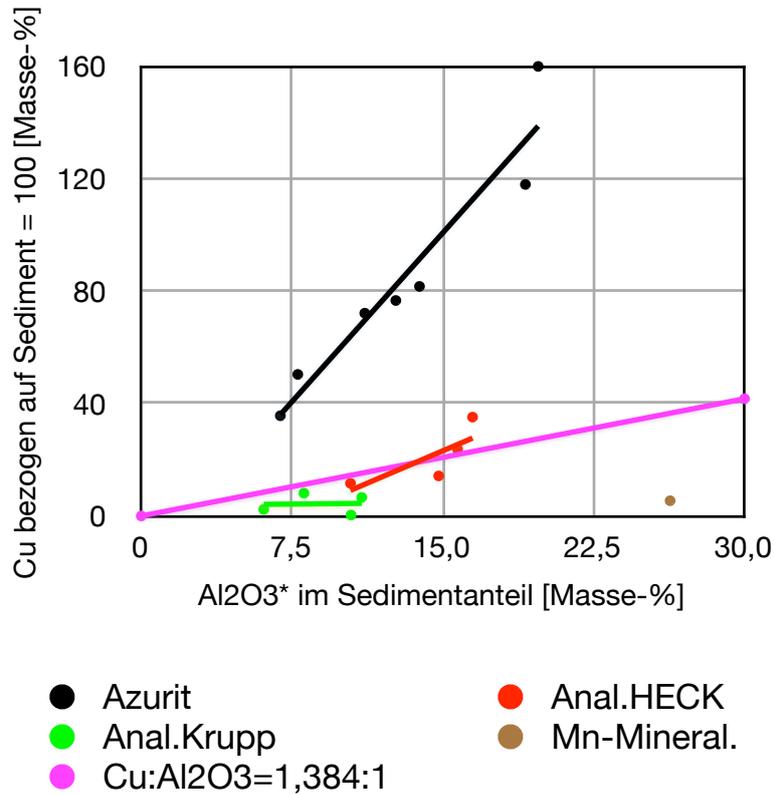


Abb.11:

Dieses Diagramm stellt den gleichen Datenbestand und Sachverhalt wie Abb.10 dar, doch wird hier das Cu nicht als Bestandteil des Gesamtgesteins, sondern als zusätzlich zum Sediment betrachtet.

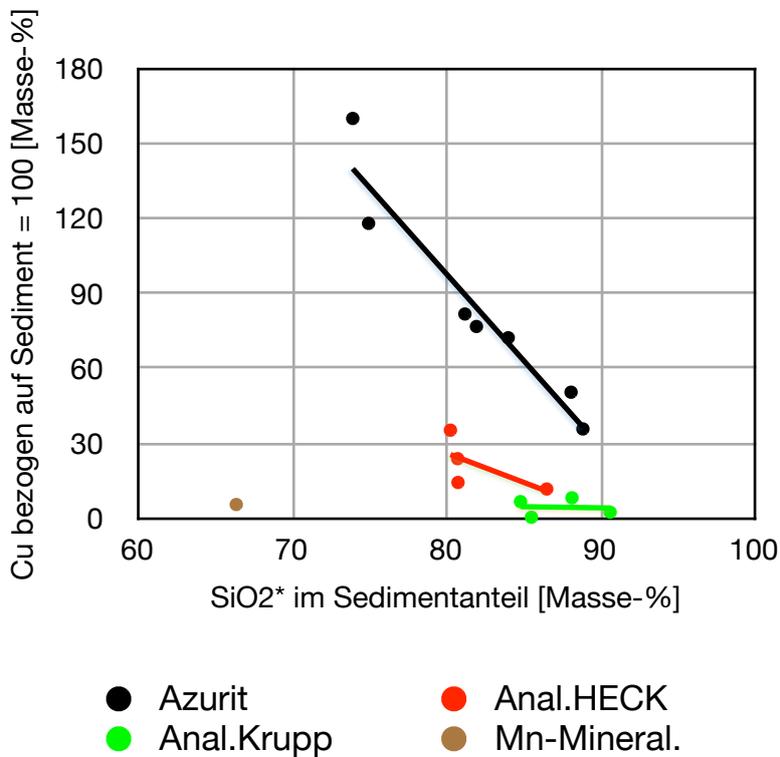
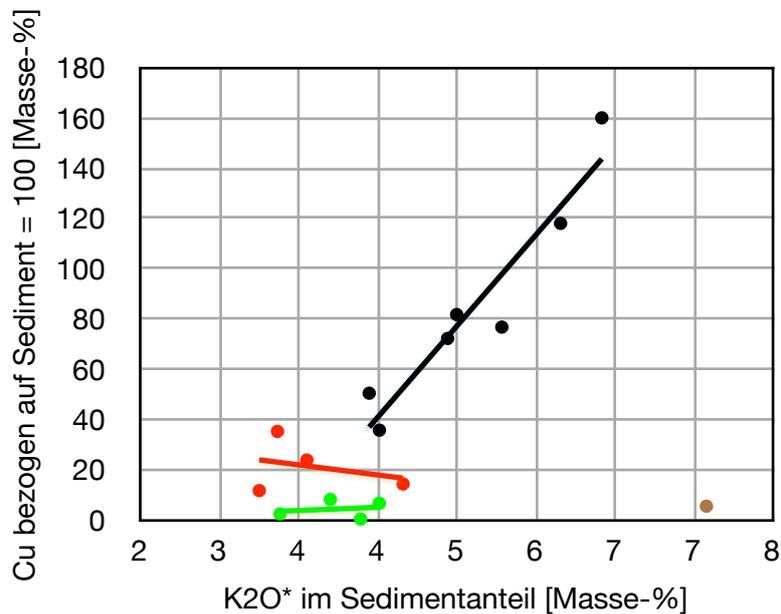


Abb.12:

Der Cu-Gehalt wird hier bezogen auf den SiO<sub>2</sub>-Gehalt des Sedimentanteils.

Die Abhängigkeit des Cu-Gehalts vom  $\text{SiO}_2^*$ -Gehalt ist im Prinzip die Umkehrung der Abhängigkeit vom  $\text{Al}_2\text{O}_3^*$ -Gehalt, also dem Mischungsverhältnis von Quarz (Sandstein) und Glimmer/Illit (Siltstein).



● Azurit ● Anal.HECK ● Anal.Krupp ● Mn-Mineral.

Abb.13:

Der Cu-Gehalt wird hier bezogen auf den  $\text{K}_2\text{O}^*$ -Gehalt im Sedimentanteil.

In diesem Diagramm passen die Daten von HECK am ehesten zu denen des Verfassers. Das heißt nun allerdings nicht, dass die Ausgangswerte für Cu und  $\text{K}_2\text{O}^*$  richtig sein dürften, sondern lediglich, dass das Verhältnis zwischen beiden in etwa zu dem entsprechenden Verhältnis bei den Cu-ärmsten Proben des Verfassers passt.

Dass hier am ehesten vergleichbare Werte vorliegen, liegt letztlich daran, dass die Messbedingungen der EDX-Analyse vergleichbar günstig sind.

Da die Trendlinie bei den Analysen von HECK hier nicht mit der der Proben des Verfassers vergleichbar ist, kann ersatzweise der Mittelwert verwendet werden mit 3,87 %  $\text{K}_2\text{O}^*$ . In die Rechnung weiter unten wurde nur der gleiche Wert wie bei den Analysen des Verfassers eingesetzt, nämlich 3,4 %.

Berechnet man die Schnittpunkte der Trendlinien mit der x-Achse (bei den drei vorhergehenden Diagrammen), so erhält man als fiktive Zusammensetzungen des jeweils Cu-freien Gesteins:

	$\text{SiO}_2^*$	$\text{Al}_2\text{O}_3^*$	$\text{K}_2\text{O}^*$	Summe
Analysen d.Verfassers	94,1	2,42	3,4	99,92 %
Analysen HECK	91,1	7,43	(3,4)	101,93%

Verrechnet man bei den Analysen des Verfassers  $\text{Al}_2\text{O}_3^*$  als Kalifeldspat, so werden 2,24 %  $\text{K}_2\text{O}^*$  benötigt. Das überschüssige  $\text{K}_2\text{O}^*$  (0,98 %) müsste dann an Glimmer/Illit gebunden sein. Der Kalifeldspat-Gehalt des fiktiven Gesteins betrüge grob 13 % (wäre für das gesamte Gestein allerdings niedriger).

Bei den Analysen von HECK entspräche der  $\text{Al}_2\text{O}_3^*$ -Gehalt einem völlig überhöhten Kalifeldspat-Gehalt von grob 40 %. Benötigt würden 6,89 %  $\text{K}_2\text{O}^*$ . Das fiktive Gestein ließe sich nur darstellen über einen hohen Gehalt an Glimmer/Illit.

Da der Cu-Gehalt mit dem Feinkornanteil steigt, müssten umgekehrt die hier ermittelten Cu-freien Endglieder reine Sandsteine aus weitgehend nur Quarz und Feldspat sein, was bei den Analysen des Verfassers in etwa hinkommt.

Bei HECK müsste dagegen ein deutlicher Glimmer/Illit-Gehalt vorliegen. Dagegen kann man einwenden, dass diese Gehalte mit einem Kalifeldspat/Kaolinit-Gemisch bequem darstellbar sind, was völlig richtig ist. HECK verknüpft aber die Entstehung des Azurits mit der Bildung von Kaolinit. Je mehr Azurit, desto mehr Kaolinit. Umgekehrt müsste dann das Azurit-freie Gestein auch frei von Kaolinit sein und nur Kalifeldspat aufweisen.

Den von HECK propagierten einheitlichen Verhältniswert von Kupfer zu Aluminium gibt es nicht. Die Analysen des Verfassers ergeben Werte in einem Bereich, der von dem von HECK stark abweicht. Alle weiter untersuchten Verhältnisse zeigen, dass die Analysenwerte von HECK zu unrealistischen Gesteinszusammensetzungen führen.

### 3.5 Die Frage der "bluettes".

Nachdem schon viele Jahrzehnte lang der Bergbau auf Azurit nur noch auf Kosten des Herzogtums Lothringen stattfand, befasste sich 1621 der Kammerherr RENNEL damit und lieferte einen Bericht. Dieser findet sich bei LEPAGE (1850, S. 374-378, soweit auf Wallerfangen bezüglich) und wurde von WEYHMANN (1911, S.54-56) übernommen. In der Beschreibung der Azurit-Qualitäten findet sich das Wort "bluette", das für HECK den Ausgangspunkt ausgedehnter Betrachtungen darstellt.

HECK berichtet (2003, S.239) erstmals von aufgeblättern Glimmer-Kristallen, bei denen in den Zwischenräumen Azurit eingelagert ist. S.240 verknüpft er diese mit Sicherheit seltene Erscheinung mit dem Begriff "bluette". Mit diesem Kunstgriff wird bei HECK aus einer Ausnahmeerscheinung eine mehr oder weniger häufige in Wallerfangen. S.243 wird dann eine Anreicherung und Gewinnung solcher Aggregate beschrieben, die dann nach Belieben dem "lomentum" zugesetzt werden.

Das Thema wird (2010, S.6-10) weiter ausgebaut:

"Solche Azurit-Glimmer-Schichtpakete sind nach dem Wissen des Verfassers bisher von keiner Lagerstätte beschrieben. [...] ist die Wahrscheinlichkeit, ein weiteres Vorkommen zu finden, sehr gering. [...] Das führt zu einer ungeahnten Schlussfolgerung: die Azurit-Glimmer-Päckchen sind für die Charakterisierung von "Wallerfanger Blau" von einmaligem Wert."

HECK verweist dann auf die Schwierigkeiten und den Aufwand die beschriebene Erscheinung nachzuweisen. Er führt daher einen Fund an, bei dem mit dem bloßen Auge etwas

zu erkennen ist. Es sollte sich nach der Beschreibung um ein von Azurit unterlegtes Glimmerplättchen handeln. So etwas kommt häufiger vor und kann unter dem Stereomikroskop gefunden werden.

Ein zugehöriges Foto ist mit "Azurit-Glimmer-Plättchenstapel" untertitelt. Die Blickrichtung geht senkrecht zur Spaltebene des Glimmers, es kann daher keine Aufspaltung und Zwischenlagerung von Azurit erkannt werden. Damit ist das Foto auch nicht zum Beweis geeignet. HECK hat nun aber seine am REM gemachte Beobachtung auf einen megaskopischen Bereich übertragen und identifiziert weiterhin das Auftreten von Glimmer mit seinen Azurit-Glimmer-Schichtpaketen.

LEPAGE (1850, S.377):

"Après que le grain d'azur est séparé d'avec sa pierre de sable, la bonté et perfection s'en recoignoist à la couleur, laquelle à mesure qu'elle tient plus du bleu et du celeste non blafard, elle est aussy plus recherchée et parfaicte, et lors que l'on vient à casser quelqu'un des suditz grains d'azur et qu'au milieu d'iceluy il s'y trouve comme une petite bluette noirastre et estincellante, c'est alors que l'on la juge estre en sa perfection."

HECK (2010, S.9) leitet "bluette" von "Blüte" ab.

Für das Wort "bluette" kann man zwei mögliche Inhalte finden, nämlich "dunkelblau" und "Fünkchen", im Sinne von sehr klein. "Bluette" ist hier Substantiv, von der heutigen Sprache her würde man Fünkchen vorziehen, dann hätte man im Prinzip zweimal die gleiche Aussage gemacht, da "petit-e" ebenfalls klein bedeutet. "Bluette" im Sinne von dunkelblau wäre dann aussagekräftiger, verstärkt durch das Wort "noirastre", also schwärzlich.

Es heißt also, um die Qualität zu erkennen, muss man die Azurit-Knoten zerschlagen. In der Mitte derselben sollte man ein kleines Dunkelblau und zwar schwärzlich und funkelnd erkennen. Die Aussage ist eindeutig. Die besten Azurit-Knoten sind innen hohl oder besitzen Risse. In diesen Hohlräumen ist Azurit auskristallisiert. Perfekte Azurit-Kristalle wirken fast schwarz, die Kristallflächen reflektieren das Licht.

In der Praxis sind dies nur Knoten, die entweder auf ursprüngliche Dolomit-Konkretionen im Sediment oder umgelagerte in Dolomit-Bröckelbänken zurückgehen. Die Auslösung des Dolomits schafft vermutlich mehr Raum, als von Azurit dann eingenommen wird.

Wenn Glimmer mit etwas Azurit unterlegt sind, was gelegentlich vorkommt, so ist die Farbe eher ein schönes helles Blau. Der Glanz der Glimmer-Oberfläche ist kleiner als der der Azurit-Kristalle. Interessanter Weise beschreibt HECK den mit dem Auge erkennbaren mit Azurit unterlegten Glimmer als eine "leuchtend blaues, glänzendes Plättchen". Von schwärzlich ist keine Rede.

### **3.6 Das Quarz-Vorkommen bei Borg.**

HECK (1999, S.30):

"Solche groben Quarzstücke kommen im Buntsandstein nicht vor, dieser Quarz ist aber so rein, daß er das nachgewiesene Aluminium nicht mitgebracht haben kann".

"Abbauwürdige Vorkommen von Quarz in der weiteren Umgebung der Azuritbergwerke sind im Taunusquarzit des Hunsrücks zu suchen. Dazu eine überraschende

Information: das von Wallerfangen aus gesehen nächste Vorkommen, der "Orkelsfels" bei Orscholz, "ein fast aus reinem Quarz herausmodellierter Härtling im Taunusquarzit" (Schneider 1991: 230), ist nur wenige Kilometer von der Villa von Borg entfernt. Quarzadern in freiliegenden Quarzittfelsen sind noch näher am Grabungsgelände zu beobachten; der Verfasser fand Spuren eines gezielten Quarzabbaus nur etwa einen Kilometer östlich der Villa, freilich ohne die Zeit dieser Arbeiten belegen zu können. Eine Nutzung dieser Steinbrüche beweisen Taunusquarzitplatten im frühromischen Vorgängerbau der Villa und in der Pflasterung des Innenhofs (Brück 1992: 116). Die Annahme, der grobe Quarz in den blauen Pigmentkugeln von Borg komme aus der unmittelbaren Umgebung, hat also eine solide Basis."

(1999, S.36):

"Eine Wüstung unweit des "Kerlinger Stollens" mit Hinweisen auf die Verarbeitung farbiger Silikatschmelzen wurde schon erwähnt; ihr ist bisher kein Produkt aus dem Rohstoff Azurit sicher zuzuordnen. Sollten die blauen Pigmentkugeln von Borg dort gebrannt worden sein? Dann wäre die Villa von Borg vielleicht eine Handelsniederlassung an der Straße von Metz nach Trier gewesen; reisende Händler hätten im Vorbeifahren ihren Bedarf an Pigment decken können. Die mit dem Produktionsprozeß verbundenen Transporte geben allerdings zu denken. Da die gleichen Mengen Azurit aus Wallerfangen und Quarz aus Borg einzusetzen wären, hätte man eine Ladung Quarz zu den Azuritbergwerken transportiert, dann die doppelte Menge Produkt wieder zurück an die Römerstraße. Bei einer Produktion in Borg war nur der Azurit über die Strecke von rund 30 km zu transportieren. Soda und Marmorabfälle, die aus dem Süden heranzuschaffen waren, hätten den Transportaufwand noch weiter erhöht. Man muß also die Anlagen zur Herstellung der blauen Pigmentkugeln im Bereich der Villa von Borg suchen; tatsächlich ist das Areal der Villa ebenso groß wie das der Alten Völklinger Hütte mit einer Reihe von Hochöfen, 7,5 Hektar."

Die Pigmentkugeln von Borg weisen Quarzsplitter auf in einer Größe bis über 3 mm (1999, S.18, Abb.8). Nach der Abbildung ist durchaus anzunehmen, dass es sich um Bruchstücke größerer Quarzstücke handelt. Das Zerschlagen brächte auch frische Oberflächen sowie Spannungen im Gefüge zu Stande, was eine Reaktion begünstigen würde.

HECK hebt hervor, dass der Quarz frei von Al sei. Nun nicht **dieser** Quarz ist so rein, sondern praktisch **jeder** Quarz ist so rein, dass er kein Al liefern kann. Der Quarz gehört zu den reinsten Mineralen überhaupt.

Die Suche braucht also nicht einem speziellen Quarz zu gelten, er muss lediglich etwas größer als normaler Sand sein. Jeder Flusskies kann solchen Quarz zur Genüge liefern. Sollte aber nun unbedingt beim Emilianus-Stollen produziert worden sein, so brauchte man nur entsprechende Gerölle aus dem konglomeratischen Sandstein zu entnehmen, der wenige Meter unterhalb des unteren Emilianus-Stollens ansteht.

Dann erübrigen sich allerdings alle weiteren Spekulationen.

HECK hat durchaus einen sachlichen Kern, mit dem man sich auseinandersetzen kann und muss. Spekulationen wie oben (was haben die Quarzsplitter mit den Hochöfen der Völklinger Hütte zu tun?) erschweren eine sachliche Auseinandersetzung. Bei solchen

spekulativen Ausführungen von HECK geht der Verfasser nur auf Betreffende aus Mineralogie oder Geologie ein.

### 3.7 Der Glaukonit aus dem oberen Buntsandstein.

An einer blauen Pigmentprobe aus Kaiseraugst (Schweiz) fand HECK (2010, S.10-12) statt des erwarteten Cu nur Eisen (Fe) neben anderen Elementen, das für die Färbung verantwortlich sein kann. Die Elementkombination deutete er als Glaukonit.

"Analysen und blaue Farbe, griechisch glaukos [...]", so suggeriert HECK, dass glaukos blau bedeutet. Sucht man nach Übertragungen des griechischen Wortes, so findet man "grün", "graugrün", "meergrün" auch "graublau". Das Glaukom ist ein "grüner Star", kein blauer. In der Realität ist das Mineral Glaukonit gegebenenfalls kräftig grün gefärbt, im Dünnschliff gelblichgrün. Glaukonit-haltige Sande sind "Grünsande", keine "Blausande". Der verwandte Seladonit kann dagegen stärker blaugrün erscheinen.

HECK zitiert dann KOLLING (1993, S.85): "In Schwarzenacker existierte eine Walkerei (fullonica) mit Färberbetrieb, dazu große Behälter aus Steinplatten mit eingezimmertem, unterteilten Holzkasten. Im Abflussloch lagen ein Knöllchen Bergblau und Rötel. Unweit davon lag ein Batzen Ton (Walkerde, creta fullonica)."

HECK bezweifelt dann die Existenz von Bergblau wegen der Verwendung von Urin beim Waschen. Wenn das blaue Stück nicht erst nach dem Betrieb in das Becken gefallen sei, so könne es sich nur um Glaukonit oder Ägyptisch Blau gehandelt haben.

Wenn es nun in Homburg Glaukonit sei, dann sei die Herkunft aus dem Bergwerksbereich im Buntsandstein sehr wohl möglich.

Zuletzt:

"[...] EMILIANUS & Co [...] Der Glaukonit lag vor ihren Füßen, und in der näheren und weiteren Umgebung treffen wir auf Wüstungen, wo zu ihrer Zeit in den villae rusticae dann und wann "Große Wäsche" veranstaltet wurde. Es ist sehr wahrscheinlich, daß dabei auch Wäscheblau zum Einsatz kam; diese Gelegenheit haben sich die Spezialisten vom Hansenberg nicht entgehen lassen."

Dazu:

- Aus einer analytisch ermittelten Elementkombination lässt sich ohne Kenntnis des Gitters keine Aussage über ein bestimmtes Mineral machen. Mit der genannten Elementkombination gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten. Die Deutung als Glaukonit ist willkürlich.
- Glaukonit ist grün, allenfalls blaugrün, nicht blau.
- Die Bildung von Glaukonit ist an vollmarines und reduzierendes Milieu gebunden. Solche Verhältnisse lagen im Saarland gelegentlich vor im oberen Teil des unteren Muschelkalks sowie auch im oberen Muschelkalk. Die Glaukonit-Gehalte der entsprechenden Kalke sind klein.
- Glaukonit, wie er im Saarland vorkommt, verwittert leicht und wird dann gelblich oder braun.
- Der obere Buntsandstein ist fluviatil bis lakustrisch gebildet, brackisches Milieu war möglich. Die Bildungsbedingungen für Glaukonit waren nie gegeben.

## 4. ANALYTIK.

### Zusammenfassende Wertung.

— HECK hat für seine Analysen nur eine Methode benutzt, REM-EDX. Diese Methode hat deutliche Schwachpunkte hinsichtlich der Genauigkeit. Dennoch war die Benutzung dieser Methode bei den Pigmentkugeln von Borg wegen deren Seltenheit angebracht. In Bezug auf Azurit von Wallerfangen kann diese Methode den notwendigen Ansprüchen nicht genügen.

Als Vergleichsproben hat HECK lediglich 4 an der Oberfläche gefundene Stücke gewählt, von denen 3 einander sehr ähnlich sind. Von diesen Proben hat HECK keine Vollanalysen gemacht, sondern sich lediglich auf 4 Elemente beschränkt. Das hat zur Folge, dass seine Analysen nicht wirklich mit anderen vergleichbar sind.

Es gab bei diesen Analysen weder eine interne Kontrollmöglichkeit noch eine externe Kontrolle durch Vergleichsproben oder andere Analysenmethoden. Nach solchen Kriterien gäbe es heute keine Zertifizierung eines Labors.

— Die unkontrollierten Fehlermöglichkeiten des Verfahrens führten bei den Pigmentkugeln von Borg wie auch beim Azurit zu überhöhten Al-Gehalten. Gerade das Element, auf das HECK sich bei seiner Beweisführung stützt, zeigt falsche Analysenwerte, womit nicht ausgesagt ist, dass andere richtig sind. Kurz gesagt, die Qualität der Analyse genügt nicht dem Anspruch der Beweisführung.

— Die Proben von HECK ergeben im Prinzip lediglich zwei unabhängige Sätze an Analysenwerten und entsprechen nur einem kleinen Ausschnitt der ganzen Spannweite der Zusammensetzungen.

— Im Vergleich mit den Analysen des Verfassers (durch ein zertifiziertes Labor) und anderen fallen die Analysen praktisch immer heraus.

— Eine ältere Analysen-Serie von ECHT u. THIELE (1994) am gleichen Gerät (REM-EDX) zeigt die Problematik des Verfahrens noch viel deutlicher.

### 4.1 Die chemische Analytik.

Zunächst einmal steht es einem Wissenschaftler völlig frei, welche Analysenmethoden er für seine Untersuchungen auswählt. Dies ist ausschließlich seine Sache. Jede Analysenmethode besitzt ihre Eigenheiten, insbesondere hinsichtlich Anwendbarkeit, Genauigkeit und Fehlermöglichkeiten. Insoweit gibt es bei der Aufarbeitung und Ausdeutung von Untersuchungen Grenzen. Die Kritik setzt dort ein, wo Grundvoraussetzungen nicht gegeben sind oder Grenzen überschritten wurden.

Die Hypothese von HECK zur Produktion von Ägyptisch Blau aus Wallerfanger Azurit basiert auf chemischen Analysen. Eine kritische Sicht auf die verwendeten Analysenmethoden ist also zwingend notwendig. Bei HECK findet sich dazu sehr wenig.

Zu analysieren waren und sind:

- Proben von Ägyptisch Blau aus den Grabungen in Borg.
- Proben von unterschiedlich mit Azurit mineralisierten Gesteinen von Wallerfangen.

Der wesentlichste Unterschied zwischen den beiden Arten von Proben besteht darin, dass das Material aus Borg nur in sehr begrenzter Menge vorliegt, dagegen in Wallerfangen geeignetes Material in ausreichenden Mengen für wünschenswerte Analysemethoden zu gewinnen ist.

Als Analysemethode hat HECK sowohl für das Material aus Borg wie für Proben von Wallerfangen REM-EDX gewählt. Diese Methode hat Vorteile und Nachteile.

— Man kann unter dem Rasterelektronenmikroskop punktgenau analysieren, kommt also mit geringen Substanzmengen aus.

— Die Messung erfolgt schnell.

— Das Verfahren arbeitet nicht mit Standards (definierten Bezugsproben) wie die Mikrosonde. Das Ergebnis ist letztlich abhängig von einem Rechenprogramm. Solche Rechenprogramme sind nicht in der Lage, alle möglichen Fälle und Abhängigkeiten zu berücksichtigen.

— Von der Messtechnik her (energie dispersiv) ist die Genauigkeit geringer als bei der Mikrosonde (wellenlängendispersiv).

— Die Rechenprogramme sind so ausgelegt, dass sie immer ein Ergebnis von in der Summe 100 % liefern. Eine Kontrolle der Richtigkeit ist aus der Analyse selbst nicht zu führen.

Für die Proben aus Borg war zum Zeitpunkt der Analysen REM-EDX durchaus die richtige Wahl, zumal sie im Gegensatz zur genaueren Mikrosonde auch zur Verfügung stand.

Zwar arbeitet REM-EDX standardlos, doch wären durchaus Vergleichsproben möglich gewesen, mit denen man die Messergebnisse hätte kontrollieren oder eichen können. Da dies nicht geschah, gibt es für diese Messungen keine Aussagen zur Beurteilung der Qualität.

Für die Proben aus Wallerfangen bestand hinsichtlich der Auswahl der Analysemethoden von der Menge her keine Einschränkung. Hier wären in jedem Fall Methoden mit höherer Genauigkeit und der Möglichkeit von Qualitätskontrollen notwendig gewesen. Dazu stand das Verfahren der Röntgenfluoreszenz zur Verfügung.

HECK hat sich dafür entschieden, die Proben von Wallerfangen ebenfalls mit REM-EDX zu analysieren. Das hat Folgen:

— Wegen der geringen untersuchten Probenmengen können diese nicht als wirklich repräsentativ angesehen werden.

— Wegen der schlechten Nachweisgenauigkeit bei geringen Gehalten beschränkt HECK die Betrachtung auf wenige Elemente.

— Messtechnische Fehler des Verfahrens wirken sich sowohl auf die Proben von Borg wie auf die Vergleichsproben aus. Eine Fehlerkontrolle findet nicht statt.

Für die Proben aus Wallerfangen hat HECK eine Methode gewählt, die nicht hinreichend war und ist. Damit fehlt es dann auch an einer hinreichenden Definition der mineralisierten Gesteinsproben aus Wallerfangen.

Dazu HECK (2007, S.479):

"Kürzlich ist mit modernen naturwissenschaftlichen Untersuchungsmethoden der Azurit aus dem Buntsandstein des Saarlandes eindeutig charakterisiert und seine Verarbeitung in römischer Zeit zu *lomentum*, einem blauen Lidschatten gemäß den Angaben von Plinius nachgewiesen worden."

## 4.2 Die Vergleichbarkeit der Analysen in den Arbeiten von HECK.

Das von HECK benutzte REM-EDX liefert die Analysen sowohl in Atom-% wie in Masse-%. HECK benutzt in seinen Arbeiten vorwiegend Atom-% und rechnet nur gelegentlich in Masse-% um.

Bei dem untersuchten Probenmaterial handelt es sich letztlich um Gesteine und/oder Minerale. Geologie und Mineralogie pflegen seit ihrem Ursprung und auch heute noch generell Analysenwerte als Masse-% anzugeben. Damit wird eine direkte Vergleichbarkeit mit dem gesammelten Wissen hergestellt. Der Verfasser benutzt daher generell nur Masse-% und hat die Daten von HECK entsprechend umgerechnet.

Die Analysen von HECK sind keine Vollanalysen, das heißt, sie umfassen nur vier Elemente und lassen alle anderen außer Betracht. Diese Analysen lassen sich daher nicht direkt mit anderen vergleichen. Um Vergleichbarkeit herzustellen, kann lediglich das Teilsystem Cu, Si, Al, K betrachtet werden. Die Gehalte müssen daher alle auf eine gleiche Summe von 100% umgerechnet werden. Um Verwechslungen mit originalen Analysenwerten zu vermeiden, wurden die umgerechneten Werte mit einem Stern (\*) gekennzeichnet.

HECK hat bei seinen Analysen (2009, S.24-25) mit seinen Rohdaten gearbeitet. Berechnet man zu den angegebenen Elementen den zugehörigen Sauerstoff, so ergibt die Summe keine 100 %. Es wurden also auch andere Elemente gemessen, aber nicht aufgeführt. Da die Summen der Einzelmessungen unterschiedlich sind, ist die vorgenommene Mittelwertbildung nicht korrekt.

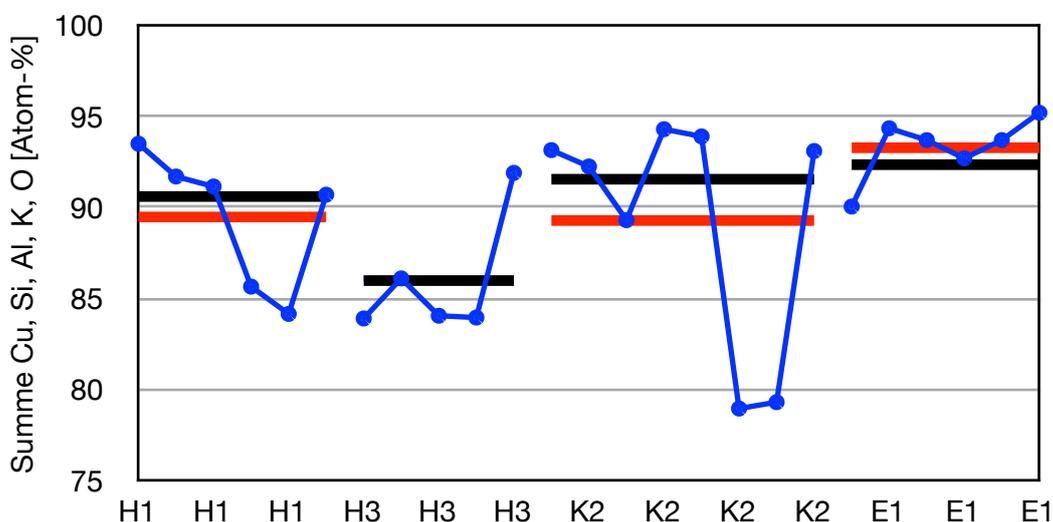


Abb.14:

Das Diagramm zeigt die Summen der einzelnen Analysen als Punkte, die Durchschnittswerte von HECK (schwarz) und die vom Verfasser berechneten (rot). Fehlende Prozentzahlen gehen auf zwar gemessene, aber nicht ausgewiesene Elemente zurück.

Vereinfachungen in einem Rechengang dürfen sein, man sollte aber darauf hinweisen. Da noch zu zeigen sein wird, dass die Werte von HECK nicht belastbar sind, bleibt es unerheblich, wieweit die Fehler sich auswirken würden.

Wert ist aber auf die Feststellung zu legen, dass die sehr unterschiedlichen Werte auf deutliche Inhomogenitäten und einen durchaus beachtlichen Anteil anderer Elemente hinweisen. Die Analysenproben des Verfassers sind selbstverständlich auch inhomogen. In seine Analysen gehen 5 g ein, die aus mindestens diesen 5 g, meist aber aus deutlich größeren Massen homogenisiert wurden. Bei Heck handelt es sich lediglich um sehr dünne Schichten, also entsprechend geringe Massen.

Bei der Beschränkung auf ein Teilsystem der Analysen wird ein gravierender Mangel in Kauf genommen, es ist kein Urteil mehr über die Richtigkeit einer Analyse möglich. Das sei an einem Beispiel erläutert.

Analyse	K <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Summe
A	10,0 %	15,0 %	20,0 %	45,0 %
B	12,0 %	18,0 %	24,0 %	54,0 %
C	22,2 %	33,3 %	44,5 %	100,0 %

Gegeben seien die beiden Analysen A und B, die am gleichen Material unabhängig voneinander gemacht wurden. Die Umrechnung auf 100 % ergibt in beiden Fällen die gleichen Werte (Analyse C). Die Analyse C lässt jedoch nicht nur diese beiden Deutungen A und B, sondern letztlich unendlich viele zu. Es gibt in der Form der Analyse C keine Möglichkeit mehr auszusagen, ob eine Ursprungsanalyse A oder B richtig oder falsch ist.

Es gibt letztlich nur eine einzige Aussage, die sich machen lässt, nämlich ob die benutzten Analysenmethoden die untersuchten Elemente im gleichen Verhältnis zu einander erfasst haben oder nicht. Wenn im obigen Beispiel die Analysen A und B mit zwei verschiedenen Methoden am gleichen Stoff gemacht worden wären, so wüsste man nicht, welche der beiden richtig wäre; es könnten auch beide falsch sein. Man kann nur aussagen, dass beide Analysenmethoden die Elemente im gleichen Verhältnis zu einander gemessen hätten.

Bezüglich des Analysenmaterials liegt noch ein weiteres Problem vor. Si, Al und K sind Bestandteile der normalen Sedimente, die auch die Grundlage der mit Azurit mineralisierten Proben bilden. Azurit und damit Cu ist kein ursprünglicher Gesteinsbestandteil.

— Soweit sich das zu besprechende Teilsystem auf die drei Elemente Si, Al und K beschränkt, lassen sich Azuritproben und normale Gesteine direkt vergleichen.

— Im Vierstoffsystem gibt es nun zwei Möglichkeiten:

— Man behandelt alle vier Elemente als einheitliches System wie bei HECK.

— Man behandelt Si, Al und K als einheitliches System und Cu als zusätzliches.

Im ersten Fall kann man die Analysen nicht mehr mit normalen Gesteinsanalysen vergleichen, im zweiten wohl. Beide Möglichkeiten werden benutzt.

### 4.3 Vergleich der Azurit-Analysen in den Arbeiten von HECK mit anderen Analysen.

Zum Vergleich werden herangezogen:

— 4 Analysen von HECK.

— 15 Analysen des Verfassers, davon betreffen

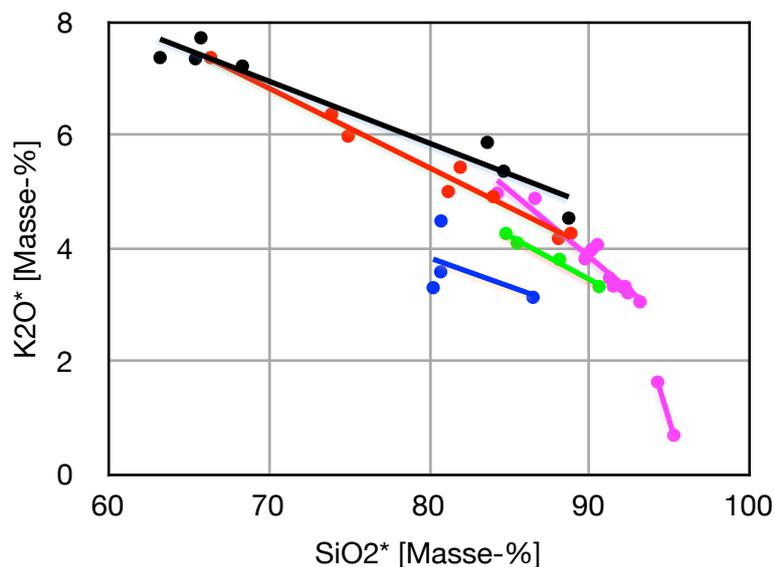
- 6 Analysen unvererzte Gesteine,
- 1 Analyse den unvererzten Anteil einer mineralisierten Probe,
- 7 Analysen Azurit,
- 1 Analyse einer Mn-Imprägnation.
- 4 Analysen aus 1965 im Zusammenhang mit dem Emilianus-Stollen gefertigt (Friedr. Krupp Rohstoffe).
- 13 Analysen mineralisierter Gesteine aus dem Buntsandstein von Lothringen und Wallerfangen, angefertigt im Mineralogischen Institut der RWTH Aachen (aus dem Nachlass von Dr. Norbert ENGEL).

Die Proben des Verfassers wurden bei Actlabs, einem zertifizierten Labor (Code 4 Litho, Schmelzaufschluss und Messung mit ICP, Cu mit ICP-OES) angefertigt. Die etwas älteren Daten aus Aachen wurden mit RFA gemessen.

Bei den Proben aus 1965 lässt sich über die Analysemethoden nichts aussagen; es handelt sich um einen Zeitabschnitt, in dem die nasschemischen Methoden durch physikalische ersetzt wurden. Der Verfasser vermutet, dass es sich bei den Proben um größere Stücke handelte, die uneinheitlich waren. Die Analysenwerte werden dargestellt, aber nicht kommentiert.

Zum Vergleich der drei Elemente  $K^*$  ( $K_2O^*$ ),  $Al^*$  ( $Al_2O_3^*$ ) und  $Si^*$  ( $SiO_2^*$ ) werden vier Diagramme benutzt:

- $K_2O^*$  gegen  $SiO_2^*$ .
- $Al_2O_3^*$  gegen  $SiO_2^*$  (zusätzlich ein vergrößerter Ausschnitt des Diagramms).
- $K_2O^*$  gegen  $Al_2O_3^*$ .
- Das Verhältnis  $K_2O^* / Al_2O_3^*$  gegen  $SiO_2^*$ .



- |              |               |               |
|--------------|---------------|---------------|
| ● Gesteine   | ● Azurit      | ● Anal.HECK   |
| ● Anal.Krupp | ● Anal.Aachen | ● Anal.Aachen |

Abb.15:

Von den auf eine Summe von 100% normierten drei Oxiden werden hier  $SiO_2^*$  und  $K_2O^*$  auf einander bezogen.

Die Aussage ist zunächst einmal die, dass mit zunehmendem  $\text{SiO}_2^*$ -Gehalt der  $\text{K}_2\text{O}^*$ -Gehalt abnimmt. Die Analysen beschreiben insgesamt eine Gesteinsserie von feinkörnig (Siltsteine mit Glimmer/Illit-Gehalten) bei niedrigen  $\text{SiO}_2^*$ -Gehalten über Feldspat-reiche Sandsteine bis zu groben Sandsteinen, die außer Quarz nur noch wenig Feldspat führen.

Wesentliche Aussagen sind:

- Die vier Analysen von HECK repräsentieren nur einen kleinen Ausschnitt der Serie, auch was die Azurit-Proben anbelangt. Bei diesen entsprechen sie nur den mineralisierten Sandsteinen, nicht jedoch den gesuchten "Lettenerzen".
- Alle verfügbaren Analysen passen gut zusammen außer denen von HECK, die bezogen auf gleiche  $\text{SiO}_2^*$ -Gehalte um etwa 2 %-Punkte zu kleine  $\text{K}_2\text{O}^*$ -Gehalte aufweisen.

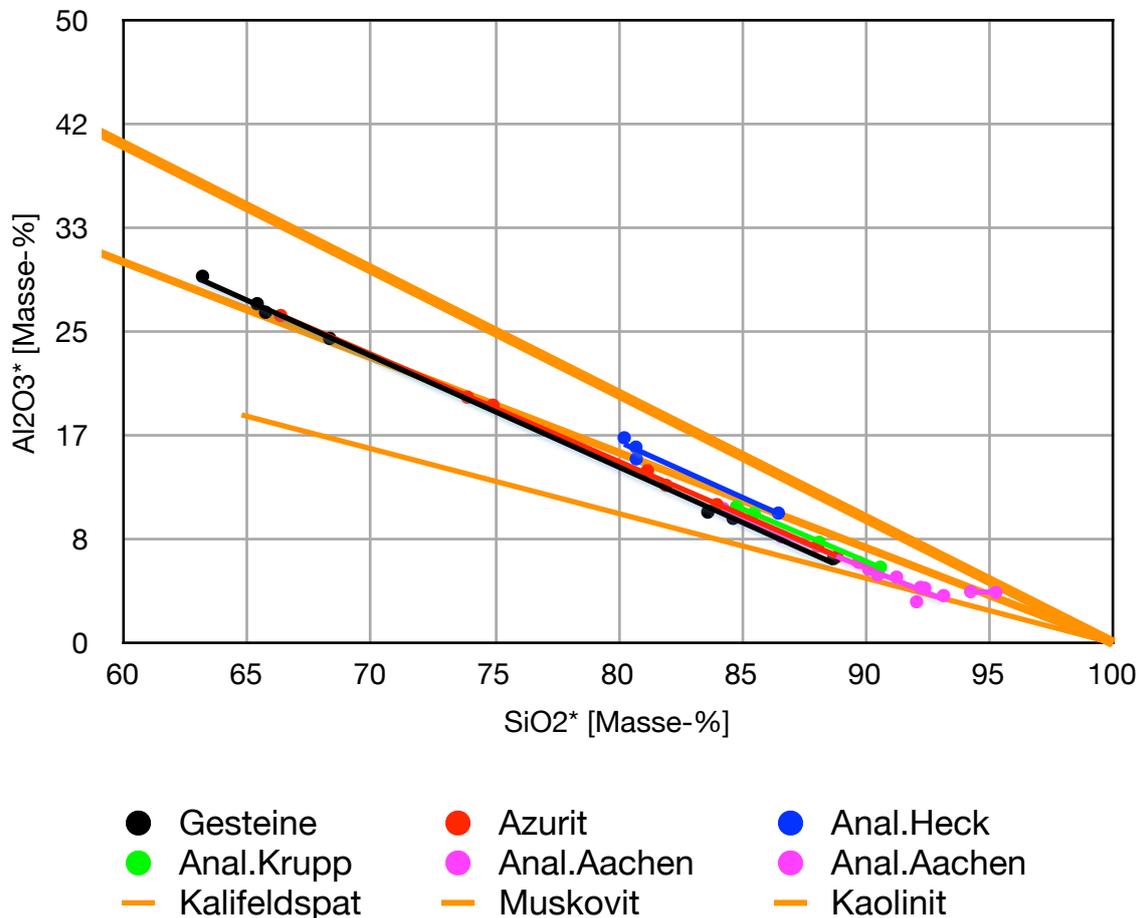


Abb.16:

Im Diagramm werden  $\text{Al}_2\text{O}_3^*$  und  $\text{SiO}_2^*$  auf einander bezogen.

Zum besseren Verständnis sind drei zusätzliche Linien eingetragen, eine dünne für Kalifeldspat, eine mittlere für Muskovit und eine dicke für Kaolinit. Auf der dünnen Linie liegen alle Gemische, die ausschließlich aus Kalifeldspat und Quarz bestehen. Links bei etwa 65 %  $\text{SiO}_2^*$  liegt reiner Kalifeldspat vor, bei 100% reiner Quarz. Entsprechendes gilt für Muskovit und Kaolinit.

An diesem Diagramm fällt zunächst auf, dass die Werte aller Messreihen im Prinzip fast auf einer diagonal verlaufenden Gerade verlaufen. Das ist leicht dadurch zu erklären, dass von den drei untersuchten Elementen hier  $\text{SiO}_2^*$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3^*$  fast die Summe von 100% erreichen,  $\text{K}_2\text{O}^*$  in einer Größenordnung von 3 - 7 % nur gering vertreten ist. Es wäre verfehlt, die Analysen hier als gleichwertig zu betrachten, man muss auch die feineren Unterschiede sehen.

Solange in diesem System keine anderen Minerale als Quarz, Kalifeldspat, Glimmer/Illit und Kaolinit auftreten, müssen die Analysen zwischen der dünnen und der dicken Linie liegen.

Die mittlere Linie steht für Muskovit, doch muss hier betont werden, dass hier eine Idealformel zu Grunde liegt. Die real auftretenden Glimmer, die auch teilweise verändert sein können (Illite) weichen davon ab.

Allgemein gilt, dass die Gesamtheit der Analysen mit zunehmendem  $\text{SiO}_2^*$ -Gehalt den Bereich der Muskovit-Quarz-Gemische schneidet und zu den Kalifeldspat-Quarz Gemischen tendiert. Das entspricht der Tendenz von feinkörnigen Gesteinen mit Glimmer/Illit zu grobkörnigen mit Feldspat.

Da die Illite gegenüber den ursprünglichen Glimmern häufig K-Verluste erlitten haben, liegen die Analysen der feinkörnigen Sedimente in Richtung Kaolinit leicht verschoben. Auch geringe Kaolinit-Gehalte sind nicht auszuschließen.

Prinzipiell kann man die Analysen durchaus auch mit dem Modell nach HECK eines Kaolinit-Kalifeldspat-Gemisches erklären, in dem die Glimmer nur eine Nebenrolle spielen. Dann muss man allerdings alles, was Geologie und Mineralogie zu diesen Sedimenten aussagen, für falsch erklären.

Für Details ist der unten folgende Ausschnitt des Diagramms zu betrachten.

Die meisten der vorliegenden Analysen betreffen Sandsteine. Siltsteine wurden nur vom Verfasser berücksichtigt. Die Analysen des Verfassers und die in Aachen gefertigten passen sehr gut zusammen. Der größere Teil der Analysen aus Aachen betrifft allerdings eher grobe Sandsteine, die beim Verfasser nicht vertreten sind, und die auch keine Azurit-Knoten führen.

Die Trendlinie der Analysen von HECK zeigt zu den anderen parallelen Verlauf, liegt aber im Schnitt um 2%-Punkte über den Analysen des Verfassers, das entspricht einer Abweichung zwischen 12 und 20%.

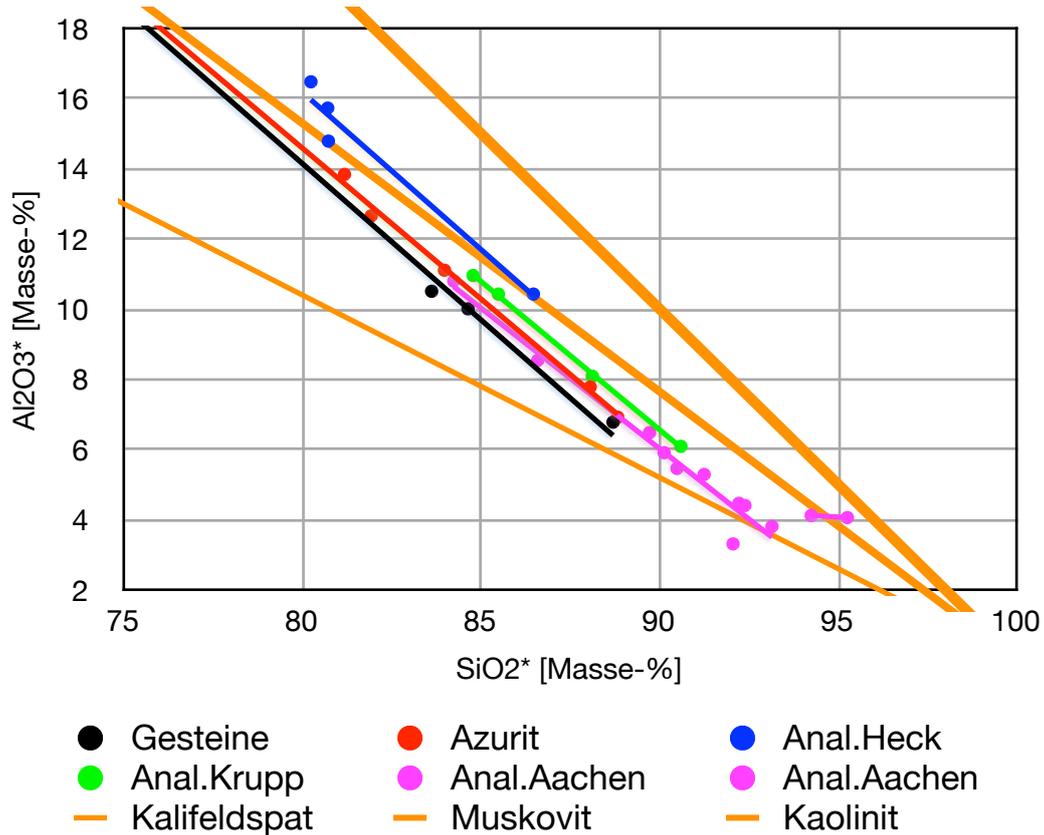


Abb.17:

Ausschnitt aus Abbildung 16. Dieser umfasst nur noch einen Teil der Analysen des Verfassers, lässt aber die oben beschriebenen Tendenzen besser erkennen.

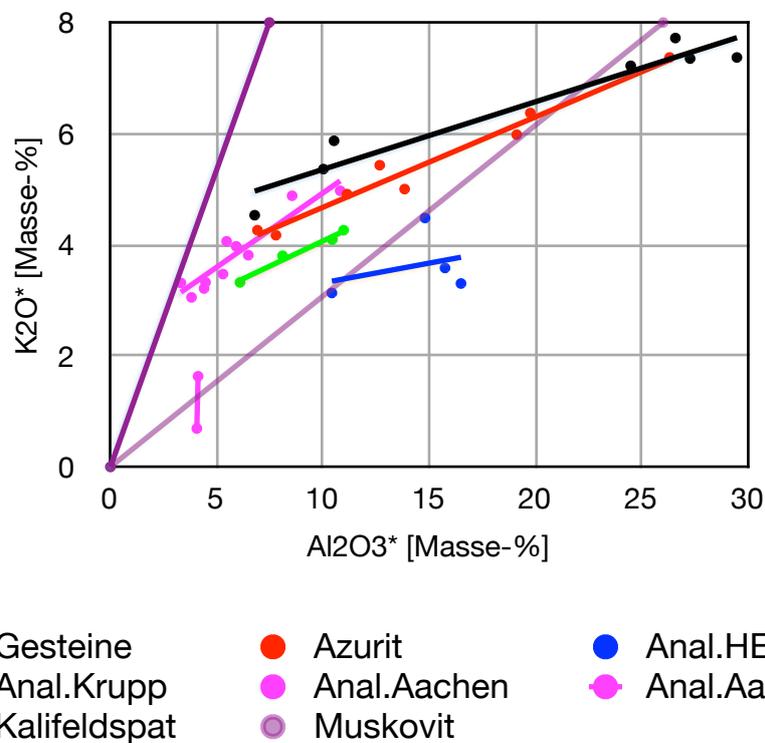


Abb.18:

In diesem Diagramm  $\text{Al}_2\text{O}_3^*$  bezogen auf  $\text{K}_2\text{O}^*$  fehlt die Hauptkomponente  $\text{SiO}_2^*$ . Dadurch wirkt dieses Diagramm stärker differenziert.

Das Diagramm enthält Grenzlinien für Kalifeldspat und Muskovit. Der darstellende Punkt für reinen Kaolinit läge bei rund 46% auf der X-Achse, also nicht mehr im Diagramm. Es zeigt sich zwar deutlich, dass der  $K_2O^*$ -Gehalt bei den feinkörnigen Gesteinen (im Diagramm oben rechts) geringer ist als im theoretischen Muskovit, die Kurve steigt aber noch deutlich an und geht keineswegs in Richtung Kaolinit.

Die Analysen des Verfassers und die aus Aachen, ließen sich in der Gesamtheit etwas besser als gekrümmte Kurve darstellen. Sie zeigen den Übergang von Feldspat-reichen Sandsteinen zu Glimmer/Illit-reichen Siltsteinen.

Die Analysen von HECK passen auch hier nicht zu den anderen. Bezogen auf gleiches  $Al_2O_3^*$  sind die  $K_2O^*$ -Gehalte um etwa 4 %-Punkte zu niedrig. Bezogen auf gleiches  $K_2O^*$  erscheinen die  $Al_2O_3^*$ -Gehalte um 5 %-Punkte überhöht.

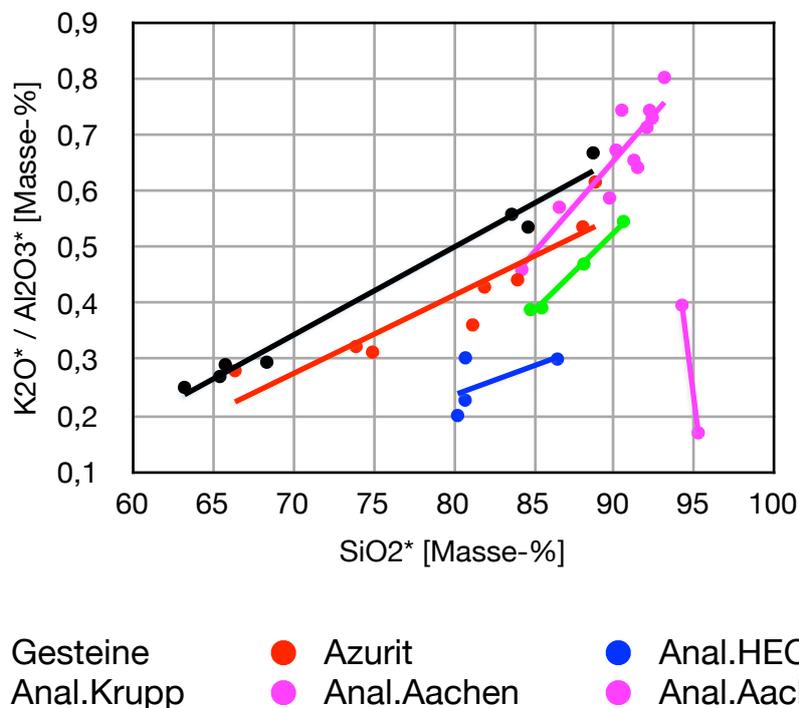


Abb.19:

Dieses Diagramm umfasst alle drei verwendeten Elemente (Oxide), indem das  $K_2O^* / Al_2O_3^*$ -Verhältnis auf  $SiO_2^*$  bezogen wird. Links finden sich die feinkörnigen Gesteine mit einem niedrigen  $K_2O^* / Al_2O_3^*$ -Verhältnis, rechts die gröberen Sandsteinen mit höherem Verhältniswert.

In allen Diagrammen wurden ausschließlich lineare Trendlinien verwendet, auch wenn teilweise (besonders hier bei Abb.19) eine nichtlineare Trendlinie ein besseres Ergebnis erbracht hätte. Bei den Daten von HECK hätte dies unsinnige Kurven erzeugt.

Generell passen die Proben des Verfassers und die aus Aachen gut zusammen. Lediglich zwei Proben aus Aachen fallen heraus. Der Verfasser hat diese nicht ausgeschlossen, um sich den Vorwurf einer willkürlichen Auswahl zu ersparen. Die Proben aus 1965 weichen

etwas ab, was sich bei Kenntnis der verwendeten Analysemethoden gegebenenfalls erklären ließe.

Die Analysen von HECK fallen in allen Diagrammen deutlich heraus.

— Die Proben des Verfassers reichen bei  $\text{Al}_2\text{O}_3^*$  von etwa 7 - 29%. Die Proben von HECK haben nur einen Umfang von 10 - 17 %.

— Drei der Proben von Heck liegen bei  $\text{Al}_2\text{O}_3^*$  und  $\text{SiO}_2^*$  jeweils eng beisammen, streuen aber bei  $\text{K}_2\text{O}^*$  stark. Da eine so starke Streuung bei den anderen Datenreihen nicht auftritt, ist diese sicherlich nicht positiv deutbar. Wenn man in der Konsequenz den  $\text{K}_2\text{O}^*$ -Gehalt nur als Mittelwert benutzt, so liegen dann von HECK lediglich 2 unabhängige Datenpunkte vor.

— Betrachtet man die Analysen des Verfassers als im Prinzip richtig, so lassen sich relative Aussagen über die Abweichungen der Analysen von HECK machen:

- Bezogen auf gleichen  $\text{SiO}_2^*$ -Gehalt sind die  $\text{K}_2\text{O}^*$ -Gehalte zu klein.
- Bezogen auf gleichen  $\text{SiO}_2^*$ -Gehalt sind die  $\text{Al}_2\text{O}_3^*$ -Gehalte zu groß.
- Bezogen auf gleichen  $\text{Al}_2\text{O}_3^*$ -Gehalt sind die  $\text{K}_2\text{O}^*$ -Gehalte zu klein.
- Im letzten Diagramm addieren sich diese Faktoren. Bei einem  $\text{SiO}_2^*$ -Gehalt von 80% weisen die Trendlinien des Verfassers ein  $\text{K}_2\text{O}^*/\text{Al}_2\text{O}_3^*$ -Verhältnis von etwa 0,4 bzw. 0,5 auf, bei HECK liegt es dagegen bei 0,25.

#### 4.4 Die Analysen in der Arbeit von ECHT und THIELE.

ECHT u. THIELE (1994, S.32) haben eine Reihe Cu-Minerale aus Wallerfangen, sowie von Fischbach/Nahe und Frauenberg untersucht, speziell hinsichtlich von Zn-Gehalten.

Der Verfasser hat diese Analysen genauer betrachtet. Nach Zweifeln hinsichtlich der Belastbarkeit, hat er sich mit dem Zweitautor, Dr. Wolf-Rüdiger THIELE in Verbindung gesetzt (telefonische Auskunft 2010-09-22, für die sich der Verfasser bedankt). Die Bedenken des Verfassers lassen sich durch damalige Hintergründe und Analytik erklären.

Das Interesse galt lediglich dem Verhältnis von Cu zu Zn. Die anderen Elemente fielen mit an. Das ist insoweit positiv, als man dadurch die gesamte Messung beurteilen kann. Andererseits gehen Zweifel an der Qualität der Messung auch zu Lasten des wesentlichen Cu/Zn-Verhältnisses.

Da die Analysen am gleichen Gerät gemacht wurden, an dem später auch die Analysen von HECK erfolgten, wird die Problematik der Probenmessung bei THIELE und ECHT kurz erläutert.

Sauerstoff war energiedispersiv (EDX) nicht messbar, wurde aber wellenlängendispersiv (WDX) gemessen, also wesentlich genauer als die übrigen mit EDX gemessenen Elemente, von denen Rohwerte in die Tabelle gelangten. Der berechnete Sauerstoffbedarf weist daher deutliche Differenzen zum gemessenen Sauerstoff auf.

Mit 10 Elementen kommen diese Analysen nahe an Vollanalysen heran, es fehlen lediglich Ca, Mn und P. Es fällt allerdings sofort auf, dass Mg- und Al-Gehalte sehr hoch ausfallen, die Si-Gehalte dagegen eher niedrig. Da Mg nicht in die weiteren Betrachtungen eingeht, sei direkt verglichen.

In den Analysen von ECHT u. THIELE erreicht MgO Gehalte von 4,64 - 5,64 Masse-%. In den Originalanalysen, ausschließlich von Azurit-Proben, des Verfassers sind dies lediglich grob 0,1 - 0,7 %, umgerechnet auf das reine Sediment (ohne Cu und Glühverlust) 0,2 - 2,1%.

Ein Vergleich mit den Analysen von HECK und zusätzlich den eigenen kann nur über das Teilsystem Cu, Si, Al und K erfolgen. Aus der Breite der Möglichkeiten werden hier zwei Darstellungen zur Demonstration benutzt.

ECHT u. THIELE haben untersucht Azurit, Malachit und "Nadel" (eine der drei Analysen deutet auf einen Olivenit hin). Bei dem "Malachit" von Fischbach handelt es sich weitgehend um Cu-Sulfate. Für den nachfolgenden Vergleich werden ausschließlich die Azurit-Analysen von Wallerfangen benutzt.

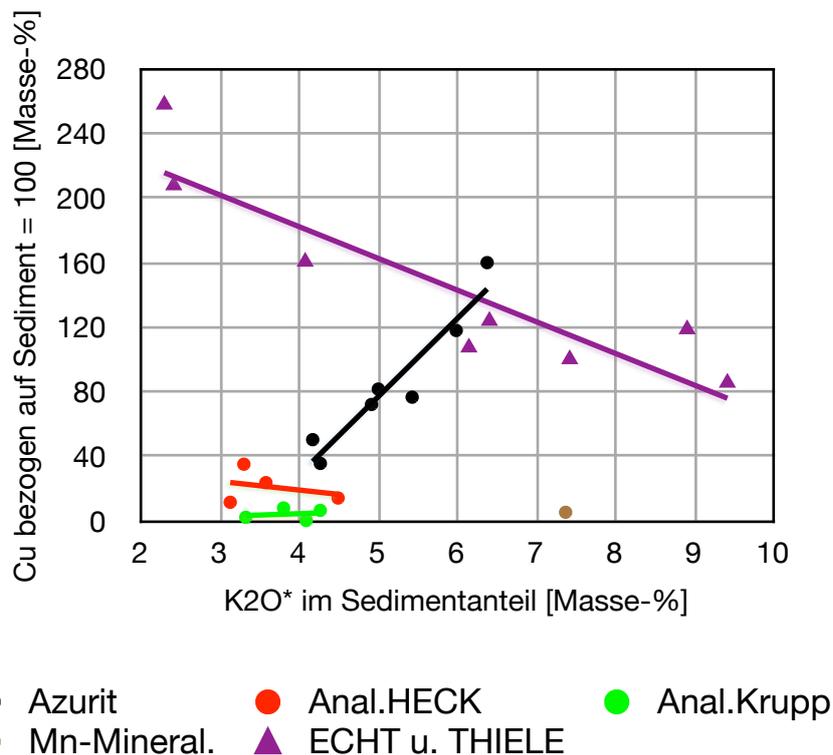


Abb.20:  
Der Kupfer-Gehalt wird bezogen auf K<sub>2</sub>O\*.

Die Analysen von ECHT u. THIELE besitzen zwar einen deutlichen Trend, der jedoch völlig anders verläuft als bei den verglichenen Analysen. Während in der Wirklichkeit der Cu-Gehalt mit steigendem K<sub>2</sub>O\*-Gehalt (Feinkörnigkeit des Gesteins) zunimmt, nehmen bei ECHT u. THIELE die Cu-Gehalte entsprechend ab.

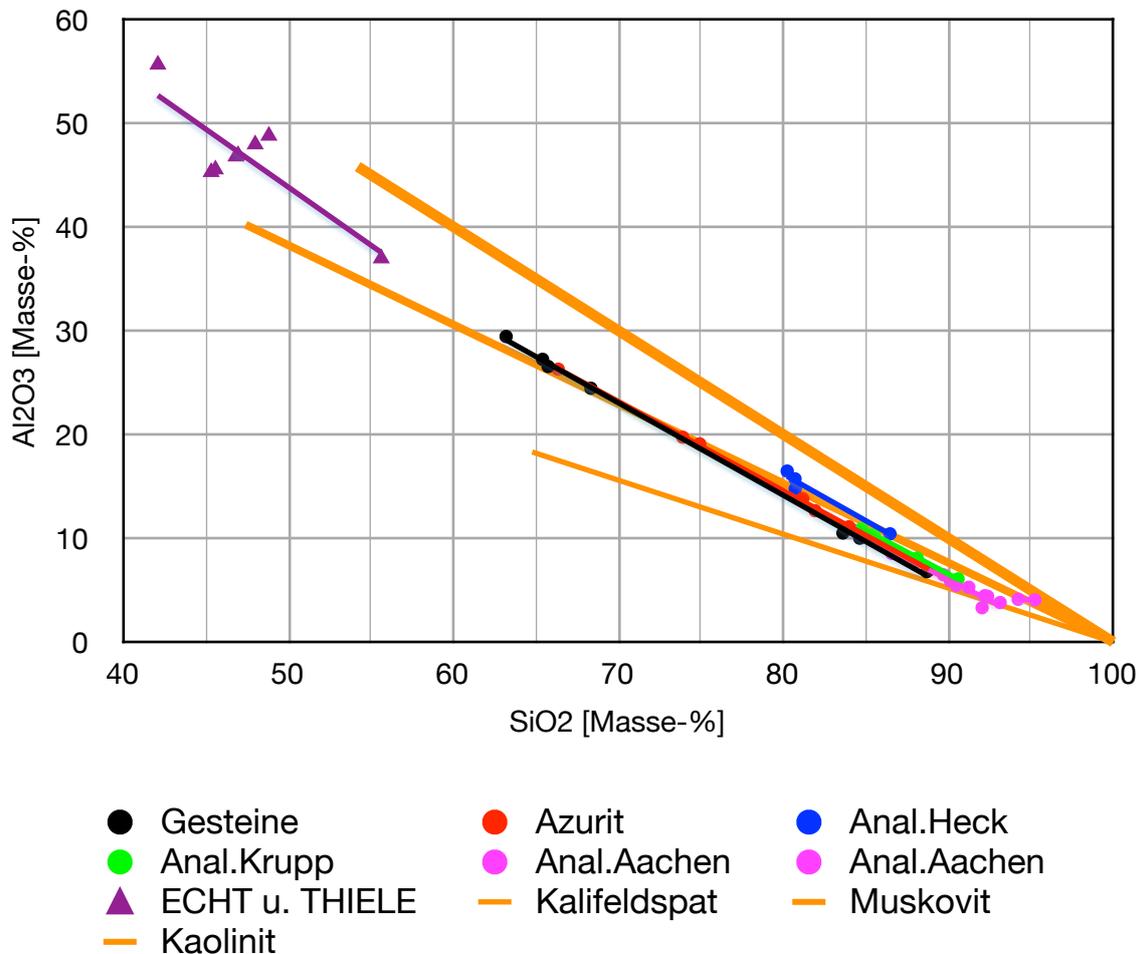


Abb.21.

Diesem Diagramm liegt lediglich das Teilsystem  $\text{Si}^*$ ,  $\text{Al}^*$  und  $\text{K}^*$  zugrunde. Was an den prozentualen Gehalten von  $\text{SiO}_2^*$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3^*$  fehlt, entspricht  $\text{K}_2\text{O}^*$ .

Das Diagramm selbst wird an anderer Stelle (Abb.16 u.17) besprochen. Hier soll es nur zeigen, dass die Analysenwerte von ECHT und THIELE außerhalb jeglicher geologischer Realität liegen. Real könnten nur Analysen sein, die in den zwei Dreiecken liegen, die durch die drei orangefarbenen Linien aufgespannt werden.

Die einfach gehaltene Erläuterung sieht so aus. Das REM-EDX gibt lediglich für eine bestimmte Energie der Quanten ("Teilchen") einer Röntgenstrahlung eine gemessene Intensität aus. Alles andere ist Interpretation.

Nun gibt es neben der durch die in der Probe enthaltenen Elemente bedingten Strahlung eine, die alle Energiewerte umfasst (Untergrund). Dieser Untergrund ist unterschiedlich. In einem bestimmten Bereich steigt er steil an, dort ist die Abgrenzung zwischen Untergrund und zu messender Elementstrahlung besonders schwierig. Gerade hier werden Mg, Al und Si gemessen, was bei ECHT und THIELE zu überhöhten Werten bei Mg und Al und zu niedrigen Werten bei Si geführt hat.

Bei den Elementen Cu und Zn liegen bei dieser Analysenserie zwar auch Bedenken bezüglich der absoluten Größe der Messwerte vor, von den Messbedingungen her muss man das Verhältnis der beiden Elemente zueinander nicht anzweifeln.

Die Messungen bei HECK (am gleichen Gerät) sind sicherlich genauer, aber nicht in dem Maße belastbar, wie es für die Aussagen von HECK erforderlich wäre.

## **ZUSAMMENFASSUNG.**

Die Arbeiten von HECK haben einen realen Kern von Bedeutung. Das sind die Beobachtungen an den Pigmentkugeln von Borg, wie sie in Anschliff-Fotos dokumentiert sind. Das sind auch, wenn man die REM-EDX-Analysen lediglich als Größenordnungen und nicht als belastbare Werte betrachtet, diese Analysen. Diese Pigmentkugeln sind selten, nicht vermehrbar, man kann nicht beliebig die Arbeiten mit besseren Methoden wiederholen. Für diese Pigmentkugeln bilden die Arbeiten von HECK eine Basis, an der man nicht vorbei gehen, die man allerdings in den Ausdeutungen kritisch sehen kann.

Was die Azurit-Vorkommen von Wallerfangen angeht, so sind die Untersuchungen von HECK nicht hilfreich. Nur mit vier REM-EDX-Analysen, ohne breite Grundkenntnisse aus Geologie und Mineralogie und speziellen zum saarländischen oberen Buntsandstein, kann kein befriedigendes Ergebnis erzielt werden. So baut sich HECK ein eigenes geologisches und mineralogisches System, das mit der Wirklichkeit, wie sie von den Fachwissenschaftlern heute erkannt und gedeutet wird, außer einigen Begriffen wenig zu tun hat.

Die Verknüpfung der Herstellung von Ägyptisch Blau mit Azurit von Wallerfangen hat keine Basis. Gegenstandslos ist auch die Aufbereitung von Azurit-haltigem Sandstein zu "Iomentum".

### **Ein Prinzip guter Wissenschaft.**

Die bezogenen Arbeiten von KÖRLIN zum römischen Bergbau ebenso wie die Arbeiten von HECK stellen nur dar, was für die Hypothesen sprechen könnte. Eine kritische Würdigung findet darin nicht statt.

Eine gute Wissenschaft bemüht sich ständig zu "falsifizieren", das heißt man sucht bewusst nach Schwachstellen oder Fehlern bei Untersuchungen. Solches Handeln führt zu Korrekturen, verändertem Blickwinkel und letztlich zu Fortschritten.

Eine Vorstellung ist nicht dann gut, wenn Vieles dafür spricht, sondern dann, wenn man nichts finden kann, was dagegen spricht.

### **Literatur.**

- ANONYM: Eine Schaufel aus der Römerzeit. — Saargeschichten, Jhrg.2008, Heft 3, S.13; Alweiler 2008.
- BARTELS, Christoph u. ENGEL, Norbert(†): Bergbau des 18. und 19. Jahrhunderts bei Wallerfangen und seine Spuren in den historischen Grubenbauen. — Fischbacher Hefte, Jahrg.6, Beiheft 3, S.31-34; Idar-Oberstein 2000.
- BARTELS, Christoph u. ENGEL, Norbert(†): Spätmittelalterlicher und frühneuzeitlicher Bergbau in Wallerfangen/Saar und seine Spuren. — in: STÖLLNER, Th., KÖRLIN, G., STEFFENS, G., CIERNY, J. (Hrsg.): Man and Mining - Mensch und Bergbau.

- Studies in honour of Gerd Weisgerber on occasion of his 65th birthday. — Der Anschnitt, Beiheft 16, S.37-50; Bochum 2003.
- BODWING, Johannes A.: Eine alte Schaufel überrascht Archäologen. — Saarbrücker Zeitung, Nr.158, S. C1 Saarlouiser Rundschau; Saarbrücken 2008-07-09.
- CONRAD, Hans-Günter: Römischer Bergbau. Erläutert am Beispiel des Emilianus-Stollens bei Wallerfangen/Saar. — in KLEWITZ, Martin u. KOLLING, Alfons (Herausgeber): 15. Bericht der staatlichen Denkmalpflege im Saarland 1968. S.113-131, Tafeln 17-20; Saarbrücken 1968.
- ECHT, Rudolf u. THIELE, Wolf-Rüdiger: Von Wallerfangen bis Waldalgesheim. Zur Form- und Fügechnik späthallstatt- und frühlatènezeitlicher Goldschmiedearbeiten. — Saarbrücker Studien und Materialien zur Altertumskunde, Band 3, S.11-123; Bonn 1994.
- ECHT, Rudolf: Aus dem Weiher in die Schatzkammer: Der Grabschmuck der Keltenfürstin von Wallerfangen. — Verein für Heimatforschung, Wallerfangen 2001.
- ECHT, Rudolf: Deponierungen der späten Urnenfelderzeit, Höhenbefestigung und Prunkgrab der Hallstattzeit in Wallerfangen, Kr. Saarlouis. — in: ECHT, Rudolf (Hrsg.): Beiträge zur Eisenzeit und zur Gallo-Römischen Zeit im Saar-Mosel-Raum. — Saarbrücker Studien und Materialien zur Altertumskunde, Band 9, S.29-73; Bonn 2003.
- ENGEL, Norbert: Stollen und Schächte der Blaugräber von Wallerfangen an der Saar. — Der Anschnitt, Jahrg.46, Heft 6, S.178-186; Bochum 1994.
- ENGEL, Norbert: Vorstoß in die Blausteingruben von gestern. — Unsere Heimat, Jahrg.20, Nr.3, S.111-124; Saarlouis 1995.
- HECK, Ludwig: Die Pachtener "Pilatusbrieder", die "Drei Kapuziner" und die OFFICINA EMILIANI. — Unsere Heimat, Jahrg.23, Heft 4, S.145-149; Saarlouis 1998.
- HECK, L[udwig]: Blaue Pigmentkugeln aus der römischen Villa von Borg. Frühe chemische Industrie auf der Basis des Azuritbergbaus zwischen Mosel und Saar. — Metalla, Jahrg.6, Heft 1, S.13-39; Bochum 1999.
- HECK, Ludwig: Ex caeruleo fit, quod vocatur lomentum - Blauer Lidschatten aus den römischen Bergwerken an der Saar. — in: ECHT, Rudolf (Hrsg.): Beiträge zur Eisenzeit und zur Gallo-Römischen Zeit im Saar-Mosel-Raum. — Saarbrücker Studien und Materialien zur Altertumskunde, Band 9, S.235-262; Bonn 2003.
- HECK, Ludwig: „Ein Gewand mit Azzurro della Magna oder Ultramarin oder einen Mantel unserer lieben Frau zu machen“ — das blaue Pigment in der farbigen Fassung der Madonnenstatue in der Stiftskirche St. Arnual. — in: HERRMANN, Hans-Walter, SELMER, Jan (Hrsg.): Leben und Sterben in einem mittelalterlichen Kollegiatstift. Archäologische und baugeschichtliche Untersuchungen im ehemaligen Stift St. Arnual in Saarbrücken.S. 479-492; Saarbrücken 2007
- HECK, Ludwig: Glas/Cuprorivait-Pigment — eine neue Variante von Ägyptisch Blau aus den römischen Bergwerken an der Saar. — in:THOMAS, Renate: Die Gladiatoren vom Appellhofplatz in Köln. — Kölner Jahrbuch, Band 41, S.339-435 (HECK S.426-435); Köln 2008.
- HECK, Ludwig: EMILIANUS & Co, Hansenberg, 1. Der Rohstoff. — Unsere Heimat, Jhrg. 35, Heft 1, S.1-13; Saarlouis 2010.
- HOLLSTEIN, E[rnst]: Jahrringchronologie mosel- und saarländischer Rotbuchen. — Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges., Bd.66, S.165-172; 1973.
- HOLLSTEIN, Ernst: Mitteleuropäische Eichenchronologie, — Mainz 1980.
- KÖRLIN, G[abriele] u. MÜLLER S[iegfried]: Forschungsprojekt: Römischer Azurit-Bergbau in Wallerfangen. — in: SLOTTA, Rainer: Deutsches Bergbau-Museum Bochum. Jahresbericht 2003, S.85-86; Bochum 2004
- KÖRLIN, Gabriele: Neues zum römischen Azuritbergbau in Wallerfangen. — Denkmalpflege im Saarland. Jahresbericht 2008, S.32-33; Saarbrücken 2009.

- KÖRLIN, Gabriele: Luxusgut Blau — Römischer Azuritbergbau in Wallerfangen/Saar. — Der Anschnitt, Jahrg.62, Heft 4, S.174-189; Bochum 2010.
- MÜLLER, Gerhard: Kurzgefasste Darstellung des Bergbaugebietes bei Wallerfangen. — 18 S. (Maschinenschr. vervielfältigt); Saarbrücken 1967
- MÜLLER, Gerhard: Zur Bergbautechnik des historischen Bergbaus bei Wallerfangen/Saar. — Der Aufschluss, Jhrg. 18, S.256-272; Heidelberg 1967.
- MÜLLER, Gerhard: Zur Diagnose römischer Bergbauspuren im Buntsandstein des Saar-Moselraumes. — Der Anschnitt, Jhrg.20, S.27-33; Bochum 1968.
- MÜLLER, Gerhard: Die Charakteristika der Bergbautechnik verschiedener Epochen im Bergbaugebiet bei Wallerfangen/Saar. — Erzmetall, Bd. 21, S.172-177; Stuttgart 1968.
- MÜLLER, Gerhard: Das Bergbauunternehmen des Jean-Jacques Sau(e)r in Deutsch-Lothringen von 1747-1752. — Saarbrücken 2004 (Selbstverlag).
- RÜCKLIN, Hans: Die alten Azuritbergwerke in der Umgebung von St. Barbara. — Abhandl. zur Saarpfälzischen Landes- und Volksforschung, Band 1, S.109-121; Kaiserslautern 1937.
- SCHINDLER, Reinhard: Studien zum vorgeschichtlichen Siedlungs- und Befestigungswesen des Saarlandes. — Trier 1968.
- SCHINDLER, Reinhard: Die römischen Kupferstollen von Wallerfangen und Kordel-Butzweiler. — Zeitschr. f. Erzbergbau u. Metallhüttenwesen, Bd.21, H.3, S.126-131; Stuttgart 1968.
- WEISGERBER, Gerd: Vier Jahrzehnte Montanarchäologie am Deutschen Bergbau-Museum — Der Anschnitt, Jhrg.39, H.5-6, S.192-208; Bochum 1987.
- WEISGERBER, Gerd u. SPRAVE, Oliver: Neue Ausgrabungen in den römischen Bergwerken von St. Barbara, Gemeinde Wallerfangen/Saar. — Fischbacher Hefte, Jahrg.6, Heft 1, S.38-47; Idar-Oberstein 2000.
- WEISGERBER, Gerd: Wallerfanger Bergblau — seit der Römerzeit stark gefragt. — Archäologie in Deutschland, Jahrg.17, Heft 2, S.8-13; Stuttgart 2001.

Das Manuskript wurde am 3. November 2010 abgeschlossen und dem Schriftleiter einer saarländischen Zeitschrift angeboten. Nach ergebnislosem Abwarten wurde das Manuskript am 17. Dezember 2010 vom Verfasser selbst in Druck gegeben.

Der Verfasser erhielt zu diesem Zeitpunkt einen Hinweis, dass von Gabriele KÖRLIN in diesen Tagen zwei Veröffentlichungen über Wallerfangen in Publikationen des Landesdenkmalamtes erschienen. Das Manuskript kam ohne deren Kenntnis zu Stande.

Proben-Nr.	Ort	Proben-Beschreibung
W 01	Stollen Bruss, Halden	Normaler heller Sdst., nicht feinkörnig, gering mineralisiert
W 02	Stollen Bruss, Halden	Dünngeschichteter bräunlicher Sandstein mit Glimmerlagen
W 03	Stollen Bruss, Halden	Harter gelbbrauner Siltstein, zusammen mit W04.
W 04	Stollen Bruss, Halden	Weicher (feucht) hellgrauer Siltstein.
W 05	Stollen Bruss, Halden	Hellgrüner Siltstein, weich zerreiblich, Teil eines großen ungestörten Stück
W 06	Stollen Bruss, Halden	Grauer dünngeschichteter Sandstein mit Glimmerlagen, ähnlich W 02.
W 07	Limberg-St. unterer Abbau.	Azurit aus Erzmaterial.
W 08	Hang zw. Blaufels und St. i. Blauwald.	Azuritknotten aus rotbraunem Sandstein.
W 09	Limberg-Stollen, Pkt. 23.	Azurit aus stark gelbbrauner DBB.
W 10	Limberg-Stollen, Pkt. 23.	Azuritknotten aus weichem, grünlich/hellem Siltstein.
W 11	Limberg-Stollen, Pkt. 23.	Abgeschlammtes feines Material, gröberes bereits abgesetzt
W 12	Limberg-Stollen, Pkt. 23.	Mn-Krusten.
W 13	Stollen im Nahtenkeller, Pkt. 200	Azuritknotten.
W 14	Stollen im Blauwald, Pkt. 213	Azuritknotten in DBB/Sandstein.
W 15	Stollen Bruss, Halden	Azuritknotten ausgelesen und von grobem Quarz gesäubert.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI	Total	Cu
<b>W 01</b>	86,15	6,59	0,98	0,018	0,22	0,15	0,14	4,40	0,482	0,14	0,94	100,20	
<b>W 02</b>	77,71	9,77	2,88	0,050	0,66	0,13	0,03	5,46	0,550	0,10	1,74	99,08	
<b>W 03</b>	53,31	21,54	8,59	0,018	1,67	0,25	0,22	6,26	0,916	0,40	7,73	100,90	
<b>W 04</b>	53,87	25,11	3,62	0,026	1,92	0,28	0,27	6,28	1,066	0,17	7,24	99,84	
<b>W 05</b>	55,86	23,28	4,53	0,029	2,18	0,21	0,27	6,28	1,021	0,11	6,73	100,50	
<b>W 06</b>	81,43	9,63	1,36	0,014	0,51	0,12	0,14	5,16	0,516	0,11	1,68	100,70	
<b>W 07</b>	33,17	4,39	1,30	0,025	0,34	0,20	0,10	1,94	0,352	0,17	18,54	60,50	28,5
<b>W 08</b>	49,57	3,86	5,00	0,072	0,14	0,06	0,10	2,38	0,158	0,11	13,30	74,77	19,9
<b>W 09</b>	30,21	5,15	2,13	0,045	0,49	0,27	0,09	1,86	0,313	0,27	20,32	61,16	30,4
<b>W 10</b>	22,04	5,62	1,42	0,027	0,67	0,22	0,09	1,76	0,306	0,12	21,45	53,72	34,7
<b>W 11</b>	56,77	20,33	5,36	0,036	2,35	0,49	0,21	6,00	0,916	0,29	6,75	99,51	
<b>W 12</b>	43,41	17,21	4,03	10,710	2,16	1,11	0,23	4,82	0,778	0,26	10,66	95,37	3,54
<b>W 13</b>	32,16	4,97	1,77	0,015	0,42	0,13	0,07	2,13	0,290	0,18	20,12	62,24	30,1
<b>W 14</b>	44,58	3,94	0,77	0,013	0,21	0,20	0,08	2,11	0,170	0,33	15,98	68,38	25,5
<b>W 15</b>	17,97	4,80	1,19	0,102	0,42	0,25	0,06	1,55	0,247	0,42	24,39	51,39	38,9

LOI = Loss on ignition = Glühverlust

Die Spurenelement-Gehalte der Analysenproben werden in anderem Zusammenhang veröffentlicht.

Anmerkung zur Probe W 15:

Von den reinen Azuritknotten aus Siltsteinen konnten keine 5 g gewonnen werden. Die Masse wurde daher ergänzt durch sandige Knotten, die nach Möglichkeit etwas gereinigt wurden.



Foto 1: Ortsstoß des Unteren Emilianus-Stollens im Original-Zustand (das einzige Foto vor Abnahme eines Abgusses).



Foto 2:  
Limberg, System im Steinbruch.

Blick in Richtung zum ehemaligen Stollen-Mundloch. Schräg von links nach rechts geht eine Abrisskante durch. Hinter dieser ist alles verstürzt. Die Weitung war, soweit erkennbar, nicht versetzt. Die Massen im Vordergrund sind umgesetzter mittelalterlicher Versatz. Im rechten Bildteil setzt mittelalterlicher Abbau an (MA).

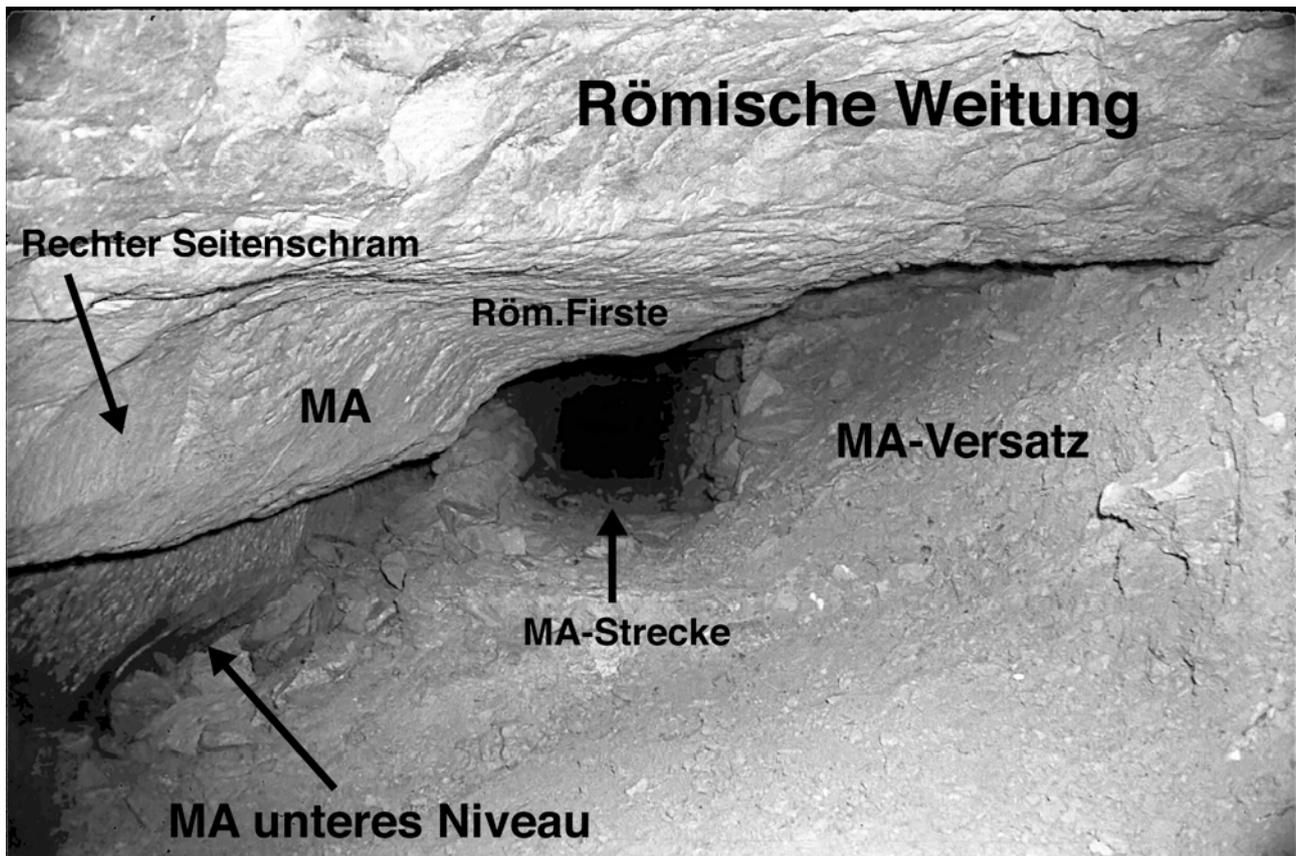


Foto 3:  
Limberg, System im Steinbruch.

Blick in Vortriebsrichtung des römischen Stollens. Zu erkennen ist das Ende des römischen Weitungsbau, von dem als letzter Rest ein Stück der Firste mit dem Übergang in den linken Stoß erhalten ist. Dieser linke Stoß ist durch den mittelalterlichen Bergbau weitgehend zerstört.

Der mittelalterliche Abbau besteht aus mehreren Systemen. Der heutige Zugang zum oberen System, das im Bild sich nach hinten erstreckt, erfolgt über das untere System. Es erscheint aber möglich, dass dieses jünger ist, was auch die Veränderungen im oberen System erklären würde.

Das obere System zeigt die "klassische" Ausbildung der Keilreihenperiode, eine durchgehende Abbauhöhe mit sehr langen Keilreihen, relativ ordentlich gesetzte Versatzmauern

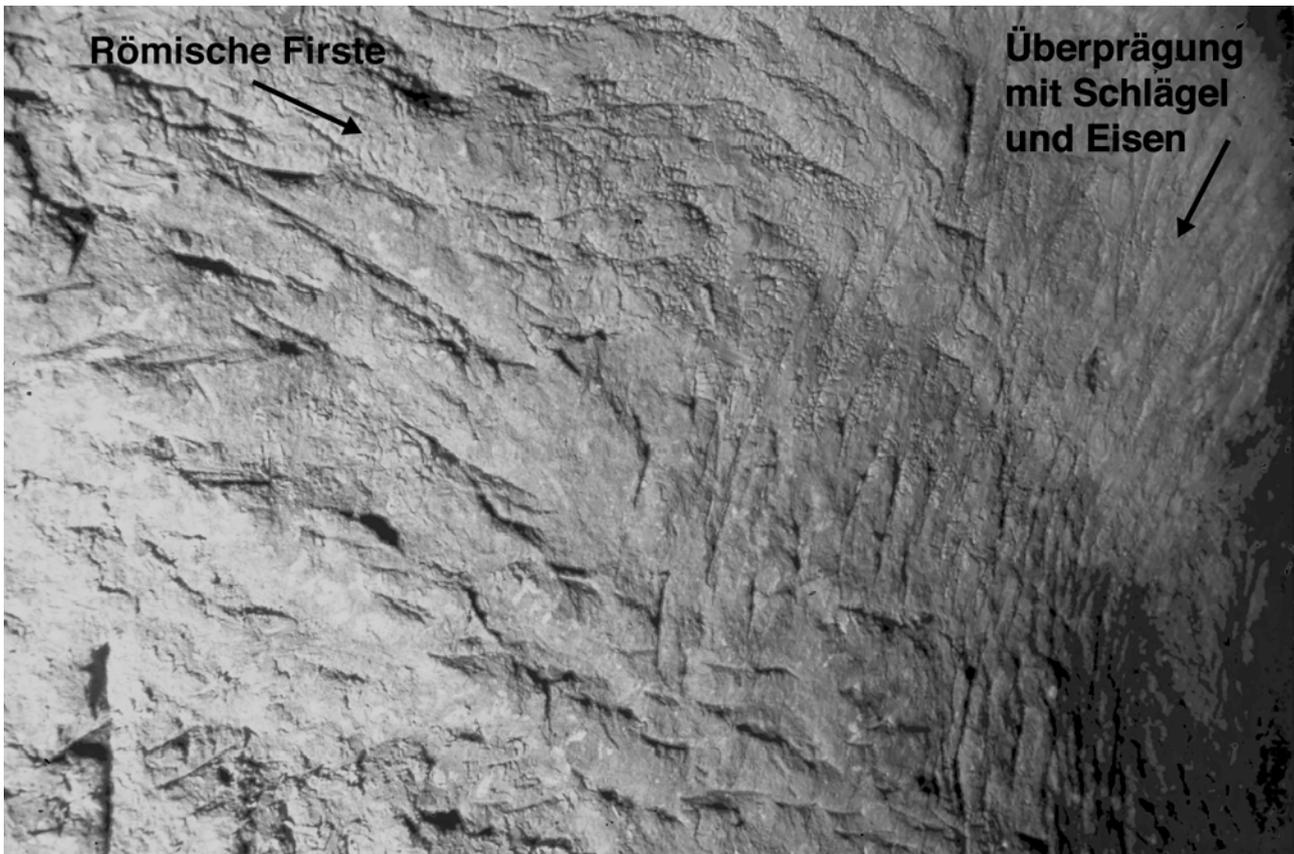


Foto 4:  
Limberg. Römischer Stollen im Steinbruch.

Firste. Links die originalen Spuren der Keilhaue, rechts Überarbeitung mit Schlägel und Eisen. Typisch für die Keilhaue, dass große Spuren sich aus Einzelspuren zusammensetzen, die deutlich zu unterscheiden sind. Bei der Schlägel- und Eisen-Arbeit bleibt das Werkzeug am Ende der Spur, der nächste Schlag setzt genau die bisherige Spur fort.

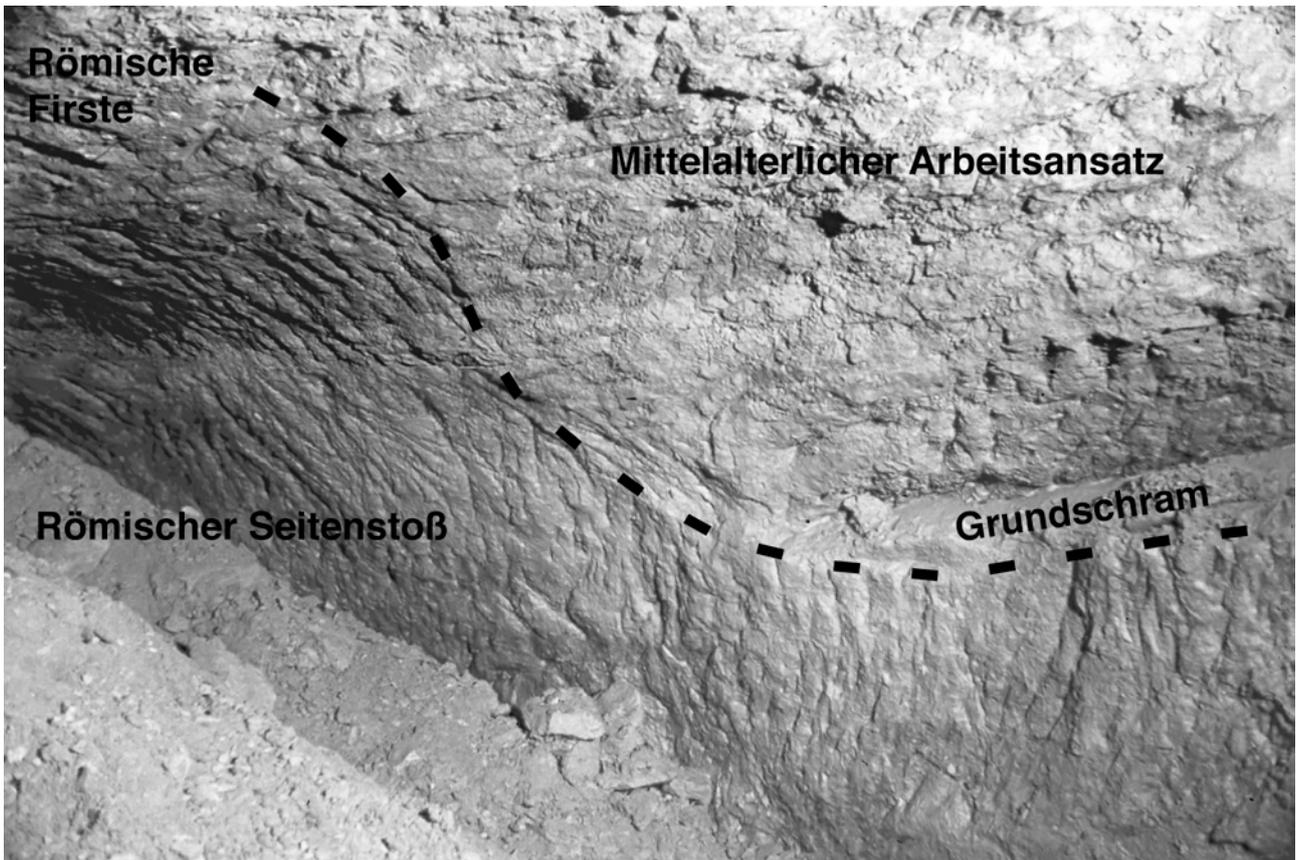


Foto 5:  
Limberg. Römischer Stollen im Steinbruch.

Vortriebsrichtung ist von links nach rechts. Im originalen römischen Stollen wurde eine mittelalterliche Arbeit angesetzt. Der römische Stollen zeigt nur gerundete Flächen, keine Kanten. Die mittelalterliche Arbeit dagegen erzeugt eine sehr scharfe Kante an der Basis des Grundschräms. Solch exakte Spuren sind mit einer Keilhaue nicht zu erzielen.



Foto 6:

Oberer Emilianus-Stollen. Ortsstoß der Aufwältigung durch das Deutsche Bergbaumuseum.

Stollen und Weitungsbaue waren in diesem Teil völlig verbraucht. Das Deutsche Bergbaumuseum hatte im Anschluss an die Grabungen unter SCHINDLER den Verbrauch in der Streckenrichtung aufgewältigt und kam dabei in den Bereich des Weitungsbaus, da der ursprüngliche Stollen nach links abgebogen war.

Die Fläche des Stollens wird begrenzt durch eine Rinne. Diese ist lediglich die Spur des rechten Seitenschrams, keine Wasserseige. Es ist über die gesamte Stollenlänge zu erkennen, dass die Spur der Seitenschräge einmal deutlich ist, dann aber auch fehlt, sodass nie eine durchgängige Rinne entsteht, die als gewollte Wasserseige zu bezeichnen wäre.

Grob rechtwinklig zur Rinne liegen die Spuren der Schläge im Sohlbereich des ersten Ausbruchs. Der Übergang des senkrechten Stoßes in den Sohlbereich ist noch in einem Rest als Rippe zu erkennen, da der zweite Ausbruch dahinter wieder etwas tiefer ging.

Die Verbrauchsmasse ist nicht einheitlich. Der direkte Firstbereich bestand nicht aus einer einheitlichen tragfähigen Sandsteinbank. Eine solche stellt sich erst höher ein.

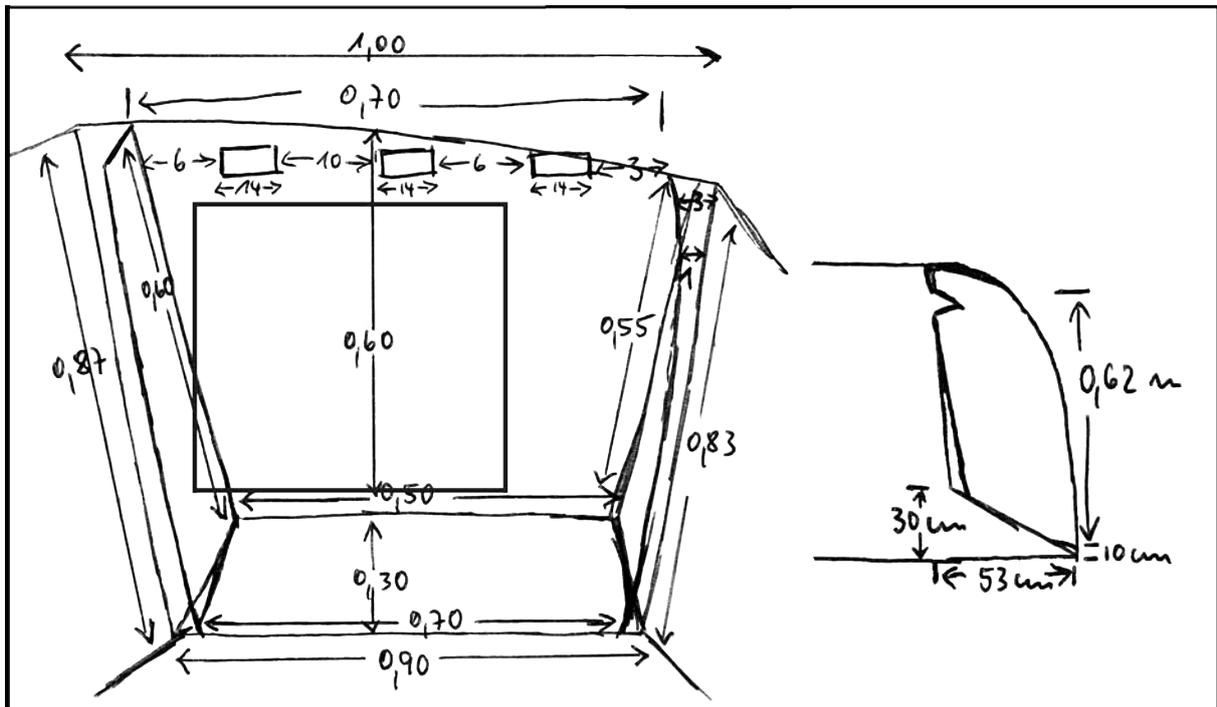


Foto 7:  
Mittelalterlicher Ortsstoß bei Punkt 193 im Stollen im Blauwald.

Es ist das schönste mittelalterliche Objekt an sehr schlecht zugänglichem Ort. Die beiden Aufmessungen vor Ort geben die Größen der Details an, die als typisch für die Blütezeit der Keilreihenmethode gelten dürfen. Hier handelt es sich um eine Aufschlussarbeit in unverzertem Gestein, daher ist der Stoß nur schmal. Bei Arbeiten in verzerten Bereichen kann der Stoß wesentlich breiter werden.

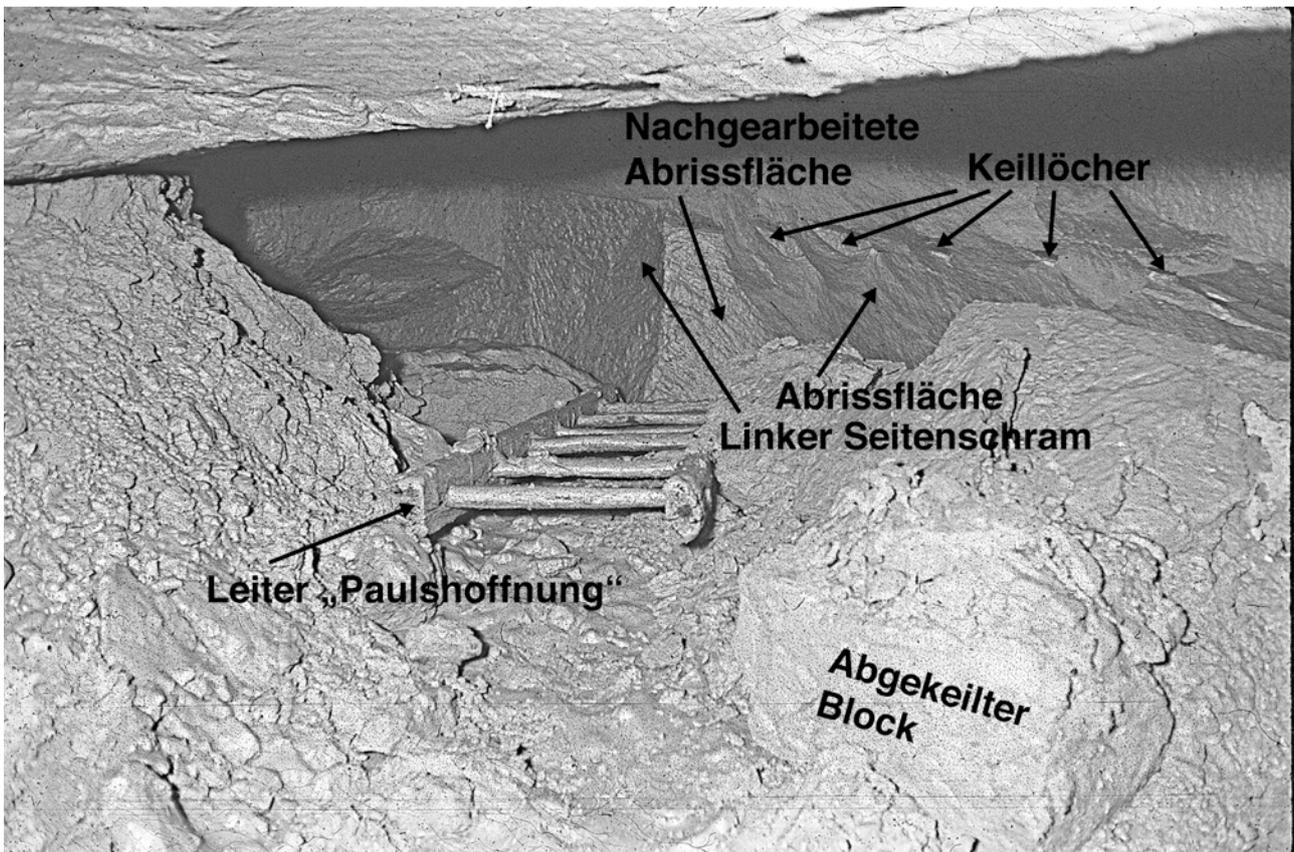


Foto 8:  
Stollen Bruss, bei Pkt.15.

Der mittelalterliche Abbauraum zeigt zunächst einmal eine normale Höhe, wie sie bei planmäßigem Vorgehen üblich war. Man kann an den Stößen aber erkennen, dass die weiteren Arbeitsansätze dort nur noch über eine verminderte Höhe erfolgten. Es ging dabei dann nicht mehr um weiteren Vortrieb, sondern nur noch um eine letzte Untersuchung des im Sohlbereich liegenden möglichen Erz-Horizontes.

Der Bereich im Zentrum zeigt mehrere Flächen mit dicht liegenden Spuren der Schlägel- und Eisen-Arbeit, wie sie dem Schema der Keilreihenmethode entsprechen. Betrachtet man die Bereiche links und vor allem rechts davon, wo noch nicht nachgearbeitet wurde, so sind es nur noch die Keillöcher, die den entscheidenden Hinweis zur Datierung liefern.

Der Abbau steht in diesem Bereich wohl in einer guten Sandsteinpartie, das führt zu klaren Spuren. Lediglich im rechten Bildteil deutet sich eine Schichtung, also eine Inhomogenität an. Wenn solche Inhomogenitäten (Schichtflächen, Wechsel von Sand- und Siltsteinen, Glimmerlagen) stärker auftreten, bestimmen diese weitaus stärker das Bild; der Abbau verliert seine Regelmäßigkeit.

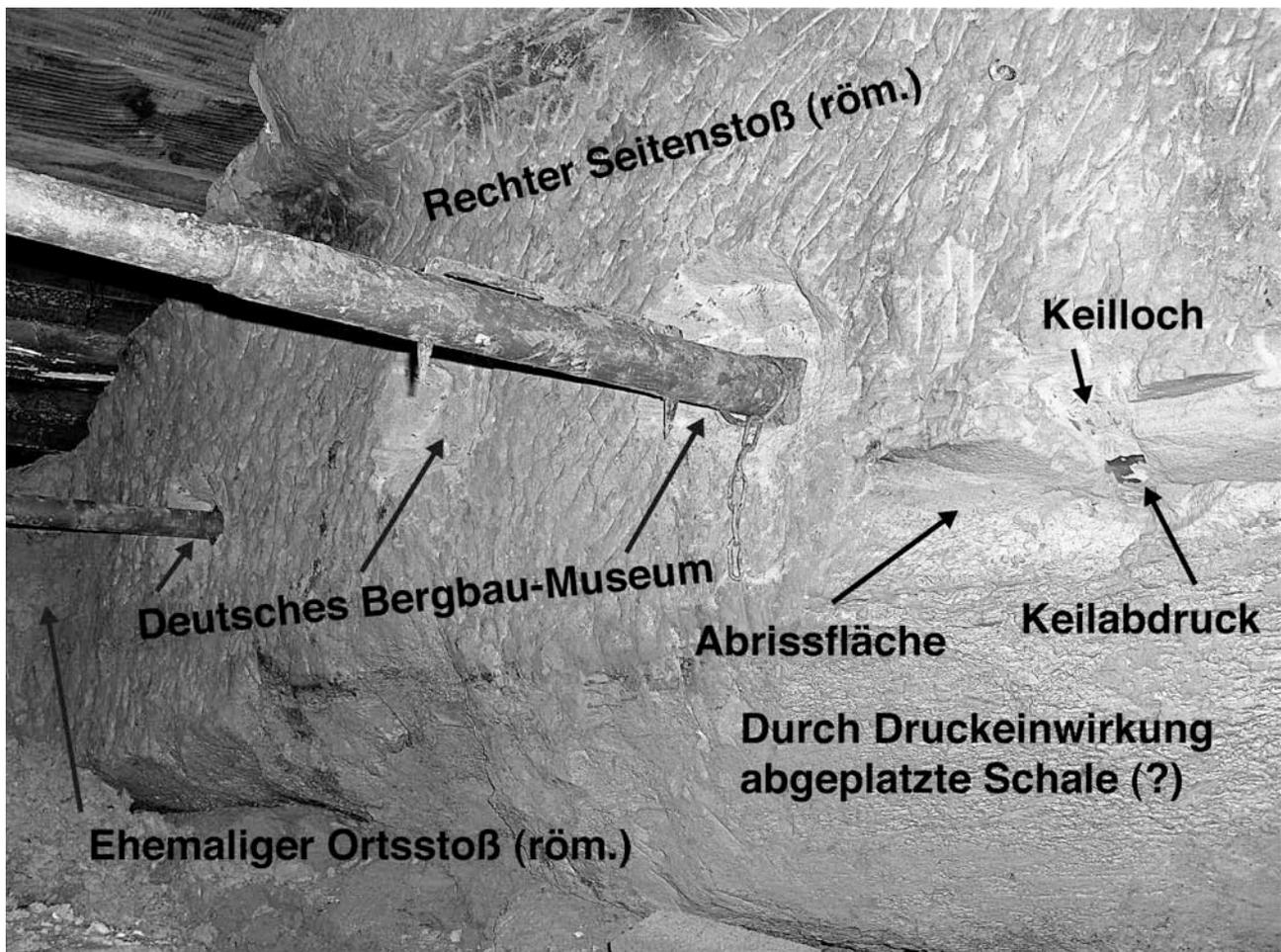


Foto 9 (Christiane Schönberger):

Das Bild zeigt den rechten Seitenstoß des römischen Stollens kurz vor dem ehemaligen Ortsstoß (bei Pkt.11), der durch die Weitung der Gewerkschaft Paulshoffnung zerstört ist.

Zu sehen ist ein tiefes Keilloch und der Abdruck des Keiles. Es fehlt ein linker Seitenschram. Ob tiefer ein Grundschräm vorlag, bleibt offen. Es ist daher nicht verwunderlich, dass die Abrissfläche nicht in Keilrichtung tief in den Sandstein hinein, sondern zur Oberfläche hin ging.

Die Fläche darunter ist nicht sicher zu deuten. Es könnte sich am Rand des mittelalterlichen Abbaus zum Stollen hin um eine schmale Sandsteinpartie handeln, die den auflastenden Druck nicht tragen konnte, sodass eine Schale abplatzte.

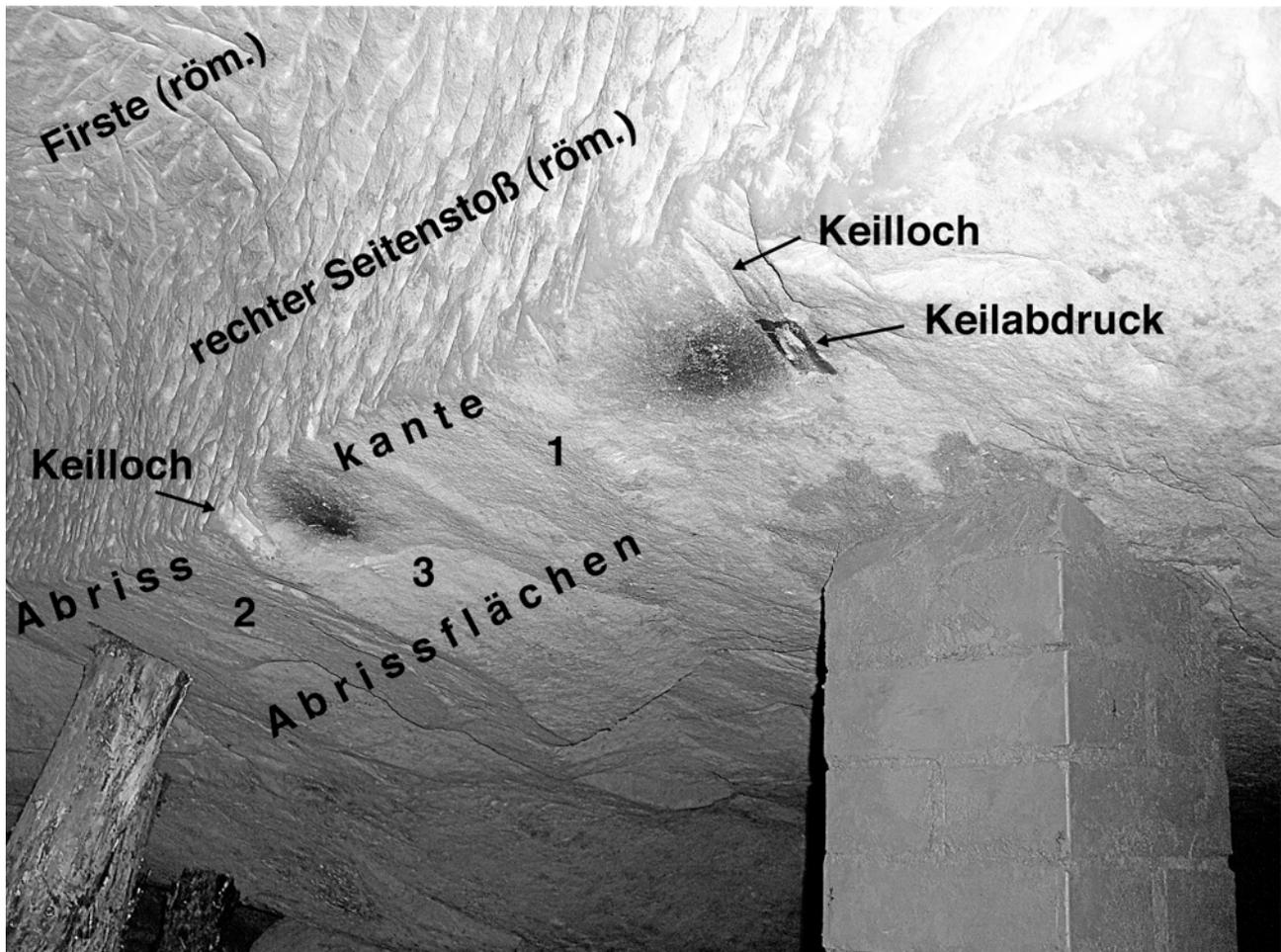


Foto 10 (Christiane Schönberger):  
Stollen Bruss. Übergang vom römischen Stollen (rechter Stoß) in den Abbau.

Erkennbar sind zwei Keillöcher. Das rechte ist sehr deutlich, vom linken ist nur noch eine schmale Seitenfläche erhalten. Der Unterschied rührt daher, dass beim gleichzeitigen Abkeilen dieser Keillöcher (zusammen mit anderen) im Sandsteinpaket zwei verschiedene Trennflächen aufrissen. Der rechte Keil löste eine höhere (1), der linke Keil eine tiefere (2) Schichtfläche. Der die beiden Trennflächen verbindende schräge Abriss (3) beseitigte den größten Teil des linken Keillochs.

Die gesamte erkennbare Abrissfläche darf man nicht diesem ersten Arbeitsgang zuschreiben. So tief wurde kein Grundschräm angelegt.

Wesentlich ist die Feststellung beim rechten Keilloch, dass es in dieser Form nie mit einer Keilhau hergestellt sein kann. Der Keil wurde im Keilloch angesetzt. Es ist dies absolut typisch für die mittelalterliche Keilreihenmethode. Das großflächige Abkeilen erfordert ansonsten auch die üblichen Schrämme, Grundschräm und Seitenschrämme, sonst könnten die Keile nicht so tief und nicht in diesem flachen Winkel wirken.

KÖRLIN (2010, S.180):

"An zwei Stellen auf Höhe des Abbauraums 1, befanden sich jeweils zwei kleine Lampennischen dicht nebeneinander (Abb.12). Leider ist lediglich die obere Hälfte der Nischen erhalten, breite Keilspuren deuten darauf hin, dass die bereits ausgehauenen Taschen bei der Anlage des Abbauraums genutzt wurden, um Steinmaterial abzukeilen. Ihre Funktion als Lampennische ist allerdings aufgrund

von Rußspuren, die sich genau oberhalb der Taschen an der Firste bzw. am Stoß befinden, eindeutig."

Was KÖRLIN als Lampennischen beschreibt, sind eindeutige Keillöcher. Was die Rußspuren anbelangt, so sitzen diese beim obigen Foto auf den Abrissflächen, sind also nachträglich entstanden, haben demnach mit Lampennischen nichts zu tun.

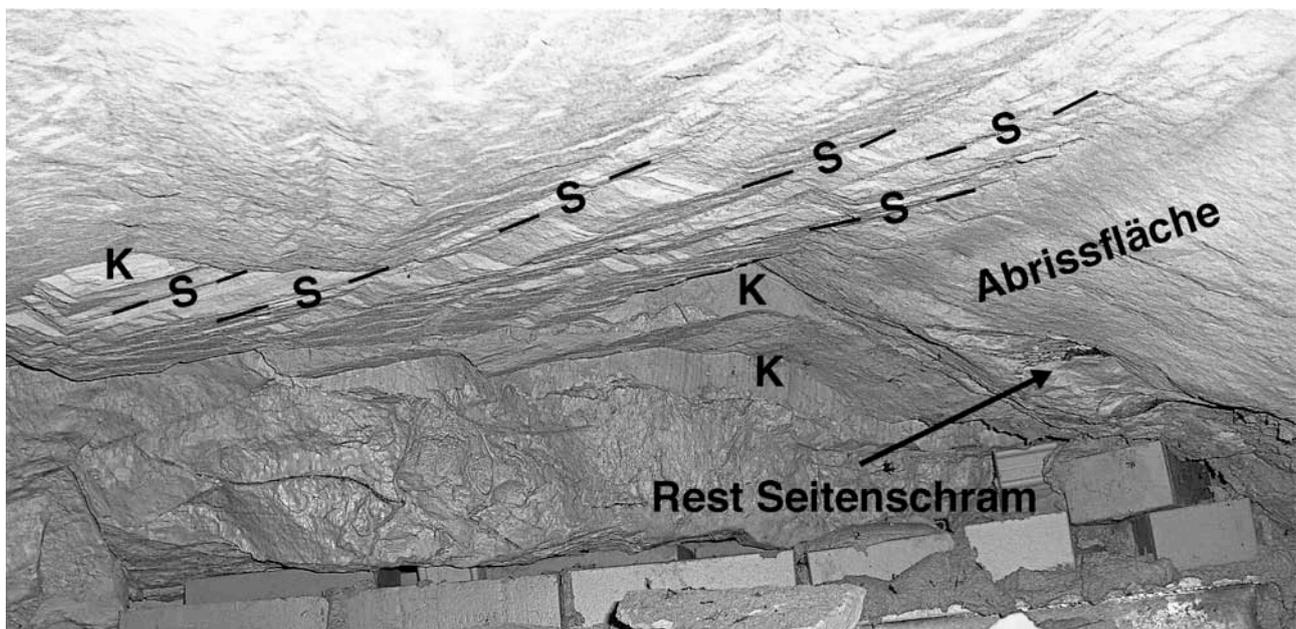
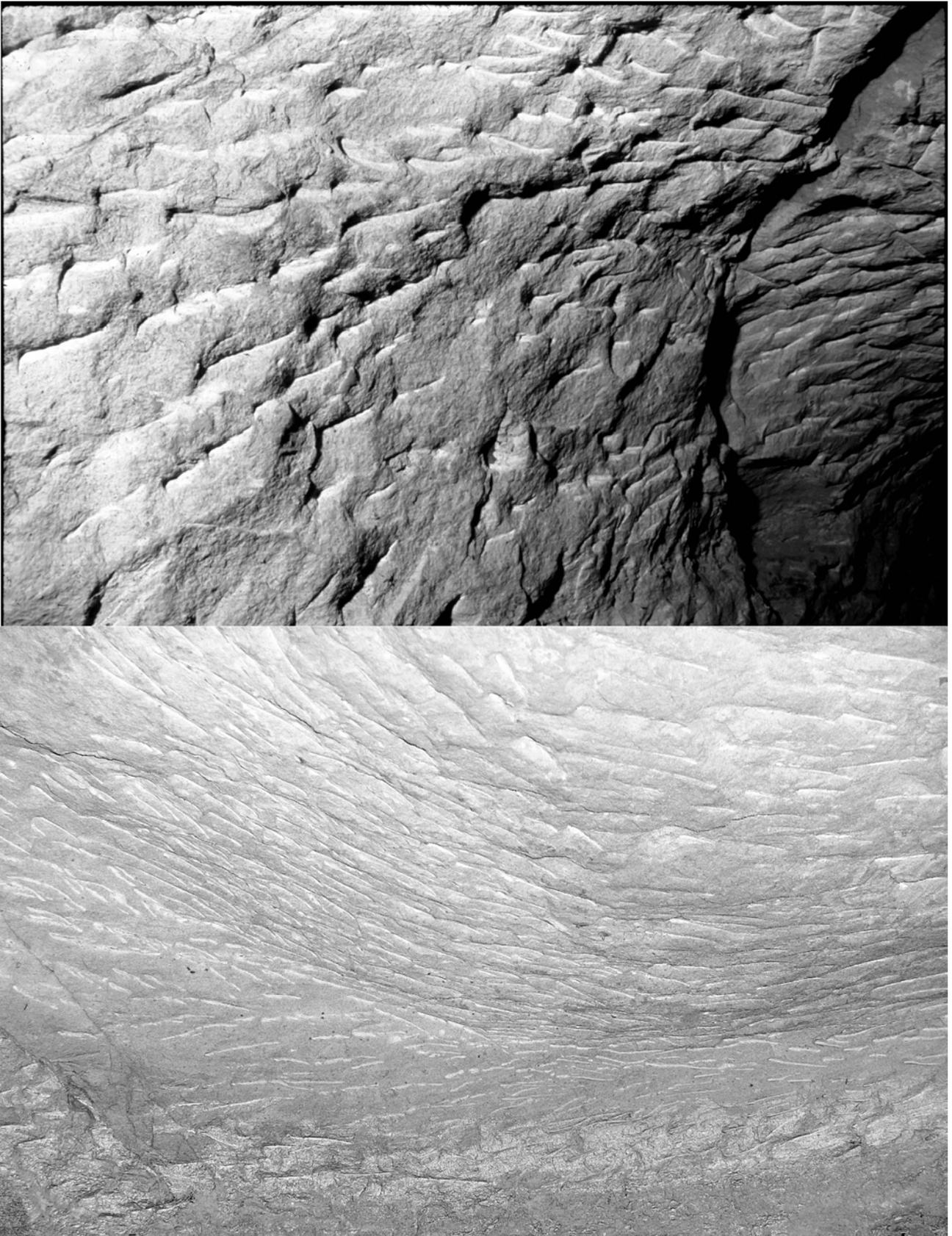


Foto 11 (Christiane Schönberger):  
Mittelalterlicher Abbau (römischer Abbauraum 1 nach KÖRLIN).

Wesentlich in diesem Bereich ist die Ausbildung der Sandsteine. Es handelt sich um eine schräggeschichtete Folge, die im Bereich der Firste eine größere Zahl von Schichtfugen liefert, die zu Ablösungen führen. Hinzu kommt eine Kluftschar, in deren Bereich eine besonders gute vertikale Ablösung möglich war.

Es darf nicht verwundern, dass in den genannten Bereichen keine Werkzeugspuren erhalten sind. Der Sandstein rechts im Bild ist dagegen massiger ausgebildet und lieferte eine normale Abrissfläche.

K = Kluftfläche      S = Schichtfläche



Fotos 12 (Verf.) und 13 (Christiane Schönberger):  
Stollen Bruss.  
Oberes Bild: Rechter Seitenstoß des Stollens.

Unteres Bild: Firste und senkrechte Stoßfläche (unten) aus dem vom Deutschen Bergbaumuseum freigelegten Abbauraum.

Der Verfasser möchte den Betrachter von etwas überzeugen. Das wäre bei Verschweigen kritischer Punkte unlauter.

— Das obere Foto ist mit streifender Beleuchtung gemacht, was das Relief stark betont. Beim unteren Foto trifft dagegen das Licht senkrecht auf; es fehlt eine Schattenwirkung.

— Die dargestellte Fläche ist beim oberen Bild wohl etwas kleiner als beim unteren.

— Besonders wesentlich: beim oberen Bild geht es um die Gewinnung von Material aus dem Vollen, beim unteren dagegen um die Nachbearbeitung einer Fläche.

Eigentlich kann man vor allem bei Beachtung des letzten Punktes die römische Arbeit oben dann nicht mit der Arbeit unten, die eine Nachbearbeitung ist, vergleichen.

Wenn der Leser soweit gekommen ist, dann hat er schon etwas ganz Wesentliches akzeptiert, nämlich die Nachbearbeitung. Die römischen Arbeiten zeigen nie ein Nacharbeiten der Flächen, die Arbeit ist immer grob. Ein Nacharbeiten gibt es nur bei der mittelalterlichen Schlägel- und Eisen-Arbeit. Die untere Arbeit ist mittelalterlich, auch wenn KÖRLIN diesen Abbau als römisch erklärt.

Die Keilhaue (oben) erzeugt breite und kurze Spuren. Das Werkzeug besitzt eine große Masse, beim Aufschlagen wirken große Kräfte auf die Spitze ein. Da sie keineswegs immer senkrecht auftrifft, wie es wünschenswert wäre, so muss die Spitze massiv ausgebildet sein, um nicht allzu schnell zu verbiegen.

Das Bergeisen (unten) lässt sich optimal ansetzen. Der Hauer kann den Ansatzwinkel genau bestimmen. Beim Nacharbeiten hier ist die Vorgabe (die Dicke des zu entfernenden Materials) sehr klein, das führt bei geringem Eindringwiderstand zu langen Spuren. Das Bergeisen selbst hat eine kleine Masse, ist auswechselbar, kann daher mit schlankerer Spitze genutzt werden als die Keilhaue. Die Spuren sind wesentlich schmaler.

Ein Spurenbild wie beim Nacharbeiten unten wäre mit einer Keilhaue nicht zu erzielen. Diese würde bei solch flachem Ansatzwinkel häufiger abrutschen als wirken. Um sicher zu wirken, müsste man einen steileren Ansatzwinkel wählen, der das Werkzeug in die Fläche hinein treiben würde. Die Spuren würden kurz und eine grobe Fläche erzeugen.



Foto 14:  
Stollen Bruss. Blick in den Abbauraum vor Aufwältigung durch das Deutsche Bergbau-Museum. Versatz und Schlammablagerung lassen im Vordergrund nur noch einen schmalen Spalt, im Hintergrund ist alles verfüllt. Die Oberfläche ist ungestört.

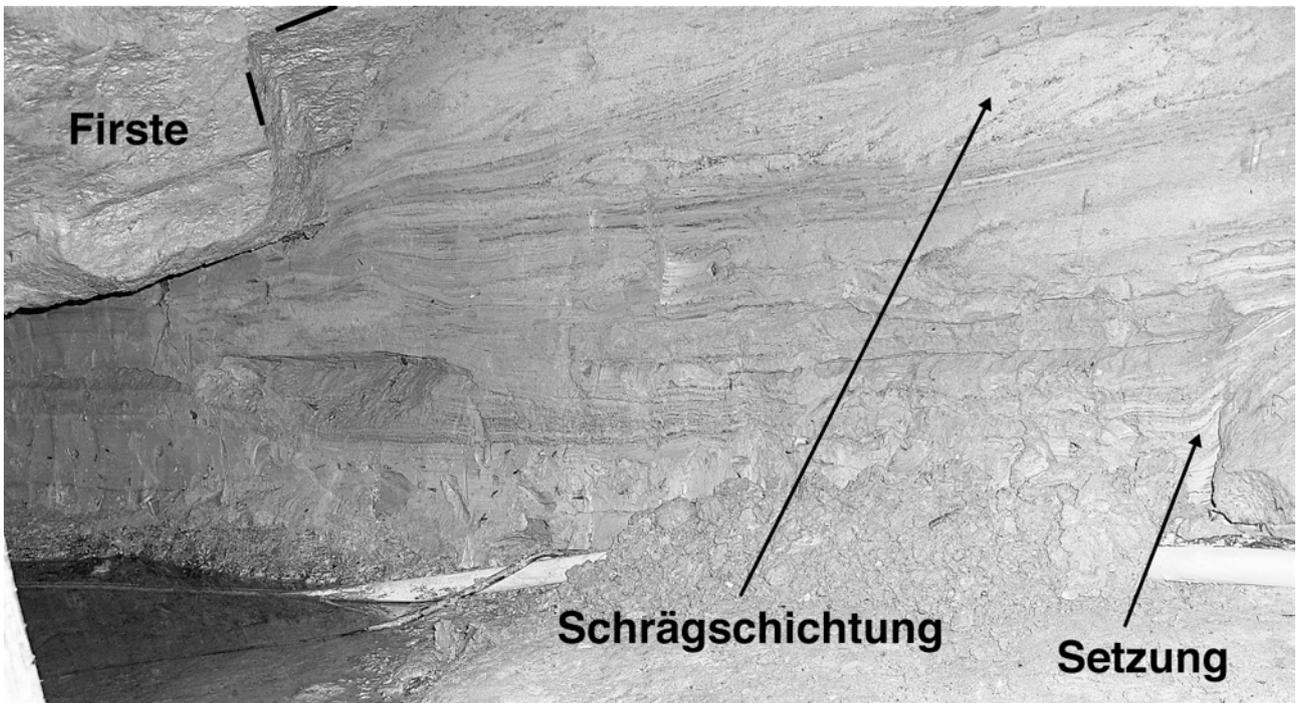


Foto 15 (Christiane Schönberger):  
Stollen Bruss. Anschnitt der Schlammablagerungen im vom Deutschen Bergbau-Museum teilweise ausgeräumten Abbau.

Die Verfüllung des gesamten Abbauraumes mit großen Mengen von Schlamm ist keineswegs üblich in den mittelalterlichen Systemen. In den meisten Fällen kommt es zu einem einmaligen Verbrauch, der mit einer Mischung aus grobem und feinem Material die Schachtröhre abschließt, ohne in die weitere Umgebung zu sedimentieren. So kann man untertage meist bis an den direkten Schachtrand gelangen.

Warum es hier anders ist, darüber lässt sich nur spekulieren.

— Es könnte sich darum handeln, wie man die geförderten Berge aufhaldete. Wurden die geförderten Massen direkt um den Schacht geschüttet und der Schachtkopf entsprechend hochgezogen, so würden beim Verbrauch des Schachtes zunächst eine größere Menge Haldenmaterial verstürzen.

— Wurden die geförderten Massen im Hangbereich in den Hang verstürzt, so würde kein Haldenmaterial verbrechen, dagegen direkt an der Oberfläche anstehende Massen.

— Von Bedeutung könnte auch sein, ob die aufgegebenen Schächte zur Sicherung verbühnt wurden oder nicht.

Im betrachteten Fall sieht es am ehesten so aus, dass kein Haldenmaterial verstürzte, sondern Rückstandslehme des unteren Muschelkalks und anstehendes Material der Lettenregion verspült wurden.

Die eingespülten Massen waren offensichtlich sehr feinkörnig und hatten einen hohen Wassergehalt. Das zeigt sich an der Setzung, die am rechten Bildrand an einem dort liegenden Block zu einer Schleppung der Schichtung geführt hat. Die meisten Schichten sind sehr regelmäßig abgelagert, was für einen gleichmäßigen Zulauf spricht. Die Schrägschichtung im oberen Bildteil deutet dagegen eher auf ein turbulentes Ereignis hin. Das könnte ein erster vollständiger Verschluss der Schachtröhre gewesen sein, der bei hohem Standwasser wieder aufgebrochen wurde.

Das Ergebnis ist letztlich eine vollständige Verfüllung um den Schacht herum. Die ungestörte Sedimentation beweist, dass auf diesem Wege niemand nach Aufgabe des Systems zum Schacht und der dort liegenden Schaufel gelangen konnte.

Im Bereich der Firste lassen sich zwei scharfe Kanten (durch zwei Striche markiert) erkennen, die zwei Flächen begrenzen, die ihrerseits einen scharfen Winkel bilden. Das sind Merkmale, die bei der Arbeit mit der Keilhau nicht entstehen.

Die Fotos ohne Herkunfts-Angaben stammen vom Verfasser.

- Mineralien des Saarlandes. — Saarland, Tagungsheft VFMG-Sommertagung 1982, S. 5-32; Heidelberg 1982.
- Die geologischen Einheiten des Saarlandes. — Saarland, Tagungsheft VFMG-Sommertagung 1982, S. 33-40; Heidelberg 1982.
- Einführung in die Geologie des Saarlandes. — Saarland, Tagungsheft VFMG-Sommertagung 1982, S. 41-66; Heidelberg 1982.
- Der saure permische Vulkanismus im N-Saarland. — Saarland, Tagungsheft VFMG-Sommertagung 1982, S. 67-95; Heidelberg 1982.
- Die Schwerspatgrube "Korb" bei Eisen. — Saarland, Tagungsheft VFMG-Sommertagung 1982, S. 97-115; Heidelberg 1982.
- Zur geolog. Übersichtskarte des Saarlandes. — Saarland, Tagungsheft VFMG-Sommertagung 1982, S. 174-176; Heidelberg 1982.
- & HEMMER, Herbert: Schlacken von Kastel. — MGAS-Ausstellungsführer; Saarwellingen 1983.
- Mineralisationen im Raum Saar-Nahe-Pfalz. -Postvaristische Gangmineralisation in Mitteleuropa. — Heft 41 der Schriftenreihe der GDMB, S.115-126; Weinheim 1984.
- Duftit von Krettnich (N-Saarland). Eine Fehlbestimmung. — Der Aufschluss, Jhrg. 35, S.273-278; Heidelberg 1984.
- Ziegeleien im Saarland. — Ausstellungsführer MGAS; Saarwellingen 1985. (Weiterer Abdruck in Saarpfalz; Homburg).
- Der Bergbau bei Wallerfangen. — in: ADLER, Gerhard (Red.): Heimatmuseum der Gemeinde Wallerfangen. Jubiläumskatalog. S.41-45; Wallerfangen 1986.
- Gedanken zu den Mineralisationen im Saarland und in seiner Umgebung. — MGAS-Ausstellungsführer; Saarwellingen 1987..
- Gedanken zu den Mineralisationen im Saarland und in seiner Umgebung. — Der Aufschluß, Jhrg. 39, S.257-268; Heidelberg 1988.
- Mineralisationen vom Karrenberg bei Reichweiler (Kreis Kusel). — MGAS-Ausstellungsführer; Saarwellingen 1989..
- MERTZ, Dieter F., LIPPOLT, Hans J. & — : Isotopic dating of adularia-bearing epigenetic mineralisations.: I. Saar-Nahe region/ Southwest Germany. — Eur. J. Mineral. , Bd.2, S.89-102; Stuttgart 1990.
- Mineralisationen vom Karrenberg bei Reichweiler (Kreis Kusel). - Der Aufschluss, Jhrg.41, S.299-311; Heidelberg 1990.
- Rudolf Metz. — Der Aufschluß, Jhrg. 43, S.193-194; Heidelberg 1992.
- Der Söterberg (N-Saarland) und die Rhyolithtuffe der Prims-Mulde. — Der Aufschluß, Jhrg. 43, S.287-295; Heidelberg 1992.
- Personen der Geologie und Mineralogie und ihrer Umgebung im heutigen Saarland. — Führer zur sechzehnten Mineralienausstellung, MGAS; Saarwellingen 1992.
- Die Technik der ehemaligen Schwerspatgrube "Korb" bei Eisen. — Heimatbuch des Landkreises St. Wendel, Ausgabe 24 (1991/1992), S.84-104; St. Wendel 1992.
- Gerölle - ein Musterbuch der Natur. — Der Aufschluß, Jhrg.46, S.12-14; Heidelberg 1994.

- Zum "Hinkelstein" von Walhausen. — Zeitschrift für die Geschichte der Saargegend, Bd.42, S.13-15; Saarbrücken 1994.
- Zum "Hinkelstein" von Walhausen (N-Saarland). — Der Aufschluss, Jhrg. 47, S.69-73; Heidelberg 1996.
- SCHWENZER, S.P., MERTZ, D.F. & —: Dimension of element transport in post-Hercynian hydrothermal systems in southwest German basement units. — Ber. d. Dt. Min. Ges., Beiheft Nr.1 z. Eur.J. of Miner., Vol. 11; Stuttgart 1999.
- Rohstoffe für Ottweiler Porzellan: in:TREPESCH, Christof: Ottweiler Porzellan. — S.119-132; Worms 2000.
- Das Bergbauunternehmen des Jean-Jacques Sau(e)r in Deutsch-Lothringen von 1747-1752. — Saarbrücken 2004 (Selbstverlag).
- Zur Geologie des Neunkircher Raumes. — in: KNAUF, Rainer u. TREPESCH, Christof: Neunkircher Stadtbuch, S.57-70; Neunkirchen 2005.
- Ehemalige Schwerspatgrube „Korb“ bei Eisen/Saarland. — In: DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland VII Devon. — Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, Heft 52, S.544-546; Hannover 2007.
- Nur Backsteine. — Unsere Heimat, Jhr.33, Heft 1, S.14-15; Saarlouis 2008.
- Der Glückauf-Schacht oder Pariser Chic in Düppenweiler. — Unsere Heimat, Jhrg.35, Heft 1, S.49-52; Saarlouis 2010.

Legende: MGAS= Mineralogisch-geologischer Arbeitskreis Saar  
VFMG= Vereinig. d. Freunde v. Geologie u. Mineralogie

Weiter:

### **Loseblattsammlung "Bergbau in Pfalz, Saarland und Lothringen**

Die Loseblattsammlung wurde in einer Auflage von 100, später 200 Exemplaren gedruckt und ging meist an Abonnenten.

Teil Bergbaugeschichte (1968-1976).

Teil Mineralogie (1972-1978).

### **B-PSL - Inventar:**

**Bergbauliches, mineralogisches und geologisches Inventar auf CD-ROM.**

### **Anschrift des Verfassers:**

**Dr. Gerhard Müller, Im Flürchen 7, 66133 Saarbrücken-Scheidt.**

**E-Mail: [mueller.mineral.sbr@t-online.de](mailto:mueller.mineral.sbr@t-online.de)**