

# ERTRAG DER BERGWERKE

## KRUFTER BACHTAL

Am Anfang der folgenden Mengenberechnungen steht eine Einschätzung der in römischer und mittelalterlicher Zeit ausgebeuteten Fläche im Tal des Krufter Baches. Basis dieser Schätzung sind die rekonstruierten Abbauareale 1-9 (vgl. Kap. Lagerstätten). Dabei stellt sich die Frage, wie stark diese Areale tatsächlich unterminiert waren.

Am besten ist die Quellenlage in dem großen Areal 5, das durch die Fundstellen 19-43 markiert wird (**Beil. 1**). Innerhalb dieses Areals liegen die Fundstellen auf dem Firmengelände der Trasswerke Meurin (FS 21-34) am dichtesten. Wann immer dort in den letzten rund 150 Jahren in den Untergrund eingegriffen wurde, kamen »Alte Männer« im Römertuff zutage. Ein Foto aus den 1930er Jahren (**Abb. 12**) und drei Luftaufnahmen von 1962 (**Abb. 46**), 1972 (**Abb. 48**) und 1999 (**Abb. 60**) verdeutlichen die Situation: Gerade in den großen Tagebauen (FS 21, 24, 30 und 31) ist die flächendeckende Ausbreitung dieser »Alten Männer« gut zu fassen; nur bei Fundstelle 33 wurde die Randzone von Abbauareal 5 tatsächlich erreicht. Eine vergleichbare Stollendichte bestand offensichtlich im Osten des Abbauareals 5. Im Frühsommer 1960 wurden bei Sanierungsarbeiten an der Bundesstraße 256 (FS 38) alle sichtbaren Stollenzüge in der Trassenmitte punktförmig eingemessen<sup>547</sup>. Der Trassenplan zeigt auf einer Strecke von rund 700 Metern eine durchgängig dichte Durchsetzung des Geländes mit Stollen. Mit der Fundstelle 40 konnte 1998 ein Abschnitt ganz im Osten des Abbauareals etwas großflächiger dokumentiert werden (**Abb. 113**). Auch hier war die Randzone von Areal 5 erreicht. Nach unserer Einschätzung ist es durchaus möglich, dass am Ende der Abbautätigkeit ein großer zusammenhängender Bergwerkskomplex bestand, der im Laufe der Zeit aus mehreren Einheiten zusammengewachsen war (vgl. Kap. Betriebszeiten) und sich über das gesamte Abbauareal 5 erstreckte. Ähnliche Bedingungen scheinen auch weiter östlich im unteren Tuffstein geherrscht zu haben (**Beil. 1**). Unter Hinzunahme aller von Wolfgang Horch dokumentierten Römerstollen, Absackungen und Bergschäden zeichnet sich auch in den Abbauarealen 7 und 8 eine sehr hohe Fundstellendichte ab. Die auffällige Lücke beiderseits der Nette ergibt sich aus dem hier in moderner Zeit existierenden Grubenfeld von Plaidt (vgl. FS 48).

Die mutmaßlich flächendeckende Unterminierung in den Abbauarealen 5, 7 und 8 möchten wir im Sinne einer Maximalrechnung auch für die übrigen Areale annehmen. Wie im Kapitel über die Lagerstätten dargestellt, umfassen die Abbauareale eine Gesamtfläche von 222,9 ha.

Im nächsten Schritt widmen wir uns dem Verhältnis zwischen den ausgebeuteten Flächen und den Stützpfeilern in den Bergwerken. Grundlage für die Berechnungen bildet das Bergwerk Meurin 2 (FS 31), da nur hier ein größerer Ausschnitt eines Tuffbergwerkes nach modernen Maßstäben dokumentiert werden konnte.

Einer ersten Berechnung (Fläche 1) liegt die gesamte Fläche in den Grenzen der Grabungen 1998-2001 zugrunde (vgl. auch zum Folgenden **Abb. 189**)<sup>548</sup>. Von insgesamt 1595 m<sup>2</sup> wurden 1218 m<sup>2</sup> (= 76,4 %) unterminiert.

<sup>547</sup> Röder 1959a, 87f. Abb. 13.

<sup>548</sup> Die Pläne wurden mit der Software QGIS erstellt und für die Berechnung der Flächen die Analysefunktionen dieses Programms verwendet.



**Abb. 189** FS 31, Meurin 2. Grundriss mit den Flächen 1-3. Anhand dieser Flächen wurde das Verhältnis Pfeiler zu Abbaufläche berechnet. – (Graphik B. Streubel, RGZM).

abgebaut und  $377 \text{ m}^2$  (= 23,6%) als Pfeiler stehen gelassen. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass es sich bei Meurin 2 nur um den Ausschnitt eines Bergwerkes handelt, dessen dokumentierte Außengrenzen mehr oder weniger zufällig entstanden. Wir wissen nicht, wie groß Kammern und Pfeiler in den Randzonen tatsächlich sind; gerade im Süden und Osten scheinen größere Pfeiler nur sehr partiell erfasst worden zu sein. Um diesen Unsicherheitsfaktor einschätzen und korrigieren zu können, haben wir das Verhältnis Pfeiler zu Abbaufläche an zwei weiteren, möglichst großen Flächen innerhalb der Grabungsgrenzen überprüft. Fläche 2 bildet ein Quadrat von 25 m Seitenlänge, das bewusst über die Westhälfte gelegt wurde, da hier die größeren Pfeiler stehen. Von  $625 \text{ m}^2$  entfallen  $170 \text{ m}^2$  (= 27,2 %) auf die Pfeiler und  $455 \text{ m}^2$  (= 72,8 %) auf die Abbaufläche. Fläche 3 wiederum ist ein Polygon, in dem eine möglichst große Fläche mit möglichst vielen Pfeilern erfasst werden sollte. Hierbei steht einer Pfeilerfläche von  $305 \text{ m}^2$  (= 30,7 %) eine Abbaufläche von  $690 \text{ m}^2$  (= 69,3 %) gegenüber.

Durch diese Berechnungen bestätigt sich im Falle der Fläche 1 der Eindruck eines zu geringen Anteils an Pfeilerfläche. Nach unserer Einschätzung entsprechen die Werte aus den Flächen 2 und 3 am ehesten den tatsächlichen Verhältnissen, woraus sich ein mittlerer Wert von knapp 29 % an Pfeilerfläche errechnen lässt<sup>549</sup>. Zieht man diesen von den oben genannten 222,9 ha ab, ergibt dies eine abgebaute Fläche von 158,3 ha oder  $1,583 \text{ km}^2$ .

<sup>549</sup> Quasi als Gegenprobe zu unseren Berechnungen haben wir eine weitere Kalkulation basierend auf dem Planausschnitt (Abb. 147) von Josef Röder, durchgeführt. Dieser ältere Plan zeigt einen etwas anderen und auch größeren Ausschnitt des Bergwerkes. Von einer Gesamtfläche von  $1706 \text{ m}^2$  entfallen  $571 \text{ m}^2$  (= 33,5 %) auf die Pfeiler und  $1135 \text{ m}^2$  (= 66,5 %) auf die Abbaufläche. Damit liegt die Abbaufläche 2,8-9,9 % unter den oben ermittelten Werten. Bei dieser Abweichung ist

allerdings zu berücksichtigen, dass Josef Röder seine Vermessung unter deutlich erschwerten Bedingungen unter Tage durchgeführt hat, was leicht zu Ungenauigkeiten führen kann (vgl. Röder 1957, 238 mit Taf. 24. 26 Abb. 39). Ein daraufhin erfolgter Vergleich von identischen Ausschnitten beider Pläne hat ebenfalls eine Differenz von knapp 4 % ergeben. Zieht man diesen Wert von den 33,5 % ab, kommt es zu einer großen Annäherung an den von uns ermittelten Wert von knapp 29 %.

Auch den nunmehr folgenden Volumenberechnungen sollen die in Meurin 2 gewonnenen Daten zugrunde gelegt werden. Dort unterliegt die Mächtigkeit des Römertuffs relativ großen Schwankungen auf kleinem Raum, was aber durchaus als repräsentativ für die Lagerstätten im Krufter Bachtal gelten kann (vgl. Kap. Lagerstätten)<sup>550</sup>. Dies spiegelt sich natürlich auch in den unterschiedlichen Höhen der gebrochenen Quader wider, die von 0,5-3m reichen. Insgesamt konnten 514 Blöcke vermessen werden, wobei die Maße ohne Boden- und Deckenschrote genommen wurden und somit die »Netto-Höhe« der gebrochenen Rohblöcke wiedergeben. Die Durchschnittshöhe der 514 Blöcke<sup>551</sup> liegt demnach bei etwas über 1,76 m; multipliziert mit der Abbaufäche des Reviers von 1 583 000 m<sup>2</sup>, errechnet sich daraus ein abgebautes Gesamtvolumen von 2 786 080 m<sup>3</sup>.

Um das Volumen des tatsächlich gebrochenen Rohmaterials zu berechnen, muss man von diesem Wert noch das beim Einschlagen von Seitenschroten und Keiltaschen anfallende Material abziehen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich deren Breite nur an den wenigen nicht vollendeten Blocklösungen verlässlich messen lässt. Demnach waren die Seitenschrote – wohl in Abhängigkeit von der gewünschten Tiefe – vorne 0,1-0,17 m breit (**Abb. 88. 121**), um sich nach hinten keilförmig zu verzüngen (**Abb. 130**). Vor allem ein Befund in Kammer 3 von Meurin 1 (FS 21; **Abb. 55**) diente uns in einem Experiment als Vorbild für Seitenschrot und Keiltaschen (**Abb. 149-152**)<sup>552</sup>. Für das Brechen eines Rohquaders erwies sich demnach ein Schrotgraben mit einer vorderen Breite von 0,15 m und einer hinteren von 0,05 m als durchaus geeignet. Die Maße des Experimentalblockes von 1,8 m × 1,2 m × 0,45 m ergaben sich dabei aus den 21 im Befund erhaltenen Blocklösungen in Kammer 2 von Meurin 5 (FS 33; **Abb. 105**), wo das Experiment auch stattfand. Um unsere Berechnungsgrundlage zu erweitern, rekonstruierten wir in einem nächsten Schritt einen durchschnittlichen Rohblock auf Basis der deutlich zahlreicheren Abbauspuren von Meurin 2. Neben den schon genannten Höhenmaßen standen 400 Seitenschrote<sup>553</sup> und 86 vollständig erhaltene rückwärtige Ablöseflächen<sup>554</sup> zur Verfügung. Aus ihnen ließ sich eine durchschnittliche Blocktiefe von gut 0,47 m und eine ebensolche Breite von 1,21 m errechnen. Ein durchschnittlicher gelöster »Netto-Rohblock« misst in Meurin 2 somit 1,76 m × 1,21 m × 0,47 m, was ziemlich genau dem Volumen von 1 m<sup>3</sup> entspricht.

Aufgrund der sehr geringen Abweichung des Experimentalblockes von dem rekonstruierten Durchschnittsblock soll die Schrotgrabenbreite aus dem Experiment im Folgenden übernommen werden. Überträgt man ferner in der Theorie die so ermittelten Schrotgrabenmaße (1,76 m × [(0,15 m + 0,05 m) : 2] × 0,47 m) der Einfachheit halber auf die Seite der Keiltaschen und legt beides nebeneinander, dann entsteht ein Körper mit dem Rauminhalt 1,76 m × 0,2 m × 0,47 m. Dies wiederum entspricht 14,2 % des Bruttovolumens einer durchschnittlichen Blocklösung mit Keiltaschen und Seitenschrot (= 1,76 m × 1,41 m × 0,47 m)<sup>555</sup>. Zieht man nun

<sup>550</sup> Im unteren Tuffstein bei Plaidt unterscheidet sich die Situation insofern, als dass hier der gute Stein viel mächtiger in die Tiefe reicht. Hier wurde der Abbau aber durch den Grundwasserspiegel begrenzt. Abbauhöhen, die von denen im Römertuff erkennbar abweichen, konnten wir nirgends beobachten, weshalb wir die im Römertuff gewonnenen Maße auch auf den unteren Tuffstein übertragen möchten.

<sup>551</sup> Blockhöhen (in cm) und Anzahl der Blöcke: 50/1; 70/1; 80/4; 90/2; 95/2; 100/10; 105/4; 110/9; 115/15; 120/25; 125/8; 130/21; 135/9; 140/19; 145/9; 150/24; 155/8; 160/26; 165/11; 170/30; 175/18; 180/52; 185/8; 190/22; 195/9; 200/44; 205/2; 210/25; 215/9; 220/6; 225/5; 230/9; 235/6; 240/9; 245/3; 250/21; 255/4; 260/9; 265/7; 270/6; 275/1; 300/1.

<sup>552</sup> Vgl. Schaaff 2011, 536 ff.

<sup>553</sup> Tiefe der Seitenschrote (in cm) und Anzahl Blöcke: 20/2; 25/15; 30/36; 35/34; 40/56; 45/50; 50/90; 55/45; 60/27; 65/15; 70/11; 75/10; 80/8; 85/1.

<sup>554</sup> Breite der rückwärtigen Ablöseflächen (in cm) und Anzahl der Blöcke: 50/1; 70/5; 95/3; 100/11; 105/5; 110/7; 120/23; 130/11; 140/3; 150/9; 160/4; 170/1; 180/1; 190/2.

<sup>555</sup> Uns ist bewusst, dass dieser Verlustwert tendenziell hoch angesetzt ist, da zum einen die Keiltaschen deutlich schmaler sind als die Seitenschrote und zum anderen bei wechselseitigem Brechen großer Quader der Materialverlust verringert wird; vgl. dazu Röder 1957, 7. 8.

14,2 % von dem Gesamtvolumen von 2 786 080 m<sup>3</sup> ab, dann erhält man ein Volumen von 2 390 456,6 m<sup>3</sup>. Multipliziert mit dem spezifischen Gewicht des Römertuffs (1,2 g/cm<sup>3</sup>), ergibt dies 2 868 547,9 t von abgebautem Tuffstein<sup>556</sup>.

Allerdings beziehen sich diese Werte nur auf das unter Tage gewonnene Material. Wie viel Tuffstein tatsächlich in Werkstätten und auf Baustellen verbaut wurden, lässt sich noch schwerer abschätzen. Unser Experiment hat aber gezeigt, dass bei gutem Gelingen einer Blocklösung noch einmal mindestens 30 % an Material abgezogen werden müssen. Dies würde das Volumen auf 1 673 319,6 m<sup>3</sup> und das Gewicht auf 2 007 983,5 t Tuffstein reduzieren.

Zur besseren Einschätzung dieser Zahlen kann ein einfacher Baukörper dienen, der sich an der Rekonstruktion der römischen Stadtmauer von Xanten orientiert<sup>557</sup>. Stellen wir uns ein Bauwerk mit einer Länge von 3,4 km, einer Höhe von 6,6 m und einer Breite von 1,65 m vor. Bauelemente wie Türme, Tore, Fenster, Zinnen und Stützen sowie Fugen zwischen den einzelnen Steinen sind nicht vorhanden. Das Mauerwerk besteht aus *opus caementicium* und Mauerschalen aus 15 cm tiefen Tuffhandquadern (vgl. **Abb. 181**). Dann läge das Volumen des benötigten Tuffs bei 6 732 m<sup>3</sup> (3 400 m × 6,6 m × 0,3 m), was gut 8 000 t (8 078,4 t) entspricht. Insgesamt 249 solcher Baukörper hätte man aus dem Ertrag der Bergwerke im Krufter Bachtal errichten können. Bestünde die Mauer dagegen vollständig aus Tuffquadern, dann wären 37 026 m<sup>3</sup> (3 400 m × 6,6 m × 1,65 m) oder gut 44 400 t (44 431,2 t) Stein darin verbaut. In diesem Fall würden die Vorräte aus dem Krufter Bachtal für 45 solcher Bauvorhaben reichen.

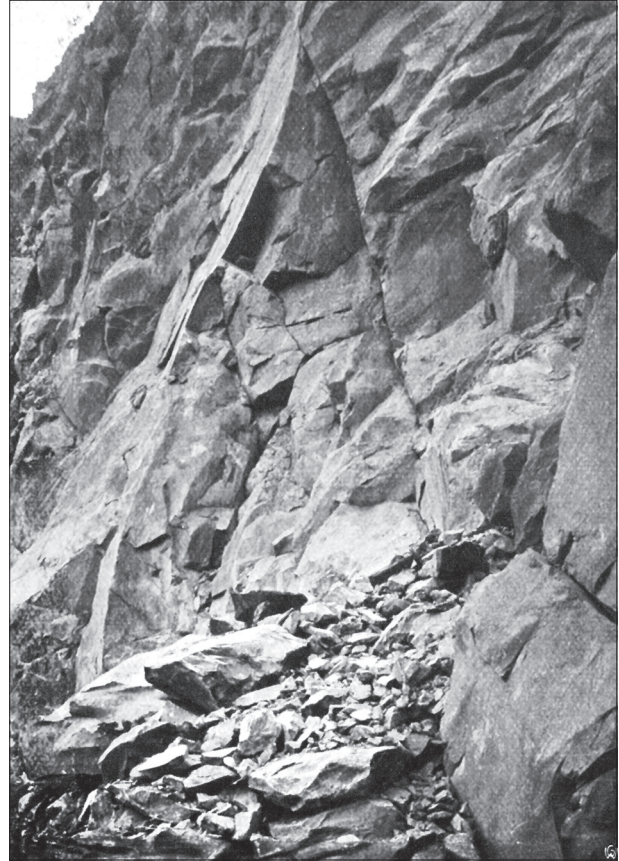
An dieser Stelle sei noch einmal betont, dass wir von einer vollständigen Unterminierung der rekonstruierten Abbauareale im Krufter Bachtal ausgehen. Auch ist die Einschätzung des Verlustes an Material bei der Zurichtung der gelösten Rohquader eher optimistisch. Reduziert man nun die Fläche der Abbauareale im Sinne einer Minimalrechnung um die Hälfte, dann hätten daraus noch Rohblöcke mit einem Gesamtgewicht von 1 434 273,95 t gewonnen werden können. Erhöht man zudem den Verlust bei der Weiterverarbeitung von 30 % auf 50 %, dann reduziert sich die Materialmenge noch einmal auf 717 136,975 t. Nach diesem – unserer Einschätzung nach zu pessimistischen – Rechenmodell hätte der Tuffstein aus dem Krufter Bachtal immerhin noch für knapp 89 oder 16 der oben beschriebenen Baukörper ausgereicht.

Unsere Quantifizierungen des Reviers im Krufter Bachtal sollen schließlich mit Überlegungen zur Anzahl der dort tätigen Arbeiter enden. Aus dem maximalen Volumen von 2 390 456,6 m<sup>3</sup> lassen sich bei einem durchschnittlichen Blockvolumen von 1 m<sup>3</sup> (1,76 m × 1,21 m × 0,47 m) ebenso viele Rohquader gewinnen. Unser Experiment wiederum hat gezeigt, dass man für die unterirdischen Arbeiten an einem Rohquader etwa vier Manntage bei einem achtstündigen Arbeitstag veranschlagen kann. Damit kommt man auf insgesamt 9 561 826,4 Manntage in den Bergwerken des Krufter Bachtals. Diese, verteilt z. B. auf 400 Jahre mit je 365 Arbeitstagen, ergeben 65 Steinhauer, die die Lagerstätte bei täglichem Einsatz in dieser Zeit hätten ausbeuten können. Die Arbeiterzahl erhöhte sich jedoch auf knapp 100, wenn man sich an den heutigen Arbeitsbedingungen mit jährlich etwa 250 Arbeitstagen in einem Unternehmen oder an einer Behörde ohne Schicht- und Wochenendbetrieb orientierte. Legt man den Personalberechnungen die oben beschriebene Minimalrechnung zugrunde, halbiert sich die Anzahl der Arbeiter.

<sup>556</sup> Dem Wert des spezifischen Gewichtes liegen die Aufzeichnungen der letzten Jahre im firmeneigenen Labor der Trasswerke Meurin zugrunde. Demnach hatte der Römertuff im bergfeuchten Zustand ein spezifisches Gewicht von 1,2–1,25 g/cm<sup>3</sup> und im trockenen ein Gewicht von 1,15 g/cm<sup>3</sup>. Nach H. Wolfram variiert das spezifische Gewicht zwischen 1,2 und 1,28 g/cm<sup>3</sup>, Meinrad Pohl nimmt mit einem

mittleren Gewicht von 1,38 g/cm<sup>3</sup> einen noch höheren Faktor an (Wolfram 1885, 13; Pohl 2012, 43).

<sup>557</sup> Zur Rekonstruktion der römischen Stadtmauer von Xanten (mit älterer Literatur): Geyer 1999, 117 ff.; Müller 2008b, 277 ff. In welcher Dimension Tuffstein beim Mauerbau tatsächlich verbraucht wurde, bleibt allerdings unklar (vgl. Müller 2008b, 281).



**Abb. 190** »(Traß-)Tuffsteinbruch im Brohltal (Orbachsmühle). Die scharfkantigen Felsstücke lassen erkennen, daß der Traß in harten Tuffstein umgewandelt ist.« – (Nach Jacobs 1914, Abb. 28).

Allerdings gehen wir davon aus, dass der Betrieb in den Bergwerken im erheblichen Maße von großen Bauvorhaben bestimmt wurde und der Personalbedarf daher starken temporären Schwankungen unterworfen war (vgl. Kap. Das Revier in Antike und Mittelalter). Zu den Steinhauern, die nur für das Brechen und Vorverarbeiten der Steine zuständig waren, kommen weitere Fachkräfte und auch Führungspersonal hinzu. Dazu gehören Spezialisten für die Planung, Vermessung und Erschließung der Bergwerke, Fachkräfte für den Bau von Kränen und Hebewerken sowie Handwerker wie Steinmetze und Schmiede. Außerhalb des unmittelbaren Steinbruchbetriebs waren Spezialisten für Logistik, Handel und Transport sowie für die notwendige Infrastruktur zu Wasser und zu Lande unverzichtbar. Man wird also von einer erheblich höheren Anzahl von Personen ausgehen müssen, die im Tuffabbau arbeiteten oder von ihm profitierten.

## **BROHLTAL UND SEITENTÄLER**

Richten wir nunmehr den Blick auf das Brohltal und seine Seitentäler. In einem hypothetischen Modell haben wir dort ein römisches Abbauareal von 8,9ha oder 89 000m<sup>2</sup> rekonstruiert (vgl. Kap. Lagerstätten). Nach Josef Röder erreichte das Tuffmassiv dort Höhen von 30-45 m, den in römischer Zeit wohl nicht ausgebeuteten Blauen Tuffstein nicht mitgerechnet<sup>558</sup>. Auf Basis des mittleren Höhenwerts von 37,5 m errech-

<sup>558</sup> Vgl. Röder 1959a, 56.



**Abb. 191** »(Traß-)Tuffsteinbruch im Brohltal. Tuffstein, überlagert von Bergtraß.« – (Nach Jacobs 1914, Abb. 29).

net sich hieraus ein Volumen von  $3\,337\,500\text{ m}^3$ . Unter Berücksichtigung der geologischen Beschreibungen Röders (vgl. **Abb. 24**) und unter dem Eindruck alter Steinbruchfotos (**Abb. 190-191**) möchten wir den tatsächlich ausgebeuteten Anteil an gutem Gestein mit 30 % beziffern. Immerhin weisen Höhen von bis zu 10 m und Breiten von bis zu 20 m durchaus auf große Partien festen Gesteins hin. Diese 30 % entsprechen  $1\,001\,250\text{ m}^3$  oder  $1\,201\,500\text{ t}$  Tuffstein. Veranschlagt man, in Anlehnung an die Berechnungen im Krufter Bachtal, 29 % für stehen gelassene Pfeiler und weitere 30 % Verlust an Material durch Schrotarbeiten<sup>559</sup>, dann reduziert sich das Volumen auf  $497\,621,25\text{ m}^3$  oder  $597\,145,5\text{ t}$ .

Schließlich gehen wir auch im Brohltal von einer nochmaligen Verringerung des Volumens um 30-50 % aus, die dem Zurichten des schon gelösten Blockes geschuldet ist. So erhält man höchstens  $348\,334,87\text{ m}^3$  oder  $418\,001,85\text{ t}$  bzw. mindestens  $248\,810,63\text{ m}^3$  oder  $298\,572,75\text{ t}$  Tuffstein für weiterverarbeitende Betriebe und Baustellen. Damit könnte man 51 bzw. 37 Baukörper in den Dimensionen der Stadtmauer der *Colonia Ulpia Traiana* (vgl. oben) mit Handquadern verblenden oder aber gut neun bzw. sieben solcher Bauten aus massiven Tuffquadern errichten. Angesichts von zehn bis elf aus den römischen Inschriften erschlossenen Steinbrucharealen (vgl. Kap. Heiligtümer) erscheinen diese sehr hypothetischen Berechnungen durchaus als realistisch. Das Eröffnen eines oder zweier Bruchareale für je ein Bauprojekt in der Größenordnung einer aus massiven Quadern errichteten »Xantener Stadtmauer« wäre in jedem Fall wirtschaftlich vertretbar gewesen. Die abschließenden Berechnungen zur Personalstärke im Brohltal erfolgen nach denselben Kriterien wie die zum Krufter Bachtal. Demnach lassen sich aus dem maximalen Volumen von  $497\,621,25\text{ m}^3$  ebenso viele Quader gewinnen. Die Anzahl der Quader multipliziert mit vier Manntagen, dividiert durch 100 Jahre Betriebsdauer und nochmals geteilt durch 365 oder 250 Tage im Jahr ergibt etwa 55 oder 80 Arbeiter, die täglich acht Stunden lang ausschließlich als Steinhauer beschäftigt waren. Hinzu kommt, wie im Krufter Bachtal, eine beträchtliche Anzahl von Personen anderer Tätigkeitsfelder und Berufsgruppen. Auch im Brohltal gehen wir davon aus, dass der Abbau nicht kontinuierlich und nicht in gleich bleibender Intensität über 100 Jahre hinweg betrieben wurde, sondern sich zu unterschiedlichen Zeiten jeweils auf größere Bauvor-

<sup>559</sup> Bei den Berechnungen für das Krufter Bachtal mussten wir den Materialverlust durch das Einschlagen von Decken- und Bodenschrot nicht berechnen, da dieser bereits bei der Messung der Blockhöhen vor Ort berücksichtigt worden war. Für die Ermittlung des Materialverlustes durch Schrotarbeiten

im Brohltal haben wir den an Seitenschrot und Keiltaschen gewonnenen Wert des Krufter Bachtals etwas mehr als verdoppelt, was den zusätzlichen Materialverlust durch das Einschlagen von Decken- und Bodenschrot mit Sicherheit abdeckt.

haben konzentrierte. Man wird sich die Zahl der gleichzeitig anwesenden Menschen also noch wesentlich höher vorstellen müssen. Die inschriftlich belegte Beteiligung von mindestens 15 verschiedenen Einheiten des römischen Militärs erscheint vor allem dann plausibel, wenn man das maximale Abbauvolumen von 497 621,25 m<sup>3</sup> oder 597 145,5 t voraussetzt.

Bei allen Unwägbarkeiten bestätigen unsere Berechnungen und Schätzungen insgesamt, dass man durchaus von einem respektablem Tuffabbau rund um den Laacher See-Vulkan (vgl. **Abb. 1**) sprechen kann, der schon in römischer Zeit ein gewichtiger Wirtschaftsfaktor in der Region war. Allerdings erreichte er nicht die Quantität der Mühlsteinproduktion in den Lavaströmen des Bellerberg-Vulkans bei Mayen. Hier schätzt Fritz Mangartz einen Personalbedarf von gut 200 Arbeitern, die über einen Zeitraum von 450 Jahren in den Steinbrüchen Rohlinge für Mühlen produzierten<sup>560</sup>. Für die Weiterverarbeitung außerhalb der Brüche veranschlagte er nochmals knapp 400 Personen; Personengruppen wie Händler oder Zulieferer sind darin nicht enthalten. Beide Wirtschaftszweige zusammen betonen aber die besondere Qualität des antiken Steinbruch- und Bergwerksreviers zwischen Eifel und Rhein; dabei ist die Wirtschaftskraft, die aus der römischen Keramikproduktion von Weißenthurm und Mayen erwuchs, noch gar nicht berücksichtigt<sup>561</sup>.

<sup>560</sup> Mangartz 2008, 93 ff.; vgl. auch Hunold 2011, 272 ff.

<sup>561</sup> Vgl. mit älterer Literatur Friedrich 2012b; Grunwald 2012b.