

Daniel Terkl/Athanasios Dourtmes

Vom Palast zur Hütte:

Wohnen in Byzanz

Art und Beschaffung des Baumaterials

Inhalt

1. Prolog.....	1
2. Stein.....	1
2.1. Allgemeines.....	1
2.2. Pergamon.....	3
2.3. Marmor.....	4
2.4. Gesteinsabbau.....	4
3. Mörtel	7
3.1. Allgemeines.....	7
3.2. Kalkmörtel – Opus Caementitium.....	7
4. Lehm.....	10
5. Metall.....	11
5.1. Allgemeine Bemerkungen.....	11
5.2. Bergwerkgebiete	12
5.3. Erzabbau, Aufbereitung und Verhüttung.....	13
5.4. Verwendung	14
6. Holz	15
6.1. Historischer Überblick.....	15
6.2. Abbau, Transport und Handel	16
6.3. Pergamon.....	16
7. Glas.....	17
7.1. Historischer Überblick.....	17
7.2. Aufbereitung, Produktion und Verwendung.....	18
8. Epilog.....	19
9. Literatur	21
9.1. Zitierte Literatur – Verfasser bekannt:.....	21
9.2. Zitierte Literatur – Enzyklopädische Werke mit Beiträgen ohne ausgewiesene Verfasser:	22
9.3. Wichtige verwendete Hilfsmittel für die Recherche:	22
9.4. Bildverweis (Bild siehe letzte Seite).....	22

1. Prolog

Das Baumaterial ist ein bestimmender Faktor für die Form des Gebauten. Darüber hinaus kann es in dieser Form zeichenhafte Bedeutung erlangen: sich einpassen oder für sich selber sprechen. Als Statussymbol wird bedeutend woher es kommt und wer es hat, für den einzelnen gleich wie für ganze Kulturen. Doch am Anfang gilt es, sich damit zu beschäftigen, was es ist, und wie es gewonnen wird.

Die folgenden sechs Kapitel behandeln die Materialien, die in byzantinischer Zeit auf byzantinischem Gebiet verwendet wurden. Die „Bodenschätze“ Stein und Lehm, ihre Produkte Mörtel, Metall, Glas und der Naturstoff Holz werden betrachtet. Die Reihenfolge ihres Auftretens stellt keine Hierarchie dar.

2. Stein

2.1. Allgemeines

Vorweg ist es vielleicht notwendig einiges Allgemeines zu bemerken. Stein ist ein sehr breiter Begriff, viele verschiedene (anorganische) Naturmaterialien werden durch ihn gemeint. Granite, Kalksteine und deren metamorphe Formen, wie Marmore, Schiefer, Gneise, viele verschiedene Sedimentgesteine, alles das (und es fehlen noch viele Variationen) kann gemeint sein. Die heutige Präzision in der Bezeichnung und die Möglichkeit zur chemischen und kristallografischen Untersuchung und Bestimmung besteht erst seit der Neuzeit. Was früher ein Marmor war, lässt sich heute nur mehr als ein Material mit der Eigenschaft, auf eine bestimmte Oberflächenqualität hin bearbeitet werden zu können und bestimmte Festigkeitseigenschaften zu haben, beschreiben.¹ Das verwundert aber auch nicht weiter, wenn man weiß, dass das griechische Wort *mármaros* einfach auch Felsblock bedeutete.²

¹ Vgl. Alexander Kazhdan u. a. (Hrsg.), *The Oxford Dictionary of Byzantium*, Bd. 2, New York/Oxford 1991, S. 1295. Marmor war ursprünglich der Name für jede Art von kristallinem Kalkstein, der hochglanzpoliert werden konnte. Das ist auch heute nicht ungewöhnlich – viele Handelsbezeichnungen weichen von der Bezeichnung im technischen Sinn ab.

Auch John Brian Ward-Perkins, *Quarrying in Antiquity. Technology, Tradition and Social Change*, in: *Proceedings of the British Academy*, Bd. 57, 1971, S. 137-158, S. 137, beschreibt diese Problematik: „[...] I shall be using the word ‚marble‘ in a very loose sense, to cover a whole range of geologically different stones: marbles, porphyries, granites, basalts, breccias and even on occasion certain fine limestones and travertines. [...] The fact which they have in common is that they were all in varying degrees the stones in widespread commercial use for the finest monumental building and sculpture.“

Wenn Archäologen bei ihrer Arbeit ein Material bestimmen, dann liegt der Wert dieses Wissens unter Umständen vor allem für denkmalpflegerische Fragen und solche nach der Provenienz vor, die nicht aus Dokumenten geklärt werden können. Für das Verständnis der Bedeutung des Materials gilt es aber vielmehr den Umständen seiner Zeit entsprechend zu fragen – in welchem Fall aber natürlich eine durch gegenwärtige Methoden geklärte Herkunftsfrage wiederum weitere Erkenntnisse ermöglicht. Weil aus der Zeit des frühen Mittelalters wenig Weniges belegt,³ und weil das Steine Brechen zu den konservativsten Handwerken gehört – wesentliche Änderungen in der Abbautechnik haben sich erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts entwickelt⁴ – darf und muss davon ausgegangen werden, dass der Steinbruch im Mittelalter wesentlich gleich funktionierte wie in der Antike.⁵ Das Brechen von weichem, weniger beständigem Stein – und eben dieser ist auch weniger begehrt – konnte natürlich einfacher, mit effizienteren Methoden und Werkzeugen vonstatten gehen, als der Abbau der edlen härteren Materialien. Edel waren, und weit gehandelt wurden im römischen Reich: verschiedene Marmore, feiner Kalkstein, Granit und Porphyr,⁶ den man heute als Rhyolith anspricht. Über die regionalen Gesteinslieferanten ist entsprechend allgemeinem Desinteresse am Ordinären, wenig in Erfahrung zu bringen.

Vgl. auch Norman Herz, *Geology of Greece and Turkey: Potential Marble Source Regions*, in: Norman Herz/Marc Waelkens (Hrsg.), *Classical Marble: Geochemistry, Technology, Trade* (NATO ASI Series E, Vol. 153), Dordrecht/Boston/London 1988, S. 7-10, S. 7: „Much limestone, both crystalline and otherwise that can take a high polish has been called marble, not only in modern commerce but also in the archaeological literature.“ Herz erläutert aber weiter: „Since (1) nearly all important Roman and Greek statuary and most monuments are made of marble, sensu strictu, (2) most limestone was quarried and only used locally, and (3) only marble was traded widely throughout classical Greece and Rome, this report, as this symposium, will be concerned only with marble.“ Also schon ein Hinweis auf die Verhältnisse. Aber auch der berühmte porfido rosso antico (roter Rhyolith) wurde doch transportiert?

² Anette Zwahr (Red.), *Meyers Großes Taschenlexikon 14* (Lutt-Mim), Mannheim u. a. 2001⁸ S. 137, Schlagwort „Marmor“.

³ John Brian Ward-Perkins, *Quarries and Stoneworking in the Early Middle Ages: The Heritage of the Ancient World*, in: *Settimane di studio del Centro Italiano di Studi sull'Alto Medioevo*, Bd. 18/2, 1970/1971, S. 525-544, S. 525.

⁴ Ward-Perkins, *In the Early Middle Ages*, S. 532. 1854 erfand Eugène Chevalier ein System, um Stein mit Hilfe eines Stahldrahtes und Schleifsand direkt aus dem Fels zu schneiden. Das erste Mal eingesetzt wurde es erst 1895 in Carrara.

⁵ Ebda., S. 525. Diese Erkenntnis erlöst uns aber nicht von der Pflicht, zeitgenössische mittelalterliche Beweise zu suchen und zu berücksichtigen, um eventuell auch dieselbe zu korrigieren, wie auch der Autor dieser Seiten meint.

⁶ Ebda., S. 527.

2.2. Pergamon

Ein Beispiel liefern die Ausgrabungen in Pergamon, wo der Schutt der antiken Anlagen die Grundlage byzantinischen Bauens wurde. Es wurden dort zweischalige Mauern aus Stein, Füllmaterial und meistens Erdmörtel als Bindemittel errichtet. Der verwendete Stein ist der örtlich vorkommende Andesit als Haustein im Format zwischen 15x10 cm und 45x25 cm. Das meiste Material scheint aus dem Versturz der antiken Wohnbebauung zu stammen.⁷ Andesit ist ein vulkanisches Gestein und eine Bezeichnung für die Gefügeausbildung einer intermediären⁸ Gesteinsschmelze an der Erdoberfläche, die Elemente in bestimmten Grenzen von Verhältnissen zueinander enthält. Der Name leitet sich her von „Anden“. Es gibt dieses Material an verschiedensten Orten der Erde in unterschiedlichen Farbtönen und auch unterschiedlichen Eigenschaften (Verwitterungszustand, ...).

Größere und sorgsam bearbeitete Quader waren ausnahmslos Spolien,⁹ die vor allem zur Befestigung von Ecken und Türleibungen verwendet wurden. Marmorspolien finden sich hingegen nur selten, und das obwohl Marmor als Material immer geschätzt und teuer war.¹⁰ Es scheint der Großteil des vorhandenen Marmors gebrannt und für den für den Bau der Stadtmauern notwendigen Kalkmörtel verwendet worden zu sein.¹¹ Andesittuff, der in der Antike auch verbaut wurde, wurde nicht wieder verwendet, weil er wohl schon zu verwittert war, um noch die notwendigen Festigkeitseigenschaften¹² mitzubringen.¹³ Die einfache Wiederverwendung des am leichtest-verfügbaren Materials und die Verwertung (Recycling!) eines anderen (Marmor), an sich aus anderen Gründen wertvollen, können auf zwei Dinge hinweisen. Einerseits ist der Wohnbau ein Bereich, in den wertvolle Materialien zu Repräsentationszwe-

⁷ Vgl. Klaus Rheidt, Die byzantinische Wohnstadt (Wolfgang Radt (Hrsg.), *Altertümer von Pergamon*, Bd. 15/2), Berlin/New York 1991, S. 21f.

⁸ Die Schmelzen werden nach ihrem Anteil an Kieselsäure(anhydrid) eingeteilt: sauer ~70% SiO₂, intermediär ~60%, basisch ~50%, ultrabasisch ~40%. Vgl. hierzu etwa: Peter Rothe, *Gesteine. Entstehung – Zerstörung – Umbildung*, Darmstadt 2002, S. 47ff.

⁹ Rheidt, S. 22.

¹⁰ Vgl. *The Oxford Dictionary*, Bd. 2, S. 1295.

¹¹ Rheidt, *Wohnstadt*, S. 23. Der Autor verweist auf frühere Forschungsberichte, etwa: Carl Schuchhardt/Theodor Wiegand (Hrsg.), *Der Entdecker von Pergamon*. Carl Humann, Berlin 1931², 22f. Ob antike Gebäude zum Mauerbau systematisch abgetragen wurden, oder ob lediglich (durch das Erdbeben 262 entstandener) Schutt verwendet wurde, weiß Rheidt (S. 196) noch nicht, die Ruinen der Marmortempel wurden allerdings respektiert, während es möglich ist, dass die Marmorausstattung und Teile der öffentlichen Gebäude unmittelbar für die neuen Bauten verwertet wurden.

¹² Die bedeutende Festigkeitseigenschaft für den Stein ist die Druckfestigkeit. Auf Zugfestigkeit oder Biegung kann das Material praktisch nicht belastet werden.

¹³ Rheidt, *Wohnstadt*, S. 22, Anm. 176. Das ist auch ein Hinweis darauf, dass kein Material mehr selbst abgebaut wurde.

cken in geringem Ausmaß Eingang finden, aber es muss doch Priorität für den Rohstoff Kalk gegeben haben, wie andererseits vielleicht keine Wertschätzung für die Reste der Bautätigkeit der vergangenen Kultur gegeben war. Die Verwendung der Werkstoffe nach diesen Betrachtungen ist jedenfalls nicht semantisch zu interpretieren, sondern aus praktischen Gründen passiert.¹⁴

2.3. Marmor

Abgesehen von den prokonnesischen Steinbrüchen war die Quelle für römische Marmore im Gebiet der heutigen Türkei das Menderesmassiv, von den anderen Vorkommen¹⁵ sind (Stand 1988) keine klassischen Steinbrüche bekannt. Dieses Gebirge erstreckt sich von Milâs im Süden nach Norden bis ungefähr Eskişehir. Dort befinden sich die Marmorsteinbrüche von Denizli, Afyon-Dokimeion, Aphrodisias, Mylasa, Ephesus und Eracleia. Der prokonnesische Marmor kommt im nördlichen Drittel der Insel Marmara vor.¹⁶ Beinahe alle wichtigen Marmore des klassischen Griechenland, mit Ausnahme derer von Thasos, stammen vom attisch-kykladischen Komplex. Marmor aus Thasos stammt aus der Gegend des Rhodopegebirges. Die Marmore vom Peloponnes (Doliana, Mani) sind gewöhnlich niedrigmetamorph, später noch einmal unter hohem Druck umgewandelt und stark verformt worden. Ihre Textur ist weniger einheitlich und ihr Verbreitungsgebiet ist kleiner als das der Marmore aus dem Attisch-Kykladischen Komplex.¹⁷ Solche Eigenschaften bieten einen ähnlichen Schlüssel zur Herkunftsbestimmung, wie es der chemische Fingerabdruck eines Metalls tut, wie weiter unten zu lesen sein wird.

2.4. Gesteinsabbau

Die Techniken zum Abbau von Marmor und auch anderen Steinen haben sich anscheinend zum großen Teil schon vor der Zeit des Byzantinischen Reiches entwickelt und sind dann sehr

¹⁴ Auch Ward-Perkins, *In the Early Middle Ages*, S. 526f verweist darauf, dass „[...] a great deal of the history of constructional techniques can quite legitimately be expressed as a dialogue between the practices imposed by the materials available locally and those other practices and techniques which are more widely representative of each successive age.“

¹⁵ Vgl. Roland Brinkmann, *Geology of Turkey*, Stuttgart 1976, S. 6ff: andere Vorkommen sind: Das Kirsehir-Massiv in Zentralanatolien, das Bitlis-Massiv, das Istranca-Massiv wie auch noch einige kleinere.

¹⁶ Hier verweist Herz auf eine weitere Quelle, die hier nicht erreichbar ist: Dario Monna/Patrizio Pensabene, *Marmi dell'Asia Minore*, Roma 1977.

¹⁷ Herz, 1988, S. 8-10.

lange tradiert und kaum verändert worden.¹⁸ In spätantiker Zeit wurde ein Werkzeug jedoch nicht mehr nur wie bisher auf den Baustellen verwendet, sondern auch in den Steinbrüchen selbst: die Pendelsäge. Höchstwahrscheinlich vom späteren dritten Jahrhundert wurden mit ihr gelegentlich Verkleidungsplatten direkt aus den Steinwänden geschnitten. Wenn der Grund dafür nicht die schwindende Fähigkeit in der Provinz war, dies dort zu tun – wegen des Rückgangs der Bautätigkeit – dann war es wohl der, dass eine so direkte Methode es ermöglichte, Fehler im Material sofort zu bemerken. Einen großen Block zu transportieren, ihn dann zu schneiden und unbrauchbares Material zu erhalten, ist dagegen wohl die schlechtere Version.¹⁹ Zum Trennen des Gesteins wurden auch schon seit dem 6. vorchristlichen Jahrhundert Keile aus Eisen verwendet, wie höchstwahrscheinlich auch Keile aus Holz.²⁰ In römischer Zeit wurde die Arbeitseffizienz wichtiger und so wurden die Keile genormt. Für harte Marmore und Granit wurden Eisen- und Bronzekeile verwendet. Holzkeile wurden bei Kalkstein, Schiefer und generell weichen Gesteinen eingesetzt. In byzantinischer Zeit ersetzten große Meißel die Keile. Alle 5 cm wurden tiefe Löcher in den Fels gemeißelt und geschlagen, bis sich der Stein löste. Alle Arbeiter mussten synchron hämmern. Durch diese Methode konnte die Leistung gesteigert werden.²¹

Nachdem Augustus Ägypten mit seinen reichen Rohstoffvorkommen annektiert hatte, dürfte die römische Administration die Vorteile einer direkten imperialen Kontrolle erkannt haben. Die meisten großen Steinbrüche wurden schon vor Ende des ersten Jahrhunderts verstaatlicht. Zu Beginn arbeiteten sie vorwiegend für staatliche Bauprojekte, aber vor allem nach einer massiven Umorganisation, die zumindest im Osten das Werk Domitians gewesen zu sein scheint, kam die gesteigerte Produktion auch den Städten und Privatpersonen zugute. Das Ergebnis war eine Massenproduktion architektonischer Elemente, vielleicht zum Teil standardisiert, von Säulen, Kapitellen, Basen. Sie wurden zu verschiedenen Graden vorgefabriziert, und

¹⁸ Vgl. Ward-Perkins, *In the Early Middle Ages*, S. 532. ebenso: Marc Waelkens/Paul de Paepe/Luc Moens, *Quarries and the Marble Trade in Antiquity*, in: Norman Herz/Marc Waelkens (Hrsg.), *Classical Marble: Geochemistry, Technology, Trade*, Dordrecht/Boston/London 1988, S. 7-28, S. 15. Dort wird auf die Spuren eines Werkzeuges hingewiesen, die vom frühen 6. Jahrhundert vor Chr. bis in die spätantike Zeit vorkommen.

¹⁹ Waelkens/de Paepe/Moens, *Quarries*, S. 16f.

²⁰ Nach Ward-Perkins, *In the Early Middle Ages*, S. 531 sind die Holzkeile mit Wasser, das sie aufsaugten und sich dabei dehnten, zum Absprengen des Steines verwendet worden.

²¹ Tony Kozelj, *Extraction of Blocks in Antiquity: Special Method of Analysis*, in: Norman Herz/Marc Waelkens (Hrsg.), *Classical Marble: Geochemistry, Technology, Trade* (NATO ASI Series E, Vol. 153), Dordrecht/Boston/London 1988, S. 31-39, S. 36. Im Selbstversuch veranschaulicht Kozelj außerdem, dass das Herausarbeiten eines Blocks von den ungefähren Maßen 100x50x25 cm mit den erforschten Methoden mehr als 22 Stunden Nettoarbeitszeit erfordert. S. 36-39.

die beiden letzteren scheinen im ganzen Reich gleich gewesen zu sein.²² In frühbyzantinischer Zeit dürfte der Steinbruch auf der Marmara Insel fertig gestellte Kapitelle, Säulen, Kanzeln und Amben in den ganzen Mittelmeerraum und auch nach Konstantinopel verschifft haben.²³ Der Transport des frisch gebrochenen Gesteins im Steinbruch selbst erfolgte, wenigstens von oben nach unten, mit einer Art Schlitten, *lizza* genannt. Die Steinblöcke wurden in Gruppen zu ca. 20 Tonnen jeweils auf ein Paar massiver Hölzer befestigt. Mit Seilen und Rollhilfe durch quer unterlegte, mit Öl oder Seife behandelte Rundhölzer wurden die Pakete zu Tal gebracht.²⁴

Das gewöhnliche Werkzeug zum Herstellen von Platten von der Antike bis in die Moderne war eine einfache Handsäge. Ausonius erzählt im 4. Jahrhundert von Wassermühlen, die an der Mosel zum Marmorsägen verwendet wurden, und auch in den *giallo antico* Steinbrüchen von Simitthu sind Hinweise auf solche Gerätschaft gefunden worden. Allerdings ging solches *Know-how* mit großer Sicherheit verloren und wurde erst in der Renaissance zurückerobert.²⁵

Im römischen Reich gab es eine sehr entwickelte Organisation von Massenproduktion und Vorfertigung (wie schon an dem Beispiel des Kapitells weiter oben zu vermuten). Es gab spezialisierte Märkte und Filialen. Alexandrien kaufte seine Marmorsarkophage exklusiv von Prokonnesus, Cyrenaica ausschließlich von Athen. In Italien hatten diese beiden Produzenten Filialen in Ravenna und Aquileia, wie auch in Rom. Außerdem gab es Marmorlager in vielen der großen Hafenstädte Roms, in welchen gewaltige Bestände angehäuft wurden. In Ostia wurde 393 ein Gebäude mit Blöcken von *giallo antico*, der 300 Jahre vorher in Numidien gebrochen worden war, errichtet.²⁶

Auch für weniger wertvolle Materialien wird das existierende, hochkomplexe Distributions-system genutzt worden sein. Unzählige Steinbrüche sorgten für die Befriedung lokaler Bedürfnisse, z. B. Thelepte oder Syrakus. Aber es waren die Luxusmaterialien, die die Vorgaben lieferten. Das beschriebene logistische System war zwar einerseits flexibler als das politische, aber doch sehr abhängig von zentraler Verwaltung. Der Fall Westroms führte im westlich-mediterranen Raum zum Ende der Produktion von Marmor und Granit in großem Maßstab. In der östlichen Reichshälfte lagen die Dinge anders. Konstantinopel übernahm nicht nur die

²² Waelkens/de Paepe/Moens, Quarries, S. 19.

²³ Ebda., S. 20.

²⁴ Ward-Perkins, In the Middle Ages, S. 533.

²⁵ Ebda., S. 534-535.

²⁶ Ebda., S. 537.

Organisation, sondern auch viele der Hauptquellen, z. B. Prokonnesus. In den großen Bauprogrammen nach Justinian und der Rückeroberung Italiens und Nordafrikas, lieferten diese (Prokonnesus, Thessaloniki, Kleinasien) das Material. Im 6. Jahrhundert wurden nicht einmal mehr die westlichen Steinbrüche, die noch nicht stillgelegt waren, als Lieferanten für imperiale Bauprogramme herangezogen.²⁷ Außerhalb Byzanz' war das komplexe System der Steinversorgung aus dem römischen Reich im 6. Jahrhundert zusammen gebrochen.²⁸

3. Mörtel

3.1. Allgemeines

Ganz allgemein ist Mörtel ein Gemisch aus einem Bindemittel, Füllstoffen und Zusatzstoffen. Tonhaltiger Lehmörtel wurde schon seit der Errichtung fester Wohnbauten verwendet, Gipsmörtel schon von den Ägyptern zur Zeit des Alten Reichs (3. Jahrtausend vor Chr.). Naturgips kann schon bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen zwischen 120 und 180° C gebrannt werden um ein gut lösliches und wieder abbindefähiges Halbhydrat zu erhalten. Im Gegensatz zu kalkhaltigen Mörteln kann kommt es mit Gips bei fachgerechter Verarbeitung zu keiner nennenswerten Volumsabnahme. Um den Abbindeprozess zu beschleunigen, können einige organische Substanzen, etwa Leim, beigemischt werden.²⁹ In Griechenland wurden etwa für die Lange Mauer von Athen Kalkmörtel verwendet, wie die Römer bekanntermaßen diesen Werkstoff auch im Hochbau einsetzten.³⁰ Tonhaltiger Lehmörtel wurde verwendet, seit feste Wohnbauten errichtet werden, allerdings fehlen ihm die sensationellen Festigkeitseigenschaften und durch die Abbindung, die nur durch die Trocknung auf physikalischem Weg passiert, ist er nicht wasserfest.

3.2. Kalkmörtel – Opus Caementitium

Üblicherweise – meine Recherchen haben keine Hinweise auf etwas anderes zu Tage gefördert – wurde in Byzanz Kalkmörtel verwendet. Dessen Produktion ist recht aufwändig. Als Ausgangsmaterial wird Kalkgestein benötigt (Kalkstein, Kreide, Marmor, Dolomit), das ge-

²⁷ Ebda., S. 538-539.

²⁸ Ebda., S. 541.

²⁹ Johannes Weber, Angewandte Petrologie in Archäometrie und Konservierungsforschung, Wien, Univ., Habil.-Schr., 2001, S. 22-23.

³⁰ Vgl. Brockhaus Enzyklopädie Online, Stichwort „Mörtel“:

http://www.brockhaus-encyklopaedie.de/be21_article.php?document_id=0x003b2903@be, 2. 1. 2007, 22:00.

brannt werden muss. Bei 800-1000 °C³¹ passiert die Umwandlung in Ätzkalk (Brannkalk), der die Zwischenstufe auf dem Weg zum Bindemittel ist.³² Ausgangsgestein mit mehr als 20% Ton kann nicht mehr verwendet werden, während ein etwas mehr als achtprozentiger Tongehalt das Aushärten in nasser Umgebung ermöglicht.³³ Der gebrannte Kalk wird dann in Wasser gelöscht, wobei er sich erhitzt und zu feinem Pulver, so genanntem Baukalk zerfällt.³⁴ Wird mit mehr Wasser gelöscht, entsteht direkt eine Dispersion, die vollständige Umsetzung zu Kalkhydrat wird begünstigt.³⁵ Ohne hydraulische Beimengungen (wie dem mitgebrannten Ton, später zugegebenem Ziegelstaub oder ähnlichem) entsteht Luftkalk, der durch das Kohlendioxyd der Luft erhärtet (karbonatisiert).³⁶ Die Zugabe (oder die originäre Existenz) von Puzzolanen – benannt nach dem Puteoli/Pozzuoli in der Nähe von Neapel – ermöglicht das Hydratisieren des Bindemittels. Der mit solchen Zugaben versehene Mörtel kann auch unter Wasser aushärten. Das ursprüngliche Puzzolan ist die in der Umgebung Puteolis anstehende vulkanische Asche. Schon vor Christi Geburt war bekannt, dass sich das *pulvis puteolanis* zur Herstellung eines wasserbeständigen Mörtels eignet.³⁷ Dass das *opus caementitium* in Byzanz wahrscheinlich ähnlich gut bekannt war, lässt allein der Bau der gigantischen Fildami-Zisterne am Stadtrand Konstantinopels vermuten. Sie ist zwar oben offen, aber immerhin elf Meter hoch (mit Wasser gefüllt).³⁸ Ihre Ausmaße von 127x76 m weisen auch auf groß angelegte Mörtelproduktion hin, wie auch die Qualität des Materials hoch und relativ konstant gewesen sein muss.

Der Kalk wurde in speziellen Öfen gebrannt. Auf byzantinischem Territorium wurde bis heute kein solcher Kiln gefunden, andere Beispiele waren nahe den Gebäuden und hatten einen Innendurchmesser von drei Metern oder weniger.³⁹ In der Nähe von Iversheim/Eifel wurden

³¹ Weber, Petrologie, S. 23 gibt eine Temperatur oberhalb von 700° C an.

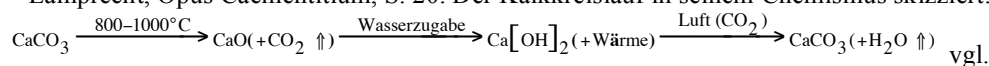
³² Vgl. auch: Heinz-Otto Lamprecht, *Opus Caementitium*. Bautechnik der Römer, Düsseldorf 1985, S. 20. Zur Herstellung von Zement im heutigen Sinne müssen zwischen 1400 und 1500° C erreicht werden, bei der die Rohstoffmischung aus Kalk, Ton und in geringeren Anteilen anderer Materialien versintern. Danach muss der entstandene Klinker noch einmal vermahlen und mit weiteren Bestandteilen verfeinert werden.

³³ Robert Ousterhout, *Master Builders of Byzantium*, Princeton (New Jersey) 1999, S. 134.

³⁴ Lamprecht, *Opus Caementitium*, S. 20.

³⁵ Weber, Petrologie, S. 23.

³⁶ Lamprecht, *Opus Caementitium*, S. 20. Der Kalkkreislauf in seinem Chemismus skizziert:



Kalkstein Brannkalk Löschkalk Kalk (verhärtet)

³⁷ Lamprecht, *Opus Caementitium*, S. 31-32, S. 198.

³⁸ Lamprecht, *Opus Caementitium*, S. 87, Bild 60, Bild 61.

³⁹ Robert Ousterhout, *Master Builders of Byzantium*, Princeton 1999, S. 133.

sechs Kalköfen freigelegt, die gut erhalten sind und bei einer Tiefe von ca. 4 m ebenfalls einen Innendurchmesser von etwa 3 m aufweisen. Einer wurde rekonstruiert und ein erfolgreicher Brennversuch durchgeführt. In einem eine Woche dauernden Brennvorgang werden ungefähr 15 m³ Branntkalk gewonnen.⁴⁰ Gelöscht wurde der Kalk in einer Grube direkt auf der Baustelle, woher er entnommen und mit den Füll- und Zusatzstoffen zu Frischmörtel gemischt wurde.⁴¹ Füllstoffe waren sowohl Sand – für guten Mörtel ist es wichtig, dass dieser frei von schädlichen Beimengungen, vor allem Mutterboden ist – als auch Ziegelmehl, -grus, oder Brocken.⁴² Vieles des Geschriebenen wusste schon Vitruv zu berichten, obwohl die genauen chemischen Hintergründe nicht immer ganz klar waren. Für frostgefährdete Verfügun-gen empfahl er eine Mischung mit Öl, wodurch vermutlich kleine Poren entstanden, die in der Lage sind, das sich ausbreitende Eis aufzunehmen, ohne das Material zu sprengen.⁴³

Dem – zumindest theoretisch – vorhandenen Wissen steht noch zu Justinians Zeit die etwas anders aussehende Praxis gegenüber. So schwankt selbst im Mauerwerk der Hagia Sophia aus dem sechsten Jahrhundert die Zusammensetzung (Seesand, Kalk, zerstampfte Ziegel) in alleine einer Wand beträchtlich. Die zerstampften Ziegel und Tonscherben gaben dem Mörtel in Byzanz auch den Namen Keramatos. Bei Zisternenbauten wurden außerdem Haare, Baumwolle und sogar Leinöl verwendet.⁴⁴ Im Zuge seiner Arbeit untersuchte Dirk Thode drei Proben aus der Hagia Sophia. Drei davon stammten aus dem südöstlichen Hauptpfeiler und eine aus einer Kuppelrippe, die im 14. Jahrhundert erneuert wurde. Alle vier Proben weisen auf die gezielte Beimengung von Puzzolanen hin, nach heutiger Definition würde man von hydraulischem Kalk (im Gegensatz zum Weißkalk) sprechen. Wie vorher angedeutet, unterscheidet sich die Zusammensetzung, allerdings kann bei den drei Proben aus älteren Teil aufgrund der Streuung noch angenommen werden, dass es eine einheitliche Mischungsanweisung gab. Die Probe aus dem neueren Teil enthält mehr als doppelt so viel Bindemittel. Es ergibt sich eine Festigkeit vergleichbar der Mörtelgruppe II nach DIN 1053. Es ist durchaus möglich, dass als

⁴⁰ Lamprecht, *Opus Caementitium*, S. 33.

⁴¹ Ousterhout, *Master Builders*, S. 133. Selbst mein Großvater erzählt noch von dieser Methode des Kalklöschens und -lagerns für die Mörtelherstellung zum Hausbau.

⁴² Das Ziegelmehl wäre ein Pozzolan, während größere Stücke nur bedingt Kieselsäure für die Hydratation freigeben können, da ihre spezifische Oberfläche zu klein ist. Dafür können diese Wasser beim Erhärten langsam an den Mörtel abgeben und so dessen Güte verbessern. Vgl. Lamprecht, *Opus Caementitium*, S. 33.

⁴³ Vgl. Lamprecht, *Opus Caementitium*, S. 21-40.

⁴⁴ Dirk Thode, *Untersuchungen zur Lastabtragung in spätantiken Kuppelbauten*, Darmstadt (Univ.Diss.) 1975, S. 51.

Zuschlagstoff Seesand verwendet wurde.⁴⁵ Für die Theodosianische Landmauer wurde Mörtel aus Kalk, Kiessand und Ziegelbestandteilen bis Erbsengröße verwendet.⁴⁶

4. Lehm

Als Ersatz und/oder dem Zweck entsprechend wurde auch Lehm bzw. lehmiges Erdmaterial verbaut. Es ist schwierig, Lehmabbau detailliert zu verfolgen, schließlich kann davon ausgegangen werden, dass er oft in der Nähe der Baustelle gesucht und abgebaut wurde. Die sich im Laufe der Jahre ergebende Erosion macht es weitgehend unmöglich, solche Stellen zu finden. Beantwortet werden kann hier aber die Frage, wo Lehm generell zu finden ist, und welche Eigenschaften er besitzt. Lehm ist ein Gemisch aus Ton und Sand. Der Ton ist im Grunde ein Verwitterungsprodukt verschiedener Ausgangsgesteine, das sich auch verschiedenen Tonmineralen und Gesteinsstaub zusammensetzt. Wenn der Anteil an Quarzstaub gering ist, spricht man von fettem Ton, ist er hoch, von magerem Ton. Fetter Ton muss mit höheren Anteilen von Sand vermennt werden, um einen Lehm zu erreichen, der beim Trocknen nicht schnell rissig wird, was vor allem bei der Ziegelherstellung von Bedeutung ist. Erdmörtel, wie er in Pergamon (siehe oben) verwendet wurde, basiert auf dem Lehm, wo er allerdings durch größere Anteile und organische Bestandteile weniger gute Trocknungs- und Festigkeitseigenschaften aufweist. Für die Herstellung von Ziegeln nicht geeignet, ist er aber unter Umständen oft ein Nebenprodukt des Lehm- oder Tonabbaus für andere Zwecke. Da die Anforderungen an das Material nicht sehr hoch waren, ist es in vielen Gebieten, die Bodenbildung zulassen, wahrscheinlich, darauf zu stoßen. Ton führende Schichten erkennt man daran, dass sie als Wasserstauer wirken, also etwa nach ausgiebigem Regen. In der Nähe von Flüssen (Überschwemmungsgebiete, Deltas) kann auch mit erhöhter Wahrscheinlichkeit mit dem Vorkommen von Ton oder Lehm gerechnet werden. Sie können auch als Verwitterungsprodukt alter Gesteine über jenen lagern, was aber im Vergleich zu den anderen angesprochenen Möglichkeiten wenigstens für den Baubereich eher Nebenbedeutung hat.⁴⁷

⁴⁵ Thode, Lastabtragung, S. 52-55.

⁴⁶ Ehrhard Reusche, Polychromes Schichtmauerwerk byzantinischer und von Byzanz beeinflusster Bauten Südosteuropas. Überlieferung und Entwicklung einer handwerklichen Technik, Köln (Univ.Diss.) 1971, S. 18.

⁴⁷ Vgl. Rothe, Gesteine, S. 156ff. und Brockhaus Enzyklopädie Online, Stichwort „Ton“:
http://www.brockhaus-enzyklopaedie.de/be21_article.php?document_id=0x0e1a6a32@be, 5.3.2007, 14:30.

5. Metall

5.1. Allgemeine Bemerkungen

Für diese Arbeit von Bedeutung sind vor allem die Metalle Blei und Eisen. Da Blei in der Natur sehr häufig gemeinsam mit Silber vorkommt, kann in einer Betrachtung der Bleigewinnung auch die Silbergewinnung mit eingeschlossen werden kann.⁴⁸

Archäologische Funde aus Metall stellen das Endglied einer langen Kette dar. Diese reicht vom Abbau der Erze in den Lagerstätten über Aufbereitung und Verhüttung bis hin zum Rohmetallhandel, gefolgt von der weiteren Verarbeitung des Metalls, dem Handel und Gebrauch des Fertigproduktes. Rekonstruiert werden kann sie jedoch nur im Idealfall. Hierbei versucht z.B. der Naturwissenschaftler die Metallfunde nach materialanalytischen Aspekten zu charakterisieren und zu klassifizieren. In einem zweiten Schritt werden Erze und Verhüttungsprodukte von Bergbau- und Hüttenplätzen, die als mögliche Metalllieferanten in Frage kommen, analysiert. In einem dritten Schritt werden dann Ähnlichkeiten zwischen Erzen, Verhüttungsprodukten und Metallobjekten gesucht. Die Schwierigkeit hierbei ist die Unterscheidung der herkunftsspezifischen von den herstellungsspezifischen Eigenschaften eines Objekts. Da jede Verhüttung auch ein chemischer Trennungsprozess ist, kann der stoffliche „Fingerabdruck“ eines Erzes im Fertigprodukt nicht immer eindeutig bestimmt werden. In einem letzten Schritt muss schließlich nachgewiesen werden, dass ein in stofflicher Hinsicht in Betracht kommender Metallgewinnungsplatz auch zeitlich dem Alter des Endproduktes entspricht. Natürlich können alte Bergwerke sowohl archäologisch als auch mit physikalischen Methoden datiert werden. Es sollte jedoch klar geworden sein, dass ein solch breites Forschungsprogramm nicht von einzelnen Disziplinen bewältigt werden kann und es somit einer interdisziplinären Zusammenarbeit von Archäologen, Geologen, Metallurgen, Chemiker und anderen Wissenschaften bedarf, um repräsentative Beweise zu erbringen.⁴⁹

⁴⁸ Vgl. Günther A. Wagner/Ernst Pernicka, Blei und Silber im Altertum: ein Beitrag der Archäometrie, in: Chemie in unserer Zeit, Bd. 16/1, 1982, S. 46-56, S. 46 und Stefan Meier, Blei in der Antike. Bergbau, Verhüttung, Fernhandel (Univ. Diss.), Zürich 1995, S. 4.

⁴⁹ Ebda., S. 47-48.

5.2. Bergwerkgebiete

Die Bergbauggebiete, welche in byzantinischer Epoche überregionale Bedeutung erlangten, waren vor allem solche, die an einem schiffbaren Fluss oder Meeresarm lagen.

Der Transportweg über Land war sehr teuer, langsam, und somit nicht konkurrenzfähig. Ebenso musste genügend Holz verfügbar sein, was für die Sicherung der Minen bzw. Minenschächte, und vor allem für die Verhüttung, die aus ökonomischen Gründen in der Nähe der Bergwerke stattfand, von enormer Wichtigkeit war. Eine Ausnahme stellen die Minen in Ägypten und der Nordafrikanischen Küste dar. Wegen enormen Brennholz mangels in diesen Gebieten fand die Verhüttung nachweislich nicht vor Ort statt.⁵⁰

Im Ägäischen Raum und Kleinasien gibt es zahlreiche Bergwerke welche teilweise auch bei den antiken Schriftstellern Erwähnung finden. Herodots „Historien“, Strabos’ „Geographica“ und Pausanias’ „Beschreibungen Griechenlands“ sind wohl die Bedeutendsten darunter.⁵¹ Im Folgenden möchte ich mich auf einige der wichtigsten Bergbauggebiete beschränken und etwas genauer darauf eingehen.

Wichtige Bergbauggebiete befanden sich beispielsweise in Makedonien. Das Stammland umschloss die nähere Umgebung der Stadt Thessaloniki und die Halbinsel Chalkidiki und grenzte im Osten, beim Fluss Nestos, an Thrakien. Gegen Ende des 6. Jahrhunderts begannen hier jedoch kriegerische slawische Stämme von Norden her in die Provinz einzuwandern, sodass in den nördlichen Gebieten der Bergbau wohl ein vorläufiges Ende nahm. Ein Bergbaurevier, das mit großer Wahrscheinlichkeit auch in byzantinischer Zeit genutzt wurde, lag im Nordosten der Halbinsel Chalkidiki, an der Nord- bzw. Südflanke des Stratinikon- Gebirges⁵².

Bei einem weiteren, auf der Insel Thasos gelegenen Bergwerk bei Marlou, konnte aufgrund von Tonlampenfragmenten, welche durch eine C-14-Radiokarbonmethode analysiert wurden, Bleibergbau für die Zeit von 330-600 n. Chr. nachgewiesen werden.⁵³

Ein weiteres Bergbaurevier, das auch zu den am häufigsten dokumentierten der Antike zählt, ist Laureion. Es befindet sich am südlichsten Zipfel der attischen Halbinsel bei Kap Sunion. Die wichtigsten Verhüttungsplätze befanden sich direkt am Meer bei Thorikos und Panormos. Was dieses Gebiet jedoch für die Wissenschaft so interessant macht, sind die relativ gut erhal-

⁵⁰ Meier, Blei in der Antike, S. 127.

⁵¹ Wagner/Pernicka, Blei und Silber, S. 48.

⁵² Meier, Blei in der Antike, S. 96-99.

⁵³ Ebda., S. 102.

tenen Einrichtungen für die Erzaufbereitung. Ebenso wurden in einem Stollen bei Kap Sunion byzantinische Tonlampen geborgen, was darauf hindeutet, dass die Minen auch während der Byzantinischen Epoche in Betrieb waren.⁵⁴

Was die Bergbaugebiete in Kleinasien angeht, gibt es bei der Lokalisierung und archäologischen Aufbereitung große Probleme. Diese hängen vor allem damit zusammen, dass die dortigen Minengesellschaften sich bis vor kurzem auf alte, verlassene Bergwerksanlagen konzentrierten und dadurch wertvolle historische Zeugnisse aus früherer Zeit vernichtet wurden. Das größte Bergbaugebiet Kleinasien lag zwischen der Stadt Amasia und Trapezus im heutigen Canik- und Giresun Gebirge.⁵⁵

5.3. Erzabbau, Aufbereitung und Verhüttung

Zunächst ein paar Worte zur Erschließung neuer Erzvorkommen. Hier muss klar sein, dass die einzige Möglichkeit darin bestand, neue Vorkommen zu erschließen, wenn diese auch zutage ausbissen. Durch die unterschiedlichen Verfärbungen des Gesteins konnte der Bergmann erkennen, um welches Metall es sich dabei handelte. Aber auch Kenntnisse von Indikatoren wie Pflanzenart oder Bewuchsstärke konnten bei der Erschließung neuer Erzvorkommen von Nutzen sein. Ebenso scheint wahrscheinlich, dass versuchsweise eine geringe Menge Schürferz verhüttet wurde, um den Metallgehalt des Erzes zu erhalten, bevor man weitere Anstrengungen unternahm. Natürlich wurden nicht immer neue Vorkommen erschlossen, sondern auch einfach alte Bergwerke weiter betrieben bzw. wiedereröffnet.⁵⁶

Je nach Lage des Vorkommens erfolgte der Abbau als Tagebau⁵⁷ oder Tiefbau. Für den Vortrieb benutzte der Bergmann ein Bergeisen, eine Art Pickel mit einer Spitze auf der einen Seite und einem hammerähnlichen Kopf auf der anderen Seite, sowie einen Schlägel, der die Form eines Hammers hatte.⁵⁸ Wenn untertage gearbeitet wurde, hatte der Bergmann zusätzlich noch eine kleine Tonlampe mit sich, die mit einfachem Olivenöl brannte.⁵⁹ Eine weitere Abbaumethode war das Feuersetzen. Hierbei wurde in unterirdischen Grubenräumen mit Holzstößen Feuer gelegt was zur Folge hatte, dass das Gestein aufgrund der unterschiedli-

⁵⁴ Ebda., S. 103-106 und Wagner/Pernicka, Blei und Silber, S. 49.

⁵⁵ Meier, Blei in der Antike, S. 114.

⁵⁶ Ebda., S.137-140.

⁵⁷ Tagebau bedeutet, dass der Abbau bei Tageslicht erfolgt.

⁵⁸ Meier, Blei in der Antike, S. 155-156.

⁵⁹ Es wurden auch welche aus Blei gefunden. Diese hatten den Vorteil, das sie nicht zerbrechen konnten. Vgl. dazu auch Meier, Blei in der Antike, S. 181-183.

chen Ausdehnungskoeffizienten der verschiedenen Mineralien mürbe und rissig wurde und somit leichter herausgehauen werden konnte.⁶⁰ Zutage gefördert wurde das gewonnene Erzgestein mittels mechanischer Fördereinrichtungen, die direkt über dem Schacht standen oder einfach in Tragekörben. Dabei wurde eine erste Auslese des gewonnenen Materials bereits unter Tage vorgenommen. Durch Gewichtsunterschiede von etwa gleich großen Gesteinsbrocken konnte der Minenarbeiter eine erste Auslese vornehmen.⁶¹

Das geförderte Erzgestein wurde in einem weiteren Arbeitsgang mit Hilfe von Stößeln und Erzmühlen zerkleinert. In einem weiteren Prozess wurde nun das pulverartige Gemenge nochmals mit Hilfe einer nassmechanischen Einrichtung, die nach dem gravimetrischen Prinzip funktionierte, vom tauben Gestein getrennt.⁶² Erst jetzt war das gewonnene Gemenge bereit für die Verhüttung. Diese fand in speziellen Öfen statt, mit oder ohne Gebläse, unter der Verwendung von Holz oder Holzkohle.⁶³ Für die „industrielle“ Verhüttung wurden so genannte Schachttöfen verwendet, wie sie beispielsweise auf Laureion ausgegraben werden konnten. Diese schmalen, zylindrischen Öfen hatten wahrscheinlich eine Höhe von bis zu vier Metern und wurden lagenweise mit Holzkohle und Erzgemenge beschickt. Sie gelten als Vorläufer unserer neuzeitlichen Hochöfen.⁶⁴

5.4. Verwendung

In den Handel gelangte das gewonnene Blei in Form von Barren, die mit dem Namen des Minenpächters bzw. kaiserlichen Inschriften versehen waren und somit den Eigentümer der Barren unmissverständlich auswiesen.⁶⁵ Das Blei wurde dann z.B. zu Bleirohren⁶⁶ weiterverarbeitet oder diente als Vergussmaterial für Eisenklammern (Korrosionsschutz) bei Steinquadern. Bei der Konstruktion von Dächern (Kuppelbauten) wurde es in Form von dünnen, etwa zwei Millimeter dicken, rechteckigen Bleiblättern verwendet, um die Kuppel von außen zu verkleiden.⁶⁷

⁶⁰ Ebda., S. 158-159.

⁶¹ Ebda., S. 165-167.

⁶² Ebda., S. 189-194.

⁶³ Ebda., S. 195 und Wagner/Pernicka, S. 4.

⁶⁴ Meier, Blei in der Antike, S. 197-200.

⁶⁵ Ebda., S. 223.

⁶⁶ Jedoch wurden im Osten des Byzantinischen Reiches die Rohre meistens aus Ton gefertigt. Vgl. Meier, Blei in der Antike, S. 253.

⁶⁷ Ousterhout, Master Builders, S. 150.

Aus Eisen bestanden hingegen vor allem die verschiedenen Werkzeuge der Bergarbeiter und Handwerker. Aber auch die Haken und Nägel, welche die Handwerker üblicherweise bei einem Hausbau verarbeiteten.

Im nun anschließenden Kapitel soll der Rohstoff bzw. das Baumaterial Holz genauer betrachtet werden.

6. Holz

6.1. Historischer Überblick

In byzantinischer Zeit waren die Ägäischen Inseln und die umgebende Regionen weit davon entfernt, baumlos zu sein.⁶⁸ Das Ausmaß des Rückganges an Waldflächen war vor allem von regional verschiedenen Faktoren wie beispielsweise wechselnde Siedlungsdichte (z.B. Bevölkerungsrückgang durch Pest), Siedlungsverlagerungen und Viehhaltung der ansässigen Bevölkerung abhängig. Ein besonderer Anstieg der Holzverwertung erfolgte ab der Mitte des 7. Jahrhunderts, ausgelöst durch das Eintreten der Araber als neue seefahrende Macht. Sowohl auf arabischer als auch auf byzantinischer Seite hatte dies eine erhebliche Steigerung der Schiffproduktion zur Folge. Das hierfür benötigte Holz entnahmen die Byzantiner den Waldgebieten der Schwarzmeerküste, Südkleasiens, Dalmatiens, Kretas und Zyperns. Die Araber hingegen waren von Importen aus Algerien, Tunesien und Venedig abhängig was auch zu Konflikten zwischen Venezianern und Byzantinern führte.⁶⁹

Die anstehende Karte (siehe Anhang, Bild 1) kann vielleicht helfen, eine Vorstellung zu bekommen, wo und wie viel Waldbestände zur Verfügung standen. Die schraffierten Flächen kennzeichnen dabei die bewaldeten Flächen im Kernland des byzantinischen Reiches.⁷⁰ In diesem Zusammenhang erscheint es mir auch wichtig zu erwähnen, dass die Hochebene Anatoliens bereits in der Antike unbewaldet war.⁷¹

⁶⁸ Vgl. Archibald Dunn, The Control and Exploitation of Arboreal Resources of Late Byzantine and Frankish Aegean Region, in: *L'uomo e la foresta*, sec. XIII-XVIII. XXVII. Settimana di studi (Fond. Francesco Batini), Prato 1996, S. 479-497, S. 480.

⁶⁹ Vgl. Johannes Koder, Der Lebensraum der Byzantiner. Historisch-geographischer Abriß ihres mittelalterlichen Staates im östlichen Mittelmeerraum. Wien 2001, S. 53-59.

⁷⁰ Karte, Johannes Koder, S. 58.

⁷¹ Dunn, Arboreal Resources, S. 481.

6.2. Abbau, Transport und Handel

Die Holzfäller in byzantinischer Zeit fällten die Bäume mit Hilfe einer beidseitig angeschliffenen Axt, wie sie beispielsweise in einem Schiffswrack in der Nähe der heutigen Hafenstadt Bodrum entdeckt wurden.⁷² Diese Äxte stimmen auch mit der Abbildung eines Holzfällers aus dem 12. Jahrhundert überein, welcher in Richard Temple's Werk „Early Christian and Byzantine Art“ zu sehen ist.⁷³

Als Bauholz wurden vor allem verschiedene Eichen-, Zedern- und Kiefernholzer verarbeitet sowie Kastanien- und Wacholderholzer.⁷⁴

Die gefällten Bäume wurden dabei bereits im Wald entästet, entrindet und teilweise schon grob behauen, um ihr Transportgewicht zu minimieren.⁷⁵ Der Holztransport erfolgte vorzugsweise auf den weniger kostspieligen Wasserwegen (Flöße, Seeschifffahrt). Ähnlich wie bei den Bergbaugebieten, geht man auch hier davon aus, dass verkehrsmäßig begünstigte Waldgebiete überregionale Bedeutung erlangten.⁷⁶ Dabei wurden auch gerne längere Transportwege in Kauf genommen, wie es beispielsweise Dokumente für den Holzhandel zwischen Konstantinopel und Trapezunt belegen. Aber auch für den Export von Bauholz aus Makedonien bzw. aus Thessaloniki gibt es Nachweise für das 13., 14. und 15. Jahrhundert.⁷⁷

6.3. Pergamon

Abschließen möchte ich dieses Kapitel mit einem Beispiel für den Einsatz von Bauholz in der byzantinischen Stadt Pergamon.

Die Dächer der Häuser in Pergamon waren mit Ziegeln gedeckt, die einer Holzunterkonstruktion und hölzernen Schalung auflagen, die stabil genug gewesen sein muss, um diese auch zu tragen. Diese hölzernen Bestandteile sind jedoch nicht mehr erhalten und mussten deshalb rekonstruiert werden. Die Holzschalung dürfte aus Brettern allgemein üblicher und herstellbarer Stärke (2,5cm-5cm) gewesen sein. Für den Dachstuhl waren Balken mit Querschnitten im

⁷² George F. Bass, Frederick H. van Doorninck, JR., Yassi Ada. A Seventh-Century Byzantine Shipwreck, Bd. I, Texas 1982, S. 236.

⁷³ Richard Temple (Hrsg.), Early Christian and Byzantine art. Textiles, metalwork, frescoes, manuscripts, jewelry, steatites, stone sculptures, tiles, pottery, bronzes, amulets, coins and other items from the fourth to the fourteenth centuries. London 1990, S. 117.

⁷⁴ Vgl. Archibald Dunn, Byzantine and Modern Greek Studies, Bd. 16, Birmingham 1992, S. 235-297, S. 283-289.

⁷⁵ Vgl. Günther Binding, Holzbau, in: Lexikon des Mittelalters (V), München 1991, 103-104.

⁷⁶ Vgl. Jean-Pierre Sosson, Holzhandel, in: Lexikon des Mittelalters (V), S. 104-105.

⁷⁷ Vgl. Dunn, Arboreal Resources S. 481-482.

Bereich 7cmx12cm, 10cmx10cm oder einem Durchmesser von 12cm erforderlich. Auch für die Türen wurde Holz verwendet. Es handelte sich um Bretter mit einer Stärke zwischen 2,6cm-3,5cm. Für große Hoftore waren die Bretter bis zu 4,5cm dick. Die Breite schwankt zwischen 9cm und 20cm aber auch die Türstürze dürften auch aus Holz gewesen sein.⁷⁸ Das benötigte Bauholz wurde dabei vermutlich aus dem Hinterland herbeigeschafft.

Es sollte klar geworden sein, dass Holz in byzantinischer Zeit ein wichtiger Rohstoff und Werkstoff war, auf regionaler und überregionaler Ebene, vor allem im Baugewerbe, Schiffbau, Bergbau und Hausbrand (Kochen, Heizen) bestand große Nachfrage.

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit Glas, speziell die Flachglasherstellung steht dabei im Vordergrund.

7. Glas

7.1. Historischer Überblick

Konstantin I. zog zahlreiche Handwerker und Gewerbetreibende, darunter auch Glasmacher, aus dem Osten und Westen in seine Residenz. Vor allem den vereinten Bemühungen der ägyptischen, römischen und syrischen Meister ist es zu verdanken, dass in Byzanz der Fortbestand der alten Glaskunst gesichert werden konnte. Außerdem spornten Privilegien die Glasmacher zu noch größerem Eifer an, wie beispielsweise unter Theodosius I., als in der ersten Hälfte des 5. Jahrhunderts die Glasmacher zudem von allen Abgaben befreit wurden.⁷⁹ Ein weiteres Glaszentrum im byzantinischen Reich konnten Archäologen bei der Stadt Korinth belegen, wo sie teilweise erhalten gebliebene Schmelzöfen entdeckten.⁸⁰ Mit dem Fall Konstantinopels im Jahre 1204 fand auch die Glaskunst ein vorläufiges Ende, in Venedig kam es wenig später aber zu neuer Entwicklung und Blüte.⁸¹

Was die genauen technischen Verfahren der Glasproduktion angeht, sind bis etwa 900 n. Chr. kaum sachdienliche Hinweise zu finden. In einer im Kloster Monte Casino aufbewahrten Abschrift der Enzyklopädie des Hrabanus Maurus (Erzbischof von Mainz 847) aus dem 11. Jhdt.

⁷⁸ Vgl. Rheidt, Wohnstadt, S. 26-30.

⁷⁹ Vgl. Annemarie Diem, Techniken des Mittelalters zur Herstellung von Glas und Mosaik, in: *Artigianato e tecnica nella società dell'alto medioevo occidentale* (16/2), Spoleto 1971, S.609-633, S. 611.

⁸⁰ Vgl. Jean Philippe, IV. Byzantinischer Bereich, in: *Lexikon des Mittelalters* (IV), München, Zürich 1989, S. 1480.

⁸¹ Vgl. Annemarie Diem, Glas und Mosaik, S. 611-612.

ist ein Glasschmelzofen abgebildet, jedoch sagt das Werk nichts über die Herstellungstechniken selbst aus.⁸²

Die erste Handschrift, die ein wirkliches Wissen von den Techniken verrät – die *Schedula Diversarum Artium* – wurde von Theophilus, einem deutschen Mönch des 12. Jahrhunderts verfasst. Er beschreibt darin vor allem die Technik der Flachglasherstellung nach dem Zylinderblasverfahren, das Zuschneiden der Glastäfelchen und alle Hantierungen, die sich auf das Zusammensetzen der Fenster mit Bleiruten und das Einsetzen derselben beziehen.⁸³

Ein weiteres Verfahren, dass den Glasmachern bekannt gewesen sein muss, ist das so genannte Mondglasverfahren. Begründet wird diese Vermutung durch Funde bei Ausgrabungen in arabischen Ländern. Dort konnte dieses Verfahren der Flachglasherstellung bereits für das 4. Jahrhundert nachgewiesen werden.⁸⁴

7.2. Aufbereitung, Produktion und Verwendung

Die Glasherstellung war von ihrem Beginn an bis in die Neuzeit hinein ein zweistufiger Prozess. In der ersten Stufe wurde der Rohstoff Sand bzw. Quarzsand, meist Flusssand vorge-schmolzen, d.h. gefrittet. Die hierbei entstehenden Glasbrocken wurden zerschlagen, um die Unreinheiten, wie z.B. unvollkommen geschmolzener Sand, entfernen zu können. Die Fritte wurde dann in einer zweiten Stufe nochmals eingeschmolzen und aus dieser Schmelze heraus konnten dann die ersten Glasprodukte gefertigt werden. Dieser umständliche Arbeitsablauf war notwendig, da die mittelalterlichen Glasöfen nur mit Holz bzw. Holzkohle gefeuert wurden, sodass die für eine dünnflüssige Glasschmelze erforderliche Temperatur (ca. 1400° C) nur unter ungewöhnlich hohem Verbrauch von Holz erzielt werden konnte. Deshalb ging man wahrscheinlich schon frühzeitig dazu über, die Fritteöfen in Waldgegenden zu errichten. Dort wurde zwar einfaches Gebrauchsglas hergestellt, aber einen Teil der Glasmasse transportierte man in Form von Fritte in die Werkstätten in denen sie nochmals eingeschmolzen und weiterverarbeitet wurde.⁸⁵

Das für das Schmelzen von Glas notwendige Flussmittel Soda (ein Natriumkarbonat), wurde entweder als natürliche Soda aus Natronseen oder als künstliche Soda durch Veraschen von

⁸² Ebda., S. 614.

⁸³ Ebda., S. 616-617.

⁸⁴ Ebda., S. 622-623.

⁸⁵ Ebda., S. 610-611.

Seepflanzen gewonnen. Die natürliche Soda bezog man schon im Altertum vor allem aus den Seen des Wadi Natrum in Ägypten.⁸⁶

Gefärbt wurde Glas mit Metalloxiden oder man verwendete gefärbte Glaswürfel die aus antiken Mosaiken stammten.⁸⁷

Was den Einsatz von Flachglas betrifft, lässt die Wissenschaft nach heutigem Stand der Dinge nur folgenden Schluss zu. Es wurden vor allem Kirchenbauten, Paläste und Villen mit Glasfenstern ausgestattet. Für die einfachen Häuser, vor allem auf dem Land, kann Flachglas ausgeschlossen werden. Flachglas war ein Luxusartikel und somit nur einer kleinen elitären Gruppe vorbehalten.

8. Epilog

Der gesamte Text basiert zum größten Teil auf Grabungsberichten, Berichten technischer Untersuchungen oder anderer Literatur, die auf jener aufbaut. Das hat wenig damit zu tun, dass sich die Autoren den schriftlichen Quellen verweigert hätten, allein sind diese rar gesät. Die Klassiker unter ihnen (Plinius, Vitruv) lassen nicht mehr als die römische und griechische Baugeschichte eine Interpolation nach Byzanz zu. Wie und ob sie rezipiert wurden, ist allerdings weit weniger klar, als dass die alten Bauten gesehen wurden. In der Konfrontation mit der Frage, welchem Inhalt wir hier Platz geben sollen, fiel die Entscheidung für die *hard facts*, eine wichtige Erkenntnis war: Speziell in einem Bereich wie dem Wohnbau, der in schriftlicher Form schlecht dokumentiert ist, führt die fächerübergreifende Forschung mit archäometrischen Methoden zu mehr Ergebnissen. Damit der Spagat zwischen Geistes- und Naturwissenschaften gelingen kann, muss sich auch der Historiker mit der heute in den Naturwissenschaften gebräuchlichen Nomenklatur vertraut machen, wie an dem simplen Beispiel des Marmors ersichtlich.

Was erscheint wichtig: Stein ist eine Konstante, die vor allem logistische Probleme nach sich zieht. Mörtel ist mitunter wichtiger als der hochklassige Marmor, aus dem er gebrannt wird. Der Recycling-Aspekt ist zwar nicht bedeutsamer, als die zeichenhafte Wiederverwendung, wird ihr aber aus Notwendigkeit vorgezogen. Die Mörtelerzeugung ist auf den Gesteinsabbau angewiesen, dem der Abbau der Metalle in handwerklicher Hinsicht vergleichbar ist. Perga-

⁸⁶ Ebda., S. 613.

⁸⁷ Ebda., S. 612.

mon zeigt beispielhaft, wie für den Wohnbau einfach verwendet wurde, was vor Ort anstand, wie es auch mit dem Erdmörtel geschehen ist. Generell befinden sich die Aubeutungsstätten so nahe wie möglich an einem schiffbaren Gewässer.

Insgesamt zieht sich durch alle besprochenen Bereiche wie ein roter Faden die Fundierung der byzantinischen Materialkultur auf ihre Vorgänger. Es scheint keine Zeit großer und vieler Innovationen in diesem Bereich gewesen zu sein, doch kann auch nicht davon gesprochen werden, dass auffallend Wissen verloren war. Im Vergleich mit dem Gebiet des westlichen Europa zeigt sich beispielhaft im Gesteinsabbau, dass sich ein wichtiges kompliziertes logistisches Netz sich nicht dort, sondern da länger erhalten konnte. Das Konstantinopel von den Venezianern als Kapazität der Glasproduktion abgelöst wurde, stößt in dieselbe Richtung. Die Geringschätzung, die der byzantinischen Kultur oft im Vergleich mit der römischen und antik-griechischen widerfährt, ließe sich aus dieser Perspektive relativieren: Vielleicht waren die Byzantiner zwischen dem 7. und dem 14. Jahrhundert die einzigen Europäer, die in der Lage waren, altes Wissen zu erhalten und zu transportieren.

9. Literatur

9.1. Zitierte Literatur – Verfasser bekannt:

George F. Bass, Frederick H. van Doorninck, JR., Yassi Ada. A Seventh-Century Byzantine Shipwreck, Bd. I, Texas 1982.

Günther Binding, Holzbau, in: Lexikon des Mittelalters (V), München 1991, 103-104.

Roland Brinkmann, Geology of Turkey, Stuttgart 1976.

Annemarie Diem, Techniken des Mittelalters zur Herstellung von Glas und Mosaik, in: Artigianato e tecnica nella società dell'alto medioevo occidentale (16/2), Spoleto 1971, S.609-633.

Archibald Dunn, The Control and Exploitation of Arboreal Resources of Late Byzantine and Frankish Aegean Region, in: L'uomo e la foresta, sec. XIII-XVIII. XXVII. Settimana di studi (Fond. Francesco Batini), Prato 1996, S. 479-497.

Norman Herz, Geology of Greece and Turkey: Potential Marble Source Regions, in: Norman Herz/Marc Waelkens (Hrsg.), Classical Marble: Geochemistry, Technology, Trade (NATO ASI Series E, Vol. 153), Dordrecht/Boston/London 1988, S. 7-10.

Alexander Kazhdan u. a. (Hrsg.), The Oxford Dictionary of Byzantium, Bd. 2, New York/Oxford 1991.

Johannes Koder, Der Lebensraum der Byzantiner. Historisch-geographischer Abriß ihres mittelalterlichen Staates im östlichen Mittelmeerraum. Wien 2001.

Heinz-Otto Lamprecht, Opus Caementitium. Bautechnik der Römer, Düsseldorf 1985.

Stefan Meier, Blei in der Antike. Bergbau, Verhüttung, Fernhandel (Univ. Diss.), Zürich 1995.

Robert Ousterhout, Master Builders of Byzantium, Princeton (New Jersey) 1999.

Jean Philippe, IV. Byzantinischer Bereich, in: Lexikon des Mittelalters (IV), München, Zürich 1989, S. 1480.

Ehrhard Reusche, Polychromes Schichtmauerwerk byzantinischer und von Byzanz beeinflusster Bauten Südosteuropas. Überlieferung und Entwicklung einer handwerklichen Technik, Köln (Univ.Diss.) 1971.

Klaus Rheidt, Die byzantinische Wohnstadt (Wolfgang Radt (Hrsg.), Altertümer von Pergamon, Bd. 15/2), Berlin/New York 1991.

Jean-Pierre Sosson, Holzhandel, in: Lexikon des Mittelalters (V), S. 104-105.

Richard Temple (Hrsg.), Early Christian and Byzantine art. Textiles, metalwork, frescoes, manuscripts, jewellery, steatites, stone sculptures, tiles, pottery, bronzes, amulets, coins and other items from the fourth to the fourteenth centuries. London 1990.

Dierk Thode, Untersuchungen zur Lastabtragung in spätantiken Kuppelbauten, Darmstadt (Univ.Diss.) 1975.

Marc Waelkens/Paul de Paepe/Luc Moens, Quarries and the Marble Trade in Antiquity, in: Norman Herz/Marc Waelkens (Hrsg.), Classical Marble: Geochemistry, Technology, Trade, Dordrecht/Boston/London 1988, S. 7-28.

Günther A. Wagner/Ernst Pernicka, Blei und Silber im Altertum: ein Beitrag der Archäometrie, in: Chemie in unserer Zeit, Bd. 16/1, 1982, S. 46-56.

John Brian Ward-Perkins, Quarrying in Antiquity. Technology, Tradition and Social Change, in: Proceedings of the British Academy, Bd. 57, 1971, S. 137-158.

John Brian Ward-Perkins, Quarries and Stoneworking in the Early Middle Ages: The Heritage of the Ancient World, in: Settimane di studio del Centro Italiano di Studi sull'Alto Medioevo, Bd. 18/2, 1970/1971, S. 525-544.

Johannes Weber, Angewandte Petrologie in Archäometrie und Konservierungsforschung, Wien, Univ., Habil.-Schr., 2001.

9.2. Zitierte Literatur – Enzyklopädische Werke mit Beiträgen ohne ausgewiesene Verfasser:

Anette Zwahr (Red.), Meyers Großes Taschenlexikon, 25 Bände, Mannheim u. a. 2001⁸

Brockhaus Enzyklopädie Online: <http://www.brockhaus-enzklopaedie.de>.

9.3. Wichtige verwendete Hilfsmittel für die Recherche:

Wikipedia. Die freie Enzyklopädie: www.wikipedia.org: *Anmerkung:* Obwohl die Wertigkeit dieses Lexikons für wissenschaftliche Zwecke oder in Bezug auf verlässliche Informationen diskutabel ist, kann wohl kaum jemand leugnen, sich nicht des öfteren von seinen Inhalten „inspirieren“ zu lassen. Das sollte in irgendeiner Form gewürdigt sein, wie die Autoren meinen.

Michael Grünbart. Bibliography on Byzantine Material Culture and Daily Life: <http://www.univie.ac.at/byzantine>

9.4. Bildverweis (Bild siehe letzte Seite)

Johannes Koder, Der Lebensraum der Byzantiner. Historisch-geographischer Abriß ihres mittelalterlichen Staates im östlichen Mittelmeerraum, Wien 2001, Abb. 5 (S. 58).

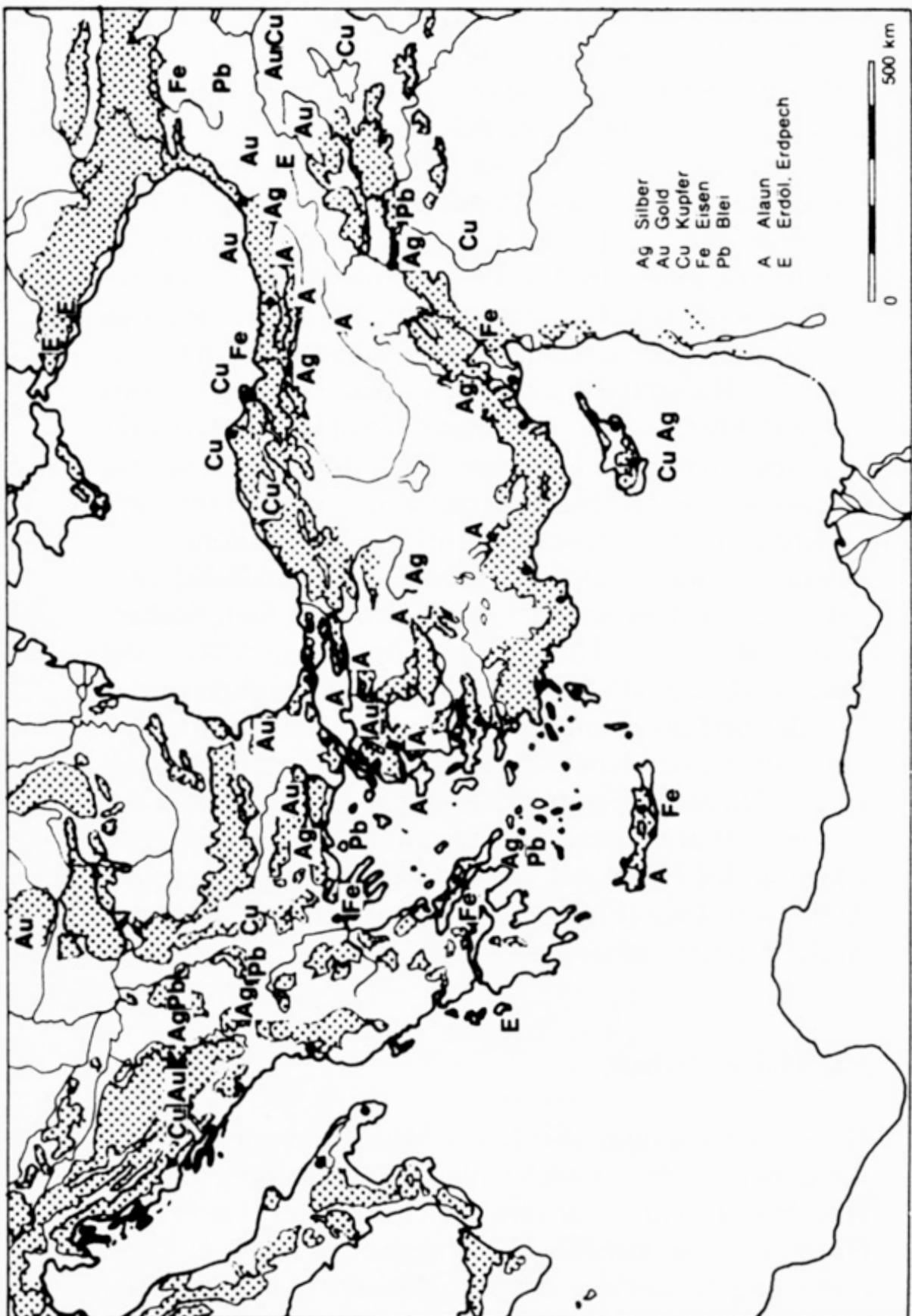


Bild 1: Wald (und Bodenschätze) im Byzantinischen Reich