

Bausteine und Mörtel der Basler Stadtmauern

Philippe Rentzel

*Basel (CH); 11.–13. Jh.; Geoarchäologie; Bausteingewinnung;
Brannkalk; Mörteltechnologie; Schiffstransport*

Abstract

This paper presents the results gained by geoarchaeological research on large sections of the two earlier town walls of Basle (Switzerland). The mapping of building stones and the mortar analyses reveal the local and regional resources that played a part in the construction of the urban fortifications of bishop Burkhard (late 11th century) and the Inner town wall from the first half of the 13th century. These studies show that building material like limestones and sandstones were mostly exploited in deposits close to the riverside in the Upper Rhine Valley between Basel and Rheinfelden, which emphasises the significance of the rivers Rhine and Wiese as transport routes. The most significant amount of building material came from the area between Grenzach and Schweizerhalle and from the Tüllinger Hill in the Lower Wiese Valley. Limestones with traces of fluvial marks prove furthermore, that new stone quarries were opened up and exploited near the riverbank above Basle in the second half of the 11th century.

The mortar analysis allows to draw conclusions, not only on the origin of the raw material and on how it was used, but also on the technological qualities of the binders. These studies prove that quicklime, too, was produced in the triassic limestone quarries situated above Basle. After the burning it was transported to the building site, probably by boat, like the limestones. Its good quality was based on its high binder content (up to 50%) and the residue of unslaked quicklime.

Einleitung

Der petrographischen Kartierung der Bausteine aus der Burkhardschen (zweite Hälfte des

11. Jh.) und der Inneren Stadtmauer (erste Hälfte des 13. Jh.) lagen archäologisch formulierte Zielsetzungen zu Grunde. In erster Linie sollten die naturwissenschaftlichen Untersuchungen an Mauern und Mörteln Aufschluss darüber geben, welche Ressourcen bei der Errichtung der beiden, je fast 2 km langen Mauerringe (Helmig 1996; Helmig/Matt 1989; 1990) genutzt wurden, um dadurch auch Angaben über die mittelalterlichen Handels- und Transportwege zu erhalten. Ferner interessierten Fragen zu den petrographischen Merkmalen und Unterscheidungsmöglichkeiten zwischen den beiden Mauern sowie zwischen einzelnen Bauabschnitten. Dabei erwiesen sich die geologischen Kartierungen als zusätzliches Kriterium, um einen Mauerabschnitt zu beurteilen und die auf archäologischen Kriterien beruhende Gliederung nach Bauphasen zu überprüfen. Da die Ergebnisse dieser baugeschichtlichen Auswertung an anderer Stelle ausführlich dargestellt sind (Matt/Rentzel 2002), werden sie hier nur am Rande erwähnt.

Material und Methoden

Im Rahmen der Gesteinskartierungen wurden mehr als 6000 Mauersteine auf über 250 m² Mauer Oberfläche erfasst und ausgewertet. Die vorab makroskopischen Untersuchungen berücksichtigten alle spezifischen Gesteinsmerkmale, daneben aber auch weitere Kriterien wie besondere Oberflächenstrukturen (z. B. fluviale Politur) oder auch Brandverfärbungen. Ergänzt wurden die geologischen Maueranalysen durch Laboruntersuchungen und durch Geländebegehungen in Steinbrüchen.

Für die Charakterisierung der Mörtel wurde eine kleinere Auswahl an repräsentativen Proben aus den beiden Stadtmauern geborgen und nach granulometrischen sowie optischen

Kriterien mittels petrographischen Dünnschliffen analysiert. Im Mittelpunkt dieser Untersuchungen standen nebst einer Herkunftsbestimmung des Branntkalkes vorab technologische Aspekte im Hinblick auf Herstellung, Verarbeitungsweise und Eigenschaften der Mörtel.

Bausteine

Der Baugrund der mittelalterlichen Stadt Basel besteht grösstenteils aus Rheinschottern. Aus diesem Grund liess sich nur ein kleiner Teil des

Bedarfs an Mauersteinen aus lokal gewonnenen Materialien wie z. B. Flussgeröllen decken. Fast alle qualitativ hochwertigen Bau- und Werksteine mussten deshalb von Aufschlüssen ausserhalb der Stadt zugeführt werden (De Quervain 1981). Die kleinen Vorkommen an Tertiärsandsteinen entlang des Rheinufers, deren Nutzung schon im Spätlatène einsetzt (Rentzel 1998, 197), konnten den ab dem späten 11. Jh. ansteigenden Bausteinbedarf bei weitem nicht decken. So verwundert es kaum, dass die nach 1070 errichtete Burkhardsche Stadtmauer als erstes monumentales

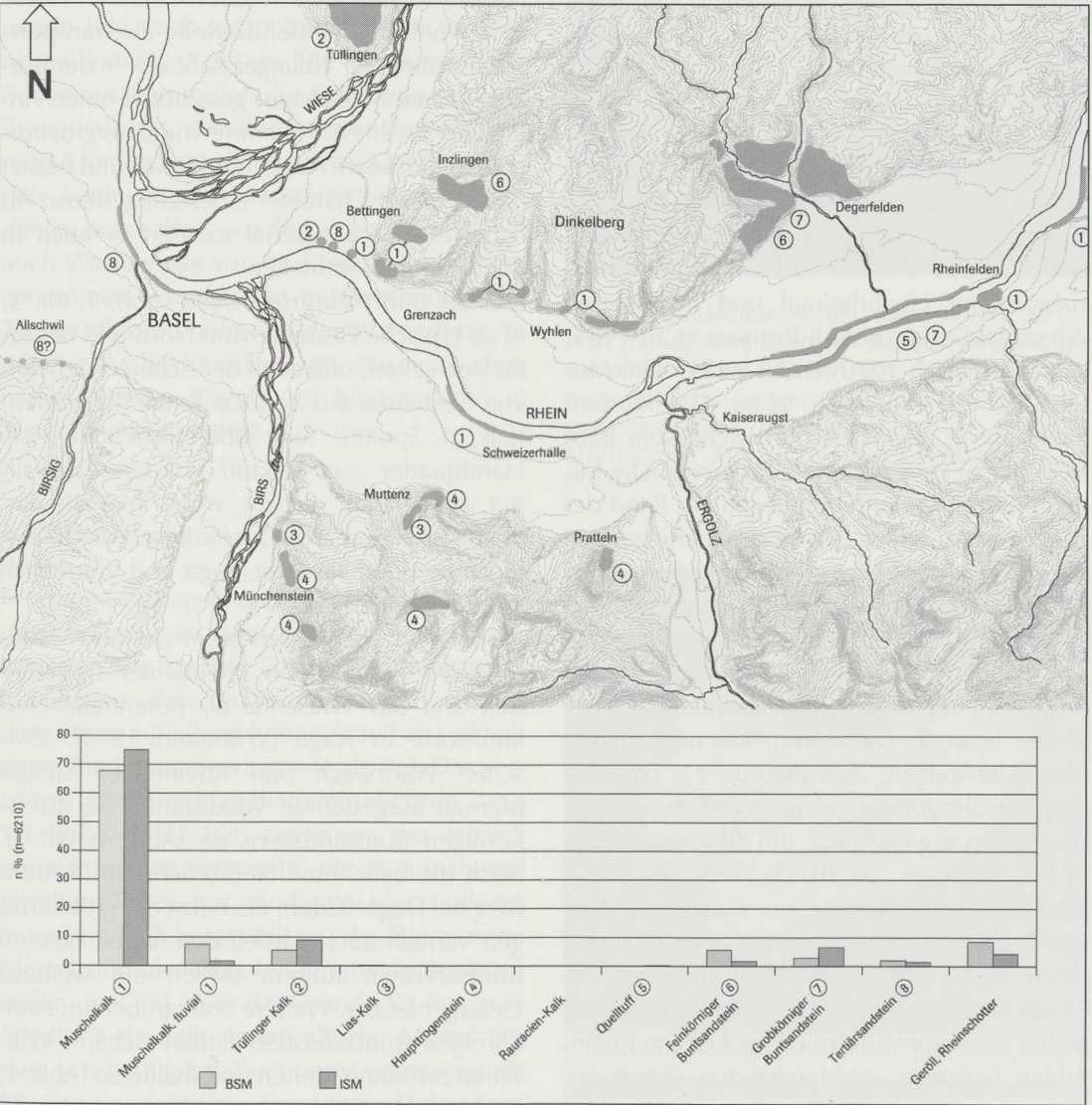


Abb. 1: Verbreitungskarte der mutmasslichen mittelalterlichen Steinabbaugebiete im Rheintal zwischen Basel und Rheinfelden, einschliesslich des unteren Wiesentals sowie des unteren Birstals. Lithologien: 1 Muschelkalk; 2 Tüllinger Kalk; 3 Lias-Kalk; 4 Hauptrogenstein; 5 Quelltuff; 6 Feinkörniger Buntsandstein; 7 grobkörniger Buntsandstein; 8 Tertiärsandstein. Das dazugehörige Diagramm gibt die prozentualen Anteile der jeweiligen Gesteine in der Burkhardschen (BSM) und der Inneren Stadtmauer (ISM) an. – Geologie nach Bitterli-Brunner et al. 1984; Wittmann et al. 1970; Disler 1931 (Zeichnung: C. Glaser).

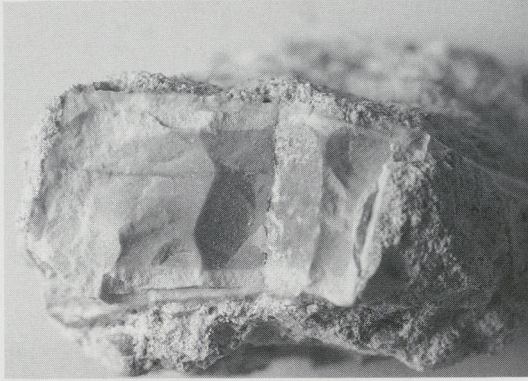


Abb. 2: Unvollständig durchgebrannter Brocken aus Muschelkalk als Hinweis auf die Herkunft des Bindemittels (Brantkalk). Mauermörtel der Inneren Stadtmauer von Basel (Leonhardsgraben 49, 1995/4, Mörtelprobe 100). Breite des Objektes: 3 cm (Photo: P. Sauerbeck).

Verteidigungswerk sich zum grossen Teil aus ortsfremden Bausteinen zusammensetzt.

Ein Blick auf die geologische Verbreitungskarte macht dabei deutlich, dass die eingeführten Gesteine aus Brüchen stammen, die flussaufwärts im Hochrheintal und im unteren Wiesental liegen (Bitterli-Brunner et al. 1984; Wittmann et al. 1970; Disler 1931). Der Muschelkalk der Trias (Abb. 1, Nr. 1) verkörpert dabei mit je über 70% den wichtigsten Baustein der beiden Basler Stadtmauern. Die bedeutendsten Vorkommen liegen am Rand des Dinkelberges sowie am gegenüberliegenden Rheinufer im Gebiet um Schweizerhalle. Hier liegt die Felssohle unter Rheinschottern und zeigt daher eine spezielle fluviale Politur, wie man sie an Muschelkalkquadern aus der Burkhardschen und der Inneren Stadtmauer immer wieder feststellt. Diese vom Fluss überschliffenen Kalke zeigen, dass man im 11. Jahrhundert verkehrsgünstig gelegene Steinbrüche eröffnet oder erweitert hat, um die grosse Nachfrage zu decken. Zusätzlich zu diesen, mit 4 bis 6 km Entfernung relativ stadtnahen Muschelkalkvorkommen von Grenzach und Schweizerhalle können theoretisch auch solche in Betracht gezogen werden, die sich noch weiter stromaufwärts im Ufergebiet um Rheinfelden befinden. Mörtelanalysen geben zudem den wichtigen Hinweis, dass der Muschelkalk auch bei der Gewinnung von Brantkalk eine Rolle gespielt hat. Mehrere Mörtelproben aus der Inneren Stadtmauer enthielten Einschlüsse, die aufgrund mikroskopischer Analysen als Brocken von unvollständig gebranntem Muschelkalk gedeutet werden (Abb.

2). Ob gegebenenfalls auch noch andere Gesteinstypen beim Kalkbrennen Verwendung fanden, wäre noch durch weitere Untersuchungen abzuklären.

Unter den Kalksteinen stellt der tertiäre Tüllinger Kalk das zweithäufigste Gestein dar (Abb. 1, Nr. 2). Bedeutende Vorkommen dieses kreidigen Kalkes sind auf den Bereich des namengebenden Tüllinger Hügels westlich von Lörach beschränkt, wo mit einem Abbau schon vor 1100 gerechnet wird (Wittmann 1983). Im Zusammenhang mit dem Bau der Burkhardschen Stadtmauer dürfte die Mehrheit der Süsswasserkalke aus besagtem Gebiet stammen, wobei der dort vorbei fliessenden Wiese eine wohl entscheidende Rolle als Transportweg zukam. Der Tüllinger Kalk, der in der Burkhardschen Stadtmauer gesamthaft einen Anteil von 5% erreicht, kommt vorab als grossformatige Blöcke im Aufgehenden vor und besitzt dadurch den Charakter eines Leitgesteins. Als rezykliertes Baumaterial existiert er auch in der Inneren Stadtmauer.

Liaskalk und Hauptrogenstein (Abb. 1, Nr. 3; 4) als typische Gesteine vom Nordrand des Juras sind selten, und auch der sichere Nachweis von Gesteinen aus dem Laufental (Rauracien-Kalk, 1 Spolie?) fehlt überraschenderweise. Handquader aus Kalktuff wurden ebenfalls nur gelegentlich verbaut, wobei hier die eindeutig lokalisierbaren Quelltuffe aus der Rheinuferzone oberhalb Kaiseraugst und Warmbach stammen (Nr. 5).

Für den roten Buntsandstein der Trias kommen die Gebiete von Rheinfelden-Degerfelden und das Wiesental als potentielle Herkunftsorte in Frage (Wittmann 1973). Zwischen Warmbach und Rheinfelden stehen ufernah ausgedehnte Vorkommen des Grobkörnigen Buntsandsteins an (Abb. 1, Nr. 7). Auch die bekannten Steinbrüche am Nettenberg bei Degerfelden, die nebst der grobkörnigen Varietät auch partiell den feinen Oberen Buntsandstein führen, stellen ein weiteres Liefergebiet dar. Weitere Steingruben im Feinkörnigen Buntsandstein finden sich im Wiesental zwischen Riehen und Inzlingen (Abb. 1, Nr. 6). Beide Gesteine zusammen erreichen in den Mauern Anteile von je 8%.

Die nur gelegentlich verbauten, qualitativ schlechten Tertiärsandsteine scheinen von unbedeutenden Aufschlüssen entlang des Grossbasler Rheinufers zu stammen (Abb. 1, Nr. 8). Tertiäre Sandsteine der Molasse alsacienne

kommen in nächster Umgebung der Stadt auch im unteren Birsigtal und bei Allschwil vor. Gerölle, die in den Mauerschalen mit 8% respektive 4% vertreten sind, stammen aus lokalen Quellen, wie zum Beispiel aus dem Aushub der Stadtgräben, der Mauergruben oder direkt vom Flussufer.

Beim Betrachten der Verbreitungskarte fällt auf, dass vor allem diejenigen Gesteinsvorkommen dominieren, welche einen guten Verkehrsstandort aufweisen, das heisst in unmittelbarer Nähe eines grossen Wasserweges liegen. Mit der Vorherrschaft solcher ufernaher Steingruben scheint dieses sich bereits für die antike Steingewinnung im Rheintal abzeichnende Bild auch auf mittelalterliche Verhältnisse übertragbar zu sein. Die Hauptmasse der Baumaterialien stellen die Kalksteine und der Branntkalk dar, die über eine Entfernung von rund 5 km transportiert wurden. Um die qualitativ hochwertigen Sandsteine von Degerfelden zu beschaffen, wurden aber offensichtlich auch Wasserwege von bis über 40 km in Kauf genommen – und damit entsprechend hohe Transportkosten. Eine Wiederverwendung römischer Architekturelemente, etwa aus dem nahen Augusta Raurica, ist hingegen nur in Ausnahmefällen belegt.

Mörtel

Feldbeobachtungen und mikroskopische Untersuchungen an verschiedenen Mauerabschnitten der beiden Basler Stadtbefestigungen zeigen, dass die Mauermörtel vielerorts über einen auffallend hohen Anteil an kalkhaltigem Bindemittel verfügen (Abb. 3a). Das Verhältnis von Zuschlag/Bindemittel/Poren kann Werte bis 45/45/10% erreichen, was folglich einer Mischung entspricht, die zu annähernd gleichen Teilen aus sandigem Kies und gebranntem Kalk hergestellt wurde. Die meisten Mörtel sind als (sehr) bindemittelreich einzustufen, was mit einer der Gründe für ihre gute Erhaltung darstellt. Innerhalb der Mörtel finden sich häufig bis Zentimeter grosse, weisse Knollen von kreidiger Konsistenz. Dabei handelt es sich um Bruchstücke unvollständig gelöschten Branntkalkes, die dadurch entstehen, wenn der gebrannte Kalk beim Löschvorgang nur kurzfristig mit Wasser in Berührung kommt (Kraus et al. 1989). Für unsere Mauermörtel bedeutet dies, dass man bei deren Herstellung

nicht eingesumpften Kalk, sondern sogenannten ‚trocken‘ gelöschten Branntkalk verwendet hat. Anders als beim Einsumpfen in Gruben wird beim Verfahren des ‚trocken‘ Löschens der stückige Branntkalk mit Wasser benetzt oder gar nur mit feuchtem Sand vermisch. Dies führt letztlich zu solchen unvollständig gelöschten Branntkalkbrocken, die in der ferti-

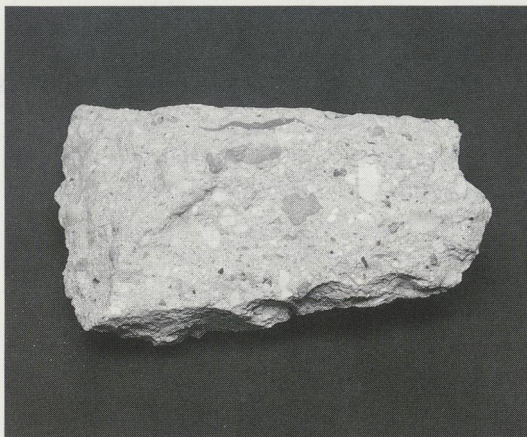


Abb. 3a: Bindemittelreicher Mauermörtel, durchsetzt mit weissen, kreidigen Branntkalkresten, die auf ein ‚trocken‘ Löschen des Branntkalkes auf dem Bauplatz hinweisen. Burkhardtsche Stadtmauer von Basel (Leonhardsgraben 47, 1985/10, Mörtelprobe M3). Breite des Objektes: 10 cm (Photo: P. Sauerbeck).



Abb. 3b: Mauermörtel mit grobem Kieszuschlag. Eine Beigabe von Grobkies hat dem nur langsam erhärtenden Luftkalkmörtel eine erste mechanische Frühfestigkeit verleiht. Innere Stadtmauer von Basel (Petersgraben 9–11, 1981/43, Mörtelprobe M9). Breite des Objektes: 7 cm (Photo: P. Sauerbeck).

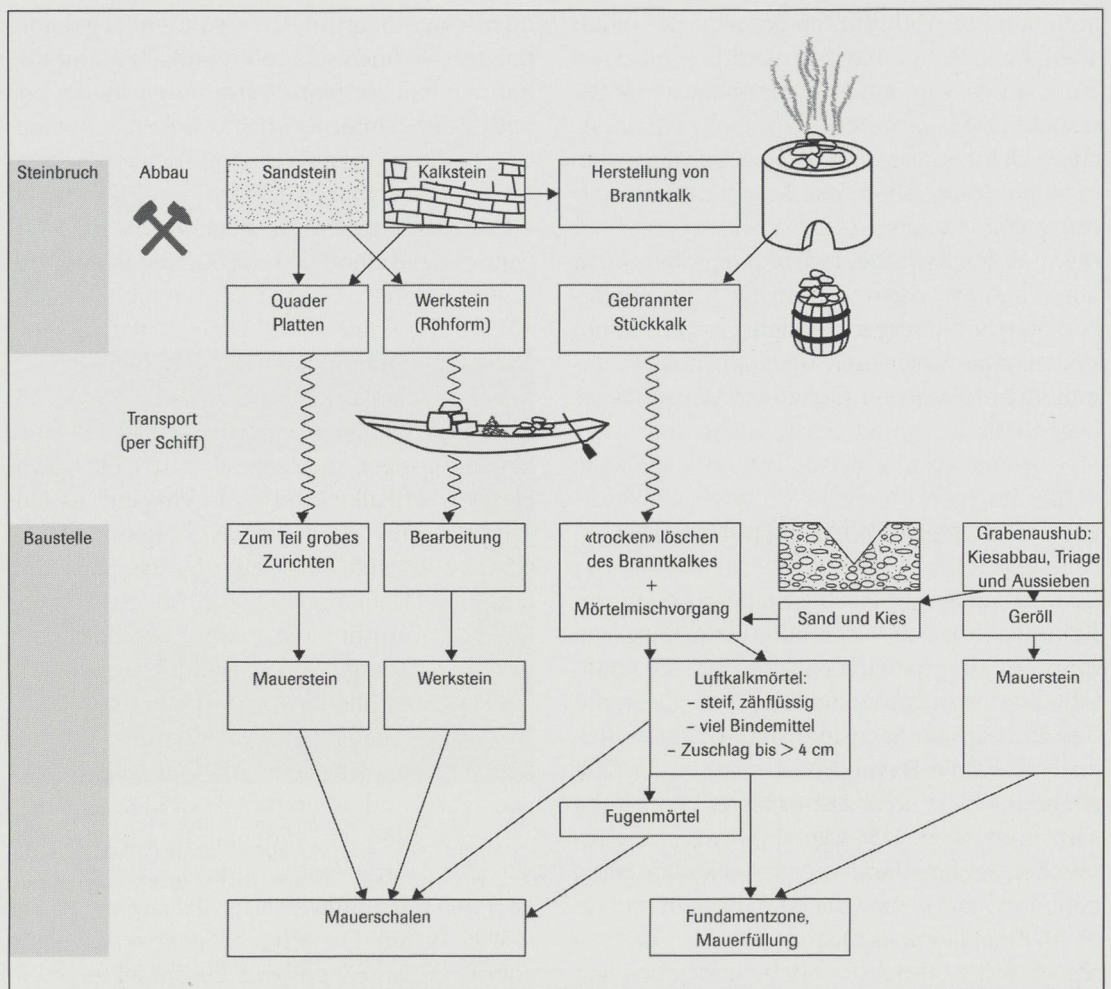


Abb. 4: Bauablauf der Stadtmauern von Basel: Beschaffung und Verarbeitung der Baumaterialien (Bausteine und Mörtel) (Zeichnung: H.-J. Eichin).

gen Mörtelmischung als weisse, kreibige Einschlüsse zurück bleiben. Als Fazit kann deshalb gelten, dass beim Stadtmauerbau das aufwändige Einsumpfen des Kalkes in Gruben offenbar nicht praktiziert worden ist – eine Aussage, die sowohl für die Mauer- als auch für die Putzmörtel gilt. Auf das seltene Vorkommen von unvollständig ausgeglühten Branntkalkbrocken und die daraus resultierenden Anhaltspunkte zur Herkunft des Bindemittels (Muschelkalk) wurde bereits weiter oben hingewiesen.

Mikroskopische Analysen belegen ausserdem, dass es sich bei allen Proben um Luftkalkmörtel handelt, die demnach keine hydraulischen Eigenschaften besitzen (Matt/Rentzel 2002). Im Unterschied zu den römischen Ziegelschrotmörteln (Ewald et al. 1997) oder den modernen Mörteln auf Basis von Portlandzement, die bekanntlich aufgrund ihrer hydraulischen Merkmale auch ohne Luftzufuhr aushär-

ten können, erfolgt die Erhärtung beim Luftkalkmörtel nur, wenn der gelöschte Kalk zusammen mit Wasser und Kohlendioxyd zu Kalziumkarbonat reagieren kann.

Die Feststellung, wonach beim Stadtmauerbau reine Luftkalkmörtel eingesetzt wurden, hat indes Auswirkungen auf ihre Verarbeitung. So erreichen reine Kalkmörtel gegenüber Ziegelschrotmörteln oder modernen zementgebundenen Baustoffen nicht nur eine geringere Endhärte, sondern benötigen auch längere Abbindezeiten. Dies bedeutet, dass Luftkalkmörtel nur eine geringe Frühfestigkeit besitzen und damit indirekt auch den Baufortschritt beeinflussen, indem die maximale Höhe der einzelnen Bauetappen sich nach dem Abbindeverhalten des Mörtels richten muss. Dass man sich dieser technischen Eigenschaften der Baustoffe bei der Mauererrichtung bewusst war, widerspiegelt sich sowohl im Mauerbild als auch im Mörtelbefund. So beobachtet man,

besonders bei der ältesten Stadtmauer, einen ausgesprochen lagigen Aufbau der Wände mit Bauetappen von maximal 0,5 m Höhe (Matt/Rentzel 2002). Im Mörtel selber fallen grobkiesige Zuschlagstoffe mit Durchmessern bis über 6 cm auf (Abb. 3b). Diese Kornzusammensetzung steht in engem Zusammenhang mit dem verwendeten Luftkalk, indem die grobkiesigen Zuschlagstoffe dem Mörtel eine mechanisch bedingte Frühfestigkeit verleihen, wodurch ein allzu starkes Verpressen und Ausquellen zwischen den einzelnen Quaderlagen verhindert wird.

Überlegungen zum Bauvorgang

Geoarchäologische Beobachtungen an Mauersteinen und Mörteln erlauben es, die Vorgänge rund um den Bauablauf näher zu skizzieren (Abb. 4). Wichtigster Ausgangspunkt für die Gewinnung von Sandstein und Kalkstein waren jeweils die Steinbrüche, die mit Vorliebe entlang oder in nicht allzu grosser Entfernung von schiffbaren Fließgewässern wie dem Rhein oder der Wiese angelegt wurden. Nach dem Brechen wurden die beim Mauerbau verwendeten Steine als Quader, Platten oder unregelmässige Brocken höchstwahrscheinlich per Schiff und anschliessend per Karren auf den Bauplatz gebracht, wo mit Ausnahme der Werksteine aus Sandstein für Bögen oder Eckquader in der Regel eine nur summarische Bearbeitung (Randschlag) erfolgte. Naturgemäss unbearbeitet blieb dagegen das Füllmaterial für die Doppelschalenmauern, das sich aus Steinhauerabfällen und Trümmern, aber auch aus lokal gewonnen Geröllen zusammensetzt. In vermutlich denselben Steinbrüchen oberhalb von Basel wurde auch Kalk gebrannt: zumindest ein Teil des Bindemittels hat man durch Brennen des Muschelkalkes gewonnen.

Da der Brennvorgang an die beiden Rohmaterialien Kalk und Holz gebunden war, fand dieser, in der Nähe des Steinbruches statt (Guex 1986, 50). Unter beträchtlichem Energieaufwand wurden dabei grosse Chargen Kalksteinbrocken in schachtartigen Öfen während eines mehrtägigen Brennprozesses ausgeglüht. Der so gewonnene, stückige Branntkalk, der gegenüber dem Ausgangsgestein um rund 40% leichter ist, wurde anschliessend wieder dem Ofen entnommen und per Schiff (in Fässern ?) auf den Bauplatz gebracht (Guex 1986, 48; Imesch 1989, 25). Hier wurde anschliessend ein zähflüssiger, bindemittelreicher und grobkiesiger Luftkalkmörtel ohne vorgängiges Einsumpfen des Branntkalkes hergestellt. Die dazu benötigten Zuschlagstoffe wie Sand und Kies scheint man hauptsächlich aus lokalen Quellen – Aushubmaterialien, die beim Bau der Fundamentgruben oder der vorgelagerten Stadtgräben anfielen – gedeckt zu haben. Die geoarchäologischen Studien machen deutlich, dass sich über die Petrographie der Bausteine und über die naturwissenschaftlichen Analysen an Bindemitteln und Zuschlägen der Mörtel einige Aspekte zur Herkunft und Verarbeitungsweise der Baustoffe rekonstruieren lassen. Die Mauer als Endprodukt gibt aber in vielen Fällen bloss beschränkte Einblicke zum Bauvorgang selber, ein Manko, dass sich auch durch den Einbezug schriftlicher oder ikonographischer Quellen nur teilweise entschärfen lässt (Guex 1986; Binding 1993). Erfolgversprechende Ansätze, um die Vorgänge rund um den mittelalterlichen Bauhüttenbetrieb besser verstehen zu können, zeichnen sich aus unserer Sicht vor allem in zwei Bereichen ab: einerseits in der experimentellen Bauforschung, andererseits in den archäologischen Beobachtungen an den – leider nur selten – konservierten Bauplätzen. Letzteren muss in Zukunft ein spezielles Augenmerk gelten.

Literaturverzeichnis

- Binding 1993 G. Binding, *Baubetrieb im Mittelalter*, Darmstadt 1993.
- Bitterli-Brunner et al. 1984 P. Bitterli-Brunner/H. Fischer/P. Herzog, *Geologischer Atlas der Schweiz 1:25.000. Blatt 1067 Arlesheim*, Bern 1984.
- De Quervain 1981 F. de Quervain, „Der Stein in der Baugeschichte Basels“, in: *Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft*, Basel 1981, 37–50.
- Disler 1931 C. Disler, „Geologie des Bezirkes Rheinfelden und der angrenzenden Gebiete“, in: *Vom Jura zum Schwarzwald 6*, Anhang, Frick 1931.
- Ewald et al. 1997 J. Ewald/M. Hartmann/P. Rentzel, *Die römische Wasserleitung von Liestal nach Augst* (= Archäologie und Museum 36), Liestal 1997.
- Guex 1986 F. Guex, *Bruchstein, Kalk und Subventionen. Das Zürcher Baumeisterbuch als Quelle zum Bauwesen des 16. Jahrhunderts* (= Mitteilungen der antiquarischen Gesellschaft in Zürich 53), Zürich 1986.
- Helmig 1996 G. Helmig, „Basel – Etappen der Befestigung einer Stadt“, in: *JbAB* 1996, 31–43.
- Helmig/Matt 1989 G. Helmig/C. Matt, „Inventar der Basler Stadtbefestigungen – Planvorlage und Katalog 1: Die landseitige Äussere Grossbasler Stadtmauer“, in: *JbAB* 1989, 69–153.
- Helmig/Matt 1990 G. Helmig/C. Matt, „Inventar der Basler Stadtbefestigungen – Planvorlage und Katalog 2: Die rheinseitige Grossbasler Stadtbefestigung“, in: *JbAB* 1990, 153–222.
- Imesch 1989 B. Imesch, *Der ‚Chalchofé‘ von Tunetsch*, Naters 1989.
- Kraus et al. 1989 K. Kraus/S. Wisser/D. Knöfel, „Über das Löschen von Kalk vor der Mitte des 18. Jahrhunderts – Literatursauswertung und Laborversuche“, in: *Arbeitsblätter für Restauratoren 1*, 1989, 206–221.
- Matt/Rentzel 2002 C. Matt/P. Rentzel, „Burkhardsche und Innere Stadtmauer – neu betrachtet. Archäologische und petrographische Untersuchungen“, in: *JbAB* 2001, im Druck.
- Rentzel 1998 P. Rentzel, „Antike Steinbrüche im Hochrheintal. Eine Übersicht für die Region zwischen Basel und Rheinfelden“, in: *Millefiori*, Festschrift L. Berger (= Forschungen in Augst 25), Augst 1998, 185–192.
- Wittmann 1973 O. Wittmann, „Römerbad und Burg in Badenweiler im Vergleich mit Augusta Raurica (Landschaft – Baugrund – Baustoffe)“, in: *Regio Basiliensis* 10, 1973, 214–252.
- Wittmann 1983 O. Wittmann, „Der Tüllinger Süsswasserkalk als Baustein in der Romanik“, in: *Regio Basiliensis* 23, 1983, 55–60.
- Wittmann et al. 1970 O. Wittmann/L. Hauber/H. Fischer/A. Rieser/P. Staehelin, *Geologischer Atlas der Schweiz 1:25.000. Blatt 1047 Basel*, Bern 1970.

Anschrift des Autors

Philippe Rentzel
Seminar für Urgeschichte der Universität Basel, Geoarchäologie
Petersgraben 9–11, CH–4051 Basel
Philippe.Rentzel@unibas.ch