

Viele Baupraktiker meinen, es genüge, wenn sie bei der Sanierung alten Mauerwerks gründlich über Bestand und Zustand, über Baugefüge, Konstruktionen und Werkstoffe sowie über physikalisch-chemische Sanierungstechniken Bescheid wissen. Sie vergessen bei aller Euphorie über die Machbarkeit der Technik jedoch allzu oft, sich gründlich und ausreichend mit dem alten Mauerwerk selbst und seiner Geschichte zu befassen, bevor sie es behandeln oder gar misshandeln. Vor allem wenn historisches Mauerwerk Bestandteil eines Kultur- oder Baudenkmals ist, scheitert mancher gut gemeinter Sanierungsversuch daran, dass er die Originalsubstanz, nämlich das Mauerwerksgefüge, Steine und Mörtelfugen sowie insbesondere die Oberflächenstruktur, weitestgehend zerstört. Ohne Kenntnis der historischen Entwicklung ist oftmals nach Abschluss der Instandsetzung aus historischem Mauerwerk schließlich ein gänzlich anderes, neues Mauerwerk geworden.

---

## 2.1 Mauerwerk aus Natursteinen

Im Vergleich zu Mauerwerk aus künstlichen Steinen ist die Bedeutung von Natursteinmauerwerk für den Neubaubereich gering, jedoch für die Erhaltung von wertvollen, historischen Bauwerken groß (Schubert 2009).

Seit frühesten Zeiten gilt neben dem Holz der Naturstein als ideales Baumaterial. Bereits vor mehr als 5.000 Jahren brachten die Ägypter den Naturstein – zunächst Tuff- und weichen Kalkstein, später vermehrt Sandstein, aber auch Syenit, Granit, Quarzit, Diorit, Basalt und Porphyrt sowie Gipsstein – für die Mauern in ihren gewaltigen Pyramiden und Tempelanlagen zum Einsatz (Mislin 1988). Im Rahmen der europäischen Megalithkultur, die sich – wie der Name schon sagt – durch die Verwendung sehr großer Steinblöcke beim Bauen auszeichnete, entstand im 2. Jahrtausend v. Chr. die Baukunst der Achäer bzw. der Mykenen. Es handelt sich dabei um eine erste griechische Architektur und zugleich um einen frühen Höhepunkt in der Entwicklung der Mauertechnik auf europäischem Boden.



**Abb. 2.1** Mauern des antiken Mykene, Ende 2. Jahrtausend v. Chr.

### 2.1.1 Antikes Polygonalmauerwerk

Die Mauern der achäischen Akropolen wie z. B. die von Mykene, Tiryns u. a., bestehen aus polygonal behauenen Kalktuff- bzw. Kalksteinquaden, die gewöhnlich aus Steinbrüchen in unmittelbarer Nähe der Städte gewonnen wurden. Es handelt sich um zweischaliges Mauerwerk, wobei zwischen den beiden wuchtigen Schalen eine Füllschicht aus Erde und Steinbrocken eingebracht worden ist (Durm 1910a). Die einzelnen Steine wurden in ungefähr waagerechten, jedoch zumeist nicht sehr parallel, in Wellen verlaufenden Schichten lagerhaft verlegt. Das Prinzip der durchhängende, leichte Wellen bildenden Lagerfuge findet sich auch an den Mauern Trojas aus dem 2. Jahrtausend v. Chr. Die Forschung nennt es „*Undulation*“ (Klinkott et al. 2001). Ihre Stoßfugen standen in aller Regel nicht senkrecht auf der Lagerfuge sondern schräg, was an der Burgmauer von Mykene noch heute deutlich sichtbar ist. Die Quader wurden dabei stets ohne Mörtel zusammengefügt; es handelte sich also um ein Trockenmauerwerk (Abb. 2.1).

In der Hauptsache waren zwei Mauerwerksarten in Gebrauch: das Zyklopen- und das Polygonalmauerwerk. Ersteres besteht aus unregelmäßigen, über- und nebeneinander geschichteten, zumeist riesigen Blöcken. Störende Vorsprünge hatte bereits der Steinhauer abgeschlagen oder wurden im Mauerverband durch kleinere Blöcke ausgeglichen. Der Maurer verfüllte anschließend kleinere Löcher in der Wand mit Zwickelsteinen und glich breitere Fugen mit Erde und Lehm aus. Eine technische und ästhetische Steigerung dieser Mauerwerkskonstruktion zeigen die Polygonalmauern. Bei ihrer Herstellung sortierte der Maurer bei weitem nicht mehr so große, vieleckige, nach Größe und Form zueinander passende Quader aus und glich ihre Stoßflächen aneinander an. Der Mauerverband zeigte sich jetzt wiederum überwiegend horizontal aufgeschichtet. Die wie gewohnt schrägen Stoßfugen ordnete er nunmehr aber nicht mehr willkürlich, sondern radial um große, zentrale Blöcke an, wobei die dadurch erzielte zusätzliche Verspannung der Steine miteinander nach Art der später aufkommenden Entlastungsbögen dem polygonalen Verband ein hohes Maß an Festigkeit sicherte (Abb. 2.2).

**Abb. 2.2** Delphi, Apollontempel – Umfassungsmauer des 6. Jahrhunderts v. Chr. Das Fugenbild ordnet sich radial um je einen zentralen Stein



Bereits die Achäer überbrückten Öffnungen im Mauerwerk stets mit waagerechten Sturzsteinen. Diese waren zumeist riesengroß und wogen viele Tonnen. Das beste noch erhaltene Beispiel dafür findet sich am Löwentor in Mykene: Dort überbrückt der 12 Tonnen schwere Sturzstein eine Öffnung in der Burgmauer mit einer Höhe von 3,10 m und einer Durchgangsbreite von ca. 3,00 m. Würde er freilich vom vollen Gewicht des über ihn hinaufgehenden Mauerwerks belastet, müsste er notwendigerweise zerbrechen. In Kenntnis dieser äußerst labilen, gefährlichen Situation verminderten die mykenischen Baumeister das auf dem Sturz lastende Gewicht und setzten unmittelbar über ihm anstelle von Steinen ein offenes Entlastungsdreieck in die Wand; eine Lösung der Gewichtsab- und umleitung im Mauerwerk, die bis heute – allerdings zumeist mit Hilfe eines Bogens – zur statischen Sicherung großer Mauermassen angewandt wird. Eine verglichen mit dem Mauerwerk recht dünne, steinerne Reliefplatte mit entsprechend wenig Gewicht, auf der zwei aufrecht stehende, dem Tor den Namen gebende Löwen dargestellt sind, schließt die dreieckige Entlastungsöffnung über dem Sturz des Löwentors (Abb. 2.3).

Auch bei den beiden, bis zur Spitze schräg aufeinander zugehenden Seiten des Entlastungsdreiecks hat der mykenische Maurer eine einfache Technik angewandt: Von beiden Katheten des Dreiecks her ließ er die jeweils obere Schicht über die untere vorkragen und erreichte so Schicht für Schicht ein allmähliches Schließen der Öffnung. Die zunächst mit ihren Ecken vorkragenden Steine hieb er entlang einer fiktiven Dreieckslinie ab und glättete hernach die gesamte Dreiecksseite.

### 2.1.2 Unechtes oder Kraggewölbe

Die Baumeister dieser bereits griechisch geprägten, insbesondere auch von den Etruskern gepflegte Frühkultur Europas wandten beim Herstellen der Decken runder Räume die Technik des Kraggewölbes an. Sie ließen die Steinblöcke, um einen runden Raum zu überdecken, schichtenweise ringsherum übereinander auskragen und glichen anschließend die jeweils obere Steinschicht durch Abspitzen an die untere an. Schließlich entstanden durch Glätten der gesamten Deckenfläche sehr stabile

**Abb. 2.3** Mykene, Löwentor

Scheingewölbe, die heute noch an Rundgräbern aus dieser Zeit in Griechenland und Italien zu beobachten sind (Durm 1910b). Bezeichnend ist auch hier das Fehlen von Mörtel im Gewölbeverband. Echte Gewölbe waren damals in Europa freilich noch unbekannt (Abb. 2.4).

### 2.1.3 Trockenmauerwerk

Eine ebenso alte Konstruktion von Natursteinmauerwerk ist das Trockenmauerwerk aus kleinen Steinen. Es findet sich in Mitteleuropa noch in Überresten der Wehrmauern der Keltensiedlungen seit dem 3. Jahrtausend v. Chr. Die nur geringfügig bearbeiteten Natursteine wurden ohne Verwendung von Mörtel mit Erde oder Sand, im Verbund mit Holzbalken derartig zusammengesetzt, dass wenige Fugen und nur

**Abb. 2.4** Italien, Vetulonia.  
Etruskisches Kammergrab  
mit einem Kraggewölbe



kleine Hohlräume blieben. Größere Hohlräume wurden mit Zwickelsteinen ausgefüllt. Diese Wehrmauertechnik nannten die Römer „*murus gallicus*“ (Cunliffe 1991).

Trockenmauerwerk aus Natursteinen wurde seit dem Mittelalter zumeist für das Herstellen von Stützmauern eingesetzt. Der geübte Maurer hat ein Übereinandertreffen der Stoßfugen stets vermieden. Die Steine wirken mit ihrem Gewicht gegen den anstehenden Erddruck und verhindern ein Abrutschen der Erdmassen hinter ihm. Da die Erde durch das von hinten andringende Wasser, insbesondere eingesickertes Regenwasser, aus den Fugen gespült werden kann, muss die Mauer sorgfältig aufgeschichtet und ausgezwickt werden. Auf diese Weise entsteht Kraftschlüssigkeit der Steine miteinander und so bleibt die Trockenmauer auch bei ausgespülten Erdfugen formbeständig (Abb. 2.5).

#### 2.1.4 Findlingsmauerwerk

Im ländlichen Bereich, insbesondere in Gegenden, in denen nur die harten, als eiszeitliches Moränengeschiebe rund geschliffenen Findlinge anzutreffen sind, gibt es auch seit alters das Findlingsmauerwerk. Mit Findlingen oder Feldsteinen ist ein regelmäßiger Verband nicht durchführbar, denn die wichtigste Anforderung an einen Steinverband, dass auf keinen Fall Stoßfugen aufeinander treffen, kann mit Findlingen nur schwerlich erreicht werden (Opderbecke 1910). Da sie sich kaum bearbeiten lassen, vermauert man die kleineren Steine unverändert so, wie man sie findet, die größeren aber spaltet oder sprengt man derart, dass Lagerflächen am Stein entstehen. Große Findlinge, sog. „*erratische Blöcke*“ werden gleich an Ort und Stelle gesprengt. Findlingsmauerwerk hat man häufig auch ohne Kalkmörtel mit Lehm- oder Erdfugen hergestellt.

#### 2.1.5 Antikes Bruchstein- und Quadermauerwerk

Seit dem 8. Jahrhundert v. Chr. formten die Griechen ihre schließlich für ganz Europa vorbildliche Architektur und entwickelten die bis heute praktizierte Mau-



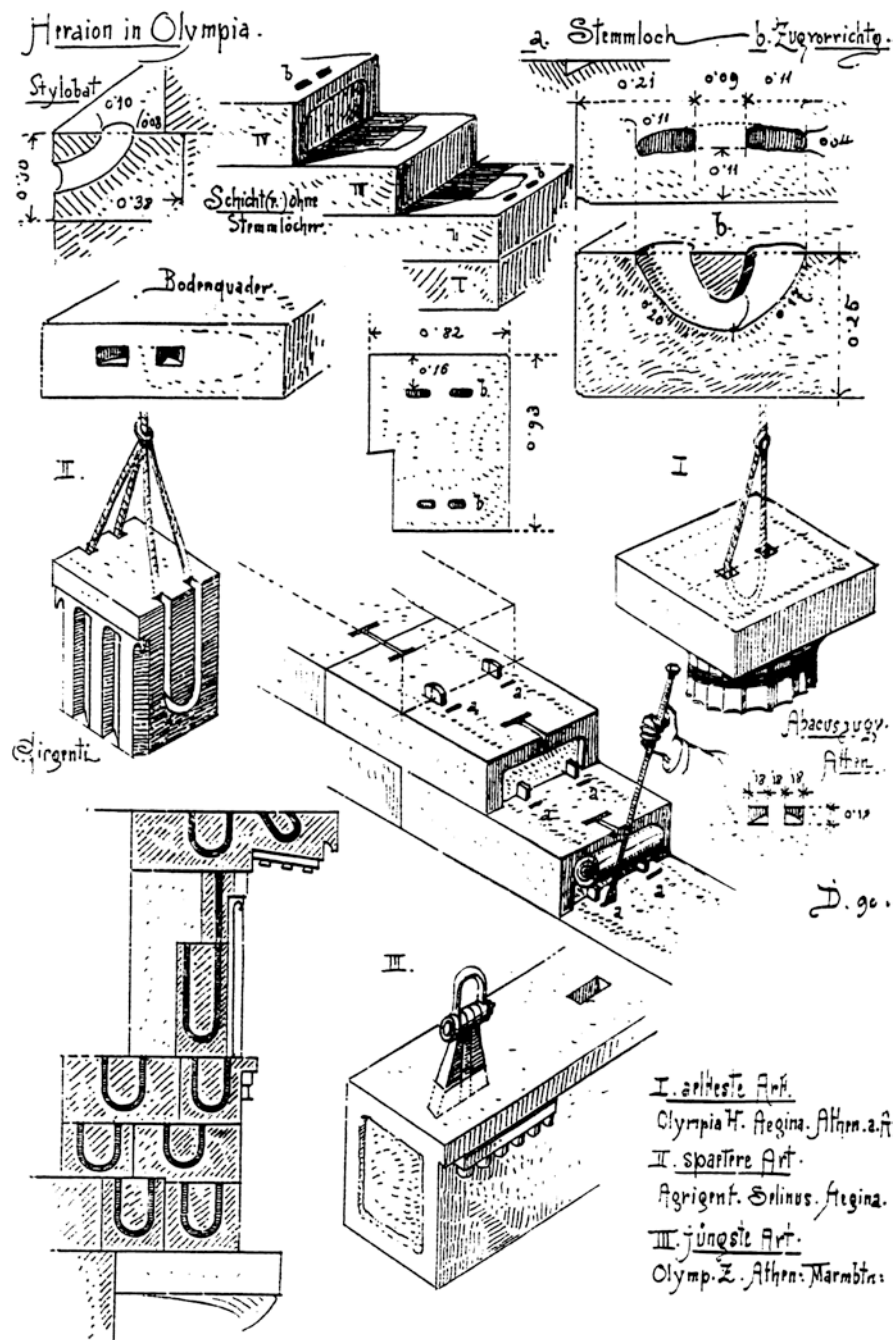
**Abb. 2.5** Oberdachstetten, Stützmauer am Kirchhof. Die aus Trockenmauerwerk geschichteten Stützpfiler können dem Erddruck nicht gänzlich standhalten. Sie stellen sich schief, Steine fallen heraus



ertechnik. An Sakralbauten wurde das Mauerwerk aus Marmorblöcken bis in die römische Spätantike ohne Mörtel mit in den Stein eingelassenen Eisenklammern und Bleidübeln verbunden. Außerdem hatten die Baumeister das Mauern mit winkelrechten Steinen mit in jeder Schicht versetzten Stoßfugen wohl aus Ägypten übernommen. Zudem wurden viele Quader mit einer „*Anathyrose*“ versehen, d. h. sie wurden an ihren Rändern passgenau geschliffen, wobei der geschliffenen Rand sich rings um die rau belassene, ein wenig tiefer gearbeitete Quaderfläche zog, z. B. an der Echohalle in Olympia (Koenigs 1984). Auf diese Weise entstand ein sehr dichtes Mauerwerk mit einer äußerst hohen Stabilität, in dessen Fugen kaum eine Messerspitze eindringen konnte (Abb. 2.6).

Für untergeordnete Mauern versetzten sie Quader aus Tuff zumeist in Kalkmörtel, was beispielsweise an der Umfassungsmauer der Akropolis in Athen oder an den Substruktions- bzw. Fundamentmauern des Apollotempels in Delphi nachzuweisen ist (Gruben 2001). Zugleich wurden die Steinformate immer kleiner und damit wesentlich handlicher. Die griechischen Maurer überzogen das kleinsteinige, meistens aus leicht zu bearbeitendem Kalktuff (Poros) bestehende Mauerwerk mit einer feinen Kalksinterschicht und täuschten mit malerischen Mitteln wertvolle Marmorblöcke vor.

In der profanen Architektur des Alltags wurde allerdings Mauerwerk aus weniger genau zugehauenen Steinen aus Kalktuff, Kalkstein oder örtlich vorkommender Breccie stets mit Kalk- oder Lehmörtel gemauert und regelmäßig innen und



**Abb. 2.6** Altgriechisches Mauerwerk aus passgenau zugerichteten rechteckigen Quadern mit eisernen Klammern versetzt und mit Blei ausgegossen

**Abb. 2.7** Opus reticulatum mit seinem Fugennetz



**Abb. 2.8** Opus incertum. Das Mauerwerk aus kleinformatigen Steinen wird an den Kanten mit großen Quadern gefasst

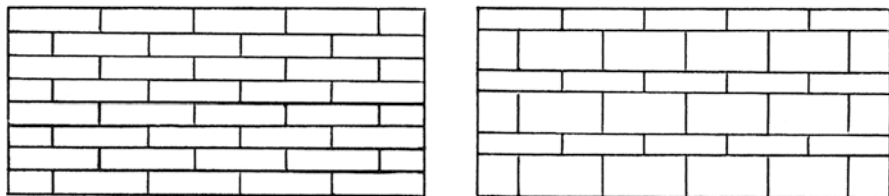


außen mit Kalkmörtel verputzt. Schließlich wurden anschließend die Wände herrlich bunt bemalt.

Die Bauweise der Griechen sei nicht zu verachten, schrieb bereits der römische Architekturtheoretiker Vitruv, ein Zeitgenosse des Kaisers Augustus, in seinen zehn Büchern über Architektur (Fensterbusch und Vitruv 1976). Ganz ausführlich und sehr sachkundig berichtet er über die „*Arten des Mauerwerks*“. Zunächst nennt er das zu seiner Zeit (um Christi Geburt) am häufigsten verwendete „*opus reticulatum*“, das netzförmige Mauerwerk, und ein älteres, ebenfalls überaus häufig angewandtes, das „*opus incertum*“, das aus kleinen Steinen gemauerte, unregelmäßige, an seinen Ecken durch starke Quader eingefasste Bruchsteinmauerwerk. „*Die unregelmäßigen Bruchsteine aber, die einer über dem anderen sitzen und unter sich im Verband stehen, geben kein gut aussehendes, aber festeres Mauerwerk als das netzförmige*“ (Abb. 2.7, 2.8).

Solche Mauern finden sich vor allem am gewöhnlichen Hausbau, am Nutzbau schlechthin und an Stützmauern überall in Stadt und Land. Dabei wurden unbehaue- ne Natursteinquader in einem entsprechend dicken Bett aus Kalkmörtel in Schich-





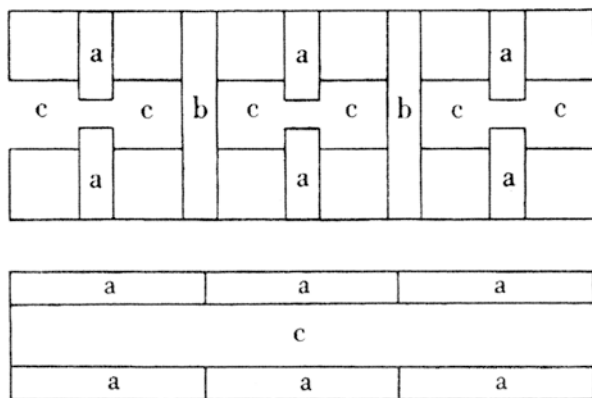
**Abb. 2.9** Opus isodomum (links), pseudoisodomum (rechts)

ten übereinander verlegt. Dickere Mauern wurden stets als Schalenmauerwerk errichtet. Sie bestanden nach Vitruv beiderseits aus Schalen aus behauenen Quadern, die zwischen sich eine „Füllung aus Mörtelmauerwerk“ aufwiesen. „Nachdem im Laufe der Zeit der Mörtel kraftlos geworden“ war, setzte sich die Füllung und dadurch verloren die Schalen ihren Halt. Deshalb schlug der römische Baumeister vor, die Füllungen beispielsweise aus gebrannten Ziegeln oder festen Natursteinen herzustellen und die Schalen an diesen harten Kern mit verbleiten Eisenklammern zu verankern. „So nämlich wird das Mauerwerk, nicht einfach aufgeschichtet, sondern regelrecht gebaut, ohne Fehler dauerhaft sein können.“ Die selbsttragende, innere Füllung verhinderte somit, dass die Schalen durch das Gewicht der Füllmassen nach außen gedrückt werden konnten, und die Verankerungen, dass die äußeren Schalen nachgeben würden. Vitruv empfiehlt damit bereits das Verfestigen von Mauerwerk mit einer der modernen Vernadelung verwandten Technik.

Vitruv fährt dann weiterhin fort: Wenn die griechischen Baumeister aber eine höhere Festigkeit solcher Wände erreichen wollten, „verlegen sie die rechtwinklig gearbeiteten Blöcke aus hartem Stein und binden so wie beim Ziegelbau ihre Stoßfugen in den abwechselnden Schichten.“ Die Griechen verwendeten also einen Mauerverband, bei dem die Steine in jeder Schicht um einen halben Stein gegeneinander versetzt vermauert wurden. Vitruv äußert sich auch zur Aufeinanderfolge der Schichten: „Diese (sc. die Steine) aber werden in zwei Arten geschichtet: die eine davon wird isodom, die andere aber pseudoisodom genannt.“ Das isodome Mauerwerk besaß ausnahmslos gleich hohe, das pseudoisodome dagegen abwechselnd hohe Schichten (Abb. 2.9).

Vitruv berichtet weiter: „Eine andere Bauweise ist die, die sie Enplekton (das verflochtene) nennen, deren sich auch unsere Bauern bedienen. Die Stirnseiten werden glatt behauen. Das übrige wird, in natürlichem Zustand, mit Mörtel geschichtet, durch abwechselnde Stoßfugen verbunden.“ Die Griechen würden dabei die Steine der beiden Mauerschalen lagerhaft flach versetzen, ihre Längen abwechselnd in den Mauerquerschnitt einbinden lassen und stellten dadurch eine durchgehende Mauer her. Außerdem verlegten sie hin und wieder einzelne Steine, die genauso lang wie die Mauer dick waren, und die infolgedessen an beiden Außenseiten der Mauer jeweils ihre Stirn zeigen. Diese durch die ganze Wand hindurchgehenden Steine, sog. „Durchschüsse“, gäben der Mauer im höchsten Maße Festigkeit. Andererseits beklagt der römische Autor die schludrige Arbeit seiner Maurer: „Die Unseren aber, auf schnelle Ausführung bedacht, richten ihre Aufmerksamkeit nur auf die Aufrichtung der Schalen, versetzen die Steine hochkant und hinterfüllen

**Abb. 2.10** Opus implectum mit sog. Durchschüssen, das sind Steine, die gänzlich durch das Mauerwerk hindurchbinden. Oben griechisches, unten römisches implectum nach Vitruv. *a*=Außenschale, *b*=Durchschuss, *c*=Füllung



sie in der Mitte getrennt mit Bruchsteinbrocken mit Mörtel vermischt. So werden bei diesem Mauerwerk drei Schichten hochgezogen: zwei Außenschalen und eine mittlere aus Füllmasse.“

Bei Ausgrabungen römischer Bauten konnte der von Vitruv geforderte, ideale, selbsttragende Kern im mehrschaligen Mauerwerk selbst an Staatsbauten nur selten nachgewiesen werden. In aller Regel haben die Maurer auch damals schon in den Zwischenraum zwischen zwei Mauerschalen Kalksteinbrocken mit reichlich Kalkmörtel verfüllt. Solche Natursteinmauern waren eben wesentlich billiger zu produzieren und von außen sah man ihnen ihre miserable Füllung nicht an. Diese Mauertechnik findet sich bis heute an Außenwänden historischer Gebäude (Abb. 2.10).

Um sehr hohen Mauern mehr Standfestigkeit und zugleich einen oberen horizontalen Abgleich zu geben, wurden die Natursteinmauern nach oben zu in gewissen Abständen durch Schichten aus gebrannten Ziegeln unterbrochen. Dieselbe aussteifende Funktion konnten aber auch Eichenholzbalken übernehmen, die quer durch den Mauerquerschnitt hindurch reichten. Solche „opus gallicum“ (Binding 1987) genannte „Fachwerke“ sind beispielsweise auf dem bildhaft die Geschichte der Dakerkriege des Kaisers Trajan erzählenden Reliefband der im Jahre 113 n. Chr. geweihten Trajanssäule in Rom dargestellt (Nash 1968a). Statt Hölzer konnten auch vertikale und horizontale Balken aus „opus caementitium“ als sog. „Steinfachwerk“ eingebaut werden, was den Stahlbetonskelettbau des 20. Jahrhunderts gleichsam vorwegnahm (Abb. 2.11).

Die römischen Baumeister schenkten mit zunehmender Erfahrung im Mauerwerksbau der Füllmasse immer mehr Beachtung. Schon Vitruv nennt sie „materia caementis“, spätere Autoren sprechen von „opus caementitium“. Dieser sog. „Römische Beton“ (Lamprecht 1987) bestand bereits aus Zuschlagstoffen verschiedener Körnung und Kalkmörtel. Um letzterem mehr Festigkeit zu geben, wurden ihm hydraulische Zusätze wie Puzzolanerde, Trass oder Ziegelmehl bzw. Ziegelbruchstücke zugegeben. Dadurch wurden gerade beim Gewölbebau sehr große Spannweiten möglich. Diese Technik versetzte die römischen Baumeister in die Lage, Großbauten wie Amphitheater z. B. das „Colosseum“ in Rom, riesige Rundtempel

**Abb. 2.11** Rom, Trajanssäule. Beginn des Krieges gegen die Daker



wie das „*Pantheon*“ in Rom, Badehäuser für Hunderte von Menschen z. B. die „*Caracallathermen*“ in Rom oder die „*Römischen Thermen*“ in Nizza zu errichten. Außerdem konnten sie damit die Gewölbe riesiger Markthallen, z. B. die „*Basiliken*“ in Rom, erbauen (Abb. 2.12).

Aber auch Aquäduktbrücken für Wasserleitungen wurden nun Ausdruck römischer Ingenieurkunst, z. B. der „*Pont du Gard*“ oder das „*Aquaedukt an den Mühlen in Barbegal*“ in Südfrankreich. Um die erforderliche verlustfreie Wasserführung bei einem möglichst geringen Gefälle der Rinne zu erreichen, ersetzte der Baumeister die grobkörnigen Kalksteinstücke in seinem „*opus caementitium*“ durch immer weniger grobkörnige Zuschlagstoffe des Gussmörtels zum wasserführenden Gerinne hin, das Geläufe der Rinne selbst wurde zudem durch eine hydraulische Zugabe zum Gussmörtel aus kleinen, mit ihrer Rotfärbung deutlich sichtbaren Ziegelbruchstücken gleichsam „*betoniert*“ (Abb. 2.13).

Die beiden Außenschalen einer geschichteten Wand zeigten zumeist dekorative Fronten. Nicht nur das von Vitruv genannte „*opus reticulatum*“ mit seinen diagonal sich kreuzenden Fugen, sondern vor allem auch das „*opus spicatum*“, im Fischgrätmuster vermauerte schmale Kalkplatten oder gar eine Maueroberfläche aus mosaikartig verarbeiteten Flußkieseln wirkten äußerst dekorativ (Mislin 1988). Hier wurden mit allen möglichen Mischformen dem Einfallsreichtum des Baumeisters keine

**Abb. 2.12** Nizza, Römische Thermenmauern. Die zweischalige Kalksteinmauer wird in regelmäßigen Abständen durch Backsteinschichten abgeglichen

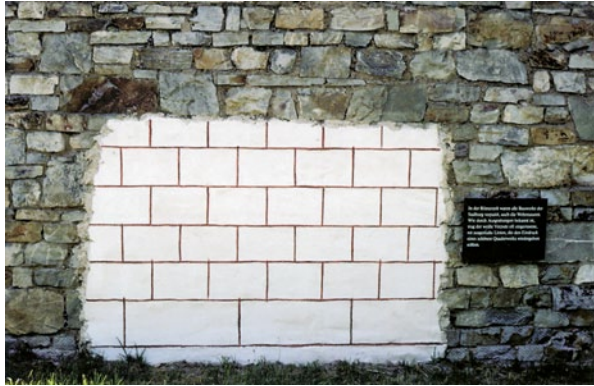


**Abb. 2.13** Barbegal, Südfrankreich. Römischer Beton am Aquaedukt, das Wasser zu den Mühlen leitet. Der Zuschlagstoff im opus caementitium wird zum wasserführenden Gerinne hin immer feiner, die Rotfärbung weist auf Ziegelbruchstücke und gemahlenen Backstein als hydraulische Zugabe hin



Grenzen gesetzt. Diese Art des Mauerns war natürlich sehr aufwendig und teuer. Deswegen wurden die Wände eines Gebäudes häufig aus einfachen Bruchsteinen errichtet und mit Kalkputz verputzt. Der Putz wurde an den Innenwänden repräsentativer Bauwerke manchmal derart sorgfältig geglättet, dass man sich beinahe darin spiegeln konnte. Außerdem bildete der Verputz eine ideale Fläche, auf der dekorative, die Verwendung großformatiger Werksteine vortäuschende Zierfugen aufgemalt werden konnten (Abb. [2.14](#)).

**Abb. 2.14** Bad Homburg, sog. Saalburg am Römischen Limes. Nach Befund rekonstruierter Verputz aus Kalkmörtel mit Quaderfugenmalerei



### 2.1.6 Mittelalterliches Natursteinmauerwerk

Die Germanenstämme haben durch den Gebäudebestand in den gallischen und germanischen Provinzen des römischen Weltreichs den Steinbau kennen gelernt. Sie haben ihn in der Folgezeit kontinuierlich für sich genutzt. Die neuere Forschung hat diese Kontinuität römischer Mauertechnik vor allem im Rheinland während des gesamten Mittelalters auch an Profanbauten nachweisen können. Auf diese Beziehung zum römischen Bauen weist selbstverständlich auch der Name der ersten mittelalterlichen Stilepoche „*Romanik*“ hin. Das Mittelalter konnte der hochentwickelten römischen Mauertechnik freilich kaum Neuerungen hinzufügen.

Der erste deutsche Kaiser, Karl der Große, hat ganz bewusst und ausdrücklich Bezug zum Bauen Roms genommen, um so die Kontinuität zwischen seinem ursprünglich fränkischen Reich und dem römischen Weltreich zu demonstrieren. Es sollte dadurch für jedermann augenscheinlich werden, dass das römische Weltreich zunächst im Reich der Franken und dann in Deutschland weiterlebte und die Autorität Deutscher Kaiser ungebrochen aus der römischen Tradition Caesars und des Kaisers Augustus hervorging. Mittelalterliche Architektur wurde damit zum Bedeutungsträger (Bandmann 1985). Dies unterstrich zusätzlich der Einbau von antiken römischen Originalbauteilen, sog. „*Spolien*“, in die Außenmauern der Gebäude. Solche Spolien wurden gleichsam wie die Gebeine der Heiligen als kostbare Reliquien angesehen. Die Kaiser des Heiligen Römischen Reichs Deutscher Nation behielten diese formale Verknüpfung mit dem architektonischen Erbe Roms bis zum Ende des Mittelalters aufrecht und beauftragten immer wieder Steinhauer und Maurer aus Italien, die sog. „*Comasken*“, welche ihren Wänden als Ersatz für die Spolien antiken Dekor zu geben wussten (Abb. 2.15).

So nimmt es nicht wunder, dass der mittelalterliche Baumeister die zweischalige Natursteinmauer bevorzugte. Die zumeist unbearbeiteten Kalk- oder Tuffsteine vermauerte er in dicken Kalkmörtelschichten. Lediglich an den Mauerenden und an den Rändern von Öffnungen im Mauerwerk versetzte er große Werksteinblöcke im Verband, die der Füllung zwischen den Außenschalen den erforderlichen Halt gaben (Ludwig 1987). Bei Großbauten wurden aber auch innerhalb der Mauerschalen zuge-



**Abb. 2.15** St. Gilles, Südfrankreich. Mittelalterliches Haus mit antikem Dekor



hauene Werksteine (Müller 1990) verwendet, was allerdings sehr aufwendig und teuer war. Die Maurer überzogen alle diese Mauern mit einer Putzschicht, auf die zumeist eine sehr gleichmäßige Fugenmalerei aufgetragen wurde. Auf diese Weise sollte dem Betrachter – wie einst am römischen Mauerwerk – der optische Eindruck vermittelt werden, dass jedes Mauerwerk aus Schalen kostbaren Quaderwerks gefügt worden ist.

Bis in die Neuzeit hinein wurden zum Herstellen von Mauerwerk stets in der Nähe des Bauwerks anstehende Sandsteine, Kalksteine und Tuffe verwandt. Selbstverständlich wurden dort, wo die dichten, mineralisch einheitlichen Sedimentgesteine anstanden und leicht gebrochen werden konnten, eben diese zum Herstellen von Mauern eingesetzt. Als Innenverkleidung wurden insbesondere die Marmore geschliffen und poliert. Darüber hinaus kamen die Bunt-, Stuben- und Schilfsandsteine zur Anwendung. Als außerordentlich haltbar hat sich dabei der rote, insbesondere der mainfränkische Sandstein erwiesen (Mislin 1988).

Die Klebekraft eines fetten Kalkmörtels stellte nicht nur den Verbund im aufgehenden Mauerwerk, sondern auch den einfacher Gewölbe her. Für schmale Gewölbe wie beispielsweise die sog. „Kellerhalse“ nutzte der mittelalterliche Maurer diese Klebetechnik geschickt aus und errichtete solche Gewölbekalotten ohne ein Gerüst oder Unterstützungen, indem er die Steine einfach aneinanderklebte<sup>1</sup> (Abb. 2.16).

<sup>1</sup> Der Verfasser hat die enorme Klebekraft des fetten Kalkmörtels anlässlich eines Seminars im Deutschen Zentrum für Handwerk und Denkmalpflege, Propstei Johannesburg bei Fulda, einmal von einem Steinmetzen demonstrieren lassen.

**Abb. 2.16** Ronneburg/Hessen. Mittelalterliches Gewölbe über der Kellertreppe. Hier wurden die Steine in ein auf einer Schalung befindliches Mörtelbett gelegt. Nach dem Ausschalen war dann nur noch der fette Kalkmörtel zu sehen



**Abb. 2.17** Fulda, Stadtmauer am Heertor. Deutlich ist das Mauerwerk im Fischgrätverband zu sehen



Am häufigsten wurde der ausgetrocknete Stein aus dem Steinbruch nur geringfügig zugehauen lagerhaft vermauert. Sollte die Mauer eine höhere Tragfähigkeit aufweisen, wurde er als Werkstein steinmetzmäßig rechtwinkelig zugerichtet. Der Maurer errichtete die Außenschalen und den Mauerkern einer Wand aus Füllmaterial in horizontalen Schichten und zwar zumeist in einem Arbeitsgang, was eine monolithisches und sehr haltbares Mauerwerk ergab. Insbesondere wegen des zunehmenden Steinmangels und der größeren Handlichkeit ging man zu immer kleineren Steinformaten über. Schließlich verarbeiteten die Maurer Steinblöcke mit Schichthöhen zwischen 10–18 cm. Dies ist insbesondere bei Tuffsteinen ohne großen Steinhaueraufwand möglich und lässt sich an rheinischen Bauten wie z. B. am Dom zu Speyer (Böker 1988) unschwer nachweisen. Die Steine wurden zumeist auf Vorrat gearbeitet. Im Laufe des 12. Jahrhunderts zwang die immer größer werdende Steinknappheit die Baumeister dazu, auch schiefrige Kalkplatten zum Mauern zu verwenden. Dabei griff man die antike Technik des „*opus spicatum*“ wieder auf und vermauerte diese schmalen Platten im Fischgrät- oder Ährenmuster. Ein gutes Beispiel dafür findet sich an der Stadtmauer von Fulda (Abb. 2.17).

In der Zeit der Stauferkaiser, im 12. und 13. Jahrhundert, verwandten die Baumeister insbesondere für Wehrbauten Buckelquader, „*opus rusticum*“, (Binding 1987) also Werksteine, deren Kanten genau passend zugearbeitet worden waren,

**Abb. 2.18** Büdingen, Schloss. Im unteren Mauerbereich sind noch die Buckelquader vorhanden



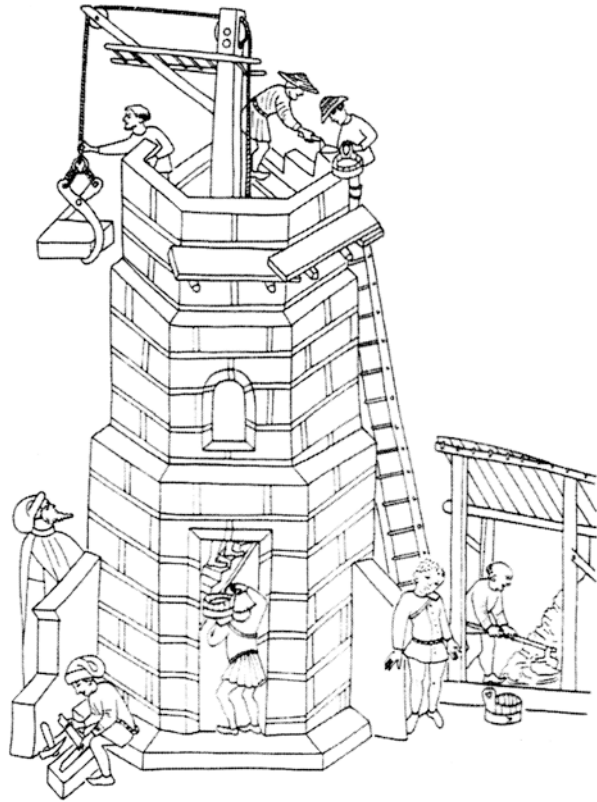
deren Stirnflächen jedoch in sehr erhabener, unbehauener Bosse aus der Wandfläche hervortraten, was eine sehr raue Struktur der Wandoberfläche ergab. Manchmal trat anstelle der Bosse ein menschlicher Kopf. Besonders schöne Beispiele dafür stellen die Außenfront der Wehrmauer der Kaiserpfalz Gelnhausen oder die Grundmauern des Schlosses in Büdingen dar (Abb. 2.18, Tab. 2.1).

In der Gotik wurde dem Bauen eine übergeordnete Bedeutung beigemessen. Deshalb stellte man den Bauvorgang häufig in Holzstichen oder in der Tafel-, Wand-, Glas- und Buchmalerei dar. Die Abbildungen zeigen alle Arbeitsgänge, die zum Herstellen einer Mauer notwendig sind: Der Mauervorgang beginnt mit dem Zurichten der Quader und Kontrollieren ihrer Oberfläche durch die Steinmetze. Daneben sieht man Arbeiter, die Mörtel mischen, die Quader auf das Gerüst hinaufziehen, die den Mörtel in Eimern hinauftragen, dann oben solche, die den Mörtel auf der letzten Steinschicht verteilen und schließlich Maurer, welche die Steine im Mörtelbett lotrecht versetzen. Dabei neigen die Darstellungen allesamt zum Verschönern der Vorgänge und zeigen beispielsweise statt unbehauener Bruchsteine durchwegs sorgfältig rechtwinkelig zugerichtete Werksteine. Die dargestellten Maurer errichten fast immer ein isodomes Mauerwerk im Halbsteinverband. Selten

**Tab. 2.1** Wandel der Handwerkstechnik bei der Herstellung von Bruchsteinmauerwerk, Datierungshilfe für Mauerwerk insbesondere im Raum Goslar/Harz

Zeit	Steinmaterial	Bearbeitung	Mauertechnik	Mörtel	Architekturteile
Bis 1000	Große Lesesteine	Unbearbeitet	Zyklopenhaft	Gipsmörtel sehr fest	–
11. Jahrhundert	Kalksteinquader	Natürliche Bruchfläche oder hammerrecht	Quader verblendet mit Hinterfüllung	Erste Hälfte Gips-, dann sehr fester Kalkmörtel	Sandstein, ab zweite Hälfte auch Buntsandstein, gespitzt und geflächt
12. Jahrhundert	Erste Hälfte: Kalksteinplatten und kleine Kalkbruchstücke; Zweite Hälfte: plattenför- mige Kalkbruchsteine im schichtweisen Wechsel mit Spiriferensandstein	Wie vor	Nicht mehr so regelmäßig im Verband. Regelfuge mit ca. 50 cm Höhenabstand	Fester Kalkmörtel	Sandstein geflächt, mit schmalen Kantenschlag
13. Jahrhundert	Spiriferensandstein, meist Lesesteine	Unbearbeitet	Erste Hälfte: Schalenmauerwerk in Fischgrätenmuster, Regelfuge mit ca. 50 cm Abstand; Zweite Hälfte: Schichtverband, Regelfuge mit ca. 100 cm Abstand	Fester Kalkmörtel mit gröberem Sand	Sandstein geflächt, z. T. mit eingemeißelten Mustern, Kantenschlag ca. 2,5 cm breit. Vereinzelt Zahnfläche
14. Jahrhundert	Spiriferensandstein gebrochen	Unbearbeitet	Wie vor, vereinzelt zwischen Schalung gepackt	Mittelfester Kalk	Sandstein mit „ <i>Zahnpille</i> “ gefächt, sehr schmaler Kantenschlag
15. Jahrhundert	Lesesteine verschiedener geologischer Natur, bevorzugt Spiriferensandstein. Ab 1480 in zunehmendem Maße Sud- merberger Kalksandstein	Unbearbeitet Abgespitzt	Zwischen Schalung gepackt	Schlechter Mörtel	Sandstein glatt gepillt, schmaler Kantenschlag oder schräg scharriert. Sehr selten auch Architek- turglieder aus Sudmerber- ger Sandstein
Bis 1525	Sandsteinquader	Diagonal oder senkrecht scharriert	Verblendmauerwerk	Magerer Mörtel	Sandstein, fein scharriert

**Abb. 2.19** Mittelalterliche Darstellung eines Turmbaus mit folgenden typischen Maurerarbeiten: Quaderoberfläche kontrollieren, Mörtel mischen, Steine mit einem Behelfskran hochziehen, Mörtel schleppen, Quader passgenau versetzen



wird das reale Schalenmauerwerk mit seinen verschiedenen großen, behauenen oder gar Bruchsteinen wiedergegeben (Binding und Nussbaum 1978, Abb. 2.19).

In der Baukunst der Gotik entwickelte das Steinmetzhandwerk seine höchste Blüte. Riesige Wandpfeiler trugen mit ihren Diensten hohe gemauerte Gewölbe; die Wand zwischen den Pfeilern diente nur als Füllwand und wurde wo möglich durch spitzbogige Arkaden aufgelöst. Die Füllwände selbst trugen keine Lasten und konnten daher sehr dünn gehalten werden. Sie können in der Tat aus diaphanen, bunt bemalten, leuchtenden Glaswänden gebildet gleichsam bar aller Materie vergeistigt werden (Sedlmeyer 1988, Abb. 2.20).

### 2.1.7 Neuzeitliches Natursteinmauerwerk

Eine erneute Besinnung auf die römische Antike brachte den Baustil „Renaissance“ hervor. Er beginnt in Italien um 1420 und dominiert in Deutschland im 16. Jahrhundert, wobei er im 17. Jahrhundert manieristische Züge annimmt. Wieder werden die Mauern aus zwei Außenschalen und Füllwerk dazwischen hergestellt. Während die Außenschalen aus sehr genau zugerichteten Werksteinen aus Sand- oder Kalk-



**Abb. 2.20** Paris, Sainte Chapelle. Die Außenwände wurden schier in diaphane, leuchtende Glasflächen aufgelöst



stein gebaut wurden, hat der Maurer zumeist das Füllwerk als lose Schüttmasse in den Raum zwischen den Schalen eingefüllt. Ein sehr genaues Quaderwerk errichtete beispielsweise der Baumeister Blasius Berwart am Wasserschloss in Ansbach (Maier 2005b). Seine Fugen sind so eng, dass stellenweise keine Messerspitze eindringen kann. Diese genau gearbeiteten Quader mit ihren Pressfugen finden sich auch an den anderen Schlössern und Burgen der Zeit, z. B. an der Alten Hofhaltung in Bamberg (Burandt 1998, Abb. [2.21](#)).

Eine Besonderheit bringt die Renaissance freilich mit sich: das Mischmauerwerk. Die Außenschale eines Mauerwerks kann jetzt aus Werksteinen, Relief-, Terakottaplatten oder Sgraffito-Putz und bemaltem glattem Putz bestehen, während die innere Schale und das Füllmauerwerk dagegen zumeist aus Backsteinen errichtet wurden. Es wird also nach außen eine aufwendige Werksteinwand gezeigt oder gar nur vorgetäuscht, während innen drin und auf der inneren Außenseite der Wand wesentlich billigeres Backsteinmaterial zur Anwendung kam (Abb. [2.22](#)).

Andererseits konnte auch Mischmauerwerk gebaut werden, indem bestimmte hervorgehobene Bauteile in der Mauer, beispielsweise der Sockel, die Fensterum-

**Abb. 2.21** Ansbach, Residenzschloss. Kellermauerwerk der Renaissance aus sehr genau zugehauenen Quadern



**Abb. 2.22** Ansbach, Hofkanzlei. Renaissance-Fassade mit Sgraffito-Putz an der Außenwand, der Quader vortäuschen soll



rahmung, die Simse und das Kranzgesims, aus Natursteinen, der Wandfond aber aus Backsteinen hergestellt worden sind. Auch wurden vom Vorgängerbau noch übriggebliebene Natursteinquader in die neuen barocken Wände eingesetzt (Abb. 2.23).

Die verputzten Wandfonds trugen wiederum eine Quadermalerei, wie sie traditionell seit der Gotik üblich gewesen ist. Während in der Gotik die vorgetäuschten Quader auf verputztem Werkstein aufgemalt oder einfach aufgeputzt wurden und

**Abb. 2.23** Ansbach, Residenzschloss. Barockes Mischmauerwerk aus Backsteinen und Sandsteinquader



**Abb. 2.24** Büdingen, Stadtkirche. Der unregelmäßige Eckquader aus Sandstein wurde mit Farbe als großer, genau behauener Quader vorgetäuscht



nur eine Verschönerung des realen Mauerwerks angestrebt wurde, ist die Renaissance auf Täuschung aus. Selbst die Fenstergewände samt Sturz und Sohlbank wurden häufig statt aus realem Werkstein ausschließlich mit malerischen Mitteln erzeugt (Maier 2005b, Abb. 2.24).

In der Baukunst der Renaissance wurde freilich weniger das Mauerwerk, sondern vor allem das Gewölbe und die Kuppel revolutioniert. Es kam dabei zum ersten ingenieurmäßigen Bauen (Mislin 1988). Besonders häufig setzten die Architekten dabei den Zuganker in Form eines Holzbalkens oder einer Stahlstange ein. Dadurch wurden die riesigen Kuppeln etwa am Dom zu Florenz oder die am Petersdom in Rom erst möglich.

Nach dem 30-jährigen Krieg wurde zunächst der italienische Barock mit seinen schwellenden Formen und dann der unter Ludwig XIV. in Versailles entstandene, außen wesentlich nüchternere, französische für Deutschland zum Vorbild. Jetzt wurde das teure Werksteinmauerwerk weitestgehend aufgegeben und der Backstein trat seinen Siegeslauf an. Doch einzelne Werkstücke einer Barockfassade wurden in der Regel immer noch aus Naturstein angefertigt: Dazu gehörten die Pilaster

**Abb. 2.25** Schwäbisch Hall. Steinquader wurden auf dem Putz mit malerischen Mitteln vorgetäuscht



und Säulen der Blendarchitektur, die Lisenen, die Simse und die Fenster- und Türverdachungen.

Die barocken Baumeister haben aber auch ganze Kirchenfassaden wie etwa Johann Dientzenhofer an der Domkirche in Fulda oder Balthasar Neumann an der Wallfahrtskirche Vierzehnheiligen als solide, zweischalige Natursteinwände errichtet, die allerdings auf ihrer Innenseite verputzt gewesen sind. Außen wurde der Sandstein steinfarbig überfasst, um ein gleichmäßiges Erscheinungsbild der Außenwand abzugeben, die Fugen des Mauerwerks wurden schließlich mit Farbe nachgezogen. Auf solche Weise erzielten sie ein einheitliches, farbiges Fassadenbild (Abb. 2.25).

Die Wohnhauswände jedoch wurden zumeist aus Backsteinmauerwerk oder aus Holzfachwerk mit Backsteingefachen errichtet und mit einem Putz überzogen (s. Kap. 4.3). Lediglich der Fachwerksockel oder das Erdgeschoss konnten aus Werksteinen errichtet worden sein (Abb. 2.26).

Mit dem Ende der Feudalzeit kam der Klassizismus als erneute Hinwendung an die Baukunst der Antike auf. Jetzt kam die Werksteinmauer zu neuer Blüte. Das Brandenburger Tor am Pariser Platz in Berlin von Carl Gotthard Langhans zeigt wieder hohe Steinmetzkunst am Mauerwerk nach altgriechischem Vorbild, ebenso der Reichstag von Paul Wallot.

Im Verlauf des 19. Jahrhunderts jedoch griffen die Architekten auf die alten Baustile wie auf Versatzstücke zurück und errichteten Gebäude im jeweiligen Neo-Stil. Wenn ein Gebäude in Neugotik errichtet werden sollte, so blendete man dem Backsteinmauerwerk gotisierende Werksteinstücke auf, sollte es in Neo-Renaissance wirken, dann vermischte man Werksteine und Backsteine in Kopie der Mauertechnik der Renaissance; ebenso imitierend verfuhr man bei der Verwendung des Neo-Barock und errichtete die Mauern aus anschließend verputzten Backsteinen. Das entscheidend Neue war allerdings, dass unter der neo-stilistischen Außenschale bereits ein ingenieurmäßig berechnetes Traggerüst zumeist aus Gusseisen oder Stahl angeordnet wurde. Der Stilbegriff war letztlich als eine bloß „schmückende



**Abb. 2.26** Erlangen, Apfelstr.2. Barockes Wohn- und Geschäftshaus aus dem Jahre 1699 mit verputzten Backsteinwänden und Sandsteinquaden am Tor im Erdgeschoss, verputztes Fachwerk in den Obergeschossen



*Hülle anzusehen, mit der man fallweise das Bauskelett bekleidete“ (Benevolo 1988, Abb. 2.27).*

In diesem Jahrhundert veränderten sich die Mauerwerkstechniken revolutionär: Mit den jetzt industriell hergestellten Baustoffen wie hochgebrannte Mauerziegel, Portlandzement, Stahlträger und schließlich Beton erreichte der Bauingenieur eine völlig neue, bisher unbekannte Dimension der Tragfähigkeit des Mauerwerks, die eine ungeahnte Steigerung der Gebäudehöhen und Spannweiten zuließ. Anstatt Naturstein wurde nun der neue, aus Beton hergestellte Kunstwerkstein eingesetzt: Die ersten deutschen Zementwaren- und Kunststeinfabriken wurden in den vierziger Jahren des 19. Jahrhunderts in Süddeutschland gegründet, und zwar ging die Bewegung besonders von der Donaustadt Ulm aus (Petry 1913). Damals wurden Mischungen von Romanzement und Portlandzement verarbeitet, 1845 wurden die ersten Kunststeintreppen in Berlin hergestellt. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts begannen die Kunststeinhersteller, die nunmehr auch mit Eisen armierten Betonwerksteine genauso wie Natursteine zu bearbeiten. Jetzt entstanden Fassaden anstatt aus Natur- aus Betonwerksteinen, oft vermischt mit Klinkern und verputzten Oberflächen (Abb. 2.28).

Das tragende Mauerwerk wurde in ein Stahlbetonskelett aufgelöst und war nur noch Füllwand wie einst in der Gotik. Die hohe Kunst des Werksteinmauerwerks wich im 20. Jahrhundert dem Belag aus vorgehängten, dünnen Natursteinplatten





**Abb. 2.27** London, King's Cross Station. Farbige Lithographie, Mitte des 19. Jahrhunderts. Die historisierende Fassade des Bahnhofs verhüllt die Gusseisenkonstruktion des Gebäudes

**Abb. 2.28** Leipzig, Harnackstraße. Betonwerksteine in der Backsteinaußenwand



**Abb. 2.29** Nürnberg, Kongresshalle. Granitplatten als Verkleidung der Backsteinaußenwände



auf Backsteinmauern, wie etwa die Granitplatten an der Kongresshalle in Nürnberg oder Wänden aus vorgefertigten Platten aus Beton (Abb. 2.29).

Das Mauerwerk aus natürlichen Werksteinen wurde zur Rarität und fand sich nur noch an Bauten besonderen Anspruchs wie z. B. an der St. Heinrichskirche in Bamberg (Laible 2003). Mitte des 20. Jahrhunderts gab es kaum noch Maurer, die eine zweischalige Werksteinmauer errichten konnten. So erreichte die am 13. August 1961 gebaute Mauer aus Betonfertigteilen in Berlin eine traurige Berühmtheit. Erst die Postulate der Denkmalpflege zwangen junge Maurer, wieder die Techniken des Natursteinmauerwerks zu erlernen (Abb. 2.30).

### 2.1.8 Dekor an Natursteinwänden

Die Außenschalen einer gemauerten Wand zeigten bereits bei den Römern zumeist dekorative Schauseiten. Die Fassaden wurden – wie bereits dargestellt – häufig aus einfachen Bruchsteinen errichtet und mit Kalkputz verputzt. Außerdem bildete der Verputz eine ideale Fläche, auf der dekorative, großformatige Natursteine vortäuschende Zierfugen aufgemalt werden konnten.

Öffnungen wie Fenster oder Türen im mehrschaligen Natursteinmauerwerk benötigten stets eine ringsum laufende Fassung, die aus Gewändesteinen rechts und links, aus dem Sturz oben und der Schwelle oder Sohlbank unten bestanden. Würden sie fehlen, könnte die innere Füllmasse nach Auswaschen der Bindekraft des Kalkmörtels einfach heraus rieseln. Solche Umfassungssteine sind in der Antike häufig reich verziert worden. Schon am Löwentor in Mykene (Abb. 2.3) wurde diese Technik angewendet. Die römischen Baumeister gaben den Sturzsteinen sog. „Ohren“, d. h. Auskragungen an ihrem Ende, mit denen sie über die seitlichen Gewändesteine hinausragten. Oft wurden Stürze auch durch gerade, dreieckige oder segmentbogige Verdachungen überragt, denen im Mauerwerk selbst Entlastungsbögen entsprachen. Die dadurch über den Stürzen gleichsam vor den unbelasteten

**Abb. 2.30** Berlin, Grenzmauer. Die Stadt wurde 40 Jahre lang durch eine Mauer aus Betonfertigteilen geteilt. Sie fiel am 9.11.1989



Bereichen unter den Entlastungsbögen entstandene Auszugsfläche bot – wie einst am Löwentor – die Gelegenheit, reichen Dekor wie Waffengebinde, Trophäen oder Brustbilder von Gottheiten, aber auch Reliefs und Mosaiken mit Darstellungen von Allegorien und Symbolen über der Öffnung anzubringen. In ähnlicher Weise wurde die Oberfläche der Gewändesteine verziert oder durch Abstufung in zumeist drei flache Schichten, sog. „Faszien“, gegliedert. An den Rändern solcher Abstufungen entlang begannen bereits die Griechen typische Dekorationen wie Perlstäbe, Eierstäbe und Kymatien anzubringen (Binding 1987, Abb. 2.32).

Die reguläre Gebäudeaußenwand schloss oben unter der Traufe mit dem Haupt- oder Kranzgesims ab. Gesimse gliederten außerdem die Außenwand häufig auch noch geschossweise. Die Gesimssteine wiesen wiederum einen sehr typischen Zierrat auf: Sie bestanden in der Regel aus einem mehrfach abgestuften Balken, dem sog. „Architrav“, auf dem oben ein mit Blütenranken, Waffen oder figürlichen Szenen verzierter Fries saß, darüber war ein „Sima“, geschmückt mit Profilen bestehend aus Zahnschnitt, Karnies, Eier- bzw. Perlstab und Palmetten- bzw. Lotus-Palmettenfries, angeordnet. Ein solcher Dekor überzieht oft in überreicher Fülle insbesondere das gesamte Kranzgesims (Abb. 2.31).

**Abb. 2.31** Rom, Basilica Aemilia. Gebälk, bestehend aus dreifach gegliederten Architrav, mit Ranken verziertem Fries und oben das Sima des Kranzgesimses



**Abb. 2.32** La Turbie, Tropaeum Alpium, Eingang umrahmt mit Architekturgliedern wie seitlichem Gewände, auskragendem Sturz, Auszugsfläche und einer Dreiecksverdachung



Große Außenwandflächen wurden zumeist durch eine vorgelegte Blendarchitektur gegliedert und somit scheinbar in Arkaden- und Pfeilergeschosse aufgelöst. Die Blendarchitektur bestand zumeist aus senkrechten Halbsäulen, Pilastern und Lisenen, denen waagerecht Gesimse aufgelegt wurden. Die senkrechten Tragglieder standen unten auf abgestuften Basen und trugen oben Kapitelle, nämlich das dorische oder tuskische im unteren, darüber das ionische und dann das korinthische Kapitell im nächst höheren, vorgeblendeten Geschoss. Gerade die Blend-

**Abb. 2.33** Würzburg, Frauenkirche. Gotisches Portal mit Architekturdekoration. Die Quader am rechten Stützpfeiler wurden überfasset und dadurch vergrößert und geschönt



architektur als ein dekoratives und zugleich gliederndes Element vor einer großen Außenwand wie sie das „Colosseum“ in Rom oder die „Porta Nigra“ in Trier zeigt, hat sich in der europäischen Baukunst bis ins 19. Jahrhundert hinein erhalten (Binding 1987).

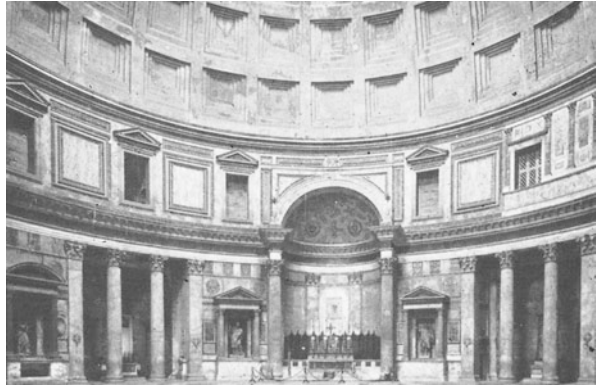
Im Mittelalter entstanden zunächst die Zierrate der Romanik, seit dem Hochmittelalter die der Gotik. Wieder setzte man senkrechte Lisenen und waagerechte Gesimse als Gliederungselemente ein, die zugleich auch als Wanddekor dienten. Unter den zumeist glatten Gesimsbändern ordnete der mittelalterliche Baumeister Frieze an, etwa den Deutschen Fries, den Bogenfries, den Mäanderfries, den Flechtbandfries, den Rautenfries und viele andere mehr (Binding 1987). Den oberen Abschluss der aufgeblendeten Pilaster, Lisenen oder Dienste bildeten oft vegetabilische Kapitelle, häufig mit angsterregenden Fratzen geschmückt, während sie unten stets auf ebenfalls der Mauer aufgeblendeten Sockeln oder Basen standen. In der Romanik wurden aber auch einfache Würfelkapitelle verwendet, während der Bildhauer in der Gotik eine Fülle von insbesondere vegetabilischem Beiwerk vor die Außenwände der Kirchen blendete (Abb. 2.33).

In der Renaissance griff man die Dekorelemente der Antike wieder auf, reicherte sie aber mit neuen Komponenten an, beispielsweise mit von Blättern kreuzweise umwundenen Girlanden, mit Bandel- und Rollwerk. Ein besonders charakteristisches Gliederungselement stellte in dieser Zeit die Nische dar. Es handelt sich um eine in die Mauerfläche eingefügte, im Grundriss halbrunde, segmentbogenförmige oder rechteckige Vertiefung. Als vor allem an der Innenwand entwickeltes, antikes Element, wie es sich besonders durchdacht etwa am „Pantheon“ in Rom zeigt, das in seiner heutigen Baugestalt im Jahr 118 n. Chr. von Kaiser Hadrian eingeweiht wurde (Wohlmayr 2011), diente die Nische am Außenbau entweder als Standplatz für Figuren oder zur Aufnahme von Fenstern und Portalen oder sie blieb einfach leer (Abb. 2.34).

Diese dekorativen Gestaltungsglieder der Natursteinwände waren auch späterhin im Barock im Gebrauch, wenn auch die Natursteinwand selbst der Backsteinwand weichen musste. Der Architekt gliederte die Fassaden mehrgeschossiger Schloss-



**Abb. 2.34** Rom, Pantheon. Der Innenraum besitzt eine Nischengliederung der aus Gussmörtel mit Travertin- und Tuffbruchstücken gegossenen Außenwände



**Abb. 2.35** Ansbach, Residenzschloss. Hochbarocke Innenhoffassaden mit stockwerksweise angeordneter Blendarchitektur



gebäude mit Blendarchitekturen. Dabei setzte er wiederum die antiken Kapitellformen in der Regel aus Natursteinen übereinander: im Erdgeschoss das damals auch römisch genannte dorische, im Piano nobile das ionische und schließlich im 2. Obergeschoss das korinthische Kapitell. Die barocken Innenhoffassaden des Ansbacher Schlosses zeigen diese geschossweise Gliederung (Maier 2005b, Abb. 2.35).

Die Dekorationen der Antike wurden ein weiteres Mal im Klassizismus aufgegriffen und im klassischen, antiken Sinne angewendet. Historische Versatzstücke dekorierten auch die Neo-Stile des 19. Jahrhunderts. Die Neue Sachlichkeit des 20. Jahrhunderts verzichtete freilich auf die dekorative Baukunst, deren Architekten entwickelten allenfalls die sog. „Kunst am Bau“.

## 2.2 Backsteinmauerwerk

Vom Backstein geht eine Faszination aus, die diesen Baustoff zu allen Zeiten beliebt gemacht hat. Der Baustein war einfach herzustellen: Tonerde wurde in einen Holzkasten eingebracht und an seiner Oberfläche mit der Hand waagrecht abgestri-

chen. In der ältesten Zeit wurde der auf diese einfache Weise rechteckig geformte Mauerziegel anschließend luftgetrocknet, in der jüngeren im Brennofen gebrannt. Obwohl das Bauen mit dem handlichen Mauerziegel bereits eine Tradition von mehr als 5.000 Jahren hat und schon die ersten Kulturen der Menschheit sich mit diesem Material einen gebauten Rahmen gegeben haben, blieb der Backstein ewig jung. Anfangs war der Mauerziegel eine Revolution, heute ist er ein nicht mehr hinwegzudenkender Bestandteil unserer gebauten Umwelt. Mit ihm sind äußerst gegensätzliche Baugedanken vereinigt: Ältestes und Neuestes, Rationalität und Romantik, Handlichkeit und Monumentalität, Normierung und künstlerisch freie Gestaltung. Der Backstein besitzt im Gegensatz zum Naturstein die Eigenschaft, als kleinste Einheit eines Maßsystems, eines Rasters zu fungieren, und dennoch spricht er die menschlichen Sinne an durch Farbigkeit und Schattierungsreichtum, durch Greifbarkeit für das Auge, durch Tastbarkeit seiner Oberfläche und durch das ihm innewohnende Vermögen, mit ihm als Formstein fast jede künstlerische Absicht in die Tat umsetzen zu können (Hoffmann-Axthelm 1986).

Beim Backstein handelt es sich um eine Erfindung Mesopotamiens (Jakob-Rost 1987), an uns überkommen durch römisches Erbe. Vitruv widmete das dritte Kapitel seines zweiten Buches den Ziegeln (Fensterbusch und Vitruv 1976). Er berichtete allerdings nur über handgestrichene, an der Luft getrocknete Ziegelsteine, sog. „*Luftziegel*“, die gewöhnlich zwei Jahre lagern mussten, ehe sie vermauert werden konnten. Er beklagte das große Schwinden bzw. „*Schrumpfen*“ dieser Steine. Die große Zeit der gebrannten Ziegel „*lateres coctiles*“ begann erst im 2. Jahrhundert n. Chr. und dominierte schließlich das Bauwesen in der Spätantike.

Die Römer dachten stets rational, nutzten infolgedessen die dem Backstein innewohnende Rationalität, erkannten aber auch seine Begrenztheit und überwandene sie auf geniale Weise. Da sie mit Backsteinen keine waagerechten Decken oder Stürze bilden konnten, entwickelten sie eine beeindruckende Gewölbetechnik. Weil der Backstein der Wand stets im Verband vermauert werden musste, erlaubte er für das Entwerfen eines Gebäudegrundrisses keine Beliebigkeit. Die Steinmaße wurden deshalb gleichsam als normiertes Modul am jeweiligen Bau eingesetzt. Mit ihm errichteten überragende Baumeister (Donderer 1996) gewaltige Wände.

Sie setzten sich zumeist aus rhythmisch wechselnden, pfeilerartigen Backsteinmassen und geformten Wandnischen zusammen. Mit dieser „*Spundwand*“-Konstruktion der Mauern wurde ihre Tragfähigkeit derart erhöht, dass sie auch den gewaltigen Schub weite Räume überspannender Gewölbe standzuhalten vermochten. Andererseits stellten die römischen Legionäre jede Art von Formziegeln (Durm 1910b) her: rechteckige und quadratische Mauerziegel, langgezogene und quadratische Hohl- und Vollziegel für die Hypokaustenheizung, Rundziegel, Dreiecksziegel, Bogensteine, Keilsteine, aber auch Deckenplatten, Bodenplatten, Wandkacheln und selbstverständlich auch Leistenziegel für die Dachdeckung (Abb. 2.36).

Die römischen Ziegler brannten die rechteckigen oder mitunter auch quadratischen Vollziegel als Mauerziegel von unterschiedlicher Länge und Breite, etwa in Trier in Längen von 34–60 cm, in Breiten von 28–60 cm und in von 4–6 cm schwankenden Dicken. Die Ziegel wurden mit Ziegelstempeln (Rieckhoff-Pauli

**Abb. 2.36** Regensburg, Museum. Modell eines römischen Zimmers mit verschiedenen Formziegeln



und Castra 1979) oder mit der Inschrift des jeweiligen Ziegelherstellers versehen (Bechert 1982).

Die römischen Maurer vermauerten die Backsteine im Halbsteinverband in Kalkmörtel mit zwischen 1,5–4 cm dicken Lagerfugen. Sie errichteten das Backsteinmauerwerk zumeist ab einer Dicke von 2 Schuh=etwa 60 cm in der gleichen zweischaligen Mauerweise wie das Natursteinmauerwerk. Allerdings banden die Mauerziegel häufig als Durchschuss durch die Mauerstärke hindurch, um die Standfestigkeit zu erhöhen. Auch wurden oft mehrere Ziegelschichten im Verband gänzlich durchgemauert, so dass die mittlere Füllschüttung entfiel. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass reine Backsteinwände „ohne Beziehung eines anderen Materials“ (Durm 1910b) im römischen Weltreich äußerst selten vorkommen. Lediglich die spätantike „*Basilika*“ in Trier ist ein ganz reiner Backsteinbau großen Stils, „wie er von den Alpen bis zum Aetna nicht wieder gefunden wird“ (Durm 1910b, Abb. 2.37).

Mit diesem römischen Erbe sah sich das europäische Mittelalter konfrontiert. Der Einsatz von Mauerziegeln begann in der Zeit Karls des Großen, allerdings zunächst offenbar vor allem an Klosterbauten, z. B. an der Klosterkirche Kornelimünster bei Aachen (Böker 1988). Für die großen staatlichen Gebäude der Ottonen, Salier und Staufer, etwa die Kaiserpfalzen und die großen Kaiserdome, war die

**Abb. 2.37** Trier, Römische Basilika, erbaut 310 n. Chr., modern wieder aufgebaut. Reiner Backsteinbau aus gebrannten Mauerziegeln



Werksteinmauer verbindlich. In Norddeutschland allerdings benutzten die Maurer wegen des fehlenden Natursteins schon anfangs des 12. Jahrhunderts beim Kirchenbau zunächst keinen unregelmäßigen Bruchstein oder zum großen Quader zugehauenen Werkstein, sondern hauptsächlich aus dem Rheinland eingeführte, kleinformatige Tuffsteine, die also über weite Strecken transportiert werden mussten und deshalb entsprechend kostspielig waren. Infolgedessen wandten sie sich Anfang des Jahrhunderts dem aus Ton gebrannten Backstein zu.

Die Ablösung des Natursteins durch den Backstein fand in ganz Norddeutschland und auch in anderen Landschaften im mittleren 12. Jahrhundert ihre Verbreitung. So sind zunächst die Rheinlande selbst zu nennen: eine Schlüsselrolle bei der Genese der Backsteinarchitektur fällt dabei dem Dom zu Speyer zu: Backsteine mit dem Format 30–32 cm × 16 cm × 5 cm sind mit Kleinquaderwerk und Tuff in den Rundbogenfriesen der Seitenschiffmauern und im Laufganggewölbe des östlichen Vierungsturms gemeinsam vermauert (Böker 1988). Aber auch in anderen Regionen wie etwa im bayerischen Backsteingebiet z. B. am Dom zu Freising, an der Frauenkirche und an St. Peter in München lässt sich der Übergang von Tuffstein zu Backstein nachweisen. Deutlich erkennt man schließlich in ganz Deutschland eine Experimentierphase, in der noch nach den handwerklich günstigeren Dimensionierungen des Backsteinmaterials gesucht wurde. Im Fortgang der Entwicklung kommt aber zweifelsohne der norddeutschen Tiefebene an Nord- und Ostseeküste entlang die herausragende Stellung zu. Die Steine der ersten norddeutschen Backstein-Bauten sind 25–26 cm lang, 9,5–10 cm breit und 5–7 cm stark. Gegen 1200 steigerten sich diese Maße auf 26–29 cm Länge, 12–14 cm Breite und 8–9,5 cm Stärke (Tab. 2.2). Gelegentlich, so an den Keilsteinen der Bogenwölbungen finden sich auch abweichende Steinmaße. Im Spätmittelalter vergrößerte man die Steine weiter auf 27–31 cm Länge, 14–16 cm Breite und 9,5–11 cm Stärke (Böker 1988, Abb. 2.38).

Die älteren Zeiten haben die rote Farbe der Backsteine bevorzugt, gelbliche Töne seltener benutzt, dabei jederzeit schreiende Farben vermieden. Im Mittelalter

**Tab. 2.2** Mittelalterliche Backsteinformate

Klosterformat vor Ort gemessenes Maß gemittelt: 28,5 cm×13,5 cm×8,5 cm <sup>1</sup>				
Gebäude	Bauzeit	Länge (cm)	Breite (cm)	Dicke (cm)
Speyer, Dom	Vor 1150	30–32	16	5
Bad Segeberg, St. Marien	Um 1150	28–29	13–13,5	8,5–9
Schleswig, Dom	Um 1180	25–26,5	12,3–13,6	6,8–8,2
Lübeck, Dom ( <i>gemittelttes Maß</i> )	Um 1220	29	14	10
Lübeck, Heilig-Geist-Spital ( <i>gemittelttes Maß</i> )	1285	28	13,5	9
Jesenwang/Oberbayern, Pfarrkirche	1414	35–37	17–18	6,5–7,5
Stendal, Dom	1423	26	12	7,4–9
Nürnberg, Mauthalle ( <i>eingemeißeltes Maß</i> )	1498	30	14	
Lübeck, Mengstraße 64 ( <i>gemittelttes Maß</i> )	1544	28	13,5	8
Pegau/Sachsen, Alte Polizei	1559	29	12	8,5
Bamberg, Kutschenremise, Westgiebel	1648	28–30	13–14	6–7

<sup>1</sup> Schuhmacher (1985), S. 99 setzt sich mit dem „Klosterformat“ auseinander und gibt diese Maße als Mittelwert für das Klosterformat

**Abb. 2.38** Die aus Backsteinen errichteten Türme der Frauenkirche in München



scheuten die Baumeister nicht die Belebung der Flächen durch die Abwechslung der im Brand erzeugten helleren und tieferen Töne vom hellen Fleischrot bis zu einzelnen schwärzlich verfinsterten Steinen hin. Daneben wurden solche verfinsterten Steine auch wohl als Ersatz von Glasuren zu regelrechten Musterungen der Flächen benutzt. Zum Teil wurden die Backsteine nach der Vermauerung noch rot überstrichen. Die Oberfläche der Steine zeigt im allgemeinen die durch die Handstrichtechnik bedingte raue Körnigkeit (Finke et al. 1989).

Seit dem 14. Jahrhundert werden mancherorts Ziegelstempel verwendet, z. B. in Lüneburg, Lübeck, auf Fehmarn, in der Mark Brandenburg (Tangermünde). Ob es sich bei den eingepprägten Zeichen um den Steinmetzzeichen entsprechende Urhebermarken handelt, ist noch nicht genügend untersucht worden, nur die Lübecker Marken sind eindeutig Ziegelelstempel (Abb. 2.39).



**Abb. 2.39** Burg auf Fehmarn, Kirche. Mauerwerk mit Urhebermarken



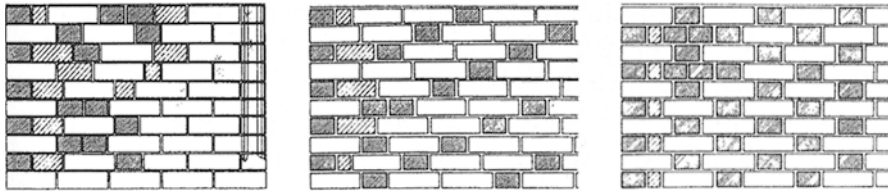
### 2.2.1 Mittelalterliche Mauerverbände

Der Maurer arbeitete bei Mauerdicken, die größer als eine Steinlänge waren, von außen nach innen. Reines Schalenmauerwerk mit gegossenem Kern, wie es beim Naturstein die Regel war, kommt nur in der Frühzeit des mittelalterlichen Backsteinbaues vor. Hier erweist sich wiederum der genetische Zusammenhang des Backsteinmauerwerks mit dem Natursteinbau.

Große Mauermassen bestehen meistens aus Füllmauerwerk, also aus Steinen minderer Qualität und Backsteinbruchstücken, und einer 1/2 Stein starken vorge-setzten Verblendschicht von Läufern, die durch tiefer hinein greifende Steine, die diagonal versetzten Binder, mit dem Füllmauerwerk verankert wird. Seltener und wohl nur in romanischer Zeit ist das Mauerwerk aus Ziegeln geschichtet und zwar abweichend von heutiger Arbeitsweise dergestalt, dass sozusagen eine beliebige Anzahl von 1/2 Stein starken Wänden hintereinander gestellt und wieder durch Binder miteinander verankert sind. Beide Ausführungsweisen, die Verblendschicht genauso wie die hintereinander gesetzten Wände, geben volle Freiheit für die Abwechslung von Läufern und Bindern.

Der eigentliche Backsteinverband war abhängig von der Mauerdicke. Mauern mit der Dicke einer Steinbreite, was ungefähr einer halben Steinlänge entsprach, wurden im Läuferverband, Mauern mit der einer ganzen Steinlänge zumeist im Binderverband gemauert. Dabei verstand der Maurer unter Läufer die an der Wand sichtbare lange Seite des Steins und unter Binder die sichtbare Kopfseite. Wurden die Steine hochkant vermauert, sprach man von einer Rollschicht. Die Festigkeit des Verbands entstand immer dadurch, dass senkrecht durch mehrere Schichten hindurchgehende Stoßfugen im gesamten Mauerkörper vermieden wurden.

Im Mittelalter haben wir es meist mit dem „märkischen“ oder mit dem „Klosterverband“ zu tun. Besonders sorgfältig ausgeführt findet er sich an der Südseite der Heilig-Geist-Kirche in Lübeck. Dabei folgen in jeder Backsteinschicht auf einen Binder zwei oder seltener drei Läufer. Läufer und Binder wechseln also in jeder Schicht unregelmäßig miteinander ab. Der Läufer liegt in der Regel mittig über dem Binder der unteren Schicht und steht also beiderseits mit je einem Viertel seiner



**Abb. 2.40** Mittelalterliche Mauerverbände: *links*: Wilder Verband, *mitte*: Gotischer Verband, *rechts*: wendischer Verband

Länge über ihn über. Dadurch wird die tragfähige Viertelsteindeckung erreicht und es entsteht eine enge, sehr haltbare Verzahnung der Steine.

Lässt der Maurer entweder nach je einem Läufer einen Binder folgen, entsteht der sogenannte „gotische“ oder „polnische“ Verband oder folgen nach je einem Läufer zwei Binder, formt er den sogenannten „märkischen“ Verband. Die Bezeichnungen sind zwar geschichtlich völlig unbegründet, jedoch handwerklich eingewurzelt. Bei beiden Verbänden bilden sich in der Fläche durch die immer gleiche Folge der Stoßfugen leicht zusammenhängende große Linien zum Schaden der einheitlichen Flächenwirkung. Um sie zu vermeiden, wechselt man besonders in spätgotischer Zeit gern mit beiden Folgen in der gleichen Schicht ab, schaltet wohl auch stellenweise noch mehr Läufer ein, um eine unregelmäßigere Verteilung der Stoßfugen und dadurch eine ruhigere Flächenwirkung zu erzielen. Der Wechselverband findet sich beispielsweise an der Kreuzgang-Außenseite des St. Annenklosters in Lübeck (Kruse 1986, Abb. 2.40).

#### Verbandsregeln des mittelalterlichen Backsteinmauerwerks

- *Mauerkanten und Ecken fangen stets mit ganzen Backsteinen an:* Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts wurde die Mauerecke mit ganzen Steinen aufgesetzt, mit dem Aufkommen des Reichsformats fast nur noch mit Dreiviertelsteinen.
- *Der Maueranfang beginnt in jeder Schicht regellos mit einem Dreiviertel- oder einem Viertelstein.* Der Wechsel von der durch den Maueranfang entstandenen Halbsteindeckung zur tragfähigen Viertelsteindeckung erfolgte völlig wahllos ohne eine Regel einzuhalten.
- *Die Binder liegen zumeist nicht über der Stoßfuge der jeweils unteren Schicht, sondern über dem Läufer;* im Gegensatz zum modernen Blockverband, wo die Binder auch unter und über der Stoßfuge liegen.
- *Die Binder können in der Ansicht drei verschiedene Muster bilden:* ein senkrechttes Streifenmuster, ein Zickzackmuster und ein -Diagonalmuster.
- *Zwischen zwei nicht allzu weit entfernten Öffnungen im Mauerwerk treten keine Binder auf.* Die Einbindung erfolgt vielmehr durch den Rücksprung des Anschlages.
- *Stockwerksabsätze* lassen sich sehr häufig durch vorkragende oder mauerbündig liegende Binder oder Läuferreihen erkennen.

### 2.2.2 Mittelalterliche Backsteinformate

Leider gibt es noch keinen historischen Backsteinatlas für Deutschland, wie er für die Natursteine längst schon existiert (Grimm 1990). Mittelalterliche Backsteinformate, die wegen ihrer frühen Verwendung in Klöstern von der Bauforschung als „*Klosterformate*“ bezeichnet werden, wurden in Tab. 2.2 beispielhaft aufgezählt. (Kruse 1986; Maier 1991b)

Wie aus Tab. 2.2 zu ersehen pendeln die Längenmaße mittelalterlicher Backsteine zwischen 25 und 37 cm, am häufigsten wurden allerdings Maße zwischen 28 und 30 cm gemessen. Dieses Maß in cm nähert sich fast immer dem historischen Fuß oder Schuh. Es wäre längst überfällig zu prüfen, ob nicht die Backsteinlänge zugleich das für das gesamte Bauwerk geltende Modul darstellt. Die Breite der Steine ermittelt sich ungefähr aus der Hälfte der Länge und schwankt deshalb zwischen 12 und 18 cm. Die Steindicke bewegt sich zwischen 5 und 10 cm und resultiert zumeist aus einem Drittel bis zu einem Viertel der Länge.

### 2.2.3 Mauerverbände in der frühen Neuzeit

Ab der Mitte des 16. Jahrhunderts setzen sich immer häufiger neuzeitliche Mauerverbände wie „*Kreuz- und Blockverband*“ durch. Sie zeigen jeweils abwechselnd in der einen Backsteinschicht fortlaufend Binder, in der nächsten darüber Läufer und so fort. Während beim Blockverband die Binder und Läufer in jeder Schicht allerdings um einen Viertelstein versetzt genau gleich übereinander liegen, verspringen die Läufer beim Kreuzverband in jeder zweiten Schicht abwechselnd um eine halbe Backsteinlänge. Auf diese Weise entsteht in je drei Schichten in der Wandfläche ein gemauertes Kreuz (Opderbecke 1910).

Im 17. Jahrhundert kommt der „*Holländische oder Flämische Verband*“ in den Hohenzollerschen Landen auf, wie etwa im Holländischen Viertel in Potsdam (Mielke 1972). Die Binderschichten entsprechen zwar den vorgenannten Verbänden, in den Läuferschichten aber wechseln sich jetzt je ein Läufer und ein Binder ab. Noch jünger sind der „*Amerikanische Verband*“, bei dem auf drei oder mehr Läuferschichten eine Binderschicht folgt, und der „*Wilde Verband*“, bei dem die Binder unregelmäßig in jeder Schicht zwischen die Läufer gestreut sind.

### 2.2.4 Neuzeitliche Backsteinformate

Die Backsteinformate des 16., 17. und 18. Jahrhunderts blieben in der Regel dem Klosterformat verpflichtet, nahmen aber an Dicke zusehends ab. Im Durchschnitt handelt es sich um Größen von  $28\text{ cm} \times 15\text{ cm} \times 9\text{ cm}$  bis zu  $30\text{ cm} \times 14\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ , die Höhe kann in Einzelfällen auch bis zu 12,5 cm betragen (Tab. 2.3). Die Fugen waren üblicherweise 1,5 cm dick. Die deutsche Renaissance arbeitet zunächst mit dem mittelalterlichen Format weiter, gelangt dann am Übergang zur Barockzeit allmählich zu

**Tab. 2.3** Neuzeitliche Backsteinformate

<i>Neuzeitliche Formate vor Ort gemessene bzw. der Literatur entnommene Maße</i>				
Gebäude	Bauzeit	Länge (cm)	Breite (cm)	Dicke (cm)
Backsteine der Renaissance <sup>1</sup>	17. Jh.	27	16	8
Königreich Niederlande (Holland) <sup>2</sup>	Ab 17. Jh.	20	10	4
Königreich Preußen <sup>3</sup>	Ab 1701	20	10	4
Bamberg, Kutschenremise, Südostecke	18. Jh.	27	14	7
Lübeck, Mengstraße 64, hochbarock	18. Jh.	27	13	7
Alt-badisches Format	19. Jh.	27	13	6
Alt-Hamburger Format	19. Jh.	22	10,5	6,5
Altes Oldenburger Format	19. Jh.	22	10,5	5,2
Bayerisch Königstein	19. Jh.	29	14	6,5
Alt-Österreichisches Format	19. Jh.	29	14	6,5
Reichsformat (Deutsches Reich)	Ab 1871	25	12	6,5
Normalformat DIN 105	Ab 1952	24	11,5	7,1

<sup>1</sup> Schuhmacher (1985), S. 97: Er zitiert Albrecht Haupt und übernimmt dessen Maße

<sup>2</sup> Das holländische Format entspricht dem preußischen, da unter Friedrich dem Großen in Preußen gerne die holländische Bauweise kopiert wurde (Mielke 1972)

<sup>3</sup> Kruse (1986), S. 66

wesentlich kleineren Maßen, das heutige Normalformat = 24 cm × 11,5 cm × 7,1 cm gleichen oder nahe stehen. Außerdem wuchs die Tendenz zur Normierung.

In den nun aufkommenden Territorialfürstentümern war die Herstellung von Mauerziegeln ein fürstliches Privileg. Auch die Reichsstädte erschlossen ihre eigenen Lehmgruben und organisierten die Backsteinherstellung in städtischer Regie. Vor allem um die herrschaftlichen Wälder zu schonen, protegierten Reichsstadt wie Fürst den Backsteinbau. Sie ließen in ihren herrschaftlichen Ziegeleien Backsteine mit Hilfe einer großen Anzahl Ziegler nach dem Manufakturprinzip herstellen und zwangen die Bauwilligen, die herrschaftlichen Ziegel beim Hausbau überall im Herrschaftsgebiet zu verwenden. Da in jedem Territorium andere Werkschuhmaße vorgeschrieben waren, wurden selbstverständlich auch die Backsteinformate den örtlichen Schuhmaßen angepasst. Die Backsteinformate wurden verbindlich festgelegt, Verstöße dagegen mit harten Strafen geahndet. Der Markgraf von Ansbach ließ seine Ziegelei Backsteine mit den Maßen 32 cm × 14 cm × 6 cm herstellen (Maier 1987). An der 1498–1502 in Nürnberg als Kornhaus von Hans Behaim d. Ä. errichteten Mauthalle wurden in die Sandsteinaußenwände des Erdgeschosses an der südöstlichen Hausecke für alle gut sichtbar die für das Gebiet der Reichsstadt verbindlichen Backstein- und Dachziegelmaße eingemeißelt (Abb. 2.41).

Die Länge neuzeitlicher historischer Backsteine weicht im Laufe des 18. Jahrhunderts allmählich vom geltenden Schuh oder Fuß ab und ist merklich kürzer als die der mittelalterlichen Backsteine (Tab. 2.3). Außerdem wird bei neuzeitlichen Backsteinen eine Tendenz zur Maßvereinheitlichung gleichsam hin zu einem Normmaß sichtbar, die sich nur durch die „Peuplierungspolitik“ der Fürsten nach dem 30-jährigen

**Abb. 2.41** Nürnberg, Mauthalle. Backstein- und Dachziegelformate des Mittelalters eingemeißelt in die Sandsteinwand



Krieg erklären lässt. Beispielsweise holte der Markgraf von Ansbach zum Wiederaufbau insbesondere Maurer aus Österreich in sein ausgeblutetes Land (Maier 1987).

Angeregt durch das große Vorbild Versailles begannen die vielen kleinen Territorialfürsten außerdem mit ungeheuer großen Schloss- und Städtebaumaßnahmen. Zu diesen zog es die Maurergesellen aus ganz Europa. Auf diese Weise wurden handliche Backsteinmaße herausgebildet und bis in die fernsten Winkel des Kontinents verbreitet. Die lokalen Ziegeleien haben diese aufgegriffen oder sich ihnen im Format angenähert. Die Breite der Backsteine resultierte wieder ungefähr aus der Hälfte der Länge; ihre Dicke schwankt zwischen einem Viertel und einem Fünftel der Länge. Sie sind also deutlich dünner als ihre mittelalterlichen Vorläufer. Dies hängt ganz entscheidend von der fortgeschrittenen Entwicklung der Brennöfen und der Verbesserung der verwendeten Lehme ab.

Die jeweils in einem Herrschaftsgebiet vorgeschriebenen Backsteinmaße stateten die Regionen Deutschlands mit unterschiedlichen Backsteinformaten aus. Da die vielen kleinen deutschen Fürstentümer wie auch die Reichsstädte zumeist keine „*terrae clausae*“, d. h. geschlossene Territorien, gewesen sind und im Laufe der Geschichte ihre Grenzen durch Erbfall, Kauf oder Friedensschlüsse ständig verändert haben, finden sich heute gleiche Backsteinformate schier zusammenhanglos in ganz Deutschland verstreut.

Gleichwohl können Backsteinformate für den Bauhistoriker ein wichtiges Hilfsmittel zur Datierung der Entstehungszeit eines Mauerwerks darstellen.

### 2.2.5 Dekor an Backsteinwänden

Mit der Baukunst der Renaissance setzte sich bereits vor dem 30-jährigen Krieg in Anlehnung an antike, römische Wände wieder das Bauen mit Backsteinen und zugehauenen Natursteinen in ein und derselben Außenwand durch. Die Backsteinmauer bildete den sich unterordnenden Wandfond, während Natursteinteile dekorativ als Wandsockel, Gesimse, Fenstergewände oder Portalverdachungen eingepasst wurden. Die Baumeister der Renaissance und besonders des Barocks legten größeren Wert auf die gleichmäßige Färbung der Flächen; erst gegen 1800 trat,



**Abb. 2.42** Burg auf Fehmarn, Pfeiler in der Pfarrkirche. Selbst die Backsteinwände wurden mit Quadermalerei überfasst



wenn auch sehr vereinzelt, an der Küste, vielleicht unter englischem Einfluss, eine Freude an möglichst bunter Mischung verschiedener Farbtöne auf. Zumeist wurde die Backsteinwand jedoch nicht sichtbar gelassen, sondern verputzt. Der Verputz setzte den Baumeister in die Lage, auch auf dem Wandfond kostbare Steinmetzarbeit durch Imitations- bzw. Quadermalerei vorzutäuschen (Abb. 2.42).

Mit Hilfe von oftmals aufwendig geschmiedeten Mauerankern wurde überall in Deutschland zum einen die Tragfähigkeit der Mauern verbessert, zum anderen der statische Verbund zwischen gegenüberliegenden Wänden und insbesondere zwischen Mauern und Holzbalkendecken sichergestellt sowie schließlich die Wandfläche dekoriert. In Lübeck hat man solche zu Zieraten geschmiedete Eisenbänder ausführlich dokumentiert (Finke et al. 1989, Abb. 2.43).

Eine weitere Möglichkeit der Dekoration war die Verwendung von glasierten Ziegeln wie etwa am, von 1466–1478 vom Ratsbaumeister Heinrich Helmstedt erbauten Holstentor in Lübeck (Abb. 2.44).

Im 19. Jahrhundert lässt sich folgende Verwendung des nunmehr mehr oder minder industriell hergestellten Mauerziegels beobachten, die zunächst von Norddeutschland aus auf das gesamte deutsche Reichsgebiet ausstrahlt: (Ziegelindustrie)

In Preußen erhob Karl Friedrich Schinkel (1781–1841) den Mauerziegel wieder zu einem Architektur bestimmenden Element. 1832–1836 wurde der Neubau auf

**Abb. 2.43** Lübeck, Marienkirche. Starke eiserne Maueranker im Backsteinmauerwerk der Kirchtürme



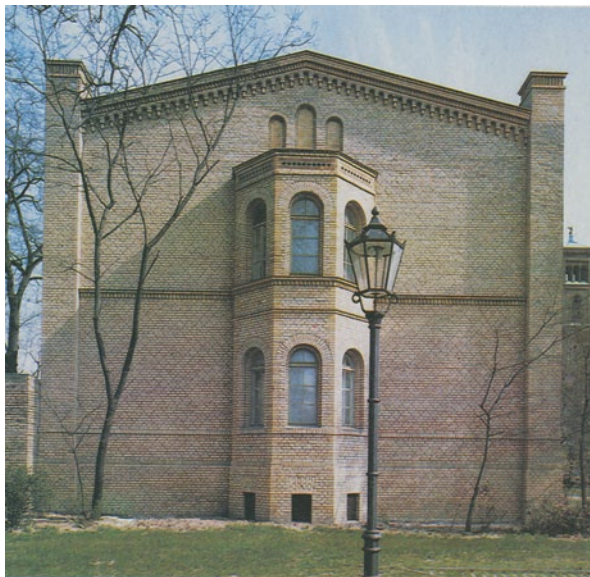
**Abb. 2.44** Lübeck, Burgtor. Glasierte und Formbacksteine schmücken die Mauer



dem alten Packhof in Berlin zwischen Kupfergraben und Friedrichwerderscher Kirche nach seinem Entwurf realisiert. Das konstruktive Stützenraster mit 8 Achsen in jeder Richtung lag bei 5,55 m. Die Vormauerung aus roten, unverputzten Backsteinen bestand teilweise auch aus Terrakotta-Schmuckfeldern. Dem Berliner Vorbild folgend haben die alsbald einem eklektischem Historismus verpflichteten Architekten überall in Deutschland vor allem historisierende Zierverbände entworfen und zur Ornamentierung ihrer Gebäudefronten eingesetzt.

Die in der Nachfolge Schinkels beliebt gewordenen Ziegelbauwerke im zweiten Drittel des 19. Jahrhunderts besitzen einfache, fast karge geometrische Baukörper mit zurückhaltend plastisch gegliederten Oberflächen. Die Bautechnik der Wände bestimmt die Oberflächenstruktur. Es handelt sich nämlich um Mauerwerk im Binder- bzw. Kreuzverband als Tragkonstruktion für die Außenwand meist in einer Dicke von 49 cm, die sowohl statische als auch klimatische Anforderungen dieser Zeit berücksichtigt. Der Kreuzverband mit seiner diagonalen Wirkung der Fugen arbeitet dabei den horizontal gelagerten Steinschichten optisch entgegen. Dies kann man am 1845 von Ludwig Persius entworfenen, ehemaligen Diakonissenkrankenhaus Bethanien in Berlin-Kreuzberg beeindruckend erfahren (Abb. 2.45).

**Abb. 2.45** Berlin, Diakonissenkrankenhaus Bethanien. Diagonalfugen im Kreuzverband



Gestalterische Mittel der Fassade sind Öffnungen für Fenster und Türen mit tief abgestuften Leibungen, mit senkrechte Pfeiler andeutenden Mauervorlagen bzw. Lisenen, mit kreis- oder segmentförmigen Bögen überbrückt. Deswegen spricht man bei diesen Gebäuden auch vom „*Rundbogenstil*“. Desweiteren werden folgende Gestaltungselemente eingesetzt: bandförmige rote Steinschichten in der gelben Wandfläche, betontes Sockel-, Gurt- und Hauptgesims als schmückendes wie gliederndes Band. In Fällen reicherer, ornamentierender Gestaltung setzen geometrische oder vegetabil-plastische Formelemente aus Terrakotta wie Kapitelle, Akrotere, Archivolten oder figürliche Darstellungen Akzente. Gerne werden auch Eingangsarkaden auf Säulen mit glatten oder gemauerten Schäften gebaut wie z. B. an der von Friedrich August Stüler als Weiterentwicklung der Schinkelschen Vorstadtkirchen entworfenen und von Gustav Möller 1859–1861 gebauten St. Lukas-Kirche in Berlin-Kreuzberg.

Nach der Gründung des Deutschen Reiches kam es zwischen 1870 und 1890 zu Ausweitung der Farbpalette der Mauerziegel. Ein Gebäude oder eine Fassade wurde jetzt allein mit Mauerziegeln gebaut. Meistens wählte man dafür rotfarbene, sehr gerne auch gelbe Steine. Neben dem Grundformat gab es die daraus entwickelten Formsteine. Sie besaßen manchmal auch eine farbige, bevorzugt grüne Glasur. Architekten setzten derartig gefärbte Mauerziegel für ihre Gebäude ein. Zumeist bleiben Ornamente dabei im Wandfond, können aber auch, allerdings nur geringfügig, plastisch hervortreten. Dann zeigt sich die intensive Wirkung der Schattenbildung auf der Fassade. Beispielhaft findet man diese Art der Gestaltung an den Arbeiterwohnhäusern in Berlin-Spandau.

Der Wandfond des Gebäudes kann aber auch mit einer hellen Putzoberfläche ausgestattet sein. Architekturelemente wie Risalite, Lisenen, Fenster- und Türeinfassungen, Gesimse, Bögen, Pfeiler und bildnerische Schmuckelemente bestehen

**Abb. 2.46** Berlin, St.Afra-Kirche. Weiße Putzflächen kontrastieren mit roten Backsteinen



**Abb. 2.47** Berlin, Kunstgewerbemuseum. Das rote Backsteinmauerwerk wurde mit reichem Dekor geschmückt, u. a. mit Terrakottaplaten und Mosaiken



dann im Gegensatz dazu zumeist aus roten Ziegeln, so an der 1898 gebauten St. Afra-Kirche in Berlin-Wedding. Die weiße Putzfläche kontrastiert prächtig mit dem roten Blendmauerwerk. Diese Art der Fassadengestaltung wurde in ganz Deutschland äußerst beliebt (Abb. 2.46).

Der rot gebrannte Ziegel gibt den farblichen Grundton der Fassade, der als farbliche Abweichung zu anderen Baustoffen gerne eingesetzt wird. Signifikante Fassadenelemente wie Fenster- oder Türgewände oder Blendarchitekturen werden aus Natursteinen oder Stuck und Putz hergestellt. Selbst farbige Mosaik, sandsteinerner Reliefplatten und sogar Terrakottaplaten geben der Fassade ein farbenreiches, buntes Aussehen, wie es besonders qualitativ am 1876–1881 von M. Gropius und H. Schmieden erbauten Kunstgewerbemuseum in Berlin größtenteils erhalten blieb (Abb. 2.47).



In die Ziegelwände konnten außerdem besondere, gliedernde und ornamentierende Elemente aus bildnerisch geformten Natursteinen, aus Putz oder aus Stuck eingefügt werden. Diese Elemente sind in der Regel besonders üppig reliefiert, so etwa am 1903–1904 erbauten Postamt in Berlin-Tiergarten.

### 2.2.6 Industriell gefertigte Mauerziegel

Mit der Industrialisierung wurde auch bald die Herstellung der Mauerziegel mechanisiert. Zunächst gab es Maschinen, die das Abstreichen und Formen übernahmen. Erst dann setzte sich ein Verfahren durch, bei dem die Ziegel ihre Form durch Strangpressen erhalten haben und geschnitten wurden. Stranggepresste Ziegel haben eine sehr glatte Oberfläche. Im Strangpressverfahren lassen sich auch Sonderformen wie Lochziegel fertigen. Andere Fortschritte gab es beim Brennen. Zunächst wurde durch die so genannte überschlagende Flamme die Temperatur im Meiler gleichmäßiger und damit der Ausschuss oder der Anteil minderer Qualität verringert. Infolge der hohen Brenntemperaturen verlor allerdings das Ziegelmehl seine frühere hydraulische Wirkung (Scholz 1999).

Als Friedrich Hoffmann 1859 seinen ersten Ringofen baute und damit die Willkür des auf Geschick und persönlicher Erfahrung beruhenden, bisherigen Brandprozesses zu einer systematischen, mit wissenschaftlicher Sicherheit behandelbaren Technik machte, setzte er die oben geschilderte Neubelebung des Backsteinbaues in Gang. Das Aufkommen der industriellen Ziegelfertigung ermöglichte die massenhafte Herstellung und erwirkte eine Verbilligung des zugleich maßhaltigen Mauerziegels, der bei deutlich höheren Temperaturen wie früher gefertigt wurde. Klinker, d. h. Vormauerziegel, die bis zur Sinterung gebrannt wurden, eigneten sich vor allem für große Klinkerfassaden, insbesondere von Kirchen und im Industriebau.

Der industriell gefertigte Mauerziegel wurde in der Folgezeit stetig verbessert und wird heute vollautomatisch hergestellt. Darüber hinaus haben sich im späten 19. und im frühen 20. Jahrhundert doppelschalige Mauerwerke ohne mittlere Füllschicht, also nur mit einer Luftschicht dazwischen, und Mauern aus verschiedenen harten Mauerziegeln z. B. aus frostbeständigen Vormauerziegeln und weicheeren Hintermauersteinen entwickelt. Fritz Schuhmacher hat als Oberbaudirektor 1909–1933 mit der Wiederbelebung des werkgerechten Backsteinbaues der Stadt Hamburg ein nordisch herbes Lokalkolorit geben können. Er griff insbesondere mittelalterliche Verbände auf.

Die Modernität dieser Mauern verrät jedoch der Dreiviertelstein in der Läufer-schicht jeweils am Maueranfang und vor allem das nun verwendete, neue Backsteinformat, das Reichsformat (s. Tab. 2.3).

Die 1919/1920 erbaute Großstation Nauen für drahtlose Telegraphie von Hermann Muthesius zeigt Fassaden ausschließlich mit im Reichsformat gemauerten Klinkern. Die architektonische Ausschmückung ist sehr zurückhaltend. Das Gebäude passt sich gut in die ebene Landschaft des Havellandes ein. Die dunklen Klinker unterstreichen die Schlichtheit und imposante Größe. Mit Verzierungen wurde recht sparsam umgegangen. Was hier wirkt, sind Form und Ausmaß. Dabei wurde



die Klinkerschale als Verblendwerk vor eine Stahl- oder Eisenbetonkonstruktion gesetzt, wie etwa auch bei der 1918–1926 von Fritz Schuhmacher gebauten Finanzbehörde am Gänsemarkt in Hamburg (Benevolo 1988).

### 2.2.7 Moderne Mauerverbände und -formate

Mit der Reichsgründung 1871 wurde das Format der Mauerziegel im gesamten Deutschen Reich einheitlich normiert; das damals festgelegte Reichsformat wies ein Steinmaß von  $25\text{ cm} \times 12\text{ cm} \times 6,5\text{ cm}$  auf (s. Tab. 2.3). Damit war der Mauerziegel erstmals Bestandteil des metrischen Systems. Die Lagerfuge, im Mittelalter noch bis zu 4 cm stark, schrumpfte jetzt auf exakt 1,2 cm, weil 13 Backsteinschichten aufeinander gemauert zusammen mit ihren Mörtelfugen genau einen Meter Mauerwerkshöhe ergeben sollten (Opderbecke 1910).

Im März 1957 wurde das Reichsformat einheitlich im geteilten Deutschland durch das in der neuen DIN 105 festgelegte Normalformat ersetzt. Dieses beträgt seither genau  $24\text{ cm} \times 11,5\text{ cm} \times 7,1\text{ cm}$ . Mit den Mörtelfugen ergeben jetzt zwölf aufeinander gesetzte Schichten einen Meter Mauerwerkshöhe und vier hintereinander vermauerte Läufer mit je einer Stoßfuge von 1,0 cm Dicke einen Meter Mauerlänge. Ergänzend dazu wurden verschiedene Formate festgesetzt: Neben dem Normalformat NF gibt es das Dünnformat DF mit nur 5,2 cm Steinhöhe und zudem Großformate, die alle aber ein gemeinsames Vielfaches des DF oder NF aufweisen (Scholz 1999, Abb. 2.48).

Im Zuge der zwingend zu verbessernden Wärmedämmung von Außenwänden füllte man in die Luftschicht des zweischaligen Mauerwerks wärmedämmendes Material. Dies kam vor allem in den sog. Fertighäusern zur Anwendung. Da solches Mauerwerk überall in Deutschland einheitlich zur Verwendung empfohlen wurde, gab man bewusst das norddeutsche Lokalkolorit auf.

Ebenfalls aus Gründen der Verbesserung der Wärmedämmung entwickelte die Ziegelindustrie um 1970 den porosierten Mauerziegel, der aufgrund seines geringen Gewichts zumeist in großformatigen Blöcken hergestellt und verwendet wurde. Die Steine werden mit Dämmörtel vermauert, wobei die Stoßfuge ohne Mörtel auskommt, weil die Steinstöbe aus ineinander greifenden Zähnen bestehen. Damit wurde eine weitgehend homogene, gemauerte Wand möglich. Die Hersteller füllten die Kammern der porosierten Steine schließlich mit Blähton, Perlite oder Styroporkügelchen, um die Wärmedämmeigenschaften des Steins noch einmal zu steigern. Diese Steine mit ihren porosierten dünnen Ziegelstegen konnten nun nicht mehr in traditioneller Weise mit dem Maurerhammer zugeschlagen, sondern mussten mit Steinsägen sorgfältig geschnitten werden. Außerdem mussten die Maurer darauf achten, dass dieses empfindliche Steinmaterial nicht durch unsachgemäßen Transport, Lagerung und Verarbeitung mechanisch bestoßen oder zerbrochen wurde. Die früher oft so grobschlächtige Tätigkeit des Maurers entwickelte sich zu einer filigranen Handwerksarbeit, zu der die häufig nur notdürftig angelernten Bauarbeiter auf den heutigen Baustellen freilich kaum mehr in der Lage sind (Abb. 2.49).

**Abb. 2.48** Pegau, Alte Polizei. Durch Ausbesserungen im Mauerwerk, die zu verschiedenen Zeiten notwendig geworden waren, kommen hier beinahe alle Backsteinformate vor



**Abb. 2.49** Mauerwerk aus porositerten Mauersteinen



**Abb. 2.50** Schottersmühle/  
Oberfranken. Kellermauer-  
werk mit Lehmörtel



### 2.3 Historischer Feuchteschutz

Eine Mauer vor Feuchte und den mit ihr verbundenen schädlichen Mechanismen zu schützen, war zu allen Zeiten ein wichtiges Anliegen der Baumeister. Deshalb errichteten sie zumeist die ersten Steinschichten eines Mauerwerks aus Natursteinen mit einem Lehmörtel, der als Lagerfuge vollflächig verhinderte, dass Feuchtigkeit aus dem Baugrund kapillar in die Mauer aufsteigen konnte. Kellerwände wurden häufig in ganzer Höhe mit Lehmörtel gemauert. Insbesondere Werksteinsockel von Fachwerkgebäuden besitzen zumeist Lehmörtelfugen. Der dafür verwendete Lehmörtel bestand aus geeignetem Lehm und Wasser. Er erhärtete durch das Verdunsten des Wassers. Die Zumischung von Kälberhaaren, Schweineborsten, Stroh, Heu und Kuhmist minderte die Schwindrissgefahr (Schmitt und Heene 1993, Abb. 2.50).

Eine weitere Möglichkeit, die Wand vor aufsteigender Feuchte zu schützen, war die Herstellung von Lager- oder Stoßfugen aus Teerpech und im 19. Jahrhundert aus Asphalt. Das erhitzte Pech wurde in die Fugen gegossen und bildete nach dem Erkalten eine dauerhafte schwarze Vergussmasse. In der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts entwickelte die Bauindustrie wirksame Mauersperrpappen (Scholz 1999) aus mit Teer getränkten Rohpappen oder Wollfilzpappen, die in der Hauptsache aus Lumpen bestanden. Die Fa. A. W. Andernach in Beuel a. Rhein erwarb in den Jahren nach der Reichsgründung mehrere Reichs-Patente zur Herstellung „*besonders wetterfester, wasserdichter, feuersicherer Asphalt-Dachpappen*“ und als Spezialität „*Asphalt-Steinpappen*“, dazu das Patent auf „*Siebels Bleisolierplatten aus Gußasphalt*“ (Abb. 2.51).

Die Pappen legte man zumeist in die Fuge der ersten Steinschicht oberhalb der Geländeoberkante oder unmittelbar unterhalb der Kellerdecke ein. Beim Kellerinnenmauerwerk wurden solche Pappen auf die erste Schicht über dem Fußboden aufgebracht. Erst als anfangs des 20. Jahrhunderts dauerhafte Bitumenemulsionen als Beschichtung für Kelleraußenwände eingesetzt wurden, konnte die inzwischen entwickelte Bitumenpappe auch im Kelleraußenmauerwerk knapp über dem Fußboden verlegt werden. Damit war die dauerhafte Lösung, wie sie heute die DIN 18195 auch in ihrer neuesten Fassung für den Neubau vorschreibt, geboren (Weber 2000).

Auch Mauerwerk mit ganz exakt ausgebildeten, passgenauen Werksteinfugen leisten dauerhaft Widerstand gegen eindringendes Wasser (s. Abb. 1.21). Der Maurer in

**Abb. 2.51** Briefpapier der Firma Andernach mit Angabe ihrer Produkte gegen Baufeuchtigkeit

Mehrere  
**Deutsche Reichs-Patente**  
zur Herstellung besonders wetterfester, wasser-  
dichter, feuersicherer  
**Asphalt-Dachpappen,**  
**Falttafeln, Isolirtapeten etc.**  
Specialitäten:  
**Asphalt-Steinpappen,**  
besonders dauerhafte kernige  
Dachpappen.  
**Asphalt-Dachlack.**  
Asphalt-Dachkitt.  
**Andernach's Holzcement la aecht**  
und Holzcement-Papier  
zur Herstellung der Holzcement-Dächer.  
**Lacke.**  
Asphaltpapier, Holztheer la deutsch  
**Carbolineum,**  
Desinfectionsmittel.  
  
Andernach's  
schmiegsame Asphalt-Isolirplatten,  
ferner  
**Asphalt-Filzplatten**  
sowie  
Isolirplatten aus Gussasphalt.  
**Patent-Falttafeln**  
**„KOSMOS“.**  
zur Bekleidung feuchter Innen- und Aussenwände  
  
**Patent-**  
Hohlraum-Isolir-Tapeten.  
Prospekte und Muster postfrei und unsonst.

vergangener Zeit wusste, welche Natursteine mit einem besonders geringen Wasseraufnahmevermögen für Kellermauern eingesetzt kaum Feuchtigkeit aufsaugen und an den Innenraum abgeben konnten. Es handelte sich in der Hauptsache um Mauersteine aus besonders dichtem Sandstein oder Ergussgesteinen wie Granit, Syenit, Basalt und Diabas, also um Steine mit einer Rohdichte  $\rho = 2.800\text{--}3.000 \text{ kg/m}^3$ . Der letztgenannte dunkelgrüne Stein zeichnet sich durch eine Wasseraufnahmekapazität von  $< 1,0$  Volumenprozent aus. Wohnhäuser wurden bis ins 19. Jahrhundert hinein mit Kellermauern aus Granit, Basalt oder Diabas vor Feuchte geschützt. Oft wurde

**Abb. 2.52** Leipzig, Harnackstr.3. Links sind die dunklen Diabassteine als Schutz gegen aufsteigende Feuchte vermauert. Darüber wurde mit Mauerziegeln die Kellerwand vollendet



**Tab. 2.4** Porosität, Dichte und Wasseraufnahme einiger für Mauerwerk verwendeter Natursteine. (Die Kenndaten stammen aus: Knöfel, Lucas, Weber)

Gesteinsart	Porosität Volumen (%)	Dichte ( $\rho 10^3 \text{ kg/m}^3$ )	Wasseraufnahme DIN 52103 Volumen (%)
Hellgrauer dichter Felsengips aus der Windsheimer Bucht	2	2,28–3,1	0,8
Roter fester Schilfsandstein	18,3	2,11	17,0
Köln, Schlaitdorfer Sandstein	12–17	2,15	8–12
Abbacher Grünsandstein	17–23	2,13	12–17
Quarzsandstein	0,5–25	2,64–2,72	0,5–24
Tuffstein	20–30	2,62–2,75	12–30
Granit	0,4–1,5	2,62–2,85	0,4–1,4
Basalt	0,2–0,9	3,00–3,15	0,2–0,8
Diabas	0,3–1,1	2,85–2,95	0,3–1,0
Quarzit	0,4–2,0	2,64–2,68	0,4–1,3
Travertin	5,0–12	2,69–2,72	4,0–10

das Kellermauerwerk nur bis in Höhe des Grundwasserstandes aus solchen sehr dichten Natursteinen errichtet, oberhalb mauerte man mit Backsteinen weiter (Abb. 2.52).

Eine ähnlich geringe Saugfähigkeit besitzen auch Gipssteine aus der Windsheimer Bucht und Quarzsandsteine. Wie die Tab. 2.4 zeigt, können dagegen die meisten Sand- und Tuffsteine viel bis sehr viel Wasser aufsaugen und sind relativ rasch durchfeuchtet. Ihre große Wasseraufnahmefähigkeit korreliert mit ihrer Porosität, deshalb ist der Tuffstein der saugfähigste aller genannten Steine.

Um Mauerwerk trocken zu halten, wurden im 19. Jahrhundert Luft- oder Isolierschichten in ihm empfohlen. (Opderbecke 1910), weil die in diesen eingeschlossene Luft als ruhende Schicht und daher als schlechter Wärmeleiter angesehen wurde. Die Luftschicht sollte darüber hinaus stets trockene Außenmauern garantieren. Es stellte sich jedoch schnell heraus, dass die Luft in den Hohlräumen im Mauerwerk keine ruhende sein konnte, denn es konnte immer feuchtwarme Luft von Außen oder von Innen in die Luftschicht diffundieren. Mineralische Baustoffe sind wasserdampfdurchlässig, lassen also Wasserdampfdiffusion zu. Das Temperaturgefälle



**Abb. 2.53** Belüftungsröhrchen nach Knapen, sog. Mauerlunge



zwischen Außenluft und Innenraum führt dazu, dass die Luftschicht zwei unterschiedlich warme Mauerwerksteile trennt. Es entstand also immer Tauwasser am jeweilig wesentlich kälteren Mauerwerksteil. Dieses Problem konnte auch mit Umlaufluft in den Luftschichten nicht gelöst werden.

Dieselbe Unwirksamkeit stellte man schnell bei den Patent-Falztafeln „Kosmos“ fest. Dabei sollten wasserdichte Falztafeln auf die feuchte Mauer genagelt und anschließend verputzt werden. In ihren Fälzen sollte sich trockene Luft halten, in die dann die Feuchte aus dem Mauerwerk hineinwandern sollte. Die Falztafeln versagten jedoch sehr schnell. Sie kaschierten in der Tat nur die wahre Feuchtigkeit des Mauerwerks. Da sie selbst wasserdicht waren, konnte das Wasser in der Wand nicht verdunsten. Es stieg infolgedessen im Mauerwerk immer höher, bis es einen Verdunstungshorizont erreichte (Frössel 2009).

Im 20. Jahrhundert kamen die Belüftungstonröhrchen nach Knapen oder die Kunststoffröhrchen als Mauerlunge auf. Sie sollten vor allem Haussockel entfeuchten. Auch diese stellten sich schnell als unwirksam heraus, denn in den Röhrchen entstand ein Kleinklima, das zum Tauwasserausfall im Röhrchen führte (Abb. 2.53).

Eine nachhaltige Entfeuchtung von Mauerwerk bot dagegen der Isoliergraben. Solche Gräben wurden vor der Kellermauer angelegt, um ihre Erdberührung zu verhindern. Außerdem konnte man jetzt auch Kellerfenster anordnen. Die Gräben mussten wenigstens 70 cm breit sein, um eine allfällige Reinigung bzw. ein Begehen zu ermöglichen. Die Isoliergräben blieben entweder oben offen oder wurden mit Steinplatten oder mit Gewölben überdeckt. Dem Erdschub widerstehende Stützmauern trennten die Gräben vom benachbarten Erdreich. Diese wiederum konnte man mit Hilfe von Mauerbögen mit dem Kellermauerwerk verspannen.

Die Baumeister des 19. Jahrhunderts versuchten das Durchfeuchtungsproblem auch mit Isoliermauern aus hartgebrannten Klinkern in Zementmörtel zu lösen. Diese wurden in einem Abstand von wenigstens 7 cm vor dem eigentlichen Kellermauerwerk auf einer Verbreiterung des Kellerfundaments gegründet. Der Hohlraum zwischen Isoliermauer und Kellermauer musste selbstverständlich entwässert und gelüftet werden (Opderbecke 1910).

Die Kellermauern hat man oft auch mit innen angebrachten, lotrechten Isolierschichten trocken gehalten. Sie sind damals schon nach dem Prinzip der „*innenliegenden Wanne*“ konstruiert worden. Dazu wurden Asphaltestrich, Asphaltplatten oder „*Siebels-Blei-Isolierplatten*“ eingesetzt. Die Asphalt- oder Isolierplatten wurden an die Kellerwand geklebt und durch eine Vormauerung geschützt.

Weitere historische Abdichtungsmaterialien seien hier kurz aufgezählt (s. auch Balak und Pech 2008):

Glas wurde als kapillARBrechende Schicht im Mauerwerk entweder als grüne, 3,5 mm dicke, unten gerillte Tafelglasplatten im Sandbett oder als 3–5 mm dicke Rohglastafeln im Zementmörtel verlegt. Die Fugen wurden verkittet.

Blei-Isolierplatten, im Handel als „*Siebels Blei-Isolierplatten aus Gussasphalt*“, bestanden aus 0,5 mm starkem Walzblei, das in mit Teer getränkter Pappe eingelegt wurde. Diese Platten verhinderten im Mauerwerk aufsteigende Feuchtigkeit.

Asphalt ist ein seit Urzeiten verwendetes Abdichtungsmittel. Sein Name ist griechischen Ursprungs, die Römer nannten es „*Bitumen*“. Zum Abdichten gegen aufsteigende Feuchte legte man eine Schicht aus reinem Asphalt oder Teer in einer Dicke von 2,5 cm auf eine Mauerwerksschicht auf. Manchmal verwendete man auch Teerpapier, ein in Steinkohlenteer getauchtes Papier, das man außerdem mit Sand bestreute.

Weiteres Abdichtungsmaterial war damals das Asphaltmastix, eine bitumenreiche Mischung aus Erdölbitumen, Sand und Gesteinsmehl, die Asphaltfilzplatten aus in heißen Asphalt getauchten und anschließend mit Sand bestreuten Filzplatten, der Gussasphalt, eine Mischung aus Asphaltmastix, Pech oder Teer und scharfkantigem Kies und schließlich das „*Goudron*“, dem Sammelbegriff für alle heißflüssigen Abdichtungsmassen. Des weiteren benutzte man zur Abdichtung feuchten Mauerwerks Mastixzement, Teerzement, Steinkohlenteer, Holzteer, Kolophonium und schließlich den sehr dichten, aber spröden Portlandzement.

Eine uraltes Verfahren, Backsteinmauerwerk gegen aufsteigende Feuchte abzudichten, war die Imprägnierung der Steine mit Seife und Alaun. Diese Methode war schon im alten Ägypten bekannt. Die Mauerziegel wurden zunächst mit flüssiger Seife und anschließend mit im Wasser gelöstem Alaun bestrichen.

---

## 2.4 Lehmmauerwerk

### 2.4.1 LehmPisémauerwerk

Häufig errichtete man Mauern aus Lehm als Lehmstampfwand, die im Mittelalter als sog. „*Pisé*“-Bauweise von römisch-karthagischen Vorbildern übernommen worden ist. Zunächst wurde eine Schalung aus Holzbrettern hergestellt, die mit Hilfe einzelner Holzbalken gegen seitliches Ausweichen gesichert wurde. Die gut durchgemischte, nasse Masse stampfte man in Schichten von 10–30 cm Höhe in diese Schalung ein. Dafür konnte jede fette Erdart, in der Hauptsache jedoch Lehm mit Strohhäcksel, Kälberhaaren oder Schweineborsten vermischt, verwendet werden. Nicht geeignet erschienen magerer Sand, fetter Ton, Dünger- und Humusboden.

**Abb. 2.54** Lehmputz auf der Wand unter Kalkfarben



Nach dem Austrocknen und damit verbundenem Erhärten der Masse konnten Schalung und Querhölzer leicht beseitigt werden. Manchmal wurden diese durch die Mauer hindurch gehenden Holzbalken auch an Ort und Stelle belassen, weil sie wie beim Backsteinmauerwerk die Standsicherheit der Lehmmauer verbessern konnten. Solche Wände musste man wegen der schlechten Putzhaftung oberflächlich kräftig aufkratzen, um sie anschließend mit einem Lehmverputz versehen zu können. In neuerer Zeit verwendet der Maurer auch einen Kalklehmputz auf einem Putzträger wie Hasendraht, Rippenstreckmetall oder Rabitz (Volhard und Röhlen 1999).

Da die Lehmwände trotzdem vor allem durch Nässe leicht beschädigt werden können, mussten sie zusätzlich durch baukonstruktive Maßnahmen geschützt werden: Weit übergreifende Dächer und vorzügliche Isolierung von unten – früher unten in die Mauer eingestampfte Tonschichten, seit Ende des 19. Jahrhunderts eingelegte Dachpappen – halfen, Schäden infolge von Witterungseinflüssen und aufsteigender Erdfeuchte weitgehend zu vermeiden. Das Lehmputzmauerwerk kommt heute nicht mehr sehr häufig, allenfalls als Kellermauerwerk oder in der Landwirtschaft, vor.

### 2.4.2 Lehmwände

Reine Lehmwände wurden seit dem 9. Jahrhundert auf niedrigen Steinfundamenten „mit der Forke aus feuchten Lehmputzen geschichtet und nach dem Trocknen mit dem Beil oder Spaten geglättet“ (Mislin 1988). Mit Hilfe dieser sehr einfachen Technik entstand die Lehmputzenwand. Sie wurden aus Wellerlehm oder Strohlehm, einem halbsteif aufbereitetem Gemisch aus Stroh und Lehm, hergestellt. Die schweren Mischungen bzw. Patzen aus Stroh und Lehm hat der Maurer ohne Schalung aufgebaut. Dabei wurden die Wände freihändig mit der Gabel bis zu 80 cm Höhe aufgesetzt und nach wenigen Tagen fluchtgerecht mit Spaten und Beil abgearbeitet. Wellerwände besaßen wie alle Lehmwände ein hohes Schwindmaß, deshalb musste man sie mehrere Monate lang austrocknen lassen, bevor man sie mit Lehmputz überziehen konnte (Abb. 2.54).

**Abb. 2.55** Erlangen-Bruck.  
Mit Lehm ausgemauerte  
Fachwerkkinnenwand



Lehmwände hat man andererseits auch aus in Formen gepressten und aus Strohlehm hergestellten Lehmsteinen oder Lehmformlingen aufgemauert. Der Strohlehm erhielt Beimengungen aus feinen Pflanzenfasern wie Spreu, Häcksel, Grannen als Bewehrung zur Verbesserung der Wärmedämmung der Lehmwand. Im Handstrichverfahren wurden weiche Lehmputzen in rechteckige Formenrahmen geschlagen und mit einem Holzseicht abgestrichen. Im Strangpressverfahren wurden seit dem ausgehenden 19. Jahrhundert sog. „*Grünlinge*“ hergestellt, d. h. der zum Ziegeln bestimmte Lehmstoff wird erdfeucht in Formen gepresst und ungebrannt, also „*grün*“, vermauert.

Heute werden die Steine von einem durch ein Mundstück gepressten Strang abgeschnitten. Sie werden zumeist mit Lehmmörtel oder trocken ohne Mörtel vermauert. Die Wände werden anschließend kräftig aufgekrazt oder mit einem Putzträger überspannt, damit ein Kalkputz haftet. Sie können als Wandausfachungen, Deckenauflagen, Vorsatzschalen, trockene Stapelwände und sogar als tragendes Mauerwerk eingesetzt werden (Volhard und Röhlen 1999).

### 2.4.3 Fachwerkwände

Die nachweislich seit 800 Jahren in Mitteleuropa gebauten und noch heute erhaltenen Fachwerkhäuser bestehen aus einem Tragskelett aus Holz und Ausfachungen zwischen den Balken der Wände aus verschiedenen Baustoffen, häufig aus Holzstakungen mit einem Bewurf aus Strohlehm, aus Lehmsteinen, aus zum Mauern verwendeten Lehmmörteln und sind meistens mit Lehm verputzt. Die Maurer verschlossen die Gefache auch mit lokal verfügbaren Baustoffen, z. B. mit Mauerwerk aus Natursteinbrocken, aus Backsteinen oder einfach mit in fetten Kalkmörtel gelegten Steinbrocken aller Art. Manchmal wurden die Gefache auch mit sauber verfugten Klinkern ausgemauert. Auch Holzbretter dienten als Gefachverschluss (Abb. 2.55).

Wegen der hohen Sorptionsfähigkeit des Baustoffs Lehm gegenüber Nässe wurden die Ausfachungen auf der Wetterseite des Gebäudes durch überstehende Dächer

**Abb. 2.56** Herbrechtingen, Bauernhaus. Die mit Lehm ausgefachte Fachwerkkinnenwand macht die Schiefstellung klaglos mit



und später auch durch Verkleidungen, z. B. aus Holzschindeln oder Schieferplatten, vor Regen geschützt. Sichtfachwerk wurde selbstverständlich nur innen verputzt. Bei Zweckbauten wie Scheunen, Remisen oder Ställen wurde auch in den Städten auf Verputz verzichtet.

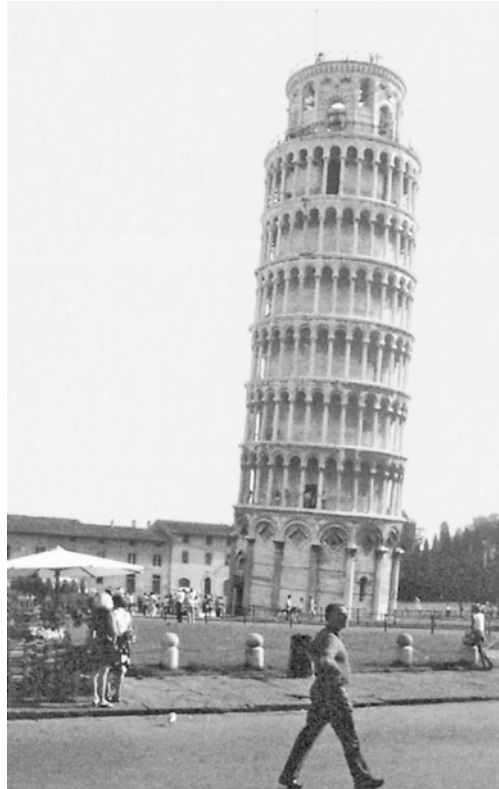
Die Wanddicken des Fachwerks entsprachen der Stärke der Holzbalken, in der Regel 16 cm bis maximal 18 cm. Wegen dieser geringen Wandstärke konnten Ausfachungen mit Lehm auf Stakung nicht stärker als die Holzbalken und Lehmsteine nur im Läuferverband ausgeführt werden. Dabei bildete die Fuge zwischen Gefachverschluss und Fachwerkbalken eine Problemzone: Da Holz und Lehm jeweils ein unterschiedliches Verformungsverhalten durch Schwinden und Quellen zeigen, bilden sich an allen Balken der Fachwerkwand entlang Risse, in die Feuchtigkeit eindringen und wieder verdunsten kann. Die Abdichtung dieser Risse am historischen Fachwerk gegen Feuchteintrag und Luftdurchströmung ist nicht möglich.

Mit Lehm ausgefachte Fachwerkwände machen die Schiefstellungen eines alten Gebäudes mit. Sie können durchaus in der Schiefstellung eine neue Haltbarkeit gewinnen (Abb. 2.56).

Lehm- bzw. Lehmsteinwände besitzen einen Wärmedurchgangskoeffizienten  $U=2,315 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Sie haben deshalb kaum eine wärmedämmende Wirkung. Um historisches Fachwerk deswegen vor unförmigem Einpacken in Wärmedämmung zu retten, hat der Gesetzgeber in der Energieeinsparungsverordnung 2009 (EnEV 2009) es von den dort festgelegten Anforderungen befreit.



**Abb. 2.57** Schiefer Turm  
von Pisa

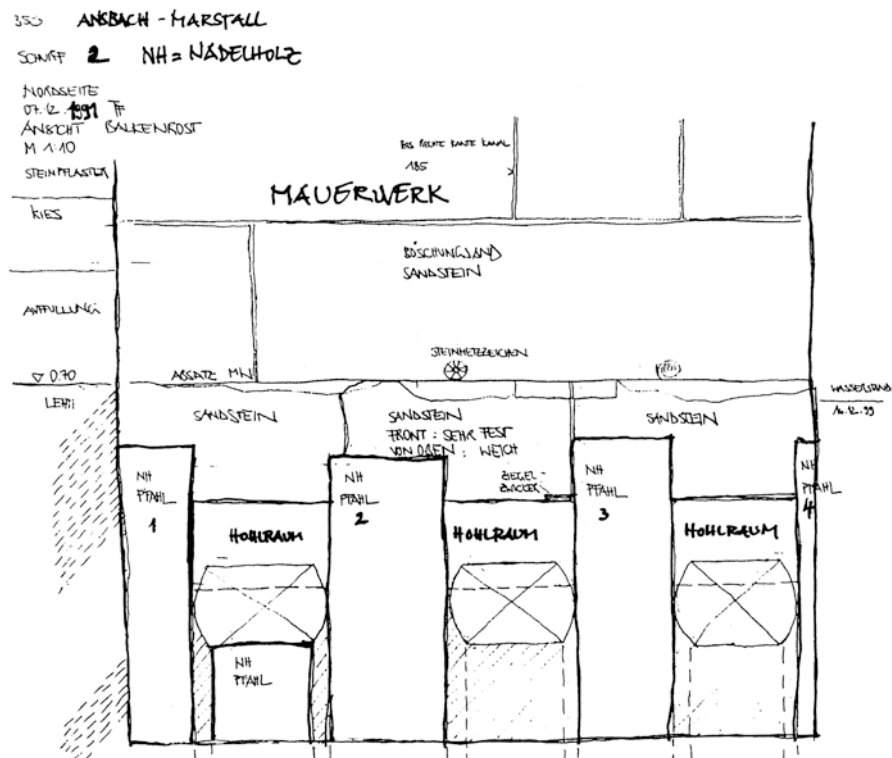


## 2.5 Fundierungen

Während die Römer große Sorgfalt auf eine solide Fundamentierung ihrer Bauwerke legten und bereits das frosttief „betonierte“ Streifenfundament kannten, waren die mittelalterlichen Bauten zumeist unzureichend gegründet, wie es besonders spektakulär der freistehende Campanile des Doms zu Pisa, der sog. „*Schiefe Turm*“ zeigt (Abb. 2.57).

Selbst bei Großbauten wie dem Mainzer Dom führten die mangelhaften Fundamente rasch zu schweren Schäden im aufgehenden Mauerwerk und mussten entsprechend repariert werden. Diese Neigung zu nicht ausreichenden Fundamenten zeigte sich auch an Wehrbauten. Die Fuldaer Stadtmauer (Abb. 1.17), die größtenteils aus dem 12.–15. Jahrhundert stammt, zeigt, wie durch Sondagen festgestellt werden konnte, kaum ein Fundament. Die ganze, immerhin über vier Meter hohe Mauer mit Wehrgang steht heute noch größtenteils direkt auf dem Humus der Fuldaaue. Ihr Fundament besteht vor allem aus demselben in Kalkmörtel verlegtem Kalkbruchstein-Mauerverband wie das aufgehende Mauerwerk.

Am 24. Mai 1757 zeigte der östliche Teil des NO-Flügels des Marstalls am Residenzschloss in Ansbach innen starke Verformungen als Folge einer allmählichen



**Abb. 2.58** Ansbach, Marstall. Holzpfähle als Fundament. (Zeichnung nach Ing.-Büro Dr. Bergmann, München)

Durchbiegung der Holzdecke. Der markgräfliche Bauinspektor Steingruber vermutete, dass der großzügige Zimmerausbau im 1. Obergeschoss die Fundamente der Deckenstützen überlastet hatte. Zwei Tage später hatte er dazu einen Detailplan gezeichnet, der die Situation darstellte. Dieser Plan und eine Variante dazu zeigen im Querschnitt durch den NO-Flügel im Erdgeschoß die 1729 noch von ihm selbst nach Plänen des Obristbaudirektors Zocha gebauten Holzbalkendecken und zwei sie stützende, tuskische oder „römische“ Pfeiler mit ihren Fundamenten und Holzpfählen darunter. Sie sollten die Unterzüge der Holzbalkendecke mit dem Fußboden des Obergeschosses abstützen. Diese Pfeiler hatten sich samt ihren Fundamenten gesetzt und mussten nun durch neue Gründungspfähle standsicher gemacht werden (Maier 2005b, Abb. 2.58).

Die Missachtung ausreichend standsicherer Fundamente lässt sich auch im Wohnhausbau beobachten. Dies führte gleichwohl recht selten zu Setzungsschäden an den Gebäuden, da die Baumeister dieser Zeit sich mit dem Baugrund intensiv beschäftigten. Stadtgrundrisse des Mittelalters zeigen in ihrer Topographie zugleich den Verlauf des tragfähigen Baugrundes.

**Abb. 2.59** Wohnhaus-Fundament aus dem Jahre 1698. Es ist nur etwa 60 cm hoch und wesentlich breiter als die Wohnhauswand



Die Fundamente der Wohnhäuser bestanden damals oft nur aus Steinbrocken und Kalkmörtel, die in Fundamentgräben eingefüllt wurden. Haltbare Fundamente wurden aus unbehauenen Sandsteinen gemauert. Um die Fundamentoberfläche zu ebnen, wurde sehr häufig obenauf eine Schicht Backsteinmauerwerk aufgemauert (Abb. 2.59).

Die Keller waren in aller Regel wesentlich kleiner als der Wohnhausgrundriss. Daher standen die Umfassungswände eines mittelalterlichen Hauses nur zum geringen Teil auf Kellermauerwerk, sondern zumeist auf ihrem eigenen kleinen Fundamentsockel. Ebenso die tragenden Zwischenwände.

Dies änderte sich erst allmählich in der Neuzeit. Im Barock wandte sich der Architekt dem Problem „Fundament“ gründlicher zu. Andererseits wurden jetzt, bedingt durch das Wachstum der Städte über ihre Stadtmauern hinaus, auch die sumpfigen Talauen mit Häusern bebaut. So kamen nunmehr Gründungen auf Eichenholzrosten und -pfählen immer häufiger zum Einsatz. Solche Holzgründungen zumeist aus Eichenstämmen, aber auch aus Ulmen und Buchen, waren freilich schon vom mittelalterlichen Brückenbau her bekannt gewesen. Die Stämme wurden entweder liegend zu einem Rost zusammengebunden oder senkrecht in den Baugrund gerammt. Sehr häufig findet sich auch der schräg eingerammte Stamm, der sich mit seinem Gegenüber überkreuzt. Oben auf den Stammenden wurden nicht selten Bretter aufgelegt, auf denen eine Schicht aus fettem Lehm das Austrocknen der eingerammten Holzstämmen verhinderte. Diese Lehmschicht ergab dann die Gründungsebene für die gemauerte Hauswand. Durch die große Mauerdicke und das daraus resultierende hohe Gewicht wurde die fehlende Frosttiefe kompensiert, d. h. Frost machte diesen Konstruktionen wenig aus. Anders bei den Fachwerkfundamenten: sie sind zumeist vom Frost weitgehend zermürbt, da sie in der Regel zu schwach dimensioniert wurden.

Aus archivalischen Nachrichten und durch Untersuchungen vor Ort wissen wir, dass im 17., 18. und 19. Jahrhundert sehr gerne zuerkauftes Abbruchmaterial in

**Abb. 2.60** Die nicht gegen Schub abgesicherte Wand des Getreidespeichers stürzte infolge des Aushubs für neue Fundamente im Nachbargebäude ein



die Fundamente von Neubauten eingebracht worden ist. Dadurch gelangten Gipsprofile, Holzteile und ein Gemisch aus Back- und Natursteinen von verschiedenen Abbrüchen in ein und dasselbe Fundament. Das derartig durchmischte Füllmaterial wurde nun zusammen mit Kalkmörtel in die Fundamentgräben eingebracht. Solche Fundamentkonstruktionen finden sich sogar bei höfischen Bauten z. B. bei der evangelischen Pfarrkirche in Weidenbach in Mittelfranken, einer vom Hofbaudirektor Leopoldo Retty für den Markgrafen von Brandenburg-Ansbach errichteten Kirche (Maier 1991a). Um wieviel häufiger dürfen wir mit diesem reichlich sorglosen Umgang mit Fundamenten an Wohnbauten rechnen.

Da die Unterkellerung eines Wohnhauses seit dem Barock zur Regel geworden ist, erreichten die Fundamente seit dem 18. Jahrhundert automatische ausreichende Frosttiefe. Die Keller wurden überwölbt. Trotzdem saßen sie auf Fundamenten, die für sich allein ohne den seitlichen, außen anstehenden Erdwiderstand statisch keinesfalls zureichten, um den Gewölbeschub aufzufangen. Soll heute neben einem solchen Keller ein neuer errichtet werden, so muss die alte Kellerwand stets ausreichend abgestützt werden, damit beim Ausschachten des neuen Kellers der alte nicht einstürzt. Der Einsturz kündigt sich nämlich nicht allmählich durch Rissebildungen oder Ausbauchungen an, sondern geschieht urplötzlich (Abb. 2.60).

Erst mit der Entwicklung des mathematischen Standsicherheitsnachweises, wie ihn die Naturwissenschaft zuerst im Frankreich des 18. Jahrhunderts führen lernte, gelang es, ausreichende Dimensionen für Fundamente zu berechnen. Diese exakte Methode, Fundamente zu konstruieren, setzten die Baumeister in Deutschland allgemein im 19. Jahrhundert ein. Mit der Einführung des Baustoffes Beton am Ende des 19. Jahrhunderts verschwanden die Stein- und Holzgründungen aus dem Bauwesen fast völlig.



Handbuch Historisches Mauerwerk  
Untersuchungsmethoden und  
Instandsetzungsverfahren

Maier, J.

2012, X, 357 S. 310 Abb., 110 Abb. in Farbe., Hardcover

ISBN: 978-3-642-25467-3