

Wahlpflichtfach
Seminar Baukonstruktion / Bauphysik

Hochschule für angewandte Wissenschaften und Kunst
Fachhochschule Hildesheim
Fakultät Bauwesen
Fachrichtung Bauingenieurwesen

Kaydul, Taylan
Mat.-Nr. 384506

Pauls, Marten
Mat.-Nr. 384700

Historisches Mauerwerk

Geschichtliches, Grundlagen, Baustoffe, Einsatzbereiche,
Instandsetzung

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer

Inhaltsverzeichnis:

1.	Einleitung	3
2.	Grundlagen	3
2.1	Historische Baustoffe	3
3.	Geschichtliches	3
3.1	Entwicklung	3
3.2	Historischer Aufbau	4
3.3	Ausführung der Fuge	5
4.	Baustoffe	5
4.1	Steinarten	5
4.1.1	Naturstein	5
4.1.2	Backstein	6
4.2	Mörtel	6
4.3	Verschiedene Härtungsmethoden von Ziegeln	6
4.3.1	Luftgetrocknete Ziegel	6
4.3.2	Weichgebrannte Ziegel	6
4.3.3	Hartgebrannte Ziegel	6
4.4	Zusammenspiel von Mörtel und Mauerziegel	7
5.	Einsatzbereiche	7
	Die Einsatzbereiche des Mauerwerkbaues bestehen im Wesentlichen in Wohnungsbauten und Industriebauten.	7
6.	Instandsetzung	7
6.1	Ablaufschema der Mauerwerksdiagnostik	7
6.2	Standssicherheit und Tragfähigkeit	8
6.3	Mauerwerksergänzungen	8
6.4	Natursteinrestaurierung	8
6.5	Instandsetzung von Natursteinfugen	9
7.	Quellenverzeichnis	10
7.	Quellenverzeichnis	10

1. Einleitung

Der Mauerwerksbau ist eine Bauweise, die auf eine lange Tradition zurück blicken kann und sich bis in die heutige Zeit geprägt und verändert hat.

Bei unserer Ausarbeitung gehen wir auf die gegebenen Themen der Aufgabenstellung näher ein und versuchen dem Leser einen kurzen Überblick über den historischen Mauerwerksbau zu vermitteln.

2. Grundlagen

Die Technik der Mauerwerksbauweise besteht aus dem Aufeinanderschichten von Steinen; Steine und Mörtel bestimmter Festigkeitsklassen können senkrechte Lasten aufnehmen und in den Untergrund ableiten. (vgl. www.sanierung-treffinger.de)

„*Mauern sind Wände aus natürlichen oder künstlichen Steinen*“ (Müller und Vogel 1974). Der Steinbau hat sich zuerst in den städtischen Gebieten entwickelt; dies gilt sowohl für die Naturstein- als auch für die Ziegelbauweise. Der Natursteinbau wird ohne die Verwendung von Mörtel ausgeführt.

Die Übertragung der Kräfte zwischen den Steinen findet an den Fugen statt. Die Festigkeit des Mörtels ist ebenso notwendig wie die Druckfestigkeit der verwendeten Steine. (vgl. ebenda)

2.1 Historische Baustoffe

Baustoffe, die in vergangenen Zeiten verwendet wurden und heute noch in alten, historischen Gebäuden auftreten, werden als historische Baustoffe bezeichnet. Als Schwelle dient der zweite Weltkrieg, bis zu welchem von einem historischen Baustoff gesprochen wird. Alten Gebäuden werden diese Baustoffe entnommen und in einem weiteren Schritt weiter verarbeitet bzw. verbaut. Zu den häufigsten historischen Baustoffen zählen unter anderem alte Backsteine. Traditionell wurden sie von Hand gefertigt indem Lehm in einen offenen Kasten gepresst wurde und das überschüssige Material abgestrichen wurde. Anschließend wurde die Form gestürzt und der Prozess konnte erneut beginnen. (vgl. Josef 2002)

Es gibt verschiedene Gründe weshalb diese Baustoffe ein hohes Ansehen finden. Bei einigen Exemplaren handelt es sich um Unikate, aus diesem Grunde besitzen sie für viele einen exklusiven Charakter. Es findet sich auch eine ökologische Komponente; durch die Wiederverwendung des Materials werden Ressourcen geschont. Die ästhetische Komponente hat in der Praxis jedoch eine weitaus höhere Bedeutung. (vgl. <http://de.wikipedia.org/>, 1)

3. Geschichtliches

3.1 Entwicklung

„*Die Verwendung des Steins als Baustoff und seine Bearbeitung gehören zu den ältesten Errungenschaften unserer Kultur*“ (Belz u.a. 1996).

Die Menschen versuchen seit einigen tausend Jahren, Häuser aus Stein zu bauen. Dabei entwickelten sich im Laufe der Zeit unterschiedlichste Techniken und Vorgehensweisen bei der Verarbeitung und Schichtung des Materials. Zu Beginn wurde das Mauerwerk als Trockenmauerwerk ausgeführt (siehe Abb. 1); bei dieser Vorgehensweise werden die Steine lose übereinander geschichtet. In den folgenden Jahren entwickelten die Menschen Bindemittel aus Wasser und gemahlene Steine, um der Mauer eine höhere Festigkeit zu geben. Im Jahre 14.000 v. Chr. wurden bereits luftgetrocknete Lehmziegel zum Hausbau verwendet. 9.000 Jahre später wurden diese Ziegel aus Lehm und Ton durch einen Brand im Ofen

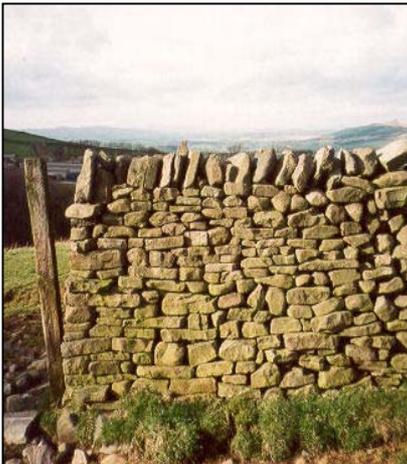


Abb. 1: Trockenmauerwerk
Quelle: <http://de.wikipedia.org/>

gehärtet, damit sich die Festigkeit und die Tragfähigkeit der Steine erhöhen.

In China wurden bereits 1.700 v. Chr. Ziegel mit verschiedenen Farben hergestellt, welche teilweise auch glasiert waren.

In Europa waren die Römer die ersten, die ihre Bauwerke mit gebrannten Lehmziegeln errichteten.

Im Mittelalter war die Verwendung des Ziegelmauerwerks insbesondere in der norddeutschen Küstenregion äußerst beliebt. In dieser Zeit prägten sich unterschiedliche Baustile aus verschiedenen Gebieten aus, wie beispielsweise die norddeutsche Backsteingotik. (vgl. www.uni-stuttgart.de/)

Im Industriezeitalter des 19. und 20. Jahrhunderts trat der Mauerwerkbau durch die Entwicklung neuer technischer Möglichkeiten in den Hintergrund. Im Bereich des Wohnungsbaus wurde diese Bauweise weiterhin verwendet, wohingegen bei größeren und moderneren Bauten neuartige Techniken in Glas, Beton und Stahl bevorzugt wurden. (vgl. Belz u.a. 1996)

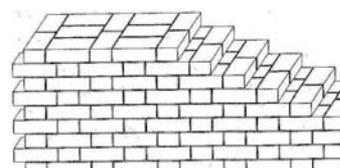
Gegenüber der einfachen Mauerwerktechnik entwickelten sich, nach der Wiederentdeckung des Mauerwerkbaues in jüngster Zeit, vielfach Mischtechniken. Bei zu aufwendigen reinen Mauerwerkstrukturen wurden Stahl und Beton als Hilfsmittel verwendet. (vgl. ebenda)

3.2 Historischer Aufbau

Im Laufe der Zeit entwickelten sich Regeln für das Schichten von natürlichen und künstlichen Steinen, die so genannten Verbandsregeln für historisches Mauerwerk. Die folgenden drei Techniken zählen zu denen, die in der Regel am häufigsten ausgeführt werden.

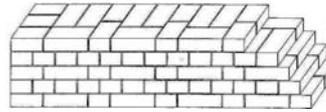
- **Gotischer Verband**

Läufer und Binder wechseln in allen Schichten



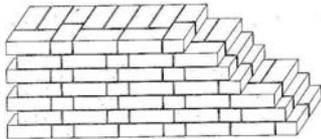
- **Holländischer Verband**

Binderschichten wie bei Blockverband,
nach jedem Läufer folgt ein Binder



- **Märkischer Verband**

zwei Läufersteine, ein Binder



(vgl. <http://www.biw.fh-deggendorf.de/>)

3.3 Ausführung der Fuge

Es gibt zwei verschiedene Ausführungsarten einer Fuge. Die ältere Variante wurde bei den früheren Massivbauten angewendet. Dabei wurde der Stein in ein volles Mörtelbett gelegt, wobei der überschüssige Mörtel abgestrichen wurde. Diese bündige Fuge hatte den Vorteil, dass sie aus einem Guss war und es weniger zu Abplatzungen kam als bei der jüngeren Variante; dem historischen zweistufigen Verfugen. Dieses Verfahren wurde im 19. Jahrhundert verstärkt angewandt. (vgl. www.spolia.de/)

Bei dem zweistufigen Verfugen musste mit dem Verfugen in einem separaten Arbeitsgang begonnen werden bevor der Mörtel ganz ausgehärtet war. Dies war nötig, um eine Verbindung beider Teile zu ermöglichen. Bei der üblichen handwerklichen Ausführung wurde die Fuge mit einer schmalen Fugenkelle oder einem Fugenholz etwa 15-20 mm aufgekratzt. Dieses Verfahren hatte den Vorteil, dass es den Mörtel anraut und somit ein besserer Verbund ermöglicht wird. Die Fuge wurde danach von Staub und Mörtelresten befreit und mit einer Bürste ausgewaschen. (vgl. ebenda)

4. Baustoffe

4.1 Steinarten

4.1.1 Naturstein

Der Naturstein zählt zu den anorganischen Baustoffen. Sie werden häufig aus Steinbrüchen und Kiesgruben gewonnen, können aber auch von der Erdoberfläche aufgesammelt werden. Aus diesem Grunde zählen Natursteine zu den natürlich vorkommenden Steinen.

Sie werden nicht gebrannt und können Unebenheiten und Farbunterschiede aufweisen. Diese Eigenschaft lässt sich nicht vermeiden und macht in gewisser Weise auch den Reiz eines Natursteines aus. (vgl. <http://de.wikipedia.org/>, 2)



Abb. 2: Natursteinmauer

Quelle: <http://de.wikipedia.org/>, 2

4.1.2 Backstein

Der Backstein wird auch als Ziegelstein bezeichnet und dient als Sammelbegriff für alle Steine aus gebranntem Ton oder Lehm. Er ist ein keramischer Werkstoff und einer der ältesten künstlichen Mauersteine. (vgl. <http://de.wikipedia.org/>, 3)

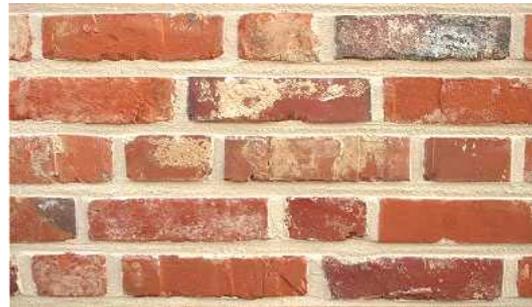


Abb. 3: Alter Backstein mit neuer Fuge
Quelle: <http://de.wikipedia.org/>, 3

4.2 Mörtel

Als Mörtel werden Baustoffe bezeichnet, die aus einem Bindemittel und verschiedenen Zuschlagstoffen bestehen. Kalk zählt zu den Bindemitteln, wohingegen Sand und Anmachwasser zu den Zuschlagstoffen gehören. Durch Trocknen wird der Mörtel abgebunden und gehärtet. (vgl. <http://de.wikipedia.org/>, 4)

4.3 Verschiedene Härtungsmethoden von Ziegeln

4.3.1 Luftgetrocknete Ziegel

Luftgetrocknete Ziegel werden auch als Lehmziegel bezeichnet. Bei dieser Herstellungsart werden die Ziegel einfach eine längere Zeit an der Luft getrocknet, indem sie lose auf dem Boden ausgebreitet werden. Ihr Nachteil besteht darin, dass sie bei einer Wasseraufnahme aufweichen und ihre Verwendung somit nur in trockenen Ländern in Frage kommt. (vgl. <http://de.wikipedia.org/>, 3)

4.3.2 Weichgebrannte Ziegel

Weichgebrannte Ziegel sind fester als Luftgetrocknete, weil sie nicht wie Weichgebrannte an der Luft getrocknet werden, sondern im Ofen gebacken werden. Die Folge ist daher, dass sie fester aber noch nicht sonderlich witterungsbeständig sind. Sie haben eine große Porosität und somit eine hohe Möglichkeit Wasser aufzunehmen. Sie werden aus diesem Grunde nicht im direkten Außenbereich sondern im geschützten Innenausbau verwendet. (vgl. ebenda)

4.3.3 Hartgebrannte Ziegel

Hartgebrannte Ziegel heißen auch Klinker. Sie weisen die widerstandsfähigsten Eigenschaften auf. Durch die hohen Temperaturen beim Brand der Ziegel schrumpft das Material der Ziegel zusammen und verdichtet das Material; so entsteht die große Härte der Klinker und die glasige Oberfläche. Durch die glasige Oberfläche wird eine Wasseraufnahme verhindert, was dazu führt, dass sie im Außenbereich die erste Wahl sind. (vgl. ebenda)

4.4 Zusammenspiel von Mörtel und Mauerziegel

Das bauphysikalische Gleichgewicht zwischen den verwendeten Materialien, wie Mörtel und Ziegel, spielt eine wichtige Rolle bei der Sanierung und Wiederaufbau von Mauerwerk. Die verbauten Materialien müssen in ihren Eigenschaften übereinstimmen. So ist zum Beispiel das Verhalten bei der Wasseraufnahme entscheidend. Eine wichtige Eigenschaft, um Risse zu vermeiden, ist die Volumenvergrößerung durch Temperaturunterschiede. (vgl. spolia.de/)

Die Festigkeit des abgebundenen Mörtels sollte immer geringer sein als die Festigkeit des eingebauten Ziegels. Zum Beispiel sollte man harte Klinker mit einem feinen/festen Zementmörtel vermauern. Der Nachteil von feinen/festen Zementmörtel ist die enorme Härte nach der Abbindung. Ein nachträgliches zerstörungsfreies Heraustrennen von Steinen ist nicht durchführbar und somit ein notwendiges Ausbessern nicht ohne großen Aufwand möglich. Anders sieht es bei einem weichen Mörtelmaterial aus. Hier ist eine nachträgliche Ausbesserung ohne größere Schäden möglich. (vgl. ebenda)

Zu Schäden kommt es beispielsweise, wenn ein offenporiger Ziegelstein mit einem feinen/festen Zementmörtel vermauert wird. Die aufgenommene Feuchtigkeit wird vom offenporigen Ziegel schneller abgegeben als von der im Gefüge dichten Fuge. Die Folge bei Frost ist das Einfrieren und Aufsprengen der Mauerwerksfuge. (vgl. ebenda)

5. Einsatzbereiche

Die Einsatzbereiche des Mauerwerkbaues bestehen im Wesentlichen in Wohnungsbauten und Industriebauten.

6. Instandsetzung

Historisches Mauerwerk bedarf der Pflege, entscheidend ist dabei die Auswahl geeigneter Baustoffe. Bevor alte historische Gebäude oder Mauern saniert oder wiederhergestellt werden wird oft der Abriss und Neubau vorgezogen. In vielen Fällen ist dies aber nicht möglich, da viele Objekte Denkmalschutz sind.

Einer schlechten Instandsetzungsplanung folgt häufig mangelhafte Bauausführung. Diese beruht meist sowohl durch Fehleinschätzung der vorhandenen Bausubstanz, als auch durch unzureichende Bauzustanduntersuchungen. Abhilfe würde eine gründliche Mauerwerksdiagnostik schaffen. (vgl. WTA-Merkblatt 4-55-99/D)

6.1 Ablaufschema der Mauerwerksdiagnostik

- | | |
|---------------------------------------|---|
| 1. Orientierende Bauwerksbesichtigung | 4. Untersuchungen am Bauwerk und im Labor |
| 2. Bestands- und Schadensaufnahme | 5. Bewertung der Ergebnisse |
| 3. Untersuchungsplan | 6. Instandsetzungsplanung |

(vgl. WTA-Merkblatt 4-55-99/D)

6.2 Standsicherheit und Tragfähigkeit

Bei der Erhaltung oder Wiederherstellung der Standsicherheit oder Tragfähigkeit von Mauerwerk ist darauf zu achten, dass das Verfüllen oder Injizieren von Fehlstellen, wie Risse und offene Fugen und der Austausch mit geeigneten Mörteln und Steinen durchgeführt werden. Hierbei ist wichtig, dass bei denkmalgeschützten Bauwerken in der Regel versucht wird den Bestand zu erhalten. Hierzu eignen sich Injektionen in Verbindung mit Vernadelungen oder vorgespannten Ankern. (vgl. WTA-Merkblatt 4-3-98/D)

Bevor man über das anzuwendende Verfahren entscheiden kann sollte man sich zunächst über die Bauteilart, wie Gewölbekonstruktion, Wandscheibe, Stützwand und den konstruktiven Gegebenheiten, wie ein- oder mehrschaliges Mauerwerk, sowie dem Baumaterial, wie Naturstein oder künstliche Steine, Kalk- oder Gipsmörtel und über die Schadensursachen, wie Überlastung, Umbauten, Fundamentschwächen, Erschütterungen Gedanken machen. (vgl. ebenda)

6.3 Mauerwerksergänzungen

Falls das Mauerwerk auszutauschen ist, muss auf die Auswahl von Steinen und Mörtel hinsichtlich der physikalischen und mechanischen Eigenschaften geachtet werden. Kenntnisse über die regional verwendeten Steine und der dafür passenden Mörtel sind von Vorteil.

Im Folgenden werden die zu prüfenden Eigenschaften der unterschiedlichen Baustoffe aufgelistet:

Mauersteine: Druckfestigkeit, Rohdichte, Wasseraufnahme

Mauermörtel (Bestand): Zusammensetzung, Bindemittelart, Zuschlagsart, Zusätze, Salzgehalt, Beurteilung der Festigkeit

Frischmörtel (Ergänzung): Konsistenz, Verarbeitbarkeitsdauer, Wasserrückhaltevermögen

Festmörtel (Ergänzung): Druckfestigkeit, Elastizitätsmodul

(vgl. WTA-Merkblatt 4-3-98/D)

6.4 Natursteinrestaurierung

Durch die Folgen von äußeren Einflüssen auf das Natursteinbauwerk wie natürliche Verwitterung, mangelhafte Wartung, Kriegseinwirkung, statische Überbeanspruchung oder unsachgemäße Instandsetzung können erhebliche Schäden entstehen. Die Zustands- und Materialkartierung stellen eine Entscheidungshilfe dar. Mit der Kartierung hat man eine flächendeckende Bestandsaufnahme an der Oberfläche von Bauwerksteilen. Dieses System kann zerstörungsfrei und mit hoher Genauigkeit durchgeführt werden.

Die Vorgehensweise kann in einzelne Phasen unterteilt werden:

1. Vorplanung, Voruntersuchungen, Bestandserfassung (Kartierung)
2. Planung
3. Ausführung
4. Kontrolle (Qualität und Quantität)
5. Pflege

(vgl. WTA-Merkblatt 3-10-97/D)

6.5 Instandsetzung von Natursteinfugen

Die Fuge spielt bei Instandsetzungsmaßnahmen am Mauerwerk eine sehr wichtige Rolle. Fugen trennen oder verbinden das Mauerwerk. Sie entstehen beim Zusammenfügen einzelner Werkstücke zu einem Bauteil und können offen oder gefüllt sein. Sie wird in ihrem Verlauf, in ihrer Breite und in ihrer Funktion unterschieden.

Beim Erfassen des Ist-Zustandes ist auf die Art des Mauerwerks, Fugenform und Fugenverlauf, Zusammensetzung und Farbigkeit der Fugenmörtel und Zustand des Mauerwerks, der Fugen und des Fugenmörtels (z.B. Verwitterungsgrad, Rissbildung, Wasserführung, bauschädliche Salze) zu achten. (vgl. WTA-Merkblatt 3-12-99/D)

Beim Instandsetzungskonzept, das man nach den Ergebnissen des Ist-Zustandes aufstellen kann, sind auf die bautechnische Bewertung des Objektes und auf die Witterungseinflüsse und denkmalpflegerische Belange zu achten. Die Instandsetzungsausführungen können mit der Reparatur der Fugen oder Fugenerneuerung abgeschlossen werden. (vgl. ebenda)

7. Quellenverzeichnis

WTA Merkblätter:

4-3-98/D
3-10-97/D
4-55-99/D
2-4-94/D
3-12-99/D
4-4-04/D
3-13-01/D

Literaturangaben:

- **Maier, Josef:** Handbuch Historisches Mauerwerk. Untersuchungsmethoden und Instandsetzungsverfahren. Birkhäuser Verlag. Basel 2002.
- **Pohl, Schneider, Wormuth, Ohler, Schubert:** Mauerwerksbau. Werner-Verlag. Düsseldorf 1992.
- **Belz, Gösele, Jenisch, Pohl, Reichert:** Mauerwerksatlas. Rudolf Müller Verlag. Köln 1996.
- **Müller, Werner und Vogel, Gunther:** dtv-Atlas Baukunst. Deutscher Taschenbuchverlag. München 1974.

Internetangaben:

- <http://www.sanierungs-treffinger.de/natursteinmauerwerk> (03.03.07)
- <http://de.wikipedia.org/>, 1: http://de.wikipedia.org/wiki/Historische_Baustoffe (03.03.07)
- <http://de.wikipedia.org/>, 2: <http://de.wikipedia.org/wiki/Naturstein> (03.03.07)
- <http://de.wikipedia.org/>, 3: <http://de.wikipedia.org/wiki/Backstein> (03.03.07)
- <http://de.wikipedia.org/>, 4: <http://de.wikipedia.org/wiki/M%C3%B6rtel> (03.03.07)
- http://www.artikelweb.de/db/artikel_historische_baustoffe.html (03.03.07)
- http://www.uni-stuttgart.de/ibk1/de/download/vorlagen/ibk1_reader_beispiel.pdf (03.03.07)
- <http://www.biw.fh-deggendorf.de/alumni/1999/holzhammer/ziegel.htm> (03.03.07)
- <http://www.spolia.de/historische-baustoffe/backstein/artikel/details/gedanken-zur-bauphysik/> (03.03.07)