

Institut für Werkstoffe des Bauwesens
Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen

Bauchemie und Werkstoffe des Bauwesens

Mauersteine und Mörtel

Univ.-Prof. Dr.-Ing. K.-Ch. Thienel

Frühjahrstrimester 2008

Inhaltsverzeichnis

1	Mauerwerk (Mauersteine, Putz und Mauermörtel)	3
1.1	Definitionen	3
1.2	Normen	3
1.3	Aufgaben von Mauerwerkbauteilen	4
2	Mauersteine	6
2.1	Keramische gebundene Mauerziegel	7
2.1.1	Abbau der Rohstoffe	7
2.1.2	Aufbereitung	7
2.1.3	Formen	7
2.1.4	Trocken/Brennen	7
2.2	Mineralisch gebundene Steine	8
2.2.1	Kalksandsteine	8
2.2.2	Porenbeton	10
2.2.3	Beton- und Leichtbetonsteine	11
2.3	Merkmale, wichtige Eigenschaften und Anforderungen	12
2.3.1	Rohdichte und Festigkeit	12
2.3.2	Steingrößen (Formate), Lochungen, Stoßflächenbildung, Maßgenauigkeit	13
3	Mauermörtel	17
3.1	Lieferformen	17
3.2	Mauermörtelarten	17
4	Festigkeit und Verformungseigenschaften von Mauerwerk	21
5	Putzmörtel	23
5.1	Einteilung der Putze	23
6	Literatur	29

1 Mauerwerk (Mauersteine, Putz und Mauermörtel)

1.1 Definitionen

Mauerwerk besteht aus Mauersteinen, die im Verband (versetzte Stoß- und Lagerfugen) verlegt werden. Früher wurden die Mauersteine durch Mörtel im Stoß-, Lager- und/oder Fugenbereich verbunden werden. Heute wird zunehmend Mauerwerk mit nur teil- oder unvermörtelten, verzahnten Stoßfugen verwendet. Unter bestimmten Voraussetzungen kann im Rahmen einer erfolgten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung auch Trockenmauerwerk ohne Fugenmörtel mit sehr maßhaltigen Mauersteinen (Plansteinen) angewendet werden.

1.2 Normen

Mauerwerk ist derzeit in der DIN 1053 geregelt:

- Teil 1 (11/1996) „Berechnung und Ausführung“: Die Bemessung (Berechnung) von Rezeptmauerwerk (RM) und Mauerwerk nach Eignungsprüfung (EM) kann nach einem vereinfachten Nachweisverfahren unter Bezug auf zulässige Spannungen oder nach einem genaueren Verfahren (Rechenwerte der Druckfestigkeiten β_R , Traglastverfahren) erfolgen. Die Norm enthält neben detaillierten Ausführungshinweisen auch Regeln für die Konstruktion und Ausführung von Mauerwerksbauten und die notwendige Beschreibung der verwendbaren Mauermörtel mit den entsprechenden Anforderungen.
- Teil 2 (11/1996) „Mauerwerk; Mauerwerkfestigkeitsklassen aufgrund von Eignungsprüfungen“ regelt die Verfahrensweise für die Eignungsprüfungen und die Zuordnung von Rechenwerten der Druckfestigkeiten und Grundwerten der zulässigen Druckspannung.
- Teil 3 (02/1990) „Bewehrtes Mauerwerk, Berechnung und Ausführung“.
- Teil 4 (09/1978) „Bauten aus Ziegelfertigbauteilen“ wird derzeit überarbeitet und auf Fertigbauteile aus Mauerwerk - das sind Mauertafeln, Vergusstafeln und Verbundtafeln - erweitert.

Entsprechende europäische Regeln für den Mauerwerksbau werden z. Zt. ausgearbeitet. Die wesentlichen Normen bzw. Entwürfe sind:

- EN 1996-1 („Eurocode 6“) „Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten“:
 - Teil 1-1 „Allgemeine Regeln; Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk“ ist als DIN EN 1996-1-1: 2006-01 veröffentlicht.
 - Teil 1-2 „Allgemeine Regeln; Tragwerksbemessung für den Brandfall“ ist seit Mai 1997 als DIN V ENV veröffentlicht.
 - Teil 1-3 „Allgemeine Regeln - Detaillierte Regeln bei horizontaler Belastung“ ist seit August 1999 als DIN V ENV veröffentlicht.
- EN 1996-2: 2006-03 „Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk“.
- EN 1996-3 „Vereinfachte und einfache Regeln für Mauerwerkstragwerke“ kam mit der Ausgabe 03/2005 ins Kurzverfahren.
- EN 1996-4 „Konstruktionen mit geringen Anforderungen an die Sicherheit und Dauerhaftigkeit“ ist noch nicht in Arbeit.

1.3 Aufgaben von Mauerwerkbauteilen

Durch die vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten von Mauersteinen und Mauermörtel mit jeweils unterschiedlichen Festigkeits-, Verformungs- und bauphysikalischen Eigenschaften, können Mauerwerkbauteile für viele verschiedenartige Aufgaben funktionswirksam und wirtschaftlich eingesetzt werden. Mauerwerk kann die unterschiedlichen Anforderungen an Standsicherheit, Gebrauchsfähigkeit und architektonische Gestaltung gleichzeitig erfüllen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Aufgaben von Mauerwerksbauteilen

Standsicherheit	<ul style="list-style-type: none"> ○ Abtrag von Eigenlast, Verkehrslast und Windlast ○ Brandschutz
Gebrauchsfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aufnahme von Verformungen aus Last, Feuchte- und Temperaturänderungen ohne Risse (?) ○ Wärmeschutz (Wärmedämmung, Wärmespeicherung ⇒ winterlicher und sommerlicher Wärmeschutz) ○ Schallschutz ○ Witterungsschutz (Durchfeuchtung, Frost, Wind, Dauerhaftigkeit)
architektonische Gestaltung	<ul style="list-style-type: none"> ○ Oberflächengestaltung (Farbe, Sichtmauerwerk) ○ Fassadengliederung

Um für den jeweiligen Anwendungsfall die günstigste Mauerstein Mauermörtelkombination auswählen zu können, müssen Baustoffeigenschaften, das Zusammenwirken der Mauerwerkbaustoffe, Verträglichkeitskriterien und Anwendungsgesichtspunkte ausreichend bekannt sein und berücksichtigt werden.

Mauerwerk wird zumeist im Hochbau eingesetzt. Wegen der vergleichsweise großen Flexibilität und vor allem wegen der guten bauphysikalischen Eigenschaften findet Mauerwerk überwiegend im Wohnungsbau Verwendung. Mehr als 90 % der Wohnungsbauten werden in Mauerwerk ausgeführt. Aber auch im Industrie- und Verwaltungsbau wird Mauerwerk verwendet.

Grundsätzlich kann Mauerwerk als Verbundbaustoff in analoger Weise zum Beton betrachtet werden: Die (kleinformatigen) Mauersteine entsprechen der Gesteinskörnung im Beton und der Mörtel der Betonmatrix.

Wie Beton ist auch Mauerwerk ein Baustoff, der in erster Linie für eine Druckbeanspruchung geeignet ist. Die Beanspruchbarkeit auf Zug, Biegezug und Schub ist wesentlich geringer als die auf Druck. Die Tragfähigkeit des Mauerwerks kann durch verschiedene Maßnahmen gesteigert werden (Tabelle 2).

Tabelle 2: Möglichkeiten zur Steigerung der Tragfähigkeit von Mauerwerk

Stofflich	<ul style="list-style-type: none"> ○ Höhere Steindruckfestigkeit (wichtig für eine höhere Steinquerzugfestigkeit) ○ Höhere Maßhaltigkeit ○ Höhere Mörteldruckfestigkeit ○ Optimierte abgestimmte Querverformungseigenschaften von Stein und Mauermörtel ○ Höhere Verbundfestigkeit zwischen Stein und Mauermörtel ○ Reduzierte Streuung der Eigenschaften
Konstruktiv	<ul style="list-style-type: none"> ○ Dünne Mörtelfuge (Mittel- oder Dünnbettmörtel) ○ Vermeiden einer Wandlängsfuge (Wanddicke = Steinbreite) ○ Bewehrung
Ausführung	<ul style="list-style-type: none"> ○ Vollfugiges Vermauern ○ Hohe Gleichmäßigkeit (Fugendicke) ○ Günstige Vor- und Nachbehandlung ○ Maßhaltige Ausführung

2 Mauersteine

Künstliche Steine werden nach ihren Ausgangsstoffen eingeteilt:

keramisch	mineralisch gebunden
Mauerziegel, weitere Ziegeleierzeugnisse, feuerfeste keramische Baustoffe	Kalksandsteine, Porenbeton (Gasbeton) Hüttensteine, Betonsteine, Leichtbetonsteine, Steine erhöhter Wärmedämmung, Gipsbausteine, Faserzement, Glas

Zu den künstlichen Steinen zählen in diesem Zusammenhang die verschiedensten Produkte wie z. B. Mauersteine, Dachziegel, Rohre und Platten.

Am Markt sind im Wesentlichen die folgenden Mauersteinarten vertreten:

- Mauerziegel,
- Kalksandsteine,
- Porenbetonsteine sowie
- Leichtbeton- und Normalbetonsteine.

Folgende Übersicht zeigt die Marktanteile der verschiedenen Mauersteine in Deutschland.

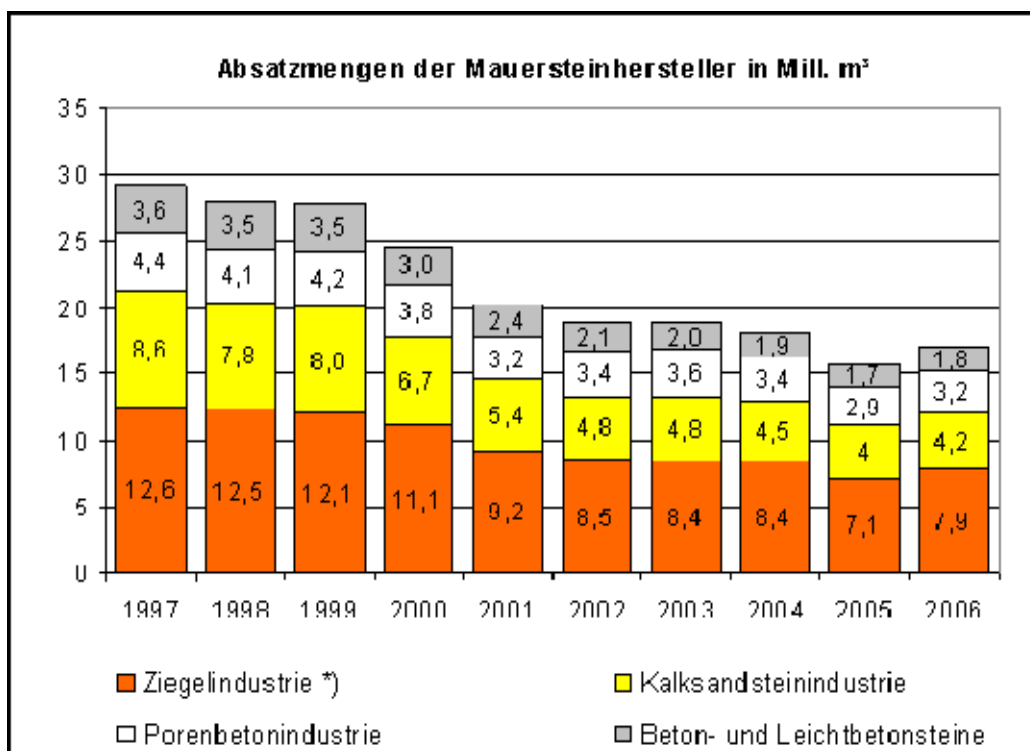


Bild 1: Marktanteile am Steinmarkt in Deutschland [Lit 3]

Die Herstellung der vier wesentlichen Mauersteinarten wird nachfolgend im Einzelnen behandelt.

2.1 Keramische gebundene Mauerziegel

2.1.1 Abbau der Rohstoffe

Hauptbestandteil der keramischen Rohstoffe ist Ton. Er entsteht bei der Verwitterung von Feldspat und hat einen hohen Anteil an Tonmineralien (Kaolinit, Illit oder/und Montmorillonit). Die Tonminerale haben Blattstruktur mit Durchmesser der Blättchen von 0,1 - 2 μm , Dicke meist weniger als 0,1 μm und können Zwischenschichtwasser anlagern. Diese Struktur hat das Quellen und Schwinden der Tone sowie deren gute plastische Verformbarkeit zur Folge.

Neben den bildsamen, tonigen Bestandteilen müssen die Rohstoffe für keramische Werkstoffe gröbere, nicht bildsame Anteile enthalten, insbesondere Minerale wie Quarz, Feldspat, Glimmer und oder auch fein verteilten Kalk. Die nicht bildsamen Rohstoffe erleichtern das Trocknen und verringern das Schwinden (Magerungsmittel). Sie beeinflussen die Standfestigkeit im Feuer und wirken beim Brennen als Fluss-, Farb- oder Porosierungsmittel. Flussmittel setzen den Erweichungsbeginn und den Schmelzpunkt des Stoffgemisches herab. Als Porosierungsmittel kommen meistens organische Stoffe (z. B. Sägemehl oder Polystyrolkugeln) zum Einsatz, die beim Brand herausbrennen und Poren hinterlassen.

2.1.2 Aufbereitung

Bei der Aufbereitung werden unerwünschte Bestandteile ausgeschieden, Schwankungen der Rohstoffzusammensetzung ausgeglichen und der für die Formgebung nötige Feuchtegehalt eingestellt. In Walzen und Kollergängen werden grobe Bestandteile zerkleinert und die Masse homogenisiert. Aneinander haftende Teilchen werden voneinander gelöst. Lagern, insbesondere bei erhöhter Temperatur, verbessert die gleichmäßige Durchfeuchtung und die Verarbeitbarkeit der Rohmasse.

2.1.3 Formen

Die Formgebung geschieht bei Ziegeln in Strangpressen. Fliesen und Falzziegel werden in Stempelpressen, Sanitärkeramik auch im Gießverfahren hergestellt.

2.1.4 Trocken/Brennen

Beim Trocknen verdunstet größtenteils das für die Formgebung benötigte Wasser. Das Brennen erfolgt bei Grobkeramik in Tunnelöfen (Ziegel bei 900 bis 1100 $^{\circ}\text{C}$). Für keramische Platten werden auch Rollenöfen verwendet.

Bei ca. 120 $^{\circ}\text{C}$ wird das physikalisch, bei 450 - 600 $^{\circ}\text{C}$ das chemisch gebundene Wasser ausgetrieben. Bei etwa 800 $^{\circ}\text{C}$ bilden sich neue Kristalle, die sich untereinander verflechten. Ab etwa 1000 $^{\circ}\text{C}$ erweichen die Tonmineralien an ihren Oberflächen und verschmelzen miteinander. Dieser Vorgang wird als Sintern bezeichnet. Häufig versteht man unter Sintern auch nur das Dichtbrennen keramischer Produkte, durch das die Wasseraufnahmefähigkeit sehr klein wird (z. B. unter 6 Masse-% bei Klinkern).

Die Farbe der keramischen Produkte nach dem Brand hängt hauptsächlich vom Gehalt an Metalloxiden ab. Z. B. erhält man rote Ziegel durch einen bestimmten Gehalt an Eisenoxid, gelbe Ziegel entstehen aus eisenarmen Rohstoffen. Außerdem spielt die Ofenatmosphäre für die Brennfarbe eine Rolle. Die hellrote Farbe bei Ziegeln erhält man nur in oxidierender (sau-

erstoffreicher) Atmosphäre. In reduzierender (sauerstoffarmer) Atmosphäre entsteht meistens eine dunklere (z. B. blauschwarze) Färbung.

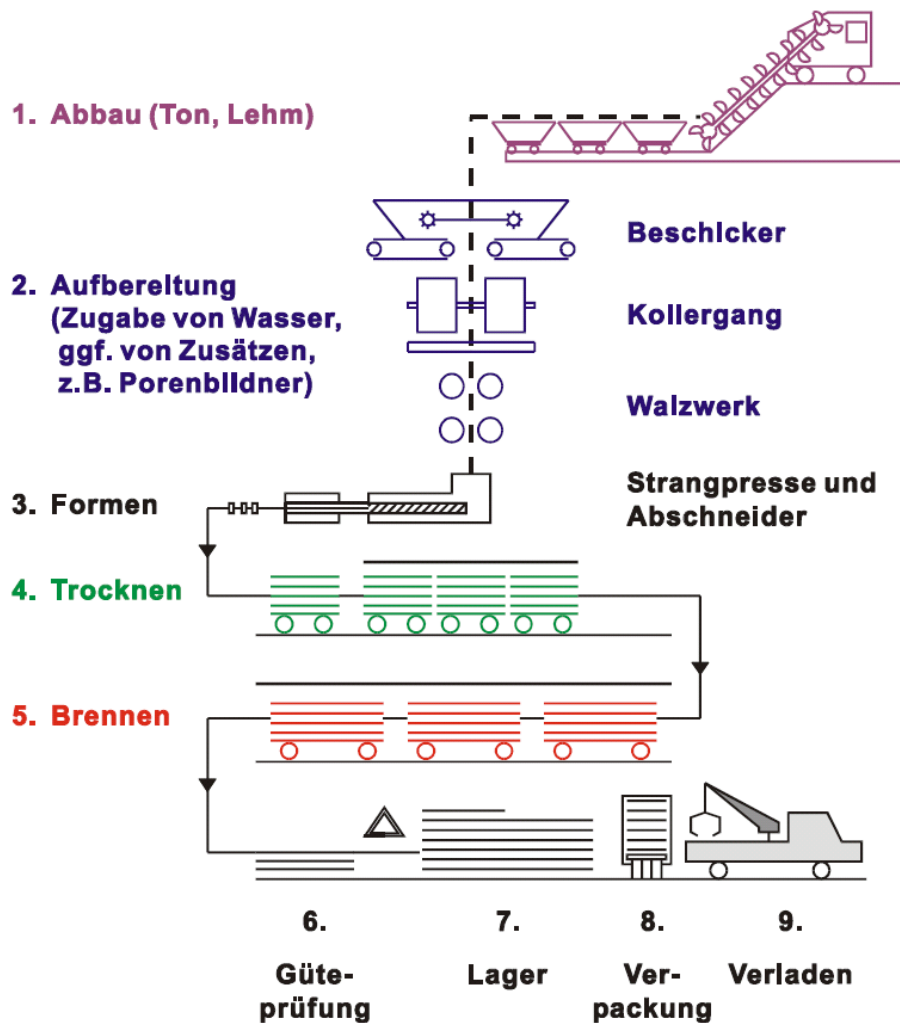


Bild 2: Verfahrensschritte zur Herstellung von Mauerziegeln [Lit 6]

2.2 Mineralisch gebundene Steine

Im Unterschied zu den keramischen Baustoffen, bei denen die Gesamtmasse einem Brennprozess unterzogen wird, wird bei mineralisch gebundenen Steinen wie z.B. Kalksandsteinen Porenbetonsteinen oder Beton- und Leichtbetonsteinen nur das Bindemittel bzw. zum Teil die eingesetzte leichte Gesteinskörnung (Blähton) gebrannt. Der Stein selbst erhärtet bei Normaltemperatur oder aber bei erhöhter Temperatur, die weit unter der Brenntemperatur liegt.

2.2.1 Kalksandsteine

Kalksandsteine (KS) werden aus gemahlenem, ungelöschtem Kalk (rund 6 bis 10 Masse-%) und erdfeuchtem Quarzsand unter Wasserzugabe hergestellt. Zunächst wird nur so viel Wasser zugegeben, dass der ungelöschte Kalk (CaO) vollständig ablöscht (Reaktoren). Nach einer weiteren Wasserzugabe und intensivem Mischen der Ausgangsstoffe werden unter Druck Rohlinge geformt (Pressdruck bis 40 N/mm^2), die unter Dampfdruck von 16 bis 21 bar bei einer Temperatur von $200 \text{ }^\circ\text{C}$ bis $250 \text{ }^\circ\text{C}$ im Autoklaven gehärtet werden (Härtungsdauer 4 bis 10 Stunden). Die Abläufe in einem Kalksandsteinwerk zeigt Bild 3.

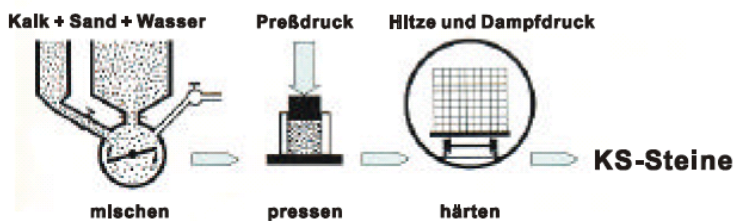
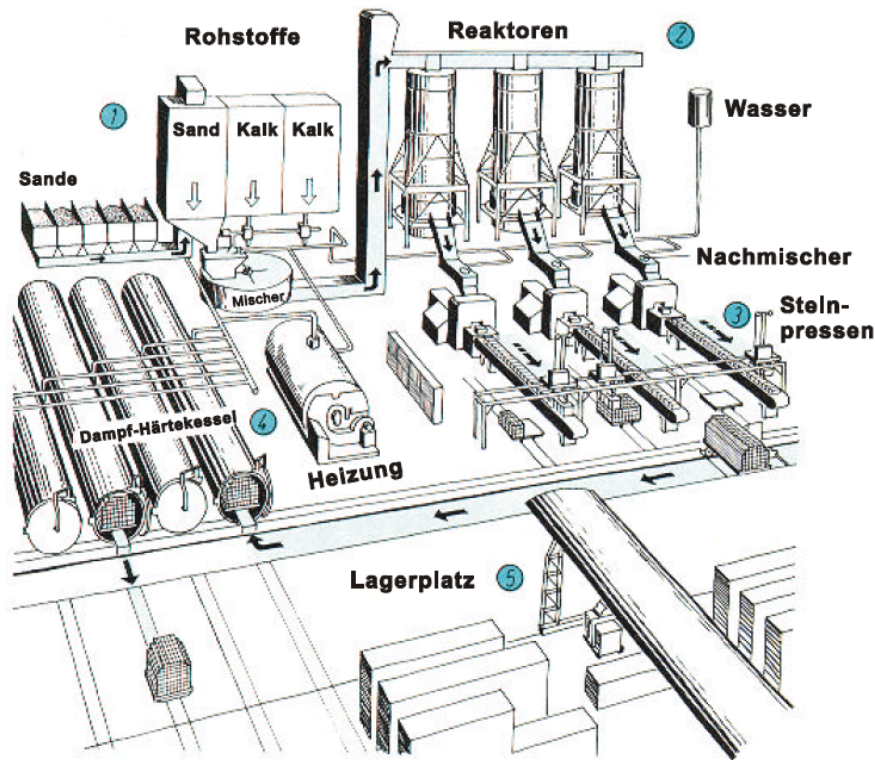


Bild 3: Herstellung von Kalksandsteinen [Lit 1]

Während der Dampfhärtung wird die Kieselsäure an der Sandoberfläche aufgeschlossen und bildet mit dem Kalkhydrat feste, wasserunlösliche Calciumsilikathydrate. Dadurch wird eine widerstandsfähige Verkitzung der Gesteinskörnung erreicht (Bild 4).

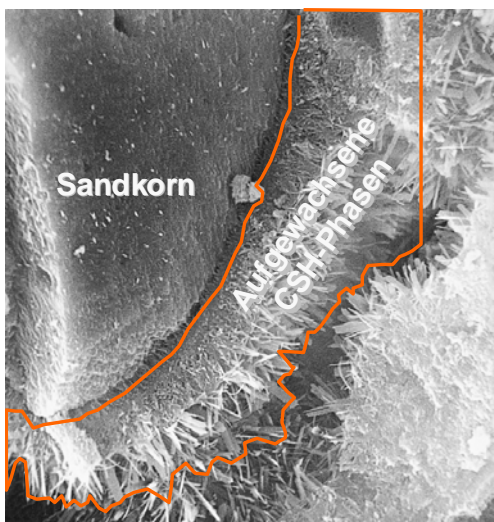


Bild 4: Kalksandstein mit CSH-Phasen auf einem Sandkorn nach der Dampfhärtung [Lit 7]

Kalksandsteine sind nach DIN EN 771-2:2003-08 in den Klassen der Brutto-Trockenroh-dichte von 0,5 bis 2,2 und den Druckfestigkeitsklassen 5 bis 75 genormt.

2.2.2 Porenbeton

Das Verfahren zum Herstellen von Porenbeton ist für Steine und Blöcke ebenso geeignet wie für größere Elemente, die zudem noch bewehrt sein können.

2.2.2.1 Rohstoffe [Lit 2]

Rohstoffe für den Porenbeton sind quarzhaltiger Sand, Bindemittel, Treibmittel und Wasser. Der Sand wird im Porenbetonwerk in großen Mühlen zementfein oder zu Schlämmen gemahlen. Als Bindemittel wird Zement und/oder Kalk teilweise auch Hochofenschlacke oder Ölschieferasche verwendet. Zur Steuerung des Produktionsablaufs wird Anhydrit oder Gips hinzugefügt. Aluminium wird in Form von Pulver oder Paste als Treibmittel eingesetzt. Für die Herstellung von 1 m^3 Porenbeton der Rohdichte 400 kg/m^3 werden 270 kg/m^3 Sand, 120 kg/m^3 Kalk und/oder Zement, 10 kg/m^3 Anhydrit/Gips, $0,5 \text{ kg/m}^3$ Aluminium und 225 Wasser benötigt.

2.2.2.2 Produktion und chemische Reaktion [Lit 2]

Die Rohstoffe werden dosiert und in einem Mischer zu einer wässrigen Suspension gemischt. Die gießförmige Rohmasse wird in große Formen eingefüllt. Dort kommt es zu einer Reaktion des Treibmittels mit dem Calciumhydroxid, wodurch Wasserstoffgas entsteht, das Poren erzeugt und die Rohmasse aufbläht. Das Wasserstoffgas diffundiert schon während des Herstellungsvorganges aus dem Porenbeton, sodass sich danach nur noch Luft in den Poren befindet. Nach dem Treibvorgang entstehen durch chemische Reaktion der Silikate mit dem Wasser Hydratphasen, die dem Porenbeton die für das Schneiden erforderliche Standfestigkeit verleihen. Mit Hilfe von Schneiddrähten wird der junge Porenbeton in die gewünschten Formate geschnitten. Anschließend erfolgt die Dampfhärtung im Autoklaven entsprechend der Herstellung von Kalksandsteinen. Während der Autoklavhärtung erhält der Porenbeton seine baupraktisch relevante Festigkeit. Bei einer Satttdampfatosphäre von $190 \text{ }^\circ\text{C}$ bei einem Druck von 12 bar reagiert der gemahlene Sand unter Beteiligung von Calciumhydroxid und Wasser. Dabei entsteht die für den baupraktischen Einsatz erforderliche Festigkeit des Porenbetons durch das entstehende Calcium-Silikat-Hydrat, das dem in der Natur vorkommenden Mineral Tobermorit entspricht.

Porenbetonsteine dürfen als Mauersteine nach DIN EN 771-4:2003-10 die Größtmaße $L/B/H = 1500/600/1000 \text{ mm}^3$ nicht überschreiten.

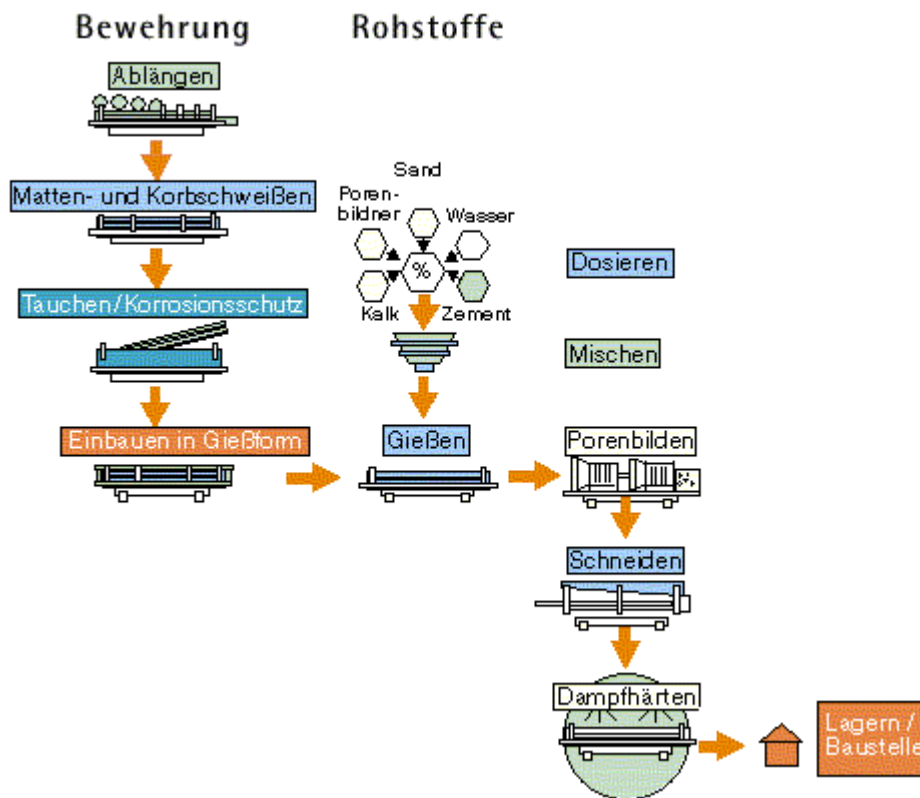


Bild 5: Herstellung von Porenbetonsteinen bzw. -bauteilen [Lit 4]

2.2.3 Beton- und Leichtbetonsteine

Leichtbeton- und Betonsteine werden hauptsächlich mit haufwerksporigem Gefüge hergestellt. Die Mischungsbestandteile (leichte oder normale Gesteinskörnung, Zement, Flugasche und Wasser) werden zunächst gravimetrisch oder volumetrisch dosiert und gemischt. Aus dem Mischer gelangt der Beton in den Füllkasten der eigentlichen Vibrationssteinformmaschine. Der Füllkasten fährt mehrfach über die Stahlform und füllt sie. Durch Auflast und gleichzeitige Vibration wird das Mischgut so verdichtet, dass nach dem Entformen die frischen Steine eine ausreichende Grünstandfestigkeit haben, um auf den Unterlagsbrettern stehen zu bleiben für den weiteren Transport im Werk.

Bei jedem Pressenhub werden mehrere Steine gleichzeitig produziert (Bild 6). Die frischen Steine werden in modernen Anlagen in geschlossene Trockenkammer eingelagert. Dort herrscht ein feuchtwarmes Klima infolge der frei werdenden Hydratationswärme. Nach einer Verweildauer von 10 bis 24 Stunden haben die Steine etwa 70 % ihrer Nennfestigkeit erreicht.

Je nach Lagerung (Lufthärtung, Wärmebehandlung) erreichen die Mauersteine spätestens im Alter von 28 Tagen ihre Solldruckfestigkeit.

Neben den stationären Fertigern gibt es noch Bodenfertiger, die nach jedem Produktionstakt ein Stück weiterfahren.

Im Gegensatz zu Ziegeln haben Leichtbeton- und Betonsteine einen geschlossenen Deckel, der ein Füllen der Schlitze und Kammern mit Mörtel verhindert.



Bild 6: Hohlblocksteine auf dem Unterlagsbrett eines stationären Steinfertigers

2.3 Merkmale, wichtige Eigenschaften und Anforderungen

2.3.1 Rohdichte und Festigkeit

Rohdichten (einschließlich Luftkammern bzw. Schlitzten) und Festigkeiten und die damit zusammenhängenden bauphysikalischen Eigenschaften können durch die Zusammensetzung der Rohstoffe, durch gezieltes Porosieren sowie durch die Anordnung von Hohlräumen (Lochung, Hohlkammern) bei allen Mauersteinarten in bestimmten Grenzen gezielt eingestellt werden. Dabei ist der Zusammenhang zwischen Rohdichten und Festigkeiten bei allen Mauersteinarten zwar ähnlich aber durchaus mauersteinspezifisch (Bild 7).

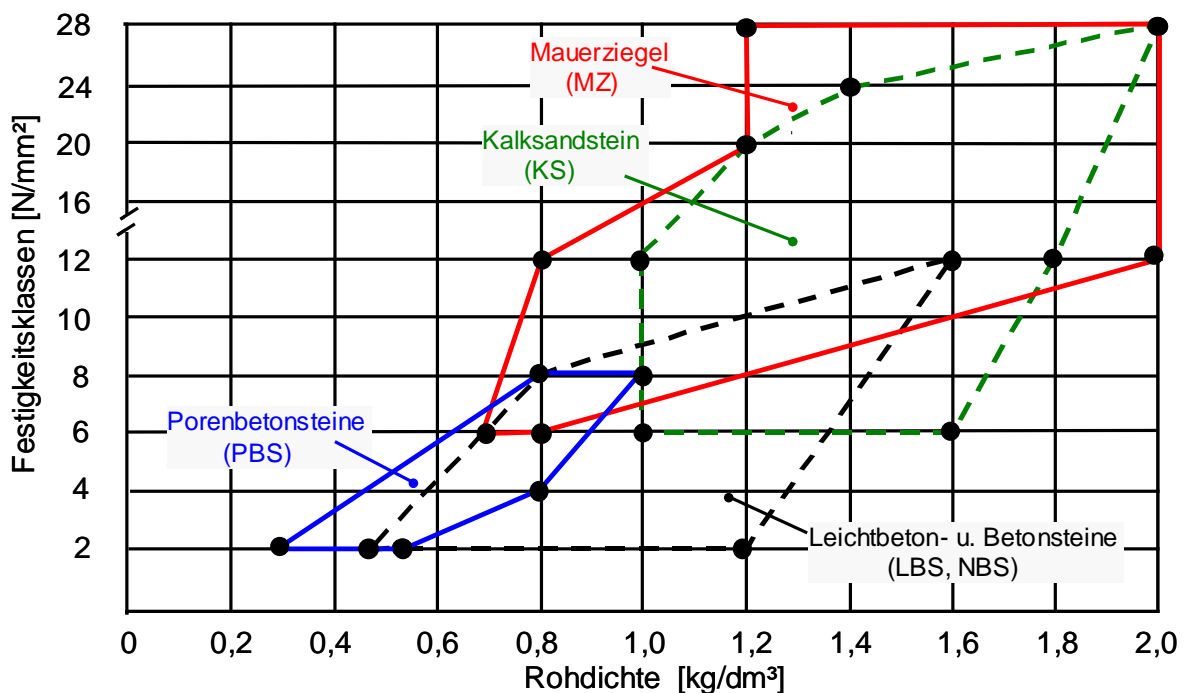


Bild 7: Rohdichte und Festigkeitsklassen der wichtigsten Mauersteine

Die europäische Mauerziegelnorm DIN EN 771-1 unterscheidet zum Beispiel zwischen

- **LD-Ziegel**, d. h.: Mauerziegel mit einer Brutto-Trockenrohichte $\leq 1000 \text{ kg/m}^3$ zur Verwendung in geschütztem Mauerwerk.

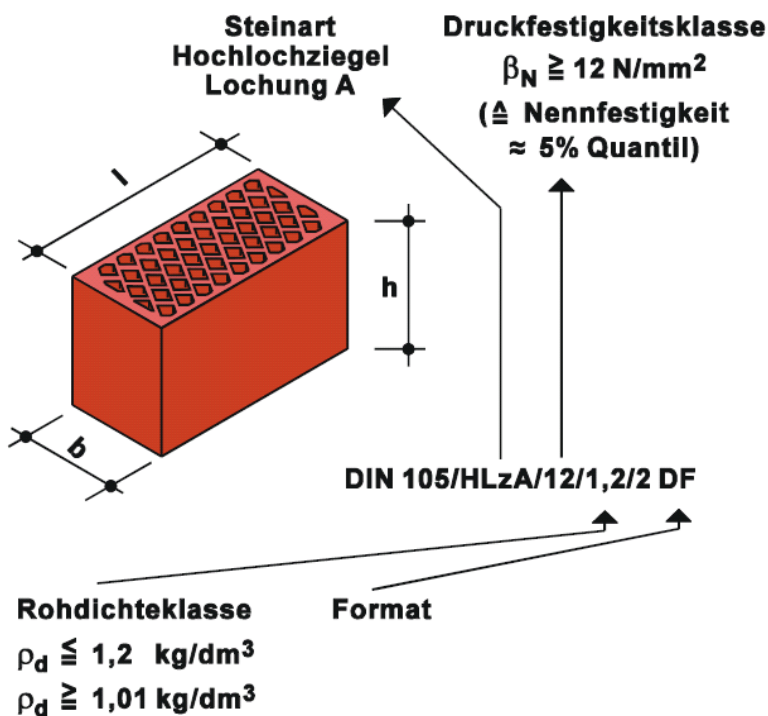
- **HD-Ziegel**, d. h.:
 - a) alle Mauerziegel zur Verwendung in ungeschütztem Mauerwerk;
 - b) Mauerziegel mit einer Brutto-Trockenrohdichte $> 1\,000\text{ kg/m}^3$ zur Verwendung in geschütztem Mauerwerk.

2.3.2 Steingrößen (Formate), Lochungen, Stoßflächenausbildung, Maßgenauigkeit

Die neuen europäischen Mauersteinnormen der Reihe DIN EN 771 (DIN EN 771-1 bis DIN EN 771-4) sehen keine festen Formate vor. Um die seit Jahrzehnten etablierten deutschen Mauersteinformate weiter benutzen zu können, sind nationalen Restnormen (DIN 105-100, DIN 106-100, DIN 4165-100 und DIN 18151-100 bis DIN 18153-100) erarbeitet worden, die unter anderem weiterhin diese Angaben enthalten. Das kleinste Steinformat ist das Format **DF (Dünnformat)** (Länge · Breite · Höhe = 240 mm · 115 mm · 52 mm). Das Format **NF (Normalformat)** (Länge · Breite · Höhe = 240 mm · 115 mm · 71 mm) wird häufig für statistische Zwecke verwendet.

Aus diesem Format sind die meisten größeren Formate unter Bezug auf das Verhältnis der Steinvolumina einschließlich des zugehörigen Fugenanteils abgeleitet, z. B. 2 DF, 5 DF, 10 DF usw. (Bild 8). Zusammen mit den Fugen sind die Mauersteinmaße vom metrischen System abgeleitet, das heißt, ein Vielfaches aller Mauersteinmaße ergibt zuzüglich der Mörtelfugen immer ein Vielfaches eines Meters:

$$\begin{aligned}
 2\text{ DF:} \quad & 4 \cdot l = 4 \cdot (240 + 10) = 1000\text{ mm} \\
 & 8 \cdot h = 8 \cdot (113 + 12) = 1000\text{ mm} \\
 12\text{ DF:} \quad & 8 \cdot l = 8 \cdot (365 + 10) = 3000\text{ mm} \\
 & 4 \cdot h = 4 \cdot (238 + 12) = 1000\text{ mm}
 \end{aligned}$$



Formate (Beispiele, Maße in mm)			
	l	b	h
2 DF	240	115	113
5 DF	240	300	113
12 DF	365	240	238
16 DF	490	240	238

Bild 8: Mauersteine – Abmessungen und Bezeichnungen [Lit 6]

Durch die unterschiedliche Dicke von Stoßfuge (10 mm) und Lagerfuge (12 mm) ergeben sich bei gleichen Formatbezeichnungen geringfügige Unterschiede in den Steinabmessungen ($h = 113\text{ mm}$ bzw. $b = l = 115\text{ mm}$). Grundsätzlich wird unterschieden zwischen **Steinen** (Hö-

he \leq 113 mm), **Blöcken** (Höhe $>$ 113 mm und (meistens) \leq 238 bis 249 mm) und **Elementen** mit größeren Höhen (Längen).

Hinsichtlich des Lochanteils ist bei Ziegeln zu unterscheiden zwischen

- Vollsteinen mit einem Lochanteil von max. 15 % und
- Lochsteinen mit einem max. Lochanteil von 55 %.

Leichtbetonsteine werden unterteilt in

- Vollsteine (V) bzw. Vollblöcke (Vbl) mit einem Lochanteil von max. 10 % und
- Hohlsteinen bzw. Hohlblöcken (Hbl), bei denen sich die Anordnung und Mindestanzahl von Querstegen bei Hohlblöcken richten nach der Steinlänge, der Steinbreite und Kammeranzahl richtet.

Die Lochungen dienen entweder der einfacheren, ergonomisch günstigeren Handhabung (Verlegung) der Mauersteine (Grifflöcher, Grifföffnungen, Griffhilfen), der Reduzierung des Gewichts oder der Erhöhung der Wärmedämmung. Hierfür eignen sich besonders schmale, schlitzförmige Lochungen, die gegeneinander versetzt sind, um den Wärmestromweg ohne nennenswerte Konvektion möglichst zu verlängern (technologisch nicht in allen Fällen möglich). Bei größeren Lochungen muss die im Mauerwerk oben liegende Lagerfläche der Steine geschlossen sein (Deckel), damit der Mörtelauftrag möglich ist. Dieser Deckel ist bei Beton- und Leichtbetonsteinen grundsätzlich vorhanden.

Aus Rationalisierungsgründen ist bei einer zunehmenden Anzahl von Steinen die Stoßfläche so ausgebildet, dass sie entweder nur noch teilweise (**Mörteltaschen**) oder gar nicht mehr vermörtelt (**Nut und Feder Ausbildung**) werden muss.

In Abhängigkeit von der Vermörtelungsart (Normalfuge oder Dünnbettfuge) müssen die Grenzabmaße (Maßtoleranzen) der Mauersteine entsprechend begrenzt werden. Mauersteine für Dünnbettvermörtelung werden **Plansteine** genannt. Die geforderte Maßgenauigkeit in der Steinhöhe beträgt max. \pm 1,0 mm. Zudem darf die Abweichung von der Ebenheit der Lagerfläche nicht mehr als 1,0 mm betragen.

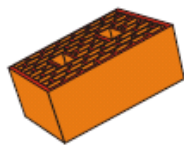
Zur eindeutigen Kennzeichnung der verschiedenen Steine und Blöcke enthalten die deutschen Normen Bezeichnungsbeispiele. Diese Kennzeichnung ist zum Beispiel im Fall der DIN 18152-100 mindestens auf jedem 50. Vollblock oder Vollstein zusammen mit dem Hersteller-Kennzeichen anzugeben:

Bezeichnung eines Plan-Vollblocks aus Leichtbeton mit Schlitzfenstern und besonderen Wärmedämmeigenschaften zur Vermauerung mit Dünnbettmörtel (Vbl SW-P), der Festigkeitsklasse 2, der Rohdichteklasse 0,50, des Formats 20 DF, der Länge l = 497 mm, der Breite b = 300 mm, der Höhe h = 248 mm, mit Nut- und Federausbildung der Stoßfuge (N+F):

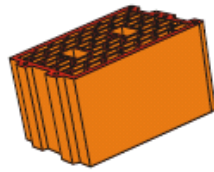
Vollblock DIN 18152-Vbl SW-P 2 — 0,50 — 20 DF — 497/300/248 — N+F

Die typischen Merkmale der genormten Mauersteine sind in Tabelle 3 zusammenfassend aufgeführt.

Leichthochlochziegel - HLz

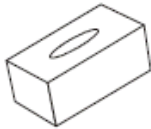


mit Grifföchern

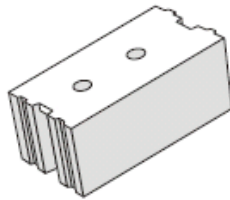


mit Nut und Feder

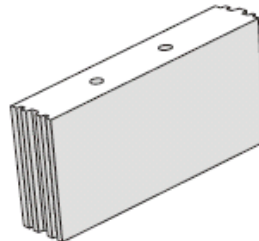
Kalksandsteine



Vollstein - KS
mit Griffloch



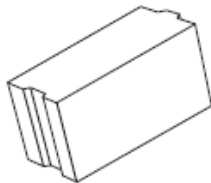
Blockstein - KS



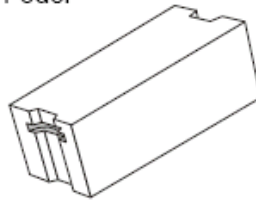
Planelement - KS - PE

Porenbetonsteine

Plansteine - PP; mit Nut und Feder

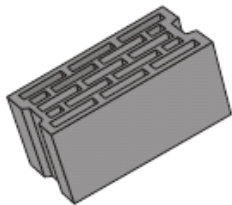


ohne



mit Griffmulde

Leichtbeton- und Betonsteine



Hohlblock



geschlitzter
Vollblock mit
Stirnseitennut

Bild 9: Beispiele der verschiedenen Mauersteinarten [Lit 6]

Tabelle 3: Merkmale genormter Mauersteine

Merkmals-Eigenschaften	Mauerziegel	Kalksandsteine	Leichtbetonsteine	Betonsteine	Porenbetonsteine
Zusammensetzung	Lehm, Ton, Wasser, Zusätze	Kalk, Sand, Wasser, Zusätze	hydraulische Bindemittel, leichte und normale Gesteinskörnung, Zusatzstoffe, Zusatzmittel, Wasser		Kalk, Zement, Quarzmehl, Gasbildner, Wasser
Konsistenz der Rohmasse	plastisch	erdfeucht	steif	steif	flüssig
Formgebung	Strang, Schneiden	Pressen in Steinformen	Rütteln in Steinform		Schneiden
Härtung	Brennen	Dampfhärtung	Lufthärtung Wärmebehandlung		Dampfhärtung
Vollsteine ($\leq 15\%$ L)	X	X	X	X	X
Lochsteine	X	X	--	--	--
Voll-, Hohlblöcke	--	X	X	X	Vollblöcke
Elemente	--	X	X	X	X
Formate Maße (L/B/H)	DF bis 20 DF	DF bis 20 DF	DF bis 10DF (V) 6 DF bis 24 DF (Vbl, Hbl)	DF bis 20DF	2 DF bis 749/375/249
Bezeichnung	Mz, HLz, VMz, VHLz	KS, KSL, KSVm, KSVb	Hbl, Hbl-P, V, V-P, Vbl, Vbl S, Vbl SW, Vbl-P, Vbl-S, Vbl-P SW	Hbn, Vbn, Vn, Vm, Vmb	PB, PP

3 Mauermörtel

Mit Ausnahme des selten vorkommenden "Trockenmauerwerks" werden die Mauersteine mit Mörtel zu festem Mauerwerk verbunden. Der Mauermörtel beeinflusst verschiedene Eigenschaften des Mauerwerks (Tabelle 4).

Tabelle 4: Einfluss des Mauermörtels auf die Eigenschaften von Mauerwerk [Lit 5]

Anforderung an das Mauerwerk		Zugehörige Eigenschaft des Mauermörtels
Tragfähigkeit	Druckbeanspruchung	Fugendruckfestigkeit
	Zug-, Biegezug- und Schubbeanspruchung	Haftscherfestigkeit
Wärmeschutz		Rohdichte/Wärmeleitfähigkeit
Schallschutz		Rohdichte, Fugendicke
Brandschutz		Eigenschaften der Ausgangsstoffe
Dauerhaftigkeit von Außenwänden		Frostwiderstandsfähigkeit Wasseraufnahmekoeffizient Wasserdampfdurchlässigkeit

3.1 Lieferformen

Mörtel werden entweder werkmäßig mit (**Werk-Frischmörtel**) oder ohne Wasser (**Werk-Trockenmörtel**) vorgemischt auf die Baustelle geliefert. Werk-Trockenmörtel ist lagerfähig (z. B. in Silos) und muss auf der Baustelle nur noch mit einer vorgegebenen Menge Wasser angemischt werden (Unterbau-Schneckenmischer). Werk-Frischmörtel wird verarbeitungsfertig auf die Baustelle geliefert, ist allerdings nur beschränkte Zeit verarbeitbar. Durch den Einsatz von Verzögerern kann der Erstarrungsbeginn um bis zu 36 Stunden verzögert werden, sodass die Mörtel de facto 2 Tage verarbeitbar sind und auf diese Weise in größeren Mengen (Wirtschaftlichkeit!) auf die Baustelle geliefert werden können. Durch die Entwicklungen bei den Werk-Frisch- und -Trockenmörteln haben auf der Baustelle aus den Einzelkomponenten gemischte Mörtel (**Baustellenmörtel**) nur noch eine untergeordnete Bedeutung. Tabelle 5 fasst die verschiedenen Lieferformen zusammen.

Tabelle 5: Lieferformen von Mörtel

Werkmörtel	Werk-Trockenmörtel
	Werk-Frischmörtel
Werkmäßig hergestellter Mörtel	Werk-Vormörtel
	Werkmäßig vorbereiteter Mörtel (z. B. Mehrkammer-Silomörtel)
Baustellenmörtel	

3.2 Mauermörtelarten

Die Mauermörtelarten nach DIN EN 998-2 und DIN 1053 werden in drei Gruppen eingeteilt, die sich allerdings in ihren Bezeichnungen unterscheiden:

- **Normalmauermörtel (G)** mit Gesteinskörnung mit dichtem Gefüge (Sand nach DIN EN 12620) für übliche Anwendungen (Kurzbezeichnung nach DIN 1053: **NM**) für Lagerfugen mit 12 mm Solldicke,
- **Leichtmauermörtel (L)** mit Leichter Gesteinskörnung (Sand nach DIN EN 13055-1) zur Verbesserung der Wärmedämmung von Mauerwerk (Kurzbezeichnung nach DIN 1053: **LM**) für Lagerfugen mit 12 mm Solldicke und
- **Dünnbettmörtel (T)** zur Vermauerung von Plansteinen für Fugendicken von ca. 2 mm (Kurzbezeichnung nach DIN 1053: **DM**).

Normalmauermörtel und Dünnbettmörtel müssen eine Trockenrohdichte $\rho_d \geq 1500 \text{ kg/m}^3$ haben. Leichtmauermörtel müssen eine Trockenrohdichte $\rho_d \leq 1500 \text{ kg/m}^3$ haben. In Deutschland wird Leichtmauermörtel zusätzlich nach seiner Wärmeleitfähigkeit unterteilt in LM 36 ($\rho_d \leq 1000 \text{ kg/m}^3$) und LM 21 ($\rho_d \leq 700 \text{ kg/m}^3$).

Mauermörtel sind nach ihrer Mindestdruckfestigkeit in Mörtelgruppen eingeteilt (Tabelle 6). Neben den festen Klassen erlaubt DIN EN 998-2 die Angaben einer höheren Druckfestigkeit „d“ des Herstellers, die dann entsprechend mit M „d“ zu deklarieren ist.

Tabelle 6: Zuordnung der Mörtelgruppen nach DIN 1053 zu den Mörtelkategorien nach DIN EN 998-2 entsprechend der deutschen Anwendungsnorm DIN V 20000-412

	Mörtelgruppe nach DIN 1053	Mörteleigenschaft nach DIN EN 998-2		
		Druckfestigkeitsklasse	Trockenrohdichte [kg/m^3]	Wärmeleitfähigkeit [$\text{W}/(\text{mK})$]
Normalmauermörtel	I	M 2,5 (M 1) ¹	≥ 1500	Keine Anforderung
	II	M 5 (M 2,5) ¹		
	IIa	M 10 (M 5) ¹		
	III	M 15 (M 10) ¹		
	IIIa	M 20		
Leichtmauermörtel	LM 21	M 10 (M 5) ¹	≤ 700	0,21
	LM 36	M 10 (M 5) ¹	> 700 ≤ 1000	0,36
Dünnbettmörtel	DM	M 15	≥ 1500	Keine Anforderung

¹ Die Druckfestigkeitsklasse in () sind die Festigkeitswerte, die nach DIN V 18580 gefordert werden und den ursprünglichen Werten der DIN 1053 entsprechen.

Mauermörtel für Mauerwerk nach DIN 1053 muss eine CE-Kennzeichnung haben, wenn er nach DIN EN 998-2 hergestellt wird und zusätzlich die Anforderungen der Anwendungsnorm DIN V 20000-412 erfüllen. Soll der Mauermörtel DIN V 18580 entsprechen, muss er mit einem Ü-Zeichen gekennzeichnet werden und die geltenden Anforderungen der DIN 1053 erfüllen (Tabelle 7).

Tabelle 7: Zuordnung der Mörtelarten für Mauerwerk nach DIN 1053 [Lit 5]

Das ist in der Planung gefordert		Darauf ist zu achten, wenn ein Mauermörtel nach EN 998-2 verwendet werden soll		Darauf ist zu achten, wenn ein Mauermörtel nach DIN V 18 580 verwendet werden soll	
↓		↓		↓	
Geforderte Mörtelgruppe nach DIN 1053		Welche Kriterien muss der Mauermörtel nach DIN EN 998-2 erfüllen, um den Anforderungen zu genügen?		Welche Kriterien muss der Mauermörtel nach DIN V 18 580 erfüllen, um den Anforderungen zu genügen?	
Normalmauermörtel	I	M 2,5	Zusätzlich sind alle deklarierten Eigenschaftskennwerte gemäß <i>Tabelle 5</i> daraufhin zu prüfen, ob sie mit den Anforderungen der Anwendungsnorm DIN V 20 000-412 für die entsprechende Mörtelgruppe nach DIN 1053 übereinstimmen	M 1	Ein zusätzlich mit dem Übereinstimmungszeichen („Ü-Zeichen“, s. Bild 2) gekennzeichneter Mauermörtel muss „automatisch“ die für die jeweilige Mörtelgruppe nach DIN 1053 geltenden Anforderungen erfüllen; eine Prüfung der mit dem CE-Zeichen einzeln deklarierten Werte ist nicht erforderlich
	II	M 5		M 2,5	
	IIa	M 10		M 5	
	III	M 15		M 10	
	IIIa	M 30		M 20	
Leichtmauermörtel	LM 21	M 10		M 5	
	LM 36	M 10		M 5	
Dünnbettmörtel	DM	M 15		M 10	

Mauermörtel unterscheiden sich in der Zusammensetzung, Erhärtung und Festigkeitsentwicklung und dem Anwendungsbereich. Eine Übersicht gibt Tabelle 8, genauere Angaben zur Zusammensetzung von Rezeptmörteln nach DIN 1053 (Mauerwerk) erhält Tabelle 9.

Tabelle 8: Zusammensetzung, Erhärtung und Anwendung von Mauermörtel nach DIN 1053

Mörtelgruppe	Bindemittel	Mischungszusammensetzung	Erhärtung		min β_{D28} MPa	Anwendung
			Art	Festigkeitsentwicklung		
I	LK, WK, HK, HHK	1 : 3 1 : 4,6	Karbonatisierung, Wasserbindung	sehr langsam bis langsam		selten
II	(LK, WK, HK) + Z HHK	~ 1 : 3 ~ 1 : 3	i.W. hydraulisch durch Wasserbindung	mittel bis schnell	2,5	„normal“ beanspruchte Bauteile
IIa	WK + Z HHK + Z	1 : 3 ~ 1 : 3			5	
III	Z	1 : 4	Hydraulisch durch (Wasserbildung)	schnell bis sehr schnell	10	örtlich hochbeanspruchte Bauteile, Pfeiler
IIIa					20	

Tabelle 9: Rezeptmörtel (Normalmörtel) nach DIN 1053-1:1990-02. Mörtelzusammensetzung, Mischungsverhältnisse für Normalmörtel in Raumteilen

Mörtelgruppe	Luftkalk und Wasserkalk		Hydraulischer Kalk (HK)	Hochhydraulischer Kalk (HHK) Putz und Mauerbinder (PM)	Zement (Z)	Sand aus natürlichem Gestein
	Kalkteig (LK)	Kalkhydrat (WK)				
I	1	-	-	-	-	4
	-	1	-	-	-	3
	-	-	1	-	-	3
	-	-	-	1	-	4,5
II	1,5	-	-	-	1	8
	-	2	-	-	1	8
	-	-	2	-	1	8
	-	-	-	1	-	3
IIa	-	1	-	-	1	6
	-	-	-	2	1	8
III IIIa ¹	-	-	-	-	1	4
	-	-	-	-	1	4

¹ siehe DIN 1053-1, Tabelle A1

Die Eigenschaften (Festigkeit) des Mörtels im Mauerwerk ist von einer weiteren Vielzahl von Faktoren abhängig

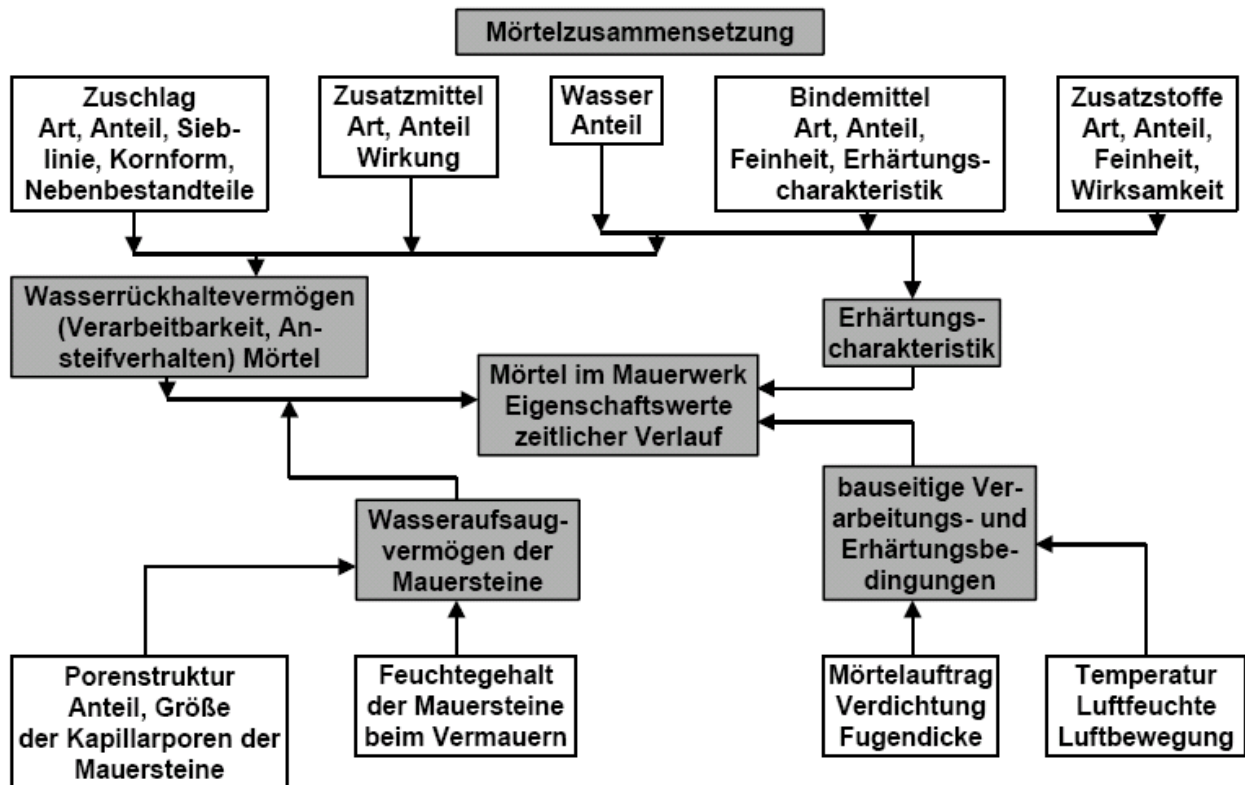


Bild 10: Einflüsse auf die Eigenschaften des Mörtels im Mauerwerk

4 Festigkeit und Verformungseigenschaften von Mauerwerk

Die Mauerwerkdruckfestigkeit hängt von der Steinfestigkeit und der Mörtelfestigkeit ab. Wegen der ausgeprägten Heterogenität des Mauerwerkes (Steine + Fugen) ist die Festigkeit des Verbundwerkstoffs Mauerwerk erheblich geringer als die Festigkeit der Einzelkomponenten Stein und Mörtel. Die Querdehnung des Mörtels in der Lagerfuge ist bei Druckbeanspruchung des Mauerwerkes deutlich größer als die Querdehnung der Mauersteine (werkstoffspezifische Eigenschaft des Mörtels). Die Querdehnung wird aber durch die Mauersteine, die mit dem Mörtel verbunden sind, behindert. Diese behinderte Querverformung erzeugt eine Zugbeanspruchung in den Mauersteinen, die letztendlich das Versagen bei einer Druckbeanspruchung des Mauerwerkes auslöst (Bild 11).

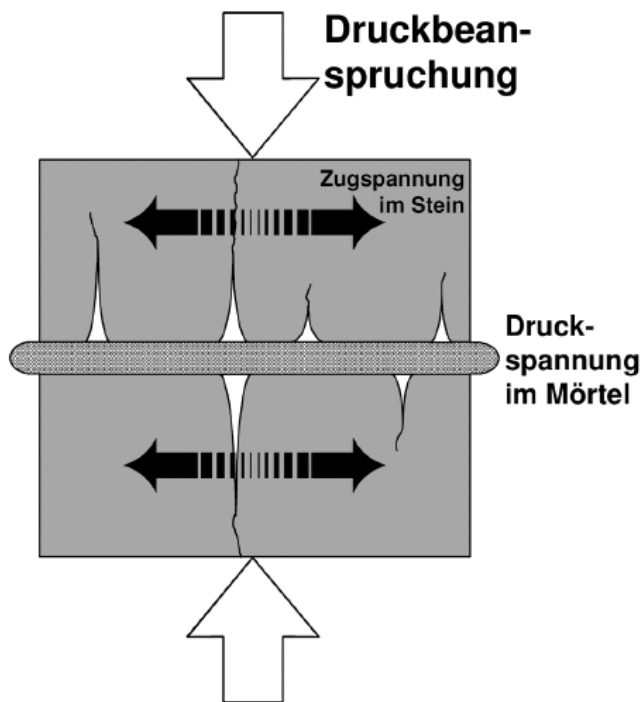


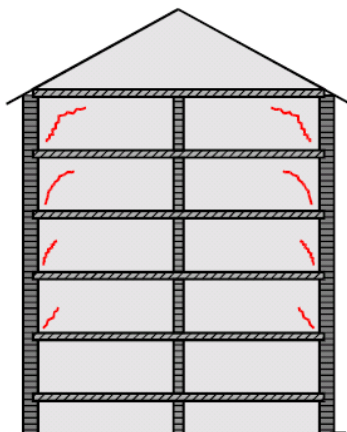
Bild 11: Mauerwerk unter Druckbeanspruchung [Lit 5]

Die zulässigen Druckspannungen im Mauerwerk sind in Abhängigkeit der Steinfestigkeitsklassen und der Mörtelgruppe in Tabelle 10 zusammengestellt. Aus der Tabelle 10 wird deutlich, dass die Druckfestigkeit des Mauerwerkes bei Verwendung derselben Mörtelgruppe nur unterproportional mit der Steinfestigkeitsklasse steigt.

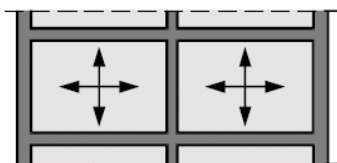
Die verschiedenen Mauersteine haben ein stark unterschiedliches Feuchtedehnverhalten. Mauerziegel schwinden praktisch nicht (sie neigen eher zum Quellen), Kalksandsteine haben Endschwindmaße von etwa 0,2 mm/m, Leichtbetonsteine etwa 0,4 mm/m. Werden unterschiedliche Mauersteine in einem Gebäude verwendet (z. B. Mauerziegel wegen der guten Wärmedämmung für die Außenwände und Kalksandsteine wegen der guten Schalldämmung für die Innenwände), treten durch das unterschiedliche Schwindverhalten Unverträglichkeiten auf, die insbesondere in den oberen Stockwerken von mehrgeschossigen Gebäuden zu schädlicher Rissbildung führen können. Bei Gebäuden mit mehr als 4 Vollgeschossen sollte wegen dieser Rissbildungsgefahr kein Mischmauerwerk aus Steinen mit unterschiedlichem Schwindverhalten ausgeführt werden bzw. Rissbildungen muss durch entsprechende konstruktive Maßnahmen begegnet werden.

Tabelle 10: Grundwerte σ_0 der zulässigen Druckspannungen für Mauerwerk mit Normalmörtel nach DIN 1053-1

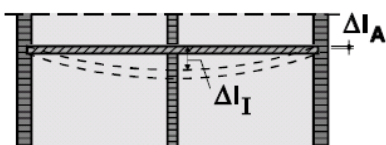
Steinfestigkeits- klasse	Grundwerte σ_0 für Normalmörtel Mörtelgruppe				
	I MN/m ²	II MN/m ²	IIa MN/m ²	III MN/m ²	IIIa MN/m ²
2	0,3	0,5	0,5	-	-
4	0,4	0,7	0,8	0,9	-
6	0,5	0,9	1,0	1,2	-
8	0,6	1,0	1,2	1,4	-
12	0,8	1,2	1,6	1,8	1,9
20	1,0	1,6	1,9	2,4	3,0
28	-	1,8	2,3	3,0	3,5
36	-	-	-	3,5	4,0
48	-	-	-	4,0	4,5
60	-	-	-	4,5	5,0



Querschnitt



Grundriss



**Querschnitt:
mögliche
Verformung**

Bild 12: Rissbildung in den Querwänden infolge unterschiedlicher Formänderungen von Innen- und Außenwänden bei Mauerwerksbauten

5 Putzmörtel

5.1 Einteilung der Putze

Für mineralische Putzmörtel kommt neben Kalk und Zement als Bindemittel auch Gips und Anhydrit zum Einsatz. Die zwei letztgenannten Bindemittel sind wegen ihrer nicht gegebenen Wasserbeständigkeit allerdings nur für Innenputze zulässig. Daneben gibt es noch die nicht genormten Lehmputze. Die Putzmörtelarten werden in die **Putzmörtelgruppen** P I bis P IV eingeteilt, wobei mit dieser Einteilung keine Anforderungen an die Festigkeit verbunden sind.

Tabelle 11: Putzmörtelgruppen nach DIN V 18550:2005-04

Putzmörtelgruppe	Mörtelart
P I	Luftkalkmörtel, Wasserkalkmörtel, Mörtel mit hydraulischem Kalk
P II	Kalkzementmörtel, Mörtel mit hochhydraulischem Kalk oder mit Putz- und Mauerbinder
P III	Zementmörtel mit oder ohne Zusatz von Kalkhydrat
P IV	Gipsmörtel und gipshaltige Mörtel

Weiterhin gibt es nach DIN V 18550 Putze mit organischen Bindemitteln (**Kunstharzputze**). Diese werden in folgende Typen unterschieden:

- P Org 1 Anwendung als Außen- und Innenputze;
- P Org 2 Anwendung als Innenputze.

Für die unterschiedlichen Anwendungen gibt es jeweils spezielle Putze (Bezeichnung nach DIN EN 998-1:2003-09):

- GP: Normalputzmörtel
- LW: Leichtputzmörtel
- CR: Edelputzmörtel
- OC: Einlagenputzmörtel für außen
- R: Sanierputzmörtel
- T: Wärmedämmputzmörtel

Die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten und die daraus resultierenden Beanspruchungen stellen unterschiedliche Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Putzmörtel. Für die wichtigsten Eigenschaften gibt es Kategorien (Tabelle 12).

Putze können einlagig (z. B. Gips-Innenputze) oder mehrlagig aufgebracht werden. Eine Putzlage ist in einem Arbeitsgang durch eine oder mehrere Schichten des gleichen Mörtels herzustellen. Spritzbewurf ist keine Putzlage, sondern lediglich eine Vorbereitung des Putzgrundes. Die mittlere Dicke von Putzen bzw. Putzsystemen muss außen 20 mm (mindestens 15 mm) und innen 15 mm (mindestens 10 mm) betragen (Bild 13). Einlagige Innenputze aus Werk-Trockenmörtel erfordern nur eine Dicke von 10 mm (mindestens 5 mm). Einlagige wasserabweisende Putze aus Werkmörtel erfordern als Außenputz nur eine Dicke von 15 mm (mindestens 10 mm). Die Mindestdicken dürfen nur lokal begrenzt auftreten.

Wärmedämmputze werden als Unterputz in Dicken von mindestens 20 mm und höchstens 100 mm ausgeführt. Größere Dicken erfordern besondere Maßnahmen.

Tabelle 12: Klassifizierung der Eigenschaften von Festmörtel nach DIN EN 998-1:2003-09

Eigenschaften	Kategorie	Werte
Druckfestigkeit nach 28 Tagen	CS I	0,4 bis 2,5 N/mm ²
	CS II	1,5 bis 5,0 N/mm ²
	CS III	3,5 bis 7,5 N/mm ²
	CS IV	≥ 6 N/mm ²
Kapillare Wasseraufnahme	W 0	Nicht festgelegt
	W 1	$c \leq 0,40 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$ ($\hat{=} 3,10 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$)
	W 2	$c \leq 0,20 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$ ($\hat{=} 1,55 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$)
Wärmeleitfähigkeit	T 1	≤ 0,1 W/(mK)
	T 2	≤ 0,2 W/(mK)

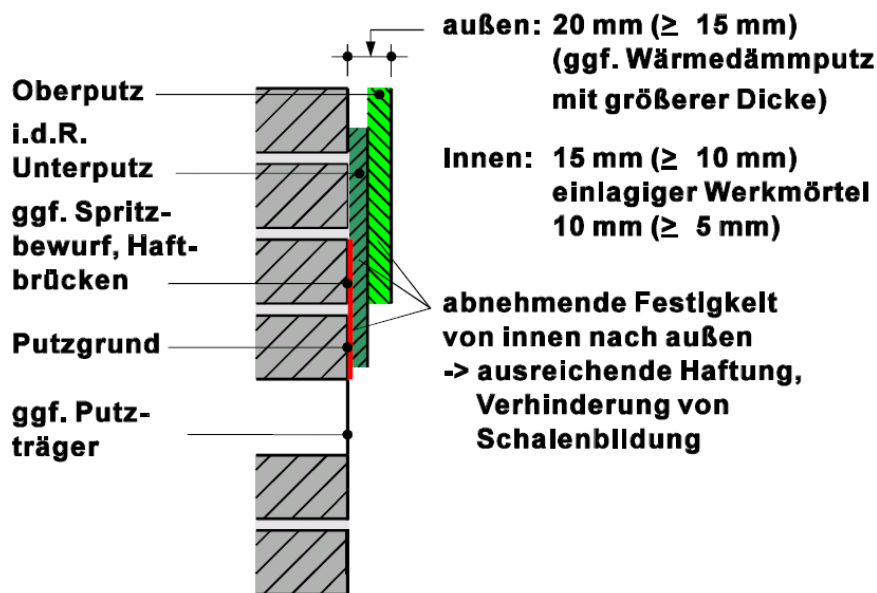


Bild 13: Putzdicken nach DIN V 18550:2005-04) [Lit 6]

Für mehrlagigen Putz gilt als Putzregel, dass die Festigkeit der Schichten (beginnend mit dem Putzträger = Mauerwerk) von innen nach außen abnehmen muss. Wird diese Putzregel verletzt, können sehr breite Risse auftreten. Die Rissbildung hängt mit dem relativ starken Schwinden von Kalk- und Zementmörteln zusammen, das beim Austrocknen (das wegen der geringen Schichtdicke relativ rasch verläuft) praktisch immer zur Rissbildung führt. Ist die Festigkeit der darunter liegenden Schicht größer als die der obersten Putzschicht, wirkt sie quasi als Bewehrung für die oberste Schicht, sodass die Risse in sehr kleinem Abstand (ein- bis zweimal der Schichtdicke der reißen obersten Schicht) auftreten und deshalb sehr schmal bleiben. Damit der Mechanismus der feinen Rissverteilung wirken kann, sollte die nächste Schicht immer erst aufgebracht werden, wenn die Rissbildung der letzten Schicht (nach einigen Tagen) weitgehend abgeschlossen ist. Wird die Putzregel verletzt, wird der Rissabstand sehr groß (mehrere Dezimeter) und die Risse werden breiter (Bild 14). Die Rissbreite entspricht etwa dem Produkt aus Schwinddehnung und Rissabstand.

Schwinddehnung des Putzes $\varepsilon_s = 1 \text{ mm/m}$

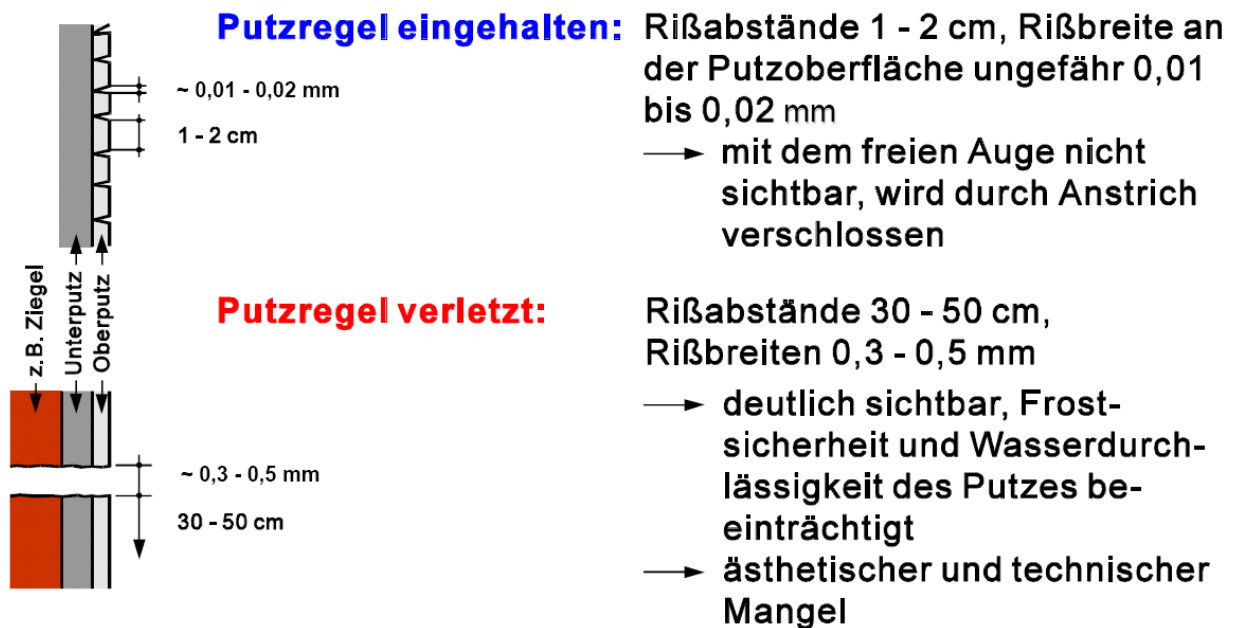


Bild 14: Putzrisse (Beispiel) [Lit 6]

Bei Wärmedämmverbundsystemen kann die Putzregel nicht eingehalten werden, da die zunächst aufgetragenen Wärmedämmungen (Mineralwolle, Polystyrol o. Ä.) grundsätzlich sehr geringe Festigkeiten haben. Breite Risse werden bei diesen Systemen durch das Einlegen einer Bewehrung (i. d. R. Glasfasergewebe) verhindert.

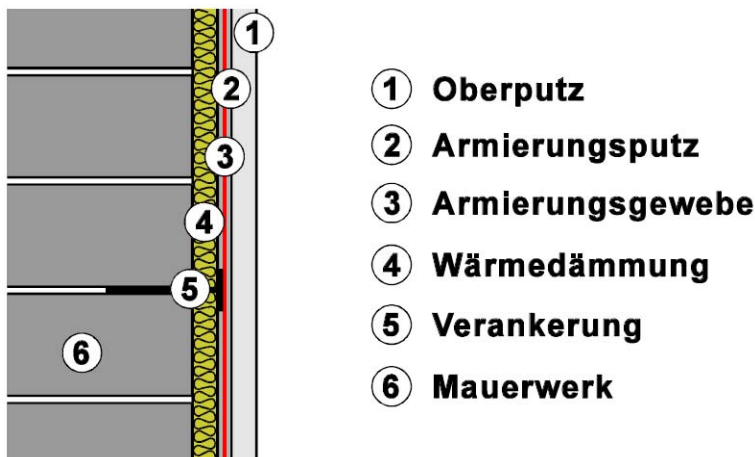


Bild 15: Aufbau eines Wärmedämmverbundsystems [Lit 6]

Wenn der Putzgrund ausreichend eben und nicht zu stark saugend ist, kann die erste Putzlage direkt auf den Putzgrund aufgebracht werden. In anderen Fällen sollte zunächst ein Spritzbewurf (i. d. R. Kalk-Zement-Mörtel) aufgebracht werden (Bild 16). Bewährte Putzsysteme sind in den Tabellen 2, 3 und 5 der DIN V 18550:2005:04 angegeben (siehe Tabelle 13, Tabelle 14 und Tabelle 15). Darüber hinaus kommen für Sonderputze (z. B. Wärmedämmverbundsysteme) auch andere Zusammensetzungen zum Einsatz.

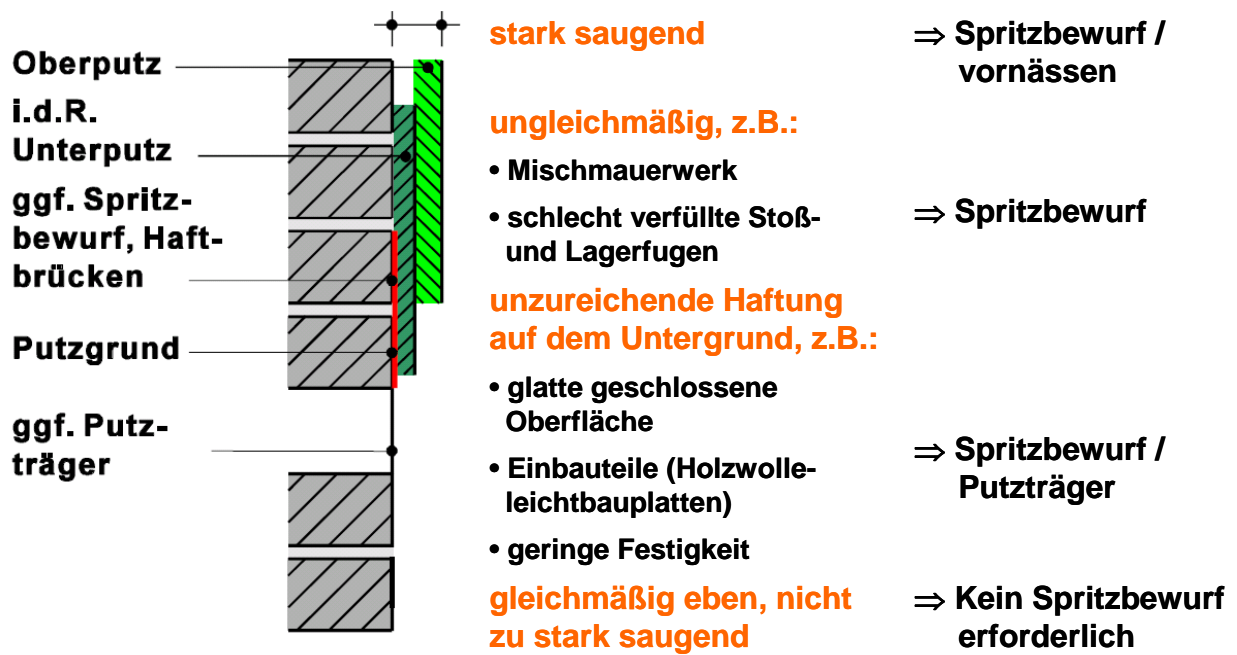


Bild 16: Maßnahmen zum Sicherstellen eines geeigneten Putzgrundes [Lit 6]

Tabelle 13: Putzsysteme für Außenputze mit Leichtputz

Anforderung an das Putzsystem	Unterputz Leichtputzmörtel entsprechend Mörtelgruppe	Druckfestigkeitskategorie des Unterputzes nach DIN EN 998-1	Oberputzmörtel ^a entsprechend Mörtelgruppe	Druckfestigkeitskategorie des Oberputzes nach DIN EN 998-1
wasserabweisend	-		P I	CS I
	-		P II	CS II
	P II	CS II	P I	CS I
	P II	CS II	P II	CS II
	P II	CS II	P II	CS II/CS III ^b

^a Leichtputze mit organischem Zuschlag mit porigem Gefüge sind außen nur als Unterputze zu verwenden.
^b Wird ein Leichtputz als Sockelputz verwendet, ist er im erdberührten Bereich immer zusätzlich abzudichten.

Tabelle 14: Putzsysteme für Außenputze nach DIN V 18550:2005:04

Zeile	Anforderung bzw. Putzanwendung	Mörtelgruppe für Unterputz	Druckfestigkeitskategorie des Unterputzes nach DIN EN 998-1	Mörtelgruppe bzw. Beschichtungstoff-Typ für Oberputz	Druckfestigkeitskategorie des Oberputzes nach DIN EN 998-1
1	ohne besondere Anforderung	–	–	P I	CS I
2		P I	CS I	P I	CS I
3 a		–	–	P II	CS II
3 b		–	–	P II	CS III
4 a		P II	CS II	P I	CS I
4 b		P II	CS III	P I	CS I
5 a		P II	CS II	P II	CS II
5 b		P II	CS III	P II	CS II
5 c		P II	CS III	P II	CS III
6		P II	CS III	P Org 1	–
7		–	–	P Org 1 ^a	–
8		–	–	P III	CS IV
9	wasserhemmend	P I	CS I	P I	CS I
10		–	–	P I	CS I
11 a		–	–	P II	CS II
11 b		–	–	P II	CS III
12 a		P II	CS II	P I	CS I
12 b		P II	CS III	P I	CS I
13 a		P II	CS II	P II	CS II
13 b		P II	CS III	P II	CS II
13 c		P II	CS III	P II	CS III
14		P II	CS III	P Org 1	–
15		–	–	P Org 1 ^a	–
16		–	–	P III	CS IV
17	wasserabweisend	P I	CS I	P I	CS I
18 a		P II	CS II	P I	CS I
18 b		P II	CS III	P I	CS I
19		–	–	P I	CS I
20 a		–	–	P II	CS II
20 b		–	–	P II	CS III
21 a		P II	CS II	P II	CS II
21 b		P II	CS III	P II	CS II
21 c		P II	CS III	P II	CS III
22		P II	CS III	P Org 1	–
23		–	–	P Org 1 ^a	–
24		–	–	P III	CS IV
25	Kellerwand- außenputz	–	–	P III ^b	CS IV
26	Außensockelputz	–	–	P III ^b	CS IV
27		P III	CS IV	P III ^b	CS IV
30		P III	CS IV	P II ^b	CS III
31		P II	CS III	P II ^b	CS II ^c
32 ^d		P II	CS II ^c	P II ^b	CS II ^c

^a Nur bei Beton mit geschlossenem Gefüge als Putzgrund.
^b Ein Sockelputz sowie ein Kellerwandaußenputz sind im erdberührten Bereich immer abzudichten. Der Putz dient als Träger der vertikalen Abdichtung.
^c > 2,5 N/mm²
^d Gilt nur für Sanierputze.

Tabelle 15: Putzsysteme für Innenputze nach DIN V 18550:2005:04

Zeile	Anforderung bzw. Putzanwendung	Mörtelgruppe bzw. Beschichtungstyp für Unterputz	Druckfestigkeitskategorie des Unterputzes nach DIN EN 998-1	Mörtelgruppe bzw. Beschichtungstyp für Oberputz ^a	Druckfestigkeitskategorie des Oberputzes nach DIN EN 998-1
1	übliche Beanspruchung	–	–	P I	CS I
2		P I	CS II	P I	CS I
3		–	–	P II	CS II
4 a		P II	CS II	P I	CS I
4 b		P II	CS II	P II	CS II
4 c		P II	CS II	P IV	b
4 d		P II	CS II	P Org 1	–
4 e		P II	CS II	P Org 2	–
5		–	–	P III	CS IV
6 a		P III	CS III	P I	CS I
6 b		P III	CS III	P II	CS II
6 c		P III	CS IV	P II	CS III
6 d		P III	CS IV	P III	CS IV
6 e		P III	CS III	P Org 1	–
6 f		P III	CS III	P Org 2	–
7		–	–	P IV	b
8 a		P IV	b	P I ^d	CS I
8 b		P IV	b	P II ^d	CS II
8 c		P IV	b	P IV	b
8 d		P IV	b	P Org 1	–
8 e	P IV	b	P Org 2	–	
9 a	–	–	P Org 1 ^c	–	
9 b	–	–	P Org 2 ^c	–	
10	Feuchträume	–	–	P II	CS II
11		P II	CS II	P I ^d	CS I
12 a		P II	CS II	P II	CS II
12 b		P II	CS III	P Org 1	–
13 a		–	–	P III	CS III
13 b		–	–	P III	CS IV
14 a		P III	CS III	P II	CS II
14 b		P III	CS IV	P III	CS IV
14 c		P III	CS III	P Org 1	–
14 d		P III	CS IV	P Org 1	–
15	–	–	P Org 1 ^c	–	

^a Oberputze dürfen mit abschließender Oberflächengestaltung oder ohne ausgeführt werden (z. B. bei zu beschichtenden Flächen).
^b Druckfestigkeit $\geq 2,0 \text{ N/mm}^2$
^c Nur bei Beton mit geschlossenem Gefüge als Putzgrund.
^d Dünnlagige Oberputze.

6 Literatur

- Lit 1: Berchert, H. et al.: Kalksandstein: Planung, Konstruktion, Ausführung. Kalksandstein Information GmbH + Co. KG (Hrsg.), 2. Auflage, Beton-Verlag, 1989
- Lit 2: Bundesverband Porenbeton: Porenbeton Lehrmaterial, 2004
- Lit 3: Deutsche Gesellschaft für Mauerwerksbau e.V. (DGfM): Homepage. <http://www.dgfm.de>, 2007
- Lit 4: Laubhan, K.: Bauen mit Porenbeton. Studienarbeit FH Deggendorf, <http://www.biw.fh-deggendorf.de/alumni/2001/laubhan/porenbeton/index.htm>, 2001
- Lit 5: Riechers, H.-J.: Mauermörtel. Mauerwerk-Kalender 2005, S. 149 – 177, Ernst & Sohn, Berlin, 2005
- Lit 6: Schießl, P.: Mauerwerk. Vorlesungsskript, Technische Universität München, 2004
- Lit 7: Vogdt, F. U.: Kalksandstein. Die Foliensammlung zur KS-Maurerfibel, 2004