

Vergleichsversuche zum Einfluß des Prüfverfahrens auf die Ermittlung der Mörteldruckfestigkeit

T 2840

T 2840

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

1999, ISBN 3-8167-5469-4

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

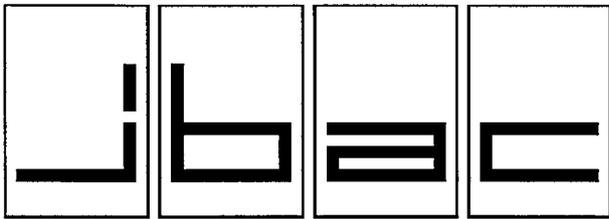
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

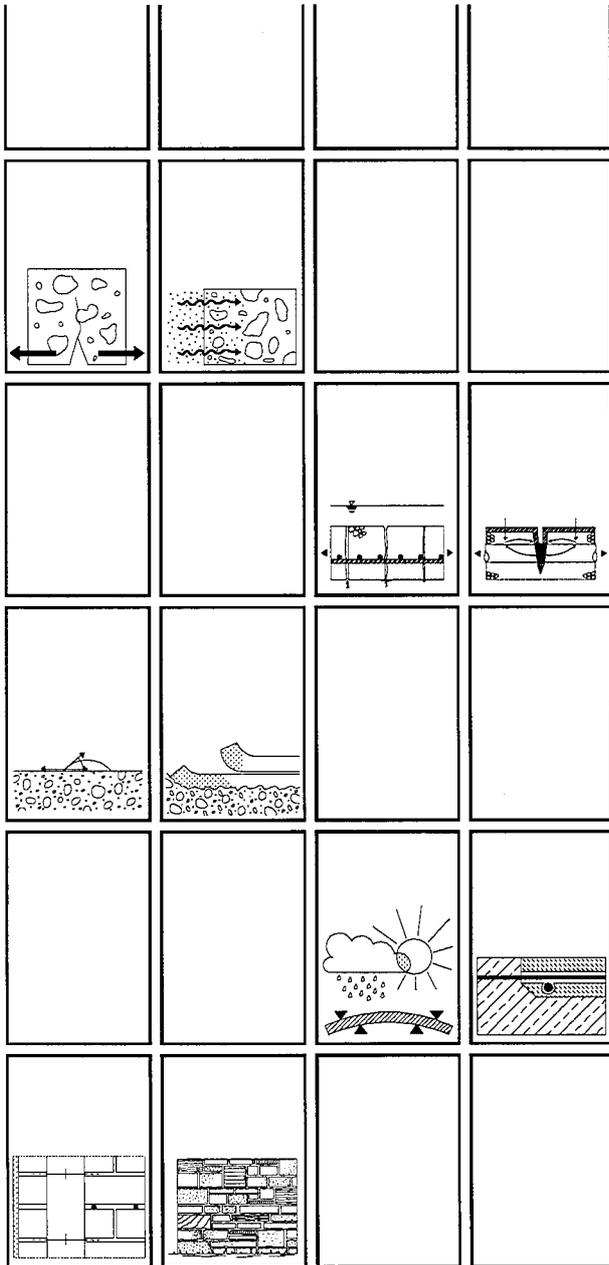
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

e-mail irb@irb.fhg.de

URL <http://www.irb.fhg.de>



Institut für Bauforschung Aachen
 Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule

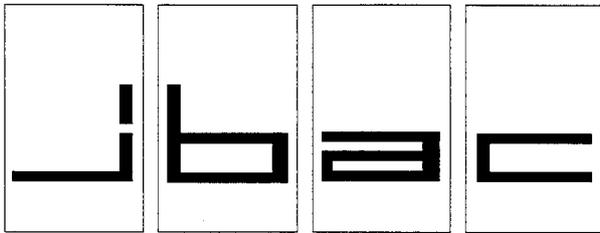


Forschungsbericht F 646

Vergleichsversuche zum Einfluß des Prüfverfahrens auf die Ermittlung der Mörtel-
 druckfestigkeit

Baustoff · Bauteil · Bauwerk





Kre/Di

1. Ausfertigung

THEMA

Vergleichsversuche zum Einfluß des Prüfverfahrens auf die Ermittlung der Mörteldruckfestigkeit

ABSCHLUSSBERICHT

Forschungsbericht Nr.

F 646
vom 18.09.1998

Projektleiter

Dr.-Ing. P. Schubert

Sachbearbeiter

Dipl.-Ing. A. Krechting

Auftraggeber/
Förderer

Deutsches Institut für Bautechnik
Kolonnenstraße 30

10792 Berlin

Auftragsdatum

20.06.1997

Aktenzeichen

IV 1-5-850/97

Dieser Bericht umfaßt 13 Seiten, davon 7 Textseiten.

Soweit Versuchsmaterial nicht verbraucht ist, wird es nach 4 Wochen vernichtet.

Eine längere Aufbewahrung bedarf einer schriftlichen Vereinbarung.

Die auszugsweise Veröffentlichung dieses Berichtes, seine Verwendung für Werbezwecke sowie die inhaltliche Übernahme in Literaturdatenbanken bedürfen der Genehmigung des ibac.

<u>INHALTSVERZEICHNIS</u>		Seite
1	EINLEITUNG.....	1
2	STAND DER NORMUNG.....	1
3	ZIELSETZUNG.....	2
4	PRÜFPROGRAMM.....	2
5	DURCHFÜHRUNG DER PRÜFUNGEN.....	2
5.1	Allgemeines.....	2
5.2	Herstellung der Probekörper.....	4
5.2.1	Mischen.....	4
5.2.2	Verdichten.....	4
5.3	Lagerung der Probekörper.....	4
5.4	Bestimmung der Frischmörtelkennwerte.....	4
5.5	Bestimmung der Trockenrohddichte.....	5
5.6	Bestimmung der Biegezugfestigkeit und der Druckfestigkeit.....	5
5.6.1	Verfahren I (nach DIN 18 555-3 /X3/ bzw. DIN 1164-7 /X4/).....	5
5.6.2	Verfahren II (nach DIN 18 555-3 /X3/ bzw. DIN 196-1 /X5/).....	5
5.6.3	Verfahren III (prEN 1015-11 /X6/).....	6
6	VERSUCHSERGEBNISSE.....	6
7	LITERATUR.....	7
	TABELLE	A1-A3
	BILDER	B1-B3

1 EINLEITUNG

Die Druckfestigkeit von Mauermörtel kann mit verschiedenen Prüfverfahren bestimmt werden. Im folgenden werden Prüfverfahren verglichen, bei denen die Bestimmung der Druckfestigkeit an „Norm-Prismen“ (Prismendruckfestigkeit) erfolgt, das heißt, der Mörtel wird in einer Stahlschalung verdichtet und anfangs gelagert.

Die Prismendruckfestigkeit ist nach DIN 1053-1 /X1/ eine der bedeutendsten Eigenschaftskenngrößen für Mauermörtel. Sie wird bei der Eigen- und Fremdüberwachung geprüft.

Die Prüfverfahren für die Bestimmung der Prismendruckfestigkeit unterscheiden sich hinsichtlich der Belastungsfläche und der Belastungsgeschwindigkeit. Der Einfluß dieser Unterschiede auf die Prismendruckfestigkeit wird allgemein als gering eingeschätzt. Eine Quantifizierung soll mit Hilfe von entsprechenden Vergleichsversuchen erfolgen.

In der Praxis ist der Mörtel im Mauerwerk neben den klimatischen Verhältnissen auch der Beeinflussung durch Steinkontakt ausgesetzt. Die Erhärtung wird von Beginn an wesentlich durch die komplexen Wechselwirkungen zwischen Mörtel und Stein bestimmt. Je nach Stein und Feuchtezustand kann dem frischen Mörtel Wasser entzogen werden. Um den Einfluß der Steine auf die Erhärtung des Mörtels zu berücksichtigen, werden derzeit drei Prüfverfahren angewendet, die sich auf die Bestimmung der Druckfestigkeit in der Fuge beziehen (Fugendruckfestigkeit). Diese Verfahren - Würfeldruckverfahren /1/, Plattendruckverfahren /1/, ibac-Verfahren /2/ - sind in /3/ bereits ausführlich behandelt und werden hier nur der Vollständigkeit halber genannt. Die Prüfverfahren sind in dem Normentwurf DIN 18 555-9 /X2/ geregelt.

2 STAND DER NORMUNG

In der Bundesrepublik Deutschland gibt die DIN 1053-1 /X1/ als Prüfvorschrift für die Bestimmung der Druckfestigkeit die DIN 18 555-3 /X3/ an. Diese wiederum verweist für die Durchführung der Prismenprüfung auf die DIN 1164-7 /X4/. Bereits 1990 ist die DIN 1164-7 im Zuge der europäischen Normung durch die neue Norm DIN EN 196-1 /X5/ ersetzt worden, nach der die Prismenprüfungen heute durchgeführt werden. Die Belastungsgeschwindigkeit bezieht sich auf Zementmörtel, der gegenüber Mauermörtel i. d. R. eine erheblich höhere Druckfestigkeit aufweist. Im Zusammenhang mit der Erarbeitung einer europäischen Produktnorm für Mauermörtel wurden auch entsprechende Prüfnormen erstellt.

Die prEN 1015-11 /X6/ gilt für die Prüfung der Druckfestigkeit von Mauer- und Putzmörtel. Die Prüfnorm ist vom zuständigen TC 125 für die Umfrage zur Verabschiedung als europäischer „Weißdruck“ freigegeben. Die Belastungsgeschwindigkeit ist auf die Druckfestigkeit von Mauermörtel abgestimmt.

Die oben genannten Prüfverfahren unterscheiden sich zusätzlich hinsichtlich der Maße der Belastungsflächen. Die wesentlichen Bestimmungen der Prüfverfahren sind im Abschnitt 5.6 beschrieben.

3 ZIELSETZUNG

Es erscheint angebracht, die Prüfung der Mörteldruckfestigkeit nach der europäischen Prüfnorm EN 1015-11 /X6/ durchzuführen, die bis auf die Belastungsfläche inhaltlich mit der deutschen Prüfnorm DIN 18 555-3 /X3/ übereinstimmt. Systematische Vergleichsuntersuchungen zwischen der EN 1015-11 und DIN 18 555-3 sind nicht bekannt. Es war deshalb notwendig, derartige Untersuchungen durchzuführen, um den Einfluß der unterschiedlichen Belastungsfläche und ggf. unterschiedlicher Belastungsgeschwindigkeiten zu ermitteln und sich möglicherweise daraus ergebende Auswirkungen bewerten zu können.

4 PRÜFPROGRAMM

Es wurden mit insgesamt 10 verschiedenen Mauermörteln (Leichtmörtel: LM 21, LM 36; Normalmörtel der Gruppen II, IIa, III und IIIa sowie Dünnbettmörtel) vergleichende Druckfestigkeitsprüfungen nach DIN 18 555-3 /X3/ bzw. DIN 1164-7 /X4/ (Bezeichnet mit Verfahren I), DIN EN 196-1 /X5/ (Bezeichnet mit Verfahren II) sowie der Weißdruck - Fassung EN 1015-11/X6/ (Bezeichnet mit Verfahren III) durchgeführt.

5 DURCHFÜHRUNG DER PRÜFUNGEN

5.1 Allgemeines

Die Bestimmung der Druckfestigkeit erfolgte an sogenannten „Norm-Prismen“ (Prismendruckfestigkeit), das heißt, der Mörtel wurde in einer Stahlschalung verdichtet. Für alle Mörtel wurde die gleiche Vorlagerung gewählt (vgl. Abschnitt 5.3). Die Maße der Prismen

betragen 40 X 40 X 160 mm. Die Prüfung der Druckfestigkeit erfolgte je Prisma an 2 Prismenhälften, mit der nach Norm definierten Belastungsfläche (siehe Bild 1).

Druckfestigkeitsprüfung nach DIN 18 555-3

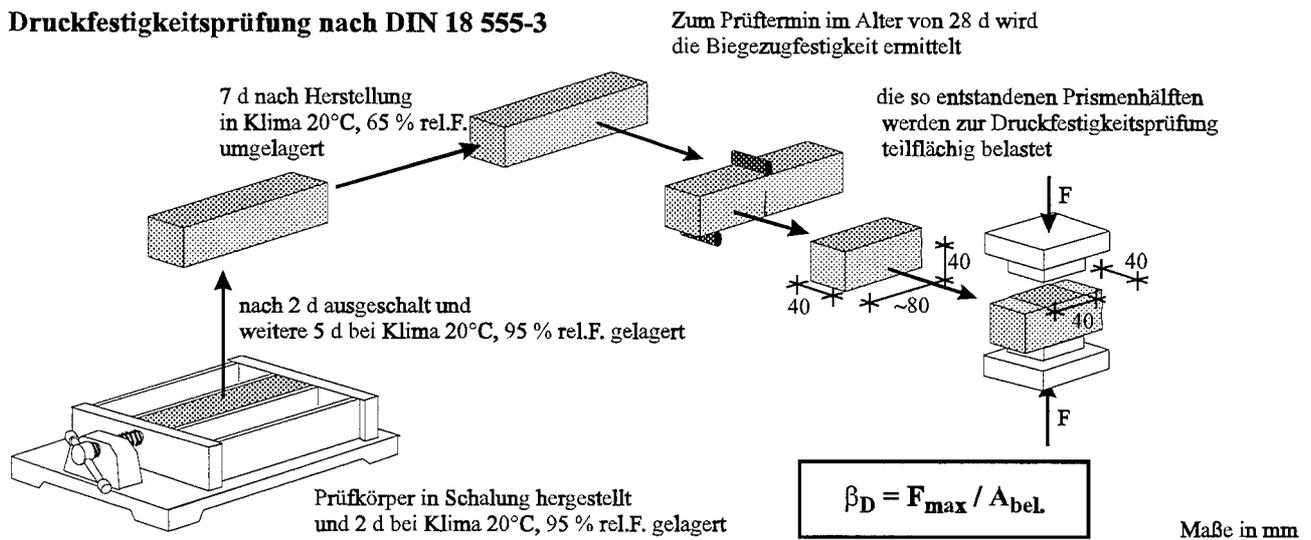


Bild 1: Druckfestigkeitsprüfung nach DIN 18555-3 /X3/

Je Prüfung wurden drei Prismen hergestellt, an denen insgesamt 3 Einzelwerte der Biegezugfestigkeit sowie 6 Einzelwerte der Druckfestigkeit bestimmt wurden. Als Prismendruckfestigkeit wurde das arithmetische Mittel aus allen 6 Einzelwerten angegeben.

Zusätzlich wurde die Trockenrohichte der verwendeten Mörtel bestimmt (vgl. Abschnitt 5.5)

5.2 Herstellung der Probekörper

5.2.1 Mischen

Der jeweilige Frischmörtel wurde unter Beachtung der Mischvorschriften und sonstigen Herstellerangaben (Aufschrift auf dem Gebinde) gemischt. Der Frischmörtel sollte in weitgehend anwendungsgerechter Konsistenz vorliegen. Wurden keine Angaben zur Konsistenz gemacht, so wurde ein Ausbreitmaß von 160 bis 170 mm eingestellt. Für den Mischvorgang wurden in Abhängigkeit von der Mörtelart die folgenden Mischer bzw. Mischvorrichtungen verwendet:

- Freifallmischer: LM 21, LM 36
- Zwangmischer: NM II, NM IIa, NM III, NM IIIa
- Quirl: Dünnbettmörtel.

5.2.2 Verdichten

Für die Verdichtung des Mörtels wurde das Schockverfahren nach DIN 18 555-3 /X3/ Abschnitt 3.2.3 angewendet.

5.3 Lagerung der Probekörper

Die Probekörper wurden nach DIN 18 555-3 /X3/ Tabelle 1 (2 Tage in der Form und 5 Tage entschalt im Klima 20/95 sowie anschließend 21 Tage im Klima 20/65) gelagert.

5.4 Bestimmung der Frischmörtelkennwerte

Für alle untersuchten Mörtel wurden die Frischmörtelkennwerte Konsistenz, Rohdichte, Luftgehalt nach DIN 18 555-2 /X7/ bestimmt.

5.5 Bestimmung der Trockenrohichte

Die Bestimmung der Trockenrohichte erfolgte nach DIN 18 555-3 /X3/. Die Prüfkörper wurden nach 28 Tagen Lagerung. (vgl. Abschnitt 5.3) bis zur Massekonstanz bei 105 °C getrocknet.

5.6 Bestimmung der Biegezugfestigkeit und der Druckfestigkeit

Nachfolgend werden die wesentlichen Bestimmungen der verwendeten Prüfverfahren hinsichtlich der Belastungsgeschwindigkeit und der Belastungsfläche - getrennt für die Biegezugfestigkeit und Druckfestigkeit zusammengefaßt.

5.6.1 Verfahren I (nach DIN 18 555-3 /X3/ bzw. DIN 1164-7 /X4/)

Die Bestimmung der Biegezugfestigkeit erfolgt nach DIN 1164-7 /X4/ Abschnitt 3.1 mit einer Belastungsgeschwindigkeit von 50 ± 10 N in der Sekunde.

Die Druckfestigkeit wird nach DIN 1164-7 /X4/ Abschnitt 3.2 mit einer Belastungsgeschwindigkeit von $(1,5 \pm 0,5)$ N/mm²/s ermittelt. Die Maße der Belastungsfläche betragen 40 mm x 62,5 mm.

5.6.2 Verfahren II (nach DIN 18 555-3 /X3/ bzw. DIN 196-1 /X5/)

Die Bestimmung der Biegezugfestigkeit erfolgt nach DIN 196-1 /X5/ Abschnitt 9.2 mit einer Belastungsgeschwindigkeit von 50 ± 10 N in der Sekunde.

Die Druckfestigkeit wird nach DIN 196-1 /X5/ Abschnitt 9.3 mit einer Belastungsgeschwindigkeit von (2400 ± 200) N/s ermittelt. Die Maße der Belastungsfläche betragen 40 mm x 40 mm.

5.6.3 Verfahren III (prEN 1015-11 /X6/)

Die Bestimmung der Biegezugfestigkeit erfolgt nach prEN 1015-11 /X6/ Abschnitt 8 mit einer Belastungsgeschwindigkeit von 10 N/s bis 50 N/s, so daß der Bruch innerhalb von 30 bis 90 s eintritt.

Die Druckfestigkeit wird nach prEN 1015-11 /X6/ Abschnitt 9 mit einer Belastungsgeschwindigkeit von 50 N/s bis 500 N/s ermittelt, so daß der Bruch innerhalb von 30 bis 90 s eintritt. Die Maße der Belastungsfläche betragen 40 mm x 40 mm.

6 VERSUCHSERGEBNISSE

Die Versuchsergebnisse sind in den Tabellen A1 (Einzelwerte) und A2 (Mittelwerte der Biegezug - und Druckfestigkeit), Seiten A1 bis A3, zusammengestellt.

Eine graphische Darstellung der Versuchsergebnisse enthalten die Bilder B1 bis B3, Seiten B1 bis B3.

In den Bildern B1 und B2 sind die mittleren Druckfestigkeitswerte, in Bild B3 deren Verhältniswerte bezogen auf die mittlere Druckfestigkeit nach Verfahren III dargestellt.

Die Unterschiede der mittleren Druckfestigkeit der Verfahren I und II zu Verfahren III betragen maximal rd. 10 %. Nach den Untersuchungsergebnissen unterscheiden sich die verschiedenen Prüfverfahren nicht signifikant.

7 LITERATUR

- /X1/ DIN 1053-1 11.96. Mauerwerk; Teil 1: Berechnung und Ausführung
- /X2/ DIN 18 555-9 Entwurf 02.98. Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemitteln; Festmörtel; Bestimmung der Fugendruckfestigkeit; Ausgabe Entwurf Februar 1998
- /X3/ DIN 18 555-3 09.82 Prüfung von Mörtel mit mineralischen Bindemitteln; Festmörtel; Bestimmung der Biegezugfestigkeit, Druckfestigkeit und Rohdichte
- /X4/ DIN 1164-7 Portland-, Eisenportland-, Hochofen-und Traßzement; Bestimmung der Festigkeit
- /X5/ DIN EN 196-1 05.95 Prüfverfahren für Zement - Teil 1; Bestimmung der Festigkeit; Deutsche Fassung EN 196-1: 1994
- /X6/ prEN 1015-11 08.95 Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk - Bestimmung der Biegezug- und Druckfestigkeit von Festmörtel
- /X7/ DIN 18 555-2 09.82 Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemitteln; Frischmörtel mit dichten Zuschlägen; Bestimmung der Konsistenz, der Rohdichte und des Luftgehaltes
- /1/ Vorläufige Richtlinie zur Ergänzung der Eignungsprüfung von Mauermörtel; August 1992; Deutsche Gesellschaft für Mauerwerksbau e.V.
- /2/ Schubert, P. ; Schmidt, St.: Bestimmung der Druckfestigkeit des Mörtels im Mauerwerk. Aachen : Institut für Bauforschung, 1990. - Forschungsbericht Nr. F 304 In: Kurzberichte aus der Bauforschung 32 (1991), Nr. 3, S. 211-214 In: ibac Kurzberichte 3 (1990), Nr. 28
- /3/ Riechers, H.-J. ; Schubert, P. ; Deutler, T.: Prüfung der Druckfestigkeit von Mauermörtel-Formfaktoren für den Vergleich der unterschiedlichen Prüfverfahren. In: Mauerwerk 2 (1998), Nr. 3, S. 102-106

Tabelle A1: Frisch- und Festmörtelkennwerte

Ausbreitmaß a, Luftgehalt L

 Frischmörtelrohddichte ρ_{fr} , Trockenrohddichte ρ_d

 Biegezugfestigkeit β_{BZ} im Alter von 28 d

 Druckfestigkeit β_{D1} im Alter von 28 d (Verfahren I)

 Druckfestigkeit β_{D2} im Alter von 28 d (Verfahren II)

 Druckfestigkeit β_{D3} im Alter von 28 d (Verfahren III)

Mörtel	a	L	ρ_{fr}	ρ_d	Verfahren I			Verfahren II		Verfahren III			
					β_{BZ}	β_{D1}	β_{BZ}	β_{D2}	β_{BZ}	β_{D3}			
	mm	%	kg/m ³		N/mm ²								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
DM-1	150	14,5	1699	1410	3,5	10,6	11,9	3,4	11,2	10,2	3,6	11,7	11,8
					3,9	11,5	11,9	3,5	11,6	11,9	3,7	12,1	12,6
					3,4	10,8	12,2	3,6	11,9	11,6	3,7	10,1	12,2
MW	-				3,6	11,5	3,5	11,4	3,7	11,8			
DM-2	170	19,0	1653	1390	5,9	22,6	22,3	5,9	19,1	22,0	6,1	16,4 ¹⁾	21,8
					6,2	21,8	23,0	6,0	22,6	21,4	6,3	21,5	21,9
					6,3	22,7	23,1	6,1	22,1	22,0	5,5	21,5	20,9
MW	-				6,1	22,6	6,0	21,5	6,0	21,5			
LM 36-1	165	13,5	1291	1030	2,6	10,1	10,3	2,8	11,6	11,5	2,6	11,6	11,8
					2,6	10,3	11,0	2,8	11,6	12,0	2,4	11,9	11,9
					2,9	10,7	10,4	2,8	11,7	11,7	2,7	11,7	11,5
MW	-				2,7	10,5	2,8	11,7	2,6	11,7			
LM 36-2	182	19,0	1244	1000	2,8	9,9	10,0	2,6	9,2	9,3	2,7	9,5	9,0
					2,6	9,9	9,8	2,6	9,3	9,3	2,3	9,9	10,0
					2,5	9,7	9,8	2,7	9,4	9,1	2,5	9,4	9,2
MW	-				2,6	9,9	2,6	9,3	2,5	9,5			
LM 21-1	175	19,5	893	590	1,6	3,7	3,9	1,6	4,4	4,2	1,5	4,3	4,4
					1,6	3,6	3,9	1,7	4,1	4,3	1,7	4,2	4,4
					1,7	3,9	3,8	1,6	3,7	4,3	1,1	4,3	4,4
MW	-				1,6	3,8	1,6	4,2	1,4	4,3			

¹⁾ Probe vermutlich vorgeschädigt, Wert wird nicht berücksichtigt

Tabelle A1 (Fortsetzung): Frisch- und Festmörtelkennwerte
 Ausbreitmaß a, Luftgehalt L
 Frischmörtelrohddichte ρ_{fr} , Trockenrohddichte ρ_d
 Biegezugfestigkeit β_{BZ} im Alter von 28 d
 Druckfestigkeit β_{D1} im Alter von 28 d (Verfahren I)
 Druckfestigkeit β_{D2} im Alter von 28 d (Verfahren II)
 Druckfestigkeit β_{D3} im Alter von 28 d (Verfahren III)

Mörtel	a	L	ρ_{fr}	ρ_d	Verfahren I			Verfahren II		Verfahren III			
					β_{BZ}	β_{D1}	β_{BZ}	β_{D2}	β_{BZ}	β_{D3}			
	mm	%	kg/m^3		N/mm^2								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
LM 21-2	178	27,5	897	640	1,8	5,6	5,9	1,7	5,1	5,6	1,8	5,8	5,6
					1,9	5,2	6,2	1,9	5,4	5,5	1,9	5,8	6,0
					1,8	5,7	6,0	1,7	5,1	5,4	1,5	5,3	5,3
	-				1,8	5,8	1,8	5,4	1,7	5,6			
NM II	156	23,0	1677	1520	1,4	3,8	3,7	1,3	3,5	3,3	1,4	3,7	3,9
					1,0	3,6	3,9	1,2	3,4	3,7	1,1	4,0	4,1
					1,3	3,6	3,8	1,4	3,7	3,4	1,3	4,0	4,1
	-				1,2	3,7	1,3	3,5	1,3	4,0			
NM IIa	160	22,0	1716	1580	1,0	6,1	7,1	2,0	6,9	6,9	2,2	6,4	6,8
					1,7	6,9	7,1	2,1	6,9	6,8	2,2	6,8	7,2
					1,8	6,5	6,8	2,2	6,7	7,1	2,3	6,0	6,5
	-				1,5	6,8	2,1	6,9	2,2	6,6			
NM III	172	14,5	1921	1760	4,7	18,9	19,5	4,5	18,5	18,6	4,8	17,8	18,2
					4,9	19,4	19,7	4,6	17,6	18,6	4,9	18,4	18,8
					4,2	19,2	19,4	4,7	18,0	18,0	4,7	17,5	18,6
	-				4,6	19,4	4,6	18,2	4,8	18,2			
NM IIIa	162	10,5	1979	1800	4,7	18,9	19,1	4,7	16,9	17,7	4,8	18,9	19,1
					5,1	19,1	19,5	5,0	17,2	18,1	5,4	18,9	19,0
					5,1	19,5	19,2	4,3	17,0	16,9	5,1	18,2	19,4
MW	-				5,0	19,2	4,7	17,3	5,1	18,9			

Tabelle A2: Frisch- und Festmörtelkennwerte - Mittelwerte
Ausbreitmaß a, Luftgehalt L

Frismörtelrohddichte ρ_{fr} , Trockenrohddichte ρ_d

Biegezugfestigkeit β_{BZ} im Alter von 28 d

Druckfestigkeit β_{D1} im Alter von 28 d (Verfahren I)

Druckfestigkeit β_{D2} im Alter von 28 d (Verfahren II)

Druckfestigkeit β_{D3} im Alter von 28 d (Verfahren III)

Mörtel	a	L	L	ρ_{fr}	ρ_d	Verfahren I			Verfahren II		Verfahren III		Verhältnisswerte		
						β_{BZ}	β_{D1}	β_{BZ}	β_{D2}	β_{BZ}	β_{D3}	β_{D1}/β_{D3}	β_{D2}/β_{D3}		
-	mm	%	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	N/mm ²									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
DM-1	150	14,5	1699	1410	3,6	11,5	3,5	11,4	3,7	11,8	97,5	96,6	100,9		
DM-2	170	19,0	1653	1390	6,1	22,6	6,0	21,5	6,0	20,7	105,1	100,0	105,1		
LM 36-1	165	13,5	1291	1030	2,7	10,5	2,8	11,7	2,6	11,7	89,7	100,0	89,7		
LM 36-2	182	19,0	1244	1000	2,6	9,9	2,6	9,3	2,5	9,5	104,2	97,9	106,5		
LM 21-1	175	19,5	893	590	1,6	3,8	1,6	4,2	1,4	4,3	88,4	97,7	90,5		
LM 21-2	178	27,5	897	640	1,8	5,8	1,8	5,4	1,7	5,6	103,6	96,4	107,4		
NM II	156	23,0	1677	1520	1,2	3,7	1,3	3,5	1,3	4,0	92,5	87,5	105,7		
NM IIa	160	22,0	1716	1580	1,5	6,8	2,1	6,9	2,2	6,6	103,0	104,6	98,6		
NM III	172	14,5	1921	1760	4,6	19,4	4,6	18,2	4,8	18,2	106,6	100,0	106,6		
NM IIIa	162	10,5	1979	1800	5,0	19,2	4,7	17,3	5,1	18,9	101,6	91,5	111,0		

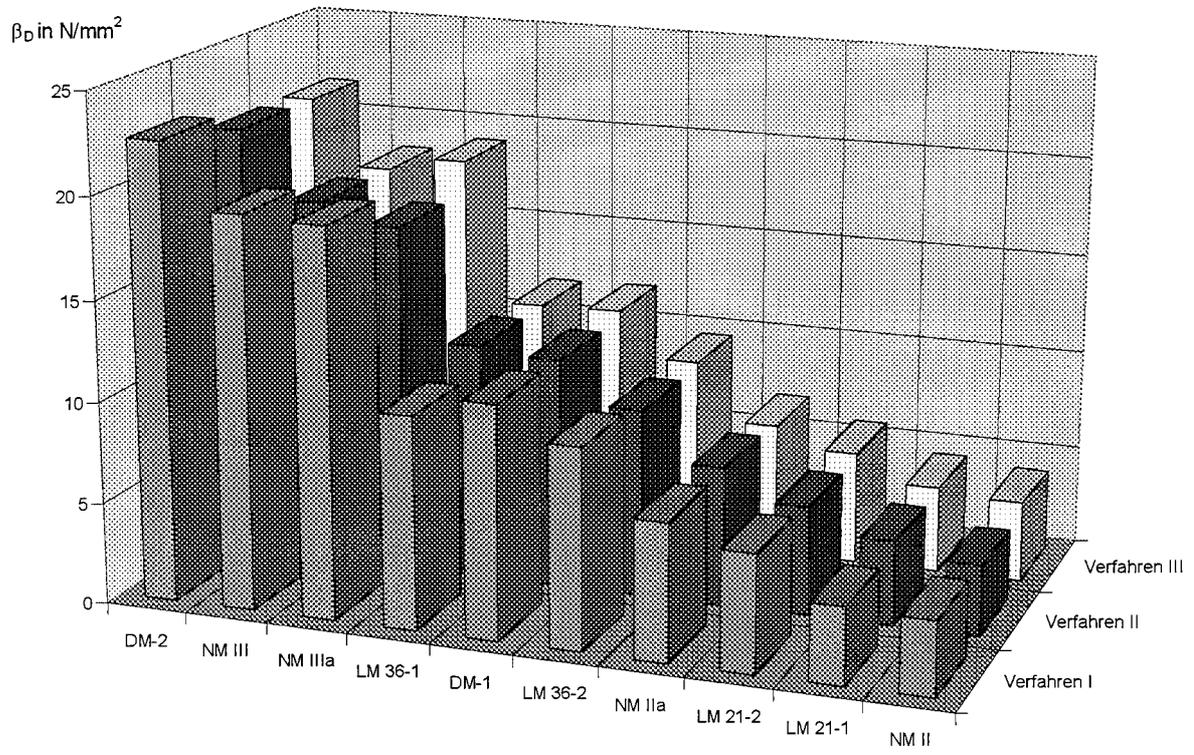


Bild B1: Mittlere Druckfestigkeit im Alter von 28 d β_D

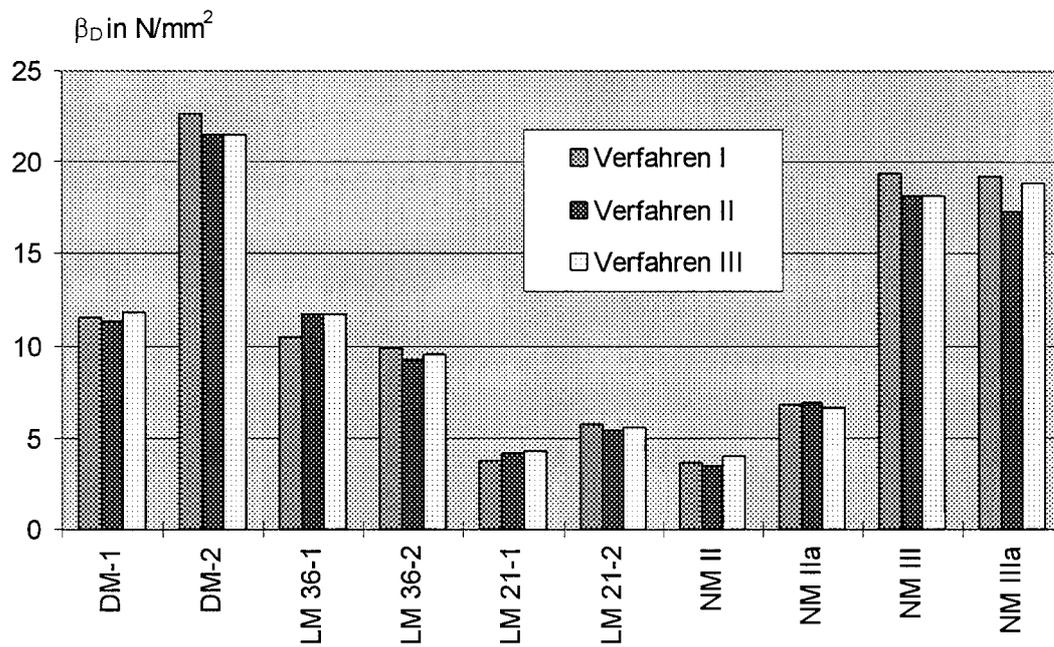


Bild B2: Mittlere Druckfestigkeit β_D nach den Verfahren I bis III

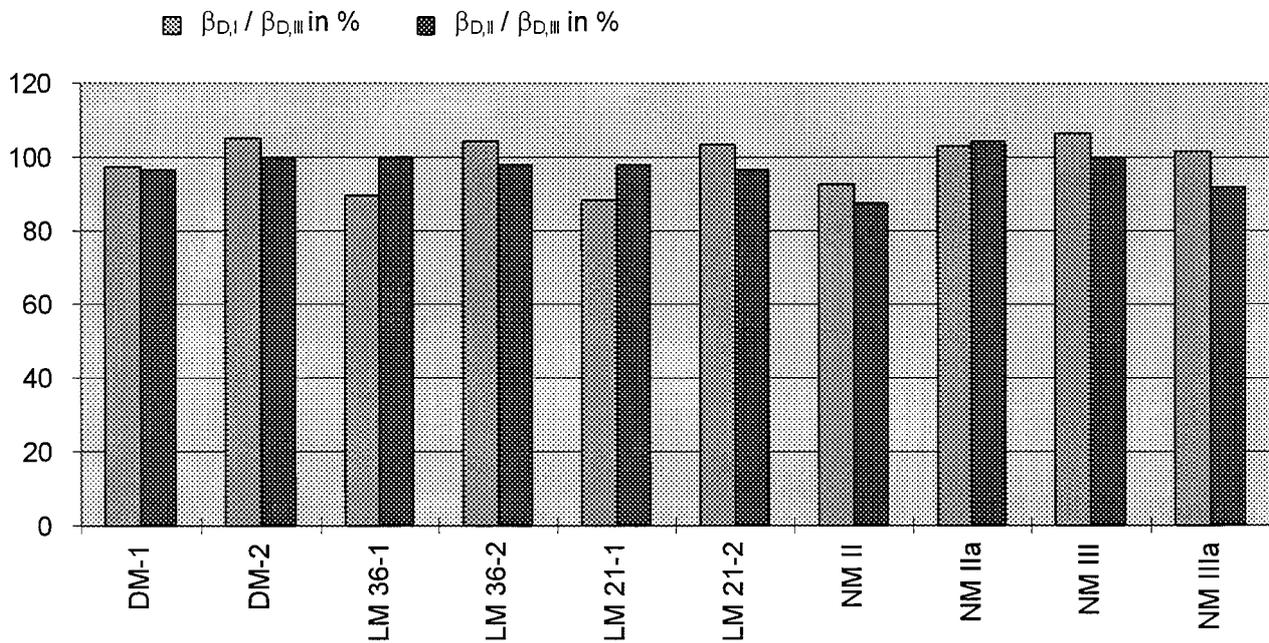


Bild B3: Verhältniswerte der mittleren 28 d-Druckfestigkeit β_D nach Verfahren I / Verfahren III und Verfahren II / Verfahren III