

Zum Tragverhalten von mit
Schalungssteinen hergestellten Wänden

T 1278

T 1278

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

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

© by Fraunhofer IRB Verlag

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.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

T 1278: Zum Tragverhalten von mit Schalungssteinen hergestellten
Wänden

Hannover, Juni 1984

Zum Tragverhalten von mit Schalungssteinen
hergestellten Wänden

Bericht erstattet

von

K. Kirtschig

Auftraggeber: Institut für Bautechnik
Reichpietschufer 72-76
1000 Berlin 30

Auftrag vom: 20.06.1975 - Gesch.Z. IV/1-5-97/75

I n h a l t s v e r z e i c h n i s

	Seite
1. Aufgabenstellung	1
2. Unterlagen	2
3. Auswertung der Versuchsergebnisse	29
3.1 Tragfähigkeit bei vertikaler Belastung	29
3.1.1 Allgemeines	29
3.1.2 Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Wand- tragfähigkeit additiv aus der Stein- und Betontragfähigkeit ermittelt werden kann	30
3.1.3 Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Beziehung $F_W = a \cdot F_{St} + b \cdot F_{Bet} + c$ gilt	35
3.1.4 Auswertung wie unter 3.1.3, jedoch ohne Berücksichtigung der Versuche mit Einkornbeton und Leichtbeton als Füllbeton	44
3.1.5 Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Beziehung $F_W = a F_{St} + b F_{Bet}$ gilt	45
3.1.6 Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß der Ansatz $F_W = a \cdot F_{St}^b \cdot F_{Bet}^b$ gilt	51
3.1.7 Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß nur der Beton trägt	57
3.1.8 Auswertung der Versuchsergebnisse nach DIN 1045	63

II

	Seite	
3.1.9	Ableitung von zulässigen Spannungen bei Bemessung nach DIN 1053	66
3.1.10	Vergleich der Tragfähigkeiten bei Bemessung nach DIN 1053 und bei Bemessung nach DIN 1045	70
3.2	Tragfähigkeit bei Schubbeanspruchung	89
3.2.1	Allgemeines	89
3.2.2	Zu den vorliegenden Versuchsergebnissen	90
3.2.3	Gutachten BGS zur Schubtragfähigkeit von Schalungsstein-Wänden "Hinse II"	97
3.2.4	Gutachtliche Stellungnahme des Otto-Graf-Institutes zu den Versuchs- ergebnissen nach / 17 /	100
3.2.5	Vergleich der Schubtragfähigkeiten der Zulassung "Hinse II" und der Zulassung "Isotex" (s. lfd. Nr. 7 und 38 in Tabelle 1)	102
4.	Zusammenfassung	104
	Literaturverzeichnis	108

1. Aufgabenstellung

In der Bundesrepublik gibt es zur Zeit rd. 35 Zulassungen für Wandbauarten unter Verwendung von Schalungssteinen. Zur Herstellung dieser Wände werden Steine aus je nach Bauart verschiedenen Baustoffen schichtenweise verlegt und die Hohlräume der Steine mit Beton vergossen. Das Verlegen der Steine erfolgt "trocken", d. h. ohne Verwendung von Mörtel in den Lager- und Stoßfugen. Das Vergießen erfolgt nach dem Verlegen mehrerer Schichten oder auch erst, wenn die Steine für das gesamte Geschoß verlegt sind. Es liegt demnach eine Bauart vor, bei der die Steine einerseits als verlorene Schalung angesehen werden können, andererseits aber auch je nach Festigkeit und Steifigkeit im Vergleich zum Füllbeton sich an der Lastaufnahme beteiligen können.

Die Bemessung und Ausführung von mit Schalungssteinen hergestellten Wänden ist nicht genormt. Bei Anwendung der Bauart ist daher in der Regel zur Zeit eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erforderlich. Erst wenn ausreichende Erfahrungen vorliegen, kann daran gedacht werden, die Bauweise zu normen. Dieser Zeitpunkt kann heute als erreicht angesehen werden, so daß mit vorbereitenden Arbeiten für eine Normung begonnen werden kann. Der vorliegende Bericht befaßt sich mit einem Teil dieser vorbereitenden Arbeiten: Anhand der für die verschiedenen Zulassungen durchgeführten Versuche wird überprüft, ob für die Ermittlung der Tragfähigkeit der Wände einheitliche Verfahren angegeben werden können.

Die erforderlichen Arbeiten wurden in sachlicher und finanzieller Hinsicht vom Institut für Bautechnik, Berlin, unterstützt. Ihm sei hierfür auch an dieser Stelle besonders gedankt.

2. Unterlagen

Als Unterlagen dienten die Zulassungsbescheide sowie die für die Erteilung der Zulassungen vorgelegten Versuchsberichte, gutachtliche Stellungnahmen oder dergleichen. Sie wurden überwiegend vom Institut für Bau-technik zur Verfügung gestellt.

Die Unterlagen sind in diesem Bericht wie folgt zusammengestellt:

- a) In Tabelle 1 sind die erfaßten Zulassungsbescheide genannt. Die laufenden Nummern 1 bis 23 sind die im Mauerwerk-Kalender 1984 / 1 / mit "Schalungsstein-Bauarten als Sonderbauart des Mauerwerksbaues" bezeichneten Zulassungen. Die laufende Nummer 24 ist ebenfalls als solch eine Bauart anzusehen, die Zulassung ist aber erst nach Redaktionsschluß zum Mauerwerk-Kalender 1984 erteilt worden. Mit den laufenden Nummern 25 bis 35 sind zur Zeit (Dezember 1983) nicht mehr gültige Zulassungsbescheide aufgenommen. Sie sind überwiegend ebenfalls der Schalungsstein-Bauart als Sonderbauart des Mauerwerksbaues zuzuordnen bzw. sind in dem Aufbau der Zulassungen als solche behandelt. Sie wurden aufgenommen, da für ihre Erteilung eine ganze Reihe von Untersuchungen durchgeführt wurden, die hier mitbehandelt werden können.
- Die laufenden Nummern 36 bis 45 sind die in / 1 / mit "Schalungsstein-Bauarten als Sonderbauart des Betonbaues" bezeichneten Zulassungen. Die laufende Nummer 46 gehört ebenfalls zu dieser Bauart, die Zulassung war jedoch in der hier aufgeführten Form bis zum Redaktionsschluß des Mauerwerk-Kalenders 1984 noch nicht erteilt. Die laufenden Nummern 47 und 48 sind zur Zeit nicht mehr gültige Zulassungen und der "Sonderbauart des Betonbaues" zuzuordnen.

(Fortsetzung des Textes Seite 8)

Tabelle 1: Erfasste Zulassungsbescheide

Lfd. Nr.	Zulassungsgegenstand	zugrunde gelegter Zulassungsbescheid	Material der Schalungssteine
1	2	3	4
1	Wandbauart "aube raster 25" mit Schalungssteinen aus Leichtbeton	IfBt vom 22.09.1980 Z 17.1 - 1865	Leichtbeton
2	Schalungssteine "Buchenrieder" aus Normalbeton	IfBt vom 12.03.1980 Z 17.1 - 1399	Normalbeton
3	Schalungssteine "Bütow" aus Normalbeton	IfBt vom 14.10.1983 Z 17.1 - 11	Normalbeton
4	Schalungssteine "Ensle" aus Normalbeton	IfBt vom 04.06.1980 Z 17.1 - 1822	Normalbeton
5	Wandbauart "Hehn" mit Schalungssteinen aus Leichtbeton	IfBt vom 18.06.1980 Z 17.1 - 1439	Leichtbeton
6	Wandbauart "Hinse I" aus Schalenbausteinen aus Leichtbeton	IfBt vom 25.10.1983 Z 17.1 - 154	Leichtbeton
7	Wandbauart "Hinse II" mit Schalenbausteinen aus Leichtbeton	IfBt vom 01.12.1979 Z 17.1 - 1345	Leichtbeton
8	Schalungsstein "Kleine + Schaefer" aus Normalbeton	IfBt vom 11.05.1983 Z 17.1 - 155	Normalbeton
9	Schalungssteine "Krieger" aus Normalbeton	IfBt vom 14.10.1983 Z 17.1 - 50	Normalbeton
10	Schalungssteine "Kühne" aus Normalbeton	IfBt vom 01.06.1981 Z 17.1 - 1915	Normalbeton
11	Schalungssteine "LBG" aus Normalbeton	IfBt vom 15.02.1983 Z 17.1 - 1074	Normalbeton
12	Schalungssteine "Lieme" aus Normalbeton	IfBt vom 28.07.1983 Z 17.1 - 1973	Normalbeton

Tabelle 1: Erfasste Zulassungsbescheide
(Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Zulassungsgegenstand	zugrunde gelegter Zulassungsbescheid	Material der Schalungssteine
1	2	3	4
13	Schalungssteine "Mall" aus Normalbeton	IfBt vom 26.03.1979 Z 17.1 - 1921	Normalbeton
14	Schalungssteine "Mumm" aus Normalbeton	IfBt vom 29.10.1981 Z 17.1 - 134	Normalbeton
15	Schalungssteine "Oltmann" aus Normalbeton	IfBt vom 14.11.1978 Z 17.1 - 118	Normalbeton
16	Wandbauart "Pallmann" mit Schalungssteinen aus Normalbeton	IfBt vom 27.04.1981 Z 17.1 - 90	Normalbeton
17	Wandbauart "Pallmann" aus Leichtbeton	IfBt vom 22.09.1980 Z 4.2 - 234	Leichtbeton
18	Schalungssteine "P. Winnen aus Leichtbeton" für einge- schossige Garagen	IfBt vom 20.06.1979 Z 17.1 - 31	Leichtbeton
19	Schalungssteine "Rembeck" aus Normalbeton	IfBt vom 21.04.1978 Z 17.1 - 1968	Normalbeton
20	Schalungssteine "C. Borg" aus Normalbeton	IfBt vom 30.11.1979 Z 17.1 - 215	Normalbeton
21	Schalungssteine "BC" aus Normalbeton	IfBt vom 04.06.1980 II/21-1.17.1-226	Normalbeton
22	Wandbauart "Stepoc" mit Schalungssteinen aus Leicht- beton	IfBt vom 15.04.1981 Z 17.1 - 237	Leichtbeton
23	Schalungssteine "Zapf" aus Normalbeton	IfBt vom 06.08.1980 Z 17.1 - 91	Normalbeton
24	Schalungssteine "Multi- block" aus Normalbeton	IfBt vom 14.10.1983 Z 17.1 - 313	Normalbeton

Tabelle 1: Erfasste Zulassungsbescheide

(Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Zulassungsgegenstand	zugrunde gelegter Zulassungsbescheid	Material der Schalungssteine
1	2	3	4
25	Wandbauart aus Rekord-Wandbauelementen	IfBt vom 17.09.1974 II/21-1.17.1-1862	zementgebundene Holzwolle
26	Wandbauart "Ferry" mit Schalungssteinen aus Leichtbeton	IfBt vom 22.10.1975 Z 17.1 - 75	Leichtbeton
27	Wandbauart "Hinse" aus Schalenbausteinen aus Leichtbeton	Ministerium der Finanzen Rheinland-Pfalz vom 01.12.1971 VHB-70-5-1/539/71	
28	Schalungssteine "Hofer" aus Beton mit geschlossenem Gefüge	Bayer. Staatsministerium des Innern vom 30.03.1973 II B 11-9150/1-32	Normalbeton
29	Beton-Schalungssteine "KW" für Kellermauerwerk	Innenministerium Schleswig-Holstein vom 31.12.1970 IV 85a-834/05.1-2204/70	Leichtbeton
30	<u>Entwurf</u> Wandbauart R 125 aus Schalenbausteinen aus Leichtbeton	IfBt vom 15.01.1974 II/21-1.17.1-17	Leichtbeton
31	Schalsteine aus Schwerbeton	Bayer. Staatsministerium des Innern vom 26.05.1967 IV B 6-9150/1-28	Normalbeton
32	Schalungssteine "Wickert"	Ministerium für Finanzen und Wiederaufbau Rheinland-Pfalz vom 11.12.1969 V HB-70-5-1/2672/69	Normalbeton

Tabelle 1: Erfasste Zulassungsbescheide

(Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Zulassungsgegenstand	zugrunde gelegter Zulassungsbescheid	Material der Schalungssteine
1	2	3	4
33	Schalungssteine "Egenberger" für Kellermauerwerk aus Beton	IfBt vom 12.06.1975 Z 17 - 103	Normalbeton
34	Schalungssteine "Remy"	Ministerium für Finanzen und Wiederaufbau Rheinland-Pfalz vom 27.01.1971 V HB-70-5-1/2740/ 70	Leichtbeton
35	Schalungssteine "Aigner" aus Beton mit geschlossenem Gefüge	Bayer. Staats- ministerium des Innern vom 17.12.1971 IV B 6-9150/1-13	Normalbeton
36	Wandbauart aus Schalungs- steinen "Eurospan"	IfBt vom 17.10.1983 Z 4.2 - 87	Holzspanbeton oder Leichtbeton oder Normalbeton
37	Wandbauart "Gisoton" mit Schalungssteinen aus Leichtbeton	IfBt vom 01.03.1979 Z 4.2 - 6	Leichtbeton
38	Wandbauart aus Schalungs- steinen "Isotex"	IfBt vom 20.04.1982 Z 4.2 - 107	Holzspanbeton oder Leichtbeton oder Normalbeton
39	Wandbauart aus Schalungs- steinen "Isofor"	IfBt vom 31.07.1980 Z 4.2 - 80	Holzspanbeton oder Leichtbeton
40	Wandbauart aus Schalungs- steinen "ISOSPAN"	IfBt vom 29.07.1982 Z 4.2 - 54	Holzspanbeton
41	Wandbauart aus Schalungs- steinen "Precitherm"	IfBt vom 05.03.1979 Z 4.2 - 11/76	Gasbeton
42	Wandbauart mit "alpine- Schalungssteinen"	IfBt vom 01.02.1980 Z 4.2 - 66	Leichtbeton

Tabelle 1: Erfaßte Zulassungsbescheide

(Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Zulassungsgegenstand	zugrunde gelegter Zulassungsbescheid	Material der Schalungssteine
1	2	3	4
43	Wandbauart aus Schalungssteinen "Durisol"	IfBt vom 13.10.1981 Z 4.2 - 108	Holzspanbeton oder Normalbeton oder Leichtbeton
44	Wandbauart aus Schalungssteinen "Duro-Fix"	IfBt vom 01.12.1981 Z 4.2 - 111	Holzspanbeton oder Leichtbeton oder Normalbeton
45	RV-Span	IfBt vom 06.10.1982 Z 4.2 - 115	Holzspanbeton
46	Wandbauart mit "iso-span-Schalungssteinen"	IfBt vom 01.08.1983 Z 4.2 - 134	Holzspanbeton oder Leichtbeton oder Normalbeton
47	Wandbauart aus Schalungselementen "IGLU"	Innenministerium Baden-Württemberg. vom 31.07.1972 V 6225 Fa. ISOPOR	Polystyrol- Hartschaum
48	Wandbauart aus Schalungssteinen "ISODUR"	Bayer. Staats- ministerium des Innern vom 04.09.1968 IV B 6-9150/5-32	Holzspanbeton oder Leichtbeton

- b) In Tabelle 2 (Seite 9 bis 14) sind die Prüfberichte zusammengestellt. Weitere Prüfberichte (überwiegend zur Schubtragfähigkeit) sind im Literaturverzeichnis angegeben.
- c) In Tabelle 3 (Seite 15 bis 21) sind einige Angaben aus den Zulassungsbescheiden erfaßt. Die Festigkeitsanforderungen gemäß Spalte 5 für die Steine sind - soweit nicht anders angegeben - die Anforderungen an die mittleren Druckfestigkeiten sowie die kleinsten Einzeldruckfestigkeiten (in Klammern). Die Angaben beziehen sich auf den reinen Materialquerschnitt. Bereits an dieser Stelle sei auf die unterschiedliche Behandlung der Sonderbauweisen des Mauerwerksbaues (lfd. Nr. 1 bis 24) und der des Betonbaues (lfd. Nr. 36 bis 46) hingewiesen. Mit der Angabe in Spalte 7 bei zul σ "DIN 1045" kommt zum Ausdruck, daß bei der Sonderbauweise des Betonsbaues weitgehend die in DIN 1045 / 2 / festgelegte Bemessung zum Zuge kommt, während mit der Angabe von zulässigen Spannungen bei den Sonderbauweisen des Mauerwerksbaues zum Ausdruck kommt, daß die Bemessung nach DIN 1053 Teil 1 / 3 / erfolgt. Worauf die unterschiedliche Behandlung zurückzuführen ist, ist in / 1 / erläutert. In diesem Bericht wird u.a. darauf einzugehen sein, wie sich die unterschiedliche Behandlung auswirkt.

(Fortsetzung des Textes Seite 28)

Tabelle 2: Den Untersuchungen zugrunde liegende Prüfungszeugnisse

Lfd. Nr. (wie Tabelle 1)	Prüfgegenstand	Antragsteller	Prüfinstitut Datum des Berichtes	Prüfungs- zeugnis Nr.
1	2	3	4	5
1	Prüfung der Wandbauart "aube-raster 25"- Schalenbausteine aus Leichtbeton	Firma A.H. Bender Lasallestr. 30 7500 Karlsruhe	Institut für Beton und Stahlbeton TH Karlsruhe 17.02.1972	8727
	Wandversuche mit Schalungssteinen "aube-raster 25"	Firma Aube Bauelemente GmbH 7500 Karlsruhe	FMPA Bauwesen Otto-Graf-Institut Universität Stuttgart 10.04.1974	B 21123
2	Prüfung von 2 geschoß- hohen Mauerwerkskörpern aus Schalungssteinen	Dipl.-Architekt Josef Proksch Innstr. 8 Passau	Materialprüfungsamt der Bayer. Landesge- werbeanstalt Nürnberg 01.12.1952	26229
4	Prüfung von Normalbeton- Schalungssteinen 1. Prüfung der Steine 2. Tragfähigkeit von geschoßhohen Wänden	Firma Paul Ensle Betonsteinwerk 7100 Heilbronn	FMPA Bauwesen Otto-Graf-Institut Universität Stuttgart 13.07.1973	B 20748
5	Prüfung von Wänden aus Schalungssteinen "Hehn NF, allseitig verzahnt" auf Tragfähigkeit	Firma Josef Hehn Bimsbaustoff-Fabrik 5454 Heimbach-Weis	MPA Bauwesen TU Hannover Nienburger Str. 3 3000 Hannover	163/67/ 557

Tabelle 2: Den Untersuchungen zugrunde liegende Prüfungszeugnisse

(Fortsetzung)

Lfd. Nr. (wie Tabelle 1)	Prüfgegenstand	Antragsteller	Prüfinstitut Datum des Berichtes	Prüfungs- zeugnis Nr.
1	2	3	4	5
13	Prüfung der Wandbauart "Mall" Schalungssteine aus Schwerbeton	Firma Mall & Co. Betonwerk 7511 Pfohren	Institut für Beton und Stahlbeton Amtl. Material- prüfungsanstalt TH Karlsruhe 28.11.1972	10207
16	Wanddruckversuche	Firma Otto Pallmann & Sohn Betonwaren 2166 Dollern	Lehrstuhl u. Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung Universität Hannover	676/75/800
17	Wanddruckversuche 24 x 125 x 250	Firma Otto Pallmann 2166 Dollern NF	Lehrstuhl und Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung Universität Hannover	62/80
20	3 Wanddruckversuche	Firma C. Borg Mögeltönder Beton- warenfabrik Mögeltönder DK-6270 Tönder	Lehrstuhl und Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung Universität Hannover	257/79
21	Wanddruckversuche 29 x 125 x 250	Firma Bredebros Cementsto- beri DK-6261 Bredebros	Lehrstuhl und Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung Universität Hannover	503/79
22	Wanddruckversuche	Compu-Mark rue de Livourne 9 B-1050 Brüssel	Landesamt für Bau- stoffprüfung	2/9617/79 2/9617-2/80 2/9617-3/80

1
10
1

Tabelle 2: Den Untersuchungen zugrunde liegende Prüfungszeugnisse

(Fortsetzung)

Lfd. Nr. (wie Tabelle 1)	Prüfgegenstand	Antragsteller	Prüfinstitut Datum des Berichtes	Prüfungs- zeugnis Nr.
1	2	3	4	5
24	3 Wanddruckversuche	Firma Multiblock ApS Bisholt Strandvej 5 DK-8700 Horsens	Lehrstuhl und Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung Universität Hannover	344/83
25	Rekord-Wandbauelemente Wandversuche und Prüfung der Biegefestigkeit	Firma Bartolith-Werke GmbH 8058 Erding	Materialprüfungsamt für das Bauwesen TU München 27.05.1974	1976 Labor-Nr. 928
26	Prüfung zur Zulassung der Wandbauart "Ferry"	Dipl.-Ing. F.J. Gergely Dürener Str. 98 5000 Köln 41	Institut für Baufor- schung der Rhein.- Westf. TH Aachen 20.09.1974	A 481
27	Belastungsversuche an einer Montagewand aus Montage-Wandsteinen System Hinse	Ing.-Büro Franz Hinse Auf dem Forst 10 5416 Arenberg	Amtl. Forschungs- und Materialprüfungsanstalt für das Bauwesen Otto-Graf-Institut TH Stuttgart (10.12.70)	S 11825
	Schubversuche an Wänden aus Montage-Wandsteinen System Hinse	dto.	dto. 29.04.1971	S 11907
	dto.	dto.	dto. 28.12.1971	S 11956

Tabelle 2: Den Untersuchungen zugrunde liegende Prüfungszeugnisse

(Fortsetzung)

Lfd. Nr. (wie Tabelle 1)	Prüfgegenstand	Antragsteller	Prüfinstitut Datum des Berichtes	Prüfungs- zeugnis Nr.
1	2	3	4	5
27	Gutachtliche Stellungnahme zur Tragfähigkeit unter lotrechter Belastung von bewehrten Wänden aus Montage-Wandsteinen System Hinse	dto.	dto. 15.02.1972	S 11956
	Gutachtliche Stellungnahme zur Tragfähigkeit unter lotrechter Belastung von unbewehrten Wänden aus Montage-Wandsteinen System Hinse	dto.	dto. 12.10.1973	-
	Zul. Spannungen für lotrechte Belastung einer unbewehrten Hinse-Außenwand	dto.	dto. 29.10.1973	-
30	Ermittlung der Tragfähigkeit von Wänden und Pfeilern	Firma Veit Dennert KG Baustoffbetriebe 8602 Schlüsselfeld	Materialprüfungsamt der Bayer. Landesgewerbeanstalt Nürnberg	91149
34	Tragfähigkeitsuntersuchungen an Wänden und Pfeilern des Bausystems Remy	Firma Friedr. Remy Nachf. GmbH 5450 Neuwied	Institut für Massivbau TH Darmstadt 6100 Darmstadt 10.01.1969	485.68

Tabelle 2: Den Untersuchungen zugrunde liegende Prüfungszeugnisse

(Fortsetzung)

Lfd. Nr. (wie Tabelle 1)	Prüfgegenstand	Antragsteller	Prüfinstitut Datum des Berichtes	Prüfungs- zeugnis Nr.
1	2	3	4	5
34	Tragfähigkeitsunter- suchungen an 25 cm dicken Wandabschnitten des Bausystems Remy mit und ohne Einkorn-Füll- beton 8/16	Firma Friedr. Remy Nachf. GmbH 5450 Neuwied	Institut für Massiv- bau TH Darmstadt 6100 Darmstadt 10.01.1969	485.68
36	Prüfung zur Zulassung der Wandbauart "EUROSPAN" mit geänder- ten Schalungssteinen	EUROSPAN-Bauelemente GmbH Dresdner Str. 12 4190 Kleve-Maternborn	Institut für Baufor- schung der Rhein.- Westf. TH Aachen 21.09.1971	A 215
37	Prüfung von Leichtbeton- schalungssteinen "Gisoton" mit bzw. ohne Polystyrol-Dämmplatten	Gisotonstein- und Betonwerk Gebhardt u. Söhne KG 7971 Aichstetten	FMPA Bauwesen Otto-Graf-Institut Universität Stuttgart 1. Bericht 15.10.74 2. Bericht 17.10.74	B 21069
40	Prüfung von iso-span- Mantelbetonsteinen	Ing. Büro Franz Hinse Auf dem Forst 10 5416 Arenberg	Materialprüfungsamt für Bauwesen TH München 16.12.1957	2687
41	Prüfung der Jurapor- Schalungsstein-Wandbauart	Firma Walter Lanz-Maurer Kleinfeld 601 CH-2563 Ipsach-Biel	Amtl. Forschungs- und Materialprüfungsan- stalt für das Bauwesen Otto-Graf-Institut TH Stuttgart 10.05.1966	B 15752

Tabelle 2: Den Untersuchungen zugrunde liegende Prüfungszeugnisse

(Fortsetzung)

Lfd. Nr. (wie Tabelle 1)	Prüfgegenstand	Antragsteller	Prüfinstitut Datum des Berichtes	Prüfungs- zeugnis Nr.
1	2	3	4	5
43	Prüfung von Durisol- Hohlblock-Mauerwerk	Durisol A.-G. für Leichtbau- stoffe Dietikon	Eidgen. Material- prüfungs- und Ver- suchsanstalt für Industrie, Bauwesen und Gewerbe, Zürich 16.09.1954	14926
	Belastungsversuche mit "Durisol"-Wandstücken mit gleichzeitigem Angriff einer Horizontal- last	Firma L. Rostau Ehlersstr. 35 7990 Friedrichshafen	FMPA Bauwesen Otto-Graf-Institut Universität Stuttgart 16.10.1961	S 10007

Tabelle 3: Zusammenstellung einiger Angaben aus den Zulassungsbescheiden

Lfd. Nr.	Kurzbezeichnung	Steinabmessungen (mm)			Toleranzen (mm)			Festigkeitsanforderungen (Mindestwerte)		Verfüllhöhen	Zul. Mauerwerksspannungen in MN/m ²	
		B	L	H	L	B	H	Stein	Beton		zul σ	zul τ
1	2	3			4			5		6	7	
1	aube raster 25	250 300	498 2000	248 248	± 2	± 2	± 1	5 (4)	B 10 LB 10	maximal 3 m 5 Schichten	0,9	-
2	Buchenrieder	300 365	490 490	238 238	± 3	± 2	± 2	10 (8)	B 10	3 Schichten	0,7	-
3	Bütow	240 300 360	497 497 497	247 247(175) 247(175)	± 3	± 2	± 2	10 (8)	> B 10	3 Schichten (h=247 mm) 4 Schichten (h=175 mm)	0,9	-
4	Ensle	300	498	248	± 3	± 2	± 2	10 (8)	LB 10	3 Schichten	0,9	-
5	Hehn	115 175 250 300 365	500 500 500 500 500	250 250 250 250 250	± 3	± 3	± 1	5 (4)	B 10 LB 10	3 Schichten h \leq 0,75 mm	0,9	-
6	Hinse I	175 200 250 300	498 498 498 498	248 248 248 248	± 2	± 2	$\pm 0,5$	5 (4)	\geq B 10	geschoßhoch	1,2	0,06
7	Hinse II	175 250 300	498 498 498	248 248 248	± 2 ± 2	± 2	$\pm 0,5$ $\pm 0,5$	5 (4) 5 (4)	B 15 B 15	geschoßhoch	siehe Tabelle 2 und 3 der Zulassung	
8	Kleine + Schaefer	240 300	497 497	248 248	± 3	± 2	± 2	\geq 10 (8)	\geq B 10	3 Schichten	0,7	-
9	Krieger	300	498	250	± 3	± 2	± 2	\geq 10 (8)	\leq B 10	3 Schichten	0,7	-
10	Kühne	240 300	498 498	249 249	± 3	± 2	± 2	10 (8)	\geq B 10	3 Schichten h \leq 75 cm	0,7	-

Tabelle 3: Zusammenstellung einiger Angaben aus den Zulassungsbescheiden

(Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Kurzbezeichnung	Steinabmessungen (mm)			Toleranzen (mm)			Festigkeitsanforderungen (Mindestwerte)		Verfüllhöhen	Zul. Mauerwerkspannungen in MN/m ²	
		B	L	H	L	B	H	Stein	Beton		zul σ	zul τ
1	2	3			4			5		6	7	
11	LBG	175 240 300	490 490 490	248 248 248	±3	±2	±2	10 (8)	≥ B 10	3 Schichten	0,7	-
12	Lieme	240 300	498 498	238 238	±3	±2	±2	10 (8)	B 10	3 Schichten	0,7	-
13	Mall	240 300	500 500	248 248	±3	±2	±2	10 (8)	B 10	3 Schichten	0,7	-
14	Mumm	175 300 365	498	248	±3	±2	±2	10 (8)	≥ B 10	3 Schichten	0,8	-
15	Oltmann	175 240 300 360	498 498 498 498	248 248 248 248	±3	±2	±2	10 (8)	> B 10	3 Schichten	0,9	-
16	Pallmann Normalbeton	175 240 300 365	498 497 497 497	248 247 247 247	±3	±2	±2	10 (8)	B 10	3 Schichten	0,9	-
18	P. Winnen (eingesch. Garagen)	150	900	250	±3	±2	±2	5 (4)	B 10	3 Schichten	0,7	-
19	Rembeck	300	498	186	±3	±2	±2	10 (8)	≥ B 10	4 Schichten	0,7	-
20	C. Borg	230 290	498 498	198 198	±3	±2	±2	25 (20)	≥ B 10	4 Schichten	0,8	-

Tabelle 3: Zusammenstellung einiger Angaben aus den Zulassungsbescheiden

Lfd. Nr.	Kurzbezeichnung	Steinabmessungen (mm)			Toleranzen (mm)			Festigkeitsanforderungen (Mindestwerte)		Verfüllhöhen	Zul. Mauerwerkspannungen in MN/m ²	
		B	L	H	L	B	H	Stein	Beton		zul σ	zul τ
1	2	3			4			5		6	7	
21	BC	250 290 350 400	498 498 498 498	198 198 198 198	± 3	± 2	± 2	25 (20)	B 10	4 Schichten h 80 cm	0,8	-
22	Stepoc	175 240 300	497 497 497	199 199 199	± 3	± 3	± 1	5 (4)	IV LB 10 IV B 10	geschoßhoch	0,8	-
23	Zapf	240 300 365	490 490 490	238 238 238	± 3	± 2	± 2	10 (8)	B 10	3 Schichten	0,7	-
24	Multiblock	190 250 290 330	498 498 498 498	198 198 198 198	± 3	± 2	± 2	10 (8)	IV B 10	4 Schichten	0,8	-
25	Bartolith (Rekord)	Elemente 300	2000	300	± 5	± 2	± 2	Druckbel. 110 kN(80) Biegebel. 6 kN (4)	B 15 B 25	3 Schichten	DIN 1045	-
26	Ferry	250 375	498 498	248 248	± 2	± 2	± 1	5 (4)	B 10	geschoßhoch h \leq 3,0 m	0,6	-
27	Hinse (Leichtbeton)	B=300	250	175	± 2	± 2	$\pm 0,5$	50 (40)	B 120 LB120	geschoßhoch	B 120:12	bez. auf ganzen Wand querschnitt 0,6

Tabelle 3: Zusammenstellung einiger Angaben aus den Zulassungsbescheiden

(Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Kurzbezeichnung	Steinabmessungen (mm)			Toleranzen (mm)			Festigkeitsanforderungen (Mindestwerte)		Verfüllhöhen	Zul. Mauerwerkspannungen in MN/m ²	
		B	L	H	L	B	H	Stein	Beton		zul σ	zul τ
1	2	3			4			5		6	7	
28	Hofer	300 365	490 490	175/50 175/50	±3	±3	±3	5 (4)	B 5	2 Schichten	0,7	-
29	KW	175 240 300 365	498 623	248 238	±3	±3	±2	5 (4)	B 5	schichtweise	-	-
30	R 125	250 300	498 498	248 248	±2	±2	±0,5	5 (4)	IV IV B 10 B 10	3 Schichten	1,0	-
31	Strobl + Schneider	300 300	498 498	175/50 238/50	±3	±2	±2	5 (4)	B 5	2 Schichten	0,7	-
32	Wickert	240 300	499 499	248 248	±3	±3	±2	5 (4)	B 5	schichtweise	0,7	-
33	Egenberger	300	498	238	±3	±2	±2	10 (8)	B 10	2 Schichten	0,7	-
34	Remy	250	500	250	±3	±1	±1	5 (4)	B 80 B 120	3 Schichten h 0,75 m	0,8 1,0	- -
35	Aigner	250 300	498 498	250 250	±3	±2	±2	5 (4)	B 10	5 Schichten	0,7	-
36	Eurospan	250 300	497 497	248 248	±5	±5	±2	Biegung a) Holzspan 1,2(0,8) + 1,0(0,65) kN b) Beton 2,3(1,8) kN	> B 10 > LB 10	geschoßhoch	DIN 1045	0,25 bis 0,60 siehe Tab. 2 der Zulassung

Tabelle 3: Zusammenstellung einiger Angaben aus den Zulassungsbescheiden

(Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Kurzbezeichnung	Steinabmessungen (mm)			Toleranzen (mm)			Festigkeitsanforderungen (Mindestwerte)		Verfüllhöhen	Zul. Mauerwerksspannungen in MN/m ²	
		B	L	H	L	B	H	Stein	Beton		zul σ	zul τ
1	2	3			4			5		6	7	
37	Gisoton	175 200 240 300	497 497 497 497	248 248 248 248	± 2	± 2	$\pm 0,5$	Biegung 2 (1,8) kN	$\geq B 15$	geschoßhoch	DIN 1045	0,066 bis 0,171 s.Tab. 3 d.Zulassg.
38	Isotex	150 175 200 240 300	497 497 497 497 497	248 248 248 248 248	± 5	± 5	± 2	Biegung a) Holzspan- beton 1,2(0,8) kN bzw. 1,0(0,85) kN b) Normal- u. Leichtbe- ton 2,0(1,8) kN	$\geq LB 10$ $\geq B 10$	geschoßhoch	DIN 1045	0,25 bis 0,60 MN/m ²
39	Isofol	175 240 300	497 497 497	249 249 249	± 5	± 5	± 2	Biegung a) Holzspan- beton 1,2(0,8) kN b) Leicht- beton 2,0(1,8) kN	$\geq B 10$	geschoßhoch	DIN 1045	0,28 bis 0,60 MN/m ²
40	ISOSPAN	175 240 300	498		± 5	± 2	± 2	Biegung 1,2(0,8) kN	$\geq B 10$ $\geq LB 10$	geschoßhoch	DIN 1045	0,28 bis 0,60 MN/m ²

Tabelle 3: Zusammenstellung einiger Angaben aus den Zulassungsbescheiden

(Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Kurzbezeichnung	Steinabmessungen (mm)			Toleranzen (mm)			Festigkeitsanforderungen (Mindestwerte)		Verfüllhöhen	Zul. Mauerwerks- spannungen in MN/m ²	
		B	L	H	L	B	H	Stein	Beton		zul σ	zul τ
1	2	3			4			5		6	7	
41	Prezitherm	200 250 300	499 499 499	249 249 249	±5	±5	±5	Druckbel. 3000 kp (2500) Biegebelast- barkeit 100 kp (80)	≧ B 10	Biegung 1,24 (1,0)kN	DIN 1045	0,08 bis 0,169
42	alpine- Schalungssteine	240 300	497 497	248 248	±2	±2	±0,5	Biegung 2 (1,8)kN	≧ B 10	geschoßhoch	DIN 1045	0,66 bis 0,120
43	Durisol	bei Beton: 175 200 240 300 bei Holzspan- beton: 150 200 220 250 300	497 497 497 497 497 497 497 497 497	248 248 248 248 250 250 250 250 250	±5	±5	±2	Biegung a) Holzspan 1,2(0,8)kN b) Beton 2,0(1,8)kN	≧ B 10 ≧ LB 10	geschoßhoch	DIN 1045	0,25 bis 0,60 s.Tab. 2 d.Zulassg.
44	Duro-Fix	200 250 300 330	497 497 497 497	248 248 248 248	±5	±5	±2	Biegung a) Holzspan- beton 1,0(0,65)kN b) Leicht- u. Normal- beton 2,0(1,8)kN	≧ LB 10 ≧ B 10	geschoßhoch	DIN 1045	0,25 bis 0,60

Tabelle 3: Zusammenstellung einiger Angaben aus den Zulassungsbescheiden

(Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Kurzbezeichnung	Steinabmessungen (mm)			Toleranzen (mm)			Festigkeitsanforderungen (Mindestwerte)		Verfüllhöhen	Zul. Mauerwerksspannungen in MN/m ²	
		B	L	H	L	B	H	Stein	Beton		zul σ	zul τ
1	2	3			4			5		6	7	
45	RV-Span	150 220 250 300	999 999 999 999	250 250 250 250	±5	±5	±2	Biegung 1,2(0,8)kN	≥ B 10 ≥ LB 10	geschoßhoch	DIN 1045	0,25 bis 0,60
46	iso-span-Schalungssteine	Holzspanbeton: 150 1200 249 240 1200 249 300 1200 249 Leicht- u. Normal- beton: 240 497 248 300 497 248			±5	±5	±2	Biegung a) Holzspan- beton 1,2(0,8)kN b) Leicht- beton 2,0(1,8)kN	IV IV B 10 IV IV LB 10	geschoßhoch	DIN 1045	0,25 bis 0,60
47	IGLU	240 240	125 500	250 250	±3	±2	±2	Mindestbe- lastbarkeit b. Biegung v. außen und Druck von innen gef.	B 15	2 Schichten	DIN 1045	-
48	Isodur	175 240 300	498 498 498	249 249 249	±3	±2	±2		B 120 B 160 B 225	2 Schichten	bez. auf Kernfl. F _K 20 28 38	übertragb. Querkräfte in Mp/m 0,7-4,9 (gestaffelt nach Beton- güte u. Wand- stärke)

Tabelle 4: Zusammenstellung der Ergebnisse der Zulassungsversuche

Lfd.Nr. (wie Tab. 1)	Kurzbezeichnung	Angaben zu den Versuchen (Prüfkörperabmessungen B x L x H cm ³)	Versuchsergebnisse		
			Steinfestigk. (N/mm ² , N)	Betonfestigk. (N/mm ²)	Wandfestigk. (N/mm ² , kN)
1	2	3	4	5	6
1	aube raster 25	3 Versuche an Pfeilern: 25 x 50 x 250	6,1	14,6	7,2 7,2 8,0
		3 Wandversuche: 25 x 125 x 250	6,1	12,0	5,8 6,2 6,4
2	Buchenrieder	2 Wandversuche: 30 x 150 x 244	17,2	12,5	6,4 6,2
4	Ensle	3 Wandversuche: 30 x 130 x 250	23,4 (75)	35,0	12,8
			23,4 (75)	31,5	14,4
			23,4 (75)	35,4	16,7
5	Hehn	3 Wandversuche: 25 x 125 x 250	4,1	11,6	4,0
			4,1	13,9	4,6
			4,1	10,2	4,0
13	Mall	Druckversuche an 3 Wänden 30 x 125 x 250	18,7	14,1	5,3 5,3 4,3
		Druckversuche an 3 Pfeilern: 30 x 50 x 250	18,7	12,1	5,2 4,9 4,7

Tabelle 4: Zusammenstellung der Ergebnisse der Zulassungsversuche

(Fortsetzung)

Lfd.Nr. (wie Tab. 1)	Kurzbezeichnung	Angaben zu den Versuchen (Prüfkörperabmessungen B x L x H cm ³)	Versuchsergebnisse		
			Steinfestigk. (N/mm ² , N)	Betonfestigk. (N/mm ²)	Wandfestigk. (N/mm ² , kN)
1	2	3	4	5	6
16	Pallmann (Normalbeton)	3 Wanddruckversuche: 24 x 125 x 250	13,5 13,5 13,5	18,1 18,1 18,1	9,7 12,4 9,9
17	Pallmann (Leichtbeton)	2 Wanddruckversuche	10,7	14,0	6,46 6,22
20	C. Borg	3 Wanddruckversuche 29 x 125 x 238	33,6	11,7	9,57 10,26 10,34
21	BC	3 Wanddruckversuche 29 x 125 x 250	41,0	15,0	9,4
22	Stepoc	2 x 3 Wanddruckversuche mit Normal- bzw. Leichtbeton als Füllbeton 19 x 148 x 261	13,4	24,0 24,0 28,0	8,5 8,9 9,0
24	Multiblock	3 Wanddruckversuche 29 x 125 x 243	31,7	11,6	8,82 7,51 8,70
25	Bartolith (Rekord)	10 Biegedruckversuche an halben Schalungselementen 30 x 100 x 30	Bruchlast 725 kp	-	-
		2 Schalungsdruckversuche an Wänden 30 x 200 x 390	keine Bruch- last erm.	-	-

Tabelle 4: Zusammenstellung der Ergebnisse der Zulassungsversuche

(Fortsetzung)

Lfd.Nr. (wie Tab. 1)	Kurzbezeichnung	Angaben zu den Versuchen (Prüfkörperabmessungen B x L x H cm ³)	Versuchsergebnisse		
			Steinfestigk. (N/mm ² , N)	Betonfestigk. (N/mm ²)	Wandfestigk. (N/mm ² , kN)
1	2	3	4	5	6
26	Ferry	3 Wandversuche 25 x 125 x 250	6,9 (3,4) 6,9 (3,4) 6,9 (3,4)	14,3 14,3 14,3	5,5 5,7 5,7
27	Hinse	Gutachtliche Stellungnahme zur Tragfähigkeit v. ungewehrten Wänden unter lotrechter Belastung	(Montage- Wandsteine System Hinse	B 15	gestaffelt n. Wandstärken Außen- Innen- wand wand 9-12 16-19
		2 Schubversuche 25 x 200 x 200			zugeh. Aufl. τ
			5,1 5,1 5,1 5,1	10,9 16,4 15,0 19,1	51,3 0,74 57,8 0,83 36,2 1,04 30,9 1,04
30	R 125 (Veit Dennert)	3 Wandversuche 25 x 125 x 250	5,8 5,8 5,8	26,5 26,5 26,5	6,3 8,7 10,8

Tabelle 4: Zusammenstellung der Ergebnisse der Zulassungsversuche

(Fortsetzung)

Lfd.Nr. (wie Tab. 1)	Kurzbezeichnung	Angaben zu den Versuchen (Prüfkörperabmessungen B x L x H cm ³)	Versuchsergebnisse			
			Steinfestigk. (N/mm ² , N)	Betonfestigk. (N/mm ²)	Wandfestigk. (N/mm ² , kN)	
1	2	3	4	5	6	
34	Remy	2 Wandversuche 25 x 125 x 250 Einkornbeton Korngröße 8/16	5,4 5,4	22,7 21,1	2,8 3,1	
		6 Druckversuche an Wänden Einkorn	25 x 125 x 250 25 x 125 x 250 30 x 125 x 250 30 x 125 x 250	7,5 (3,6) 7,5 (3,6) 7,5 (3,6) 7,5 (3,6)	11,0 12,5 7,5 9,5	1,9 2,1 1,1 1,6
		Leichtbeton	25 x 125 x 250 25 x 125 x 250	7,5 (3,6) 7,5 (3,6)	10,0 13,3	2,1 2,6
		8 Druckversuche an bewehrten Pfeilern Schwerbeton	25 x 25 x 250 25 x 25 x 250 30 x 25 x 250 30 x 25 x 250 25 x 50 x 250 25 x 50 x 250 30 x 50 x 250 30 x 50 x 250	7,5 (3,6) 7,5 (3,6) 7,5 (3,6) 7,5 (3,6)	14,3 8,0 14,8 10,0 15,5 9,5 15,2 9,0	6,4 4,4 5,2 4,7 5,8 4,0 4,8 3,1

Tabelle 4: Zusammenstellung der Ergebnisse der Zulassungsversuche

(Fortsetzung)

Lfd.Nr. (wie Tab. 1)	Kurzbezeichnung	Angaben zu den Versuchen (Prüfkörperabmessungen B x L x H cm ³)	Versuchsergebnisse		
			Steinfestigk. (N/mm ² , N)	Betonfestigk. (N/mm ²)	Wandfestigk. (N/mm ² , kN)
1	2	3	4	5	6
36	Eurospan	Druckfestigkeitsprüfungen an 3 Wandelementen 24 x 125 x 250	1,1 1,1 1,1	20,8 20,8 20,8	2800 kN 2820 kN 2680 kN
		6 Scherversuche an Wandelementen 24 x 250 x 150 (3 Wandelemente aus Holzspanbeton, 3 Wandelemente aus Leichtbeton)	H 60 kN H 60 kN H 60 kN L 170 kN L 170 kN L 170 kN	20,8 20,8 16,4 20,0 20,0 20,0	105,6 kN/m 119,5 kN/m 130,8 kN/m 218,2 kN/m 240,5 kN/m 254,3 kN/m
37	Gisoton	3 Wandversuche 24 x 125 x 250	8,1(3,5) 8,1(3,5) 8,1(3,5)	22,8 22,8 22,8	7,6 7,5 7,7
40	ISOSPAN	2 Wanddruckversuche 24 x 166 x 250	1,34 1,34	15,0 15,0	5,64 6,48
		2 Wanddruckversuche 24 x 166 x 250	1,34 1,34	19,4 19,8	7,7 7,2
41	Precitherm	2 Wanddruckversuche	2,2 2,2	13,4 13,4	4,7 4,4
		2 Wanddruckversuche	2,2 2,2	19,4 19,4	6,7 6,6
		24 x 150 x 250			

Tabelle 4: Zusammenstellung der Ergebnisse der Zulassungsversuche

(Fortsetzung)

Lfd.Nr. (wie Tab. 1)	Kurzbezeichnung	Angaben zu den Versuchen (Prüfkörperabmessungen B x L x H cm ³)	Versuchsergebnisse		
			Steinfestigk. (N/mm ² , N)	Betonfestigk. (N/mm ²)	Wandfestigk. (N/mm ² , kN)
1	2	3	4	5	6
43	Durisol	Beanspruchung von Mauerwerkspfeilern 20 x 100 x 250 durch Normalkräfte N und Quer- kräfte Q		QIN = 0	QIN = 0
				235	75
				239	73
		QIN = 0,1	QIN = 0,1		
		239	104 Mp		
239	100 Mp				
QIN = 0,2	QIN = 0,2				
239	46 Mp				
239	43 Mp				
		4 Wandschubversuche 24 x 150 x 150		216	vert. hor.
				210	150 22
				201	150 21
				193	120 18
					180 28
		2 Wandschubversuche 24 x 250 x 250	Druckfestigk. 78,10 kN	23,3	vert.aufgebr. Drucksp.
			Biegefestigk. 2,52 kN	23,3	$\sigma = 0,25 \frac{N}{mm^2}$
					$\tau = 0,35 \frac{N}{mm^2}$

d) In Tabelle 4 sind die wichtigsten Ergebnisse der in Tabelle 2 erfaßten Prüfungszeugnisse zusammengestellt. In Spalte 3 sind stichwortartig Angaben zu den durchgeführten Versuchen gemacht: Art der Prüfungen, Prüfkörperabmessungen, Anzahl der Versuche. Die Spalten 4 bis 6 enthalten die Ergebnisse der Festigkeitsprüfungen. Spalte 4 gibt die an den Schalungssteinen ermittelten Druckfestigkeiten an. Sie sind in der Regel auf den Materialquerschnitt - also ohne Aussparungen und Füllkanäle - bezogen. Die Klammerwerte sind die auf den Gesamtquerschnitt bezogene Steinfestigkeit. Sind die Angaben in Spalte 5 ausnahmsweise nicht in N/mm^2 gemacht, so ist hinter der Zahl die Dimension angegeben. Spalte 5 enthält die an Betonwürfeln $20 \times 20 \times 20 \text{ cm}^3$ am Tage der Wand- bzw. Pfeilerprüfungen ermittelten Betondruckfestigkeiten. Wurden die Druckfestigkeitsprüfungen ausnahmsweise an Bohrkernen durchgeführt, die aus den Prüfkörpern mit einer Kernbohrmaschine herausgearbeitet wurden, so ist dies gesondert angegeben. In Spalte 6 sind die ermittelten Wandfestigkeiten aufgeführt. Sie sind auf den gesamten Wandquerschnitt bezogen. Falls ausnahmsweise die Bruchlast angegeben ist, so ist dies mit Angabe der Dimension besonders vermerkt. Die zur Ermittlung der Schubtragfähigkeit vorliegenden Versuchsergebnisse sind überwiegend in Tabelle 16 (Seite 92) zusammengestellt.

- 3. Auswertung der Versuchsergebnisse
- 3.1 Tragfähigkeit bei vertikaler Belastung
- 3.1.1 Allgemeines

Die hier zu untersuchenden Bauweisen stellen Verbundbauarten dar. Ihre vertikale Tragfähigkeit wird daher von der Tragfähigkeit der Steine und der Tragfähigkeit des Betons beeinflusst. Dabei könnten sich bei gleichem Verformungsverhalten beider Baustoffe die Einzeltragfähigkeiten addieren oder bei unterschiedlichem Verformungsverhalten die Tragfähigkeit des weicheren Materials nicht voll ausgeschöpft werden. Wie die Gesamttragfähigkeit sich tatsächlich zusammensetzt, könnte daher im Einzelfall von der Steinart und der Betongüte sowie Betonart abhängig sein. Die verschiedenen Möglichkeiten müssen im einzelnen untersucht werden. Wenn theoretisch gedachte Zusammenhänge sich dabei nicht bestätigen oder insgesamt sich für einzelne Ansätze zu große Streuungen ergeben, so ist dabei zu berücksichtigen, daß bei allen Bauarten die Steine ohne Vermörtelung in den Lagerfugen aufeinandergelegt werden, daß diese Maßungenaugigkeiten - vor allem die Maßungenaugigkeiten in der Höhe - einen Einfluß auf die Tragfähigkeit haben und daß daher mit Sicherheit ein sehr heterogener Baukörper entsteht. Inwieweit von den unterschiedlichen Schalungsstein-Bauarten ein einheitliches Tragverhalten erwartet werden kann, muß daher von vornherein sehr in Frage gestellt werden.

Zur Auswertung der vorliegenden Versuchsergebnisse wurden für den Zusammenhang zwischen Stein-, Beton- und Wandfestigkeit eine Reihe von Rechenansätzen untersucht. Einige führten zu brauchbaren Ergebnissen, andere zeigten, daß sie die Zusammenhänge nicht in der Lage sind, wiederzugeben. Die verschiedenen gewählten Ansätze werden nachstehend behandelt. Dabei werden der Vollständigkeit halber

auch die Ansätze und die mit ihnen gewonnenen Ergebnisse wiedergegeben, die zu keiner ausreichenden Übereinstimmung zwischen Versuch und Rechnung geführt haben.

3.1.2 Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Wandtragfähigkeit additiv aus der Stein- und Betontragfähigkeit ermittelt werden kann

Der einfachste Ansatz für den Zusammenhang zwischen Stein-, Beton- und Wandtragfähigkeit lautet:

$$F_W = F_{St} + F_{Bet} \quad (1)$$

(F_W = Tragfähigkeit der Wand
 F_{St} = Tragfähigkeit der Steine
 F_{Bet} = Tragfähigkeit des Betons).

Die Anteile F_{St} und F_{Bet} können aus den Stein- bzw. Betonfestigkeiten mit Hilfe der belasteten Stein- bzw. Betonflächen errechnet werden. Die nach Gl. 1 dann zu berechnende Wandtragfähigkeit kann mit den versuchsmäßig ermittelten Werten verglichen werden. Die entsprechenden Berechnungen wurden durchgeführt und ihre Ergebnisse in Tabelle 5 zusammengestellt. Als Rechenwert der Betonfestigkeit wurde 85 % der Würfelfestigkeit zugrunde gelegt. Ein möglicher Einfluß der Schlankheit wurde nicht berücksichtigt.

In Spalte 13 der Tabelle 5 ist der Verhältniswert $\frac{F_{W1}}{F_{W2}}$ (F_{W1} = im Versuch ermittelte Traglast, F_{W2} = nach Gl. 1 ermittelte Traglast) gebildet. Die Verhältniswerte liegen zwischen 0,15 (Lfd. Nr. 34) und 1,08 (Lfd. Nr. 36). Das heißt, die Gültigkeit der Gl. 1 wird nicht bestätigt. Allerdings ist zu beachten, daß die niedrigsten Werte bei den Versuchen der lfd. Nr. 34 liegen, d.h. bei Versuchen, die sich von den anderen Versuchen dadurch unterscheiden, daß dort ein Einkornbeton verwendet worden ist, bei dem es

(Fortsetzung des Textes S. 35)

Tabelle 5: Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Wandbruchlast additiv aus Stein- und Betonbruchlast ermittelt werden kann,
 Gl. 1 $F_W = F_{St} + F_{Bet}$

Lfd. Nr. (wie Tab. 1)	Kurzbezeichnung	Art der Prüfkörper	Prüfkörper- abmessungen B / L / H	Schlank- heit λ	Flächen			Lastanteile		Bruchlast F_W		$\frac{F_{W1}}{F_{W2}}$
					A_{Ges}	A_{St}	A_{Bet}	F_{St}	F_{Bet}	F_{W1} Vers.	F_{W2} Gl. 1	
-	-	-	cm ³	-	cm ²	cm ²	cm ²	kN	kN	kN	kN	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	aube raster	Pfeiler	25/50/250	10	1250	780	470	478	583	900 900 1000	1061 1061 1061	0,85 0,85 0,94
		Wände	25/125/250	10	3125	1950	1175	1195	1199	1813 1938 2000	2394 2394 2394	0,76 0,81 0,84
2	Buchenrieder	Wände	30/150/244	8,1	4500	1860	2640	3199	2805	2901 2826	6004 6004	0,48 0,47
4	Ensle	Wände	30/130/250	8,3	3900	1531	2369	3576	7048 6343 7128	4992 5616 6513	10624 9919 10704	0,47 0,57 0,61
5	Hehn	Wände	25/125/250	10	3125	1000	2125	871	986 1182 867	1290 1440 1260	1857 2502 1738	0,69 0,70 0,72
13	Mall	Wände	30/125/250	8,3	3750	1562	2188	2925	2622	2070 2000 1600	5547	0,37 0,36 0,29
		Pfeiler	30/50/250	8,3	1500	625	875	1170	900	780 740 700	2070	0,38 0,36 0,34

Tabelle 5: Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Wandbruchlast additiv aus Stein- und Betonbruchlast ermittelt werden kann,
 Gl. 1 $F_W = F_{St} + F_{Bet}$

(Fortsetzung)

Lfd. Nr. (wie Tab. 1)	Kurzbezeichnung	Art der Prüfkörper	Prüfkörper- abmessungen B / L / H	Schlank- heit λ	Flächen			Lastanteile		Bruchlast F_W		$\frac{F_{W1}}{F_{W2}}$
					A_{Ges}	A_{St}	A_{Bet}	F_{St}	F_{Bet}	F_{W1} Vers.	F_{W2} Gl. 1	
-	-	-	cm ³	--	cm ²	cm ²	cm ²	kN	kN	kN	kN	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
16	Pallmann	Wände	24/125/250	10,4	3000	1185	1815	2024	2792	2900 3720 2970	4816 4816 4616	0,60 0,77 0,62
17	Pallmann (Leichtbeton)	Wände	24/125/250	10	3000	1353	1647	1448	1960	1930 1860	3408	0,57 0,55
20	C Borg	Wände	29/125/238	10	3625	1490	2135	5006	2123	3470 3720 3750	7129	0,49 0,52 0,53
22	Stepoc	Wände mit Normalbeton als Füllbet.	19/148/261	10	2782	1559	1223	2089	2495	2355	4584	0,51
		2495							2470	4584	0,54	
		Wände mit Leichtbeton als Füllbet.						2089	1144	840 890 760	3233	0,26 0,28 0,24
24	Multiblock	Wände	29/125/243	10	3625	1404	2208	4451	2177	3170	6628	0,48
										2700 3130		0,41 0,47

Tabelle 5: Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Wandbruchlast additiv aus Stein- und Betonbruchlast ermittelt werden kann,

$$\text{Gl. 1 } F_W = F_{\text{St}} + F_{\text{Bet}}$$

(Fortsetzung)

Lfd. Nr. (wie Tab. 1)	Kurzbezeichnung	Art der Prüfkörper	Prüfkörper- abmessungen B / L / H	Schlank- heit λ	Flächen			Lastanteile		Bruchlast F_W		$\frac{F_{W1}}{F_{W2}}$
					A_{Ges}	A_{St}	A_{Bet}	F_{St}	F_{Bet}	F_{W1} Vers.	F_{W2} Gl. 1	
-	-	-	cm ³	-	cm ²	cm ²	cm ²	kN	kN	kN	kN	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
26	Ferry	Wände	25/125/250	10	3125	1885	1240	1297	1507	1720 1720 1800	2804 2804 2804	0,61 0,64 0,64
30	R 125	Wände	25/125/250	10	3125	1845	1280	1070	2883	1969 2719 3375	3953	0,50 0,69 0,85
34	Remy	Wände (Einkorn)	25/125/250	10	3125	2020	1105	1091	2141 2010	880 960	3232 3101	0,27 0,31
		Wände (Einkorn)	25/125/250	10	3125	2020	1105	1515	1034	600	2549	0,24
			25/125/250	10	3125	2020	1105	1515	1174	650	2689	0,24
			30/125/250	8,3	3750	2645	1105	1984	705	400	2689	0,15
30/125/250	8,3	3750	2645	1105	1984	893	600	2877	0,21			
		Wände (Leichtb.)	25/125/250	10	3125	2020	1105	1515	939	650	2454	0,26
					3125	2020	1105	1515	1250	800	2765	0,29
36	Eurospan	Wände	24/125/250	10,4	3000	1625	1375	184	2431	2800 2820 2680	2615 2615 2615	1,07 1,08 1,02
37	Gisoton	Wände	24/125/250	10,4	3000	1540	1145	1240	2219	2275	3459	0,66
										2275	3459	0,65
										2300	3459	0,66

Tabelle 5: Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Wandbruchlast additiv aus Stein- und Betonbruchlast ermittelt werden kann,

$$\text{Gl. 1 } F_W = F_{\text{St}} + F_{\text{Bet}}$$

(Fortsetzung)

Lfd. Nr. (wie Tab. 1)	Kurzbezeichnung	Art der Prüfkörper	Prüfkörper- abmessungen B / L / H	Schlank- heit λ	Flächen			Lastanteile		Bruchlast F_W		$\frac{F_{W1}}{F_{W2}}$
					A_{Ges}	A_{St}	A_{Bet}	F_{St}	F_{Bet}	F_{W1} Vers.	F_{W2} Gl. 1	
-	-	-	cm ³	-	cm ²	cm ²	cm ²	kN	kN	kN	kN	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
40	ISOSPAN	Wände	24/166/250	10,4	3984	1644	2340	220	2984	2250	3204	0,70
					4008	1608	2400	216	3060	2600	3285	0,79
					4008	1623	2385	218	3933	3090	4151	0,74
					3984	1621	2363	217	3977	2860	4194	0,68
41	Precitherm	Wände	24/150/250	10,4	3600	2428	1172	539	1335	1700	1874	0,91
									1335	1600	1874	0,85
									1933	2425	2472	0,98
									1933	2390	2472	0,97
43	Durisol	Wände	20/100/250	12,5	2000	1110	890	193	1808	1500	2001	0,75
										1450	2001	0,72

fraglich erscheint, ob ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Würfelfestigkeit und Betonfestigkeit in der Wand besteht.

Sieht man dies als eine Besonderheit in dem Sinne an, daß dies erlaubt, diese Versuchsergebnisse gesondert zu behandeln, so schwanken die verbleibenden Werte immer noch zwischen 0,26 (lfd. Nr. 34) und 1,08. Dabei wurde bei diesen Versuchen der lfd. Nr. 34 Leichtbeton als Füllbeton verwendet. Sieht man auch dieses als eine Besonderheit an - worauf auch die Ergebnisse der lfd. Nr. 22 mit der zweiten Serie von Versuchen hinweisen - die es rechtfertigt, diese Versuchsergebnisse außer acht zu lassen, so verbleiben Schwankungen der Verhältniswerte von 0,29 (bei lfd. Nr. 13) und 1,08. Auch diese Abweichungen müssen noch immer als groß angesehen werden. Da bei den Versuchen zu lfd. Nr. 13 keine Besonderheit im obengenannten Sinne vorliegt, wird man insgesamt folgern müssen, daß der Ansatz nach Gl. 1 nicht in der Lage ist, das Tragverhalten der Wände ausreichend sicher zu beschreiben. Auffallend ist, daß die beste Übereinstimmung bei den Versuchen der "Sonderbauart des Betonbaues" liegen. Dies überrascht insoweit nicht, als die von den Steinen aufnehmbaren Kräfte nur gering sind und somit der Betonanteil bei der Lastaufnahme klar dominieren muß.

3.1.3 Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Beziehung $F_W = a \cdot F_{St} + b \cdot F_{Bet} + c$ gilt

Die Auswertungen nach Abschnitt 3.1.2 haben gezeigt, daß mit Gl. 1 die Versuchsergebnisse in der Regel überschätzt werden. Es soll daher als nächstes ein Ansatz gewählt werden, bei dem ebenfalls die Tragfähigkeit der Wände sich additiv aus den Traganteilen von Stein und Beton zusammensetzt. Dabei werden diese aber mit Faktoren a und b multipliziert, d.h. es wird angenommen, daß die Einzeltragfähigkeiten nur zum Teil sich an der Gesamttragfähigkeit beteiligen. Gewählt wird der Ansatz

$$F_W = a \cdot F_{St} + b \cdot F_{Bet} + c \quad (2)$$

Von diesem Ansatz ist bekannt / 4 /, daß er in der Lage ist, im Mauerwerksbau die Abhängigkeit zwischen Mauerwerksfestigkeit einerseits und der Stein- und Mörtelfestigkeit andererseits in Näherung zu beschreiben. Wenn auch das Zusammenwirken von Stein und Mörtel im Mauerwerksbau nicht ohne weiteres vergleichbar ist mit dem Zusammenwirken von Steinen und Beton bei der hier zu behandelnden Bauart, so soll dieser Ansatz doch wenigstens auch hier überprüft werden.

(Fortsetzung des Textes Seite 41)

Tabelle 6: Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Beziehung

$$F_W = a \cdot F_{St} + b \cdot F_{Bet} + c \quad (F_W = \text{Wandbruchlast, } F_{St} = \text{Steinbruchlast, } F_{Bet} = \text{Betonbruchlast}) \text{ gilt}$$

Lfd. Nr.	Kurzbezeichnung	Art der Prüfkörper, Besonderheiten des Füllbetons	Lastanteile		Bruchlast F_W		$\frac{F_{W1}}{F_{W2}}$
			F_{St}	F_{Bet}	F_{W1} Versuch	F_{W2} n.Gl. 2	
-	-	-	kN	kN	kN	kN	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	aube raster	Pfeiler	478	583	900	763	1,18
			478	583	900	763	1,18
			478	583	1000	763	1,31
		Wände	1195	1199	1813	1380	1,31
			1195	1199	1938	1380	1,40
			1195	1199	2000	1380	1,45
2	Buchenrieder	Wände	3199	3805	2901	3022	0,96
			3199	2805	2826	3022	0,93
4	Ensle	Wände	3576	7048	4992	6114	0,82
			3576	6343	5616	5616	1,00
			3576	7128	6513	6171	1,06
5	Hehn	Wände	871	986	1290	1148	1,12
			871	1182	1440	1286	1,12
			871	867	1260	1064	1,18
13	Mall	Wände	2925	2622	2070	2823	0,73
			2925	2622	2000	2823	0,71
			2925	2622	1600	2823	0,57
		Pfeiler	1170	900	780	1163	0,67
			1170	900	740	1163	0,64
			1170	900	700	1163	0,60

Tabelle 6: Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Beziehung

$$F_W = a \cdot F_{St} + b \cdot F_{Bet} + c \quad (F_W = \text{Wandbruchlast, } F_{St} = \text{Steinbruchlast, } F_{Bet} = \text{Betonbruchlast}) \text{ gilt}$$

(Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Kurzbezeichnung	Art der Prüfkörper, Besonderheiten des Füllbetons	Lastanteile		Bruchlast F_W		$\frac{F_{W1}}{F_{W2}}$
			F_{St}	F_{Bet}	F_{W1} Versuch	F_{W2} n.Gl. 2	
-	-	-	kN	kN	kN	kN	
1	2	3	4	5	6	7	8
16	Pallmann	Wände	2024	2792	2900	2716	1,07
			2024	2792	3720	2716	1,37
			2024	2792	2970	2716	1,09
17	Pallmann (Leichtbeton)	Wände	1448	1666	1930	1774	1,09
			1448	1666	1860	1774	1,05
20	C. Borg	Wände	5006	1804	3470	2774	1,25
			5006	1804	3720	2774	1,34
			5006	1804	3750	2774	1,35
22	Stepoc	Wände mit Normalbeton als Füllbeton	2089	2120	2355	2257	1,04
			2089	2120	2470	2257	1,09
			2089	2474	2500	2507	1,00
		Wände mit Leichtbeton als Füllbeton	2089	972	840	1447	0,58
			2089	972	890	1447	0,62
			2089	972	760	1447	0,53
24	Multiblock	Wände	4451	1850	3170	2666	1,19
			4451	1850	2700	2666	1,01
			4451	1850	3130	2666	1,17
26	Ferry	Wände	1297	1507	1720	1624	1,06
			1297	1507	1800	1624	1,11
			1297	1507	1800	1624	1,11

Tabelle 6: Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Beziehung

$$F_W = a \cdot F_{St} + b \cdot F_{Bet} + c \quad (F_W = \text{Wandbruchlast, } F_{St} = \text{Steinbruchlast, } F_{Bet} = \text{Betonbruchlast) gilt}$$

(Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Kurzbezeichnung	Art der Prüfkörper, Besonderheiten des Füllbetons	Lastanteile		Bruchlast F_W		$\frac{F_{W1}}{F_{W2}}$
			F_{St}	F_{Bet}	F_{W1} Versuch	F_{W2} n.Gl. 2	
-	-	-	kN	kN	kN	kN	
1	2	3	4	5	6	7	8
30	R 125	Wände	1070	2883	1969	2538	0,78
			1070	2883	2719	2538	1,07
			1070	2883	3375	2538	1,33
34	Remy	Wände, Einkornbeton	1091	2141	880	2019	0,44
			1091	2010	960	1926	0,50
		Wände, Einkornbeton	1515	1034	600	1345	0,45
			1515	1174	650	1444	0,45
		1984	705	400	1231,5	0,32	
		1984	893	600	1364	0,44	
36	Eurospan	Wände	184	2431	2800	1994	1,40
			184	2431	2820	1994	1,41
			184	2431	2680	1994	1,34
37	Gisoton	Wände	1240	2219	2275	2112	1,08
			1240	2219	2250	2112	1,07
			1240	2219	2300	2112	1,09

Tabelle 6: Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Beziehung

$$F_W = a \cdot F_{St} + b \cdot F_{Bet} + c \quad (F_W = \text{Wandbruchlast, } F_{St} = \text{Steinbruchlast, } F_{Bet} = \text{Betonbruchlast}) \text{ gilt}$$

(Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Kurzbezeichnung	Art der Prüfkörper, Besonderheiten des Füllbetons	Lastanteile		Bruchlast F_W		$\frac{F_{W1}}{F_{W2}}$
			F_{St}	F_{Bet}	F_{W1} Versuch	F_{W2} n.Gl. 2	
-	-	-	kN	kN	kN	kN	
1	2	3	4	5	6	7	8
40	ISOSPAN	Wände	220	2984	2250	2394	0,94
			216	3060	2600	2446	1,06
			218	3933	3090	3063	1,01
			217	3977	2860	3094	0,92
41	Precitherm	Wände	539	1335	1700	1309	1,30
			539	1335	1600	1309	1,22
			539	1933	2425	1732	1,40
			539	1935	2390	1732	1,38
43	Durisol	Wände	193	1808	1500	1556	0,96
			193	1808	1450	1556	0,93

Mathematisch gesehen stellt der Ansatz eine Ebenengleichung dar. Die Konstanten a, b und c können mit Hilfe einer zweifachen linearen Regression ermittelt werden. Die entsprechenden Berechnungen wurden mit den in Tabelle 6 zusammengestellten Werten (Werte in Spalten 4 bis 6) durchgeführt. Die Festwerte wurden ermittelt zu

$$\begin{aligned} a &= 0,254 \\ b &= 0,706 \\ c &= 230,5. \end{aligned}$$

Damit lautet der Ansatz 2)

$$F_W = 0,254 F_{St} + 0,706 F_{Bet} + 230,5 \quad (3)$$

Die Gleichung hat den entscheidenden "Schönheitsfehler", daß das Absolutglied theoretisch Null sein müßte. Der tatsächliche Wert von 230,5 aber liegt in einer Größenordnung, die gegenüber dem theoretischen Wert als zu groß angesehen werden muß.

Um dennoch zu überprüfen, inwieweit die Gl. 3 in der Lage ist, die Versuchsergebnisse wiederzugeben, wurde sie ausgewertet. Das Ergebnis ist in Tabelle 6, Spalte 7, wiedergegeben. Zum Vergleich mit den Sollwerten (Versuchswerte der Spalte 6) ist in Spalte 8 das Verhältnis

$$\frac{F_{W1}}{F_{W2}} = \frac{\text{Versuchswert nach Spalte 6}}{\text{Rechenwert nach Spalte 7}} \text{ gebildet.}$$

Für eine schnellere Übersicht sind weiterhin in Tabelle 7 die mittleren Verhältniswerte aus den Werten der Spalte 8 in Tabelle 6 gebildet.

Tabelle 7: Mittlere Verhältnswerte $\frac{F_{W1}}{F_{W2}}$ aus Spalte 8 der Tabelle 6

Lfd.-Nr.	Mittlere Verhältnswerte	Bemerkungen
1	2	3
1	1,22	Pfeiler
	1,39	
2	0,95	
4	0,96	
5	1,14	
13	0,67	
	0,64	Pfeiler
16	1,18	
17	1,07	
20	1,31	
22	1,04	
	0,58	Füllbeton: Leichtbeton
24	1,12	
26	1,09	
30	1,06	
34	0,47	Einkornbeton
	0,42	Einkornbeton
	0,52	Füllbeton: Leichtbeton
36	1,38	
37	1,08	
40	0,98	
41	1,33	
43	0,95	

Sieht man sich die mittleren Verhältniswerte an, so ergibt sich folgendes Bild:

- 1) Die Werte schwanken zwischen 0,42 und 1,39. Diese Spanne ist zu groß als daß man davon ausgehen könnte, daß mit dem gewählten Ansatz alle Versuchsergebnisse mit ausreichender Genauigkeit erfaßt werden könnten. Die mittlere quadratische Abweichung, errechnet aus der Gleichung

$$\sqrt{\left(1 - \frac{F_{\text{Versuch}}}{F_{\text{Rechnung}}}\right)^2 \frac{1}{n}} \quad (4)$$

beträgt 0,30.

- 2) Die kleinsten Werte liegen bei den Versuchen der lfd. Nummern 22 und 34. Dabei sind es bei der lfd. Nr. 22 die Versuche mit Leichtbeton als Füllbeton und bei den Versuchen zur lfd. Nr. 34 z.T. ebenfalls Versuche mit z.T. Leichtbeton und sonst Einkornbeton. Unabhängig davon, ob die hier untersuchte Gleichung brauchbar ist oder nicht, könnte man hieraus schließen, daß auch Leichtbeton als Füllbeton eine Sonderstellung einnimmt.
- 3) Die nächst kleineren Verhältniswerte liegen mit 0,67 (Wandprüfungen) und 0,64 (Pfeilerprüfungen) bei den Versuchen zur Wandbauart "Mall" (lfd. Nr. 13). Hier sind keine Besonderheiten erkennbar. Steinfestigkeit und Betonfestigkeit liegen mit 18,7 N/mm² bzw. 14,1 (Wände) und 12,1 (Pfeiler) N/mm² in der gleichen Größenordnung. Auffallend ist, daß der nächst niedrigere mittlere Verhältniswert 0,95 (lfd. Nr. 2 und 43) ist, so daß einiges dafür spricht, die Versuche zu der Bauweise "Mall" als Ausreißer zu betrachten.
- 4) Die größten mittleren Verhältniswerte liegen mit 1,39 und 1,38 bei den Versuchen zu den Zulassungen der lfd. Nr. 1 (aube raster 25) und der lfd. Nr. 36 (Eurospan).

Hierbei ist bezeichnend, daß es sich bei der Bauart "aube raster 25" um eine Sonderbauart des Mauerwerksbaues und bei Eurospan um eine Sonderbauart des Betonbaues handelt. Die Stein- und Betonfestigkeiten bei den Versuchen waren bei "aube raster 25" 6,1 und 12,0 N/mm² und bei Eurospan 1,1 und 20,8 N/mm². Man wird daher nicht den Schluß ziehen können, daß mit dem hier behandelten Ansatz entsprechend Gl. 3 die eine oder andere Sonderbauart besser erfaßt wird. Hierauf deuten auch die nächst größten mittleren Verhältniswerte von 1,31 (lfd. Nr. 20, Sonderbauart des Mauerwerksbaues) und 1,33 (lfd. Nr. 41, Sonderbauart des Betonbaues) hin.

- 5) Die größten mittleren Verhältniswerte von 1,39 und 1,38 sowie - sieht man von den Versuchen mit Einkornbeton und Leichtbeton als Füllbeton ab - die kleinsten mittleren Verhältniswerte von 0,64 bzw. 0,67 bei den Versuchen zur lfd. Nr. 13 rechtfertigen es nicht, die letztgenannten Versuche, wie unter 3) angedeutet, als Ausreißer zu betrachten.

3.1.4 Auswertung wie unter 3.1.3, jedoch ohne Berücksichtigung der Versuche mit Einkornbeton und Leichtbeton als Füllbeton

Die im vorhergehenden Abschnitt durchgeführte Auswertung hat u.a. ergeben, daß die Versuchsergebnisse, die an den Wänden ermittelt wurden, bei denen Einkornbeton oder Leichtbeton als Füllbeton verwendet worden waren, die größten Abweichungen zeigten. Mit Hilfe der Gleichung 3 wurde deren Tragfähigkeit stark überschätzt. Es wurde daher eine weitere Ausgleichsrechnung mit dem gleichen Ansatz (Gl. 2) durchgeführt, wobei jedoch die vorstehend genannten Versuche nicht berücksichtigt wurden. Die Rechnung hat ergeben

$$F_W = 577,8 + 0,26 F_{St} + 0,62 F_{Bet} \quad (5)$$

Vergleicht man Gl. 5 mit Gl. 3, so ist vor allem festzustellen, daß das Absolutglied sich um mehr als verdoppelt hat. Da dies einer noch schlechteren mechanischen Deutung gleichkommt, wurde der Ansatz nicht weiterverfolgt.

3.1.5 Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Beziehung $F_W = a F_{St} + b F_{Bet}$ gilt

Wie mehrfach darauf hingewiesen, ist ein Nachteil des Ansatzes nach Gl. 2, daß dieser ein mechanisch nicht deutbares Absolutglied enthält und die verschiedenen Ausgleichsrechnungen auch gezeigt haben, daß ziffernmäßig dieses Absolutglied so groß ist, daß es sozusagen zur Korrektur erforderlich ist. Andererseits sollte aber auch der Versuch unternommen werden, den Ansatz nach Gl. 2 ohne Absolutglied auszuwerten. Man wird mit diesem Ansatz zwar noch größere Abweichungen zwischen Versuchs- und Rechenwerten erwarten müssen, dennoch müßte geprüft werden, ob diese Abweichungen für den größten Teil der Versuche nicht u.U. annehmbar sind. Die erforderlichen Untersuchungen werden nachstehend behandelt.

Der Ansatz lautet:

$$F_W = a F_{St} + b F_{Bet} \quad (6)$$

Mit diesem Ansatz wurden Ausgleichsrechnungen durchgeführt mit allen Wertepaaren nach Tabelle 6 sowie unter Außerachtlassung der mit Leichtbeton oder Einkornbeton als Füllbeton (im Folgenden als "ohne Leichtbeton" bezeichnet) vorliegenden Versuchsergebnisse. Es wurden folgende Gleichungen ermittelt:

Bei Berücksichtigung aller Wertepaare

$$F_W = 0,290 F_{St} + 0,768 F_{Bet} \quad (7)$$

und Berücksichtigung aller Werte, jedoch ohne Leichtbeton

$$F_W = 0,343 F_{St} + 0,753 F_{Bet} \quad (8)$$

Die Gleichungen sind in Tabelle 8 ausgewertet. Von besonderem Interesse sind auch hier die Spalten 7 und 8, in denen die Verhältnswerte aus den Versuchswerten und den nach den Gleichungen errechneten Werten angegeben sind. Wie zu erwarten, sind diese Werte größer als die nach den vorangehenden Auswertungen (mit Ansatz nach Gl. 2) errechneten Werten. Dabei sind die Abweichungen so groß, daß die Gleichungen 7 und 8 ausgeschieden werden müssen. Die mittleren Abweichungen entsprechend Gl. 4 sind 0,28 (bei Gl. 8) und 0,33 (bei Gl. 7). Diese Werte seien hier nur der Vollständigkeit halber angegeben.

(Fortsetzung des Textes Seite 51)

Tabelle 8: Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Beziehung $F_W = a F_{St} + b F_{Bet}$ gilt unter Berücksichtigung aller Wertepaare der Tabelle 6 sowie Außerachtlassung der Wertepaare "mit Leichtbeton"

Lfd. Nr.	Kurzbezeichnung	Art der Prüfkörper, Besonderheiten des Füllbetons	F_{W1} Versuch kN	F_{W2} n.Gl.7 kN	F_{W2} n.Gl.8 kN	$\frac{(4)}{(5)}$	$\frac{(4)}{(6)}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	aube raster	Pfeiler	900	586	602	1,53	1,49
			900	586	602	1,53	1,49
			1000	586	602	1,71	1,66
		Wände	1813	1267	1313	1,43	1,38
			1938	1267	1313	1,53	1,48
			2000	1267	1313	1,58	1,52
2	Buchenrieder	Wände	2901	3081	3209	0,94	0,90
			2826	3081	3209	0,92	0,88
4	Ensle	Wände	4992	6449	6533	0,77	0,76
			5616	5908	6002	0,95	0,94
			6513	6511	6594	1,00	0,99
5	Hehn	Wände	1290	1009	1041	1,28	1,24
			1440	1160	1189	1,24	1,21
			1260	918	952	1,37	1,32
13	Mall	Wände	2070	2861	2977	0,72	0,70
			2000	2861	2977	0,70	0,67
			1600	2861	2977	0,56	0,54
		Pfeiler	780	1030	1079	0,76	0,72
			740	1030	1079	0,72	0,69
			700	1030	1079	0,68	0,65

Tabelle 8: Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Beziehung $F_W = a F_{St} + b F_{Bet}$ gilt unter Berücksichtigung aller Wertepaare der Tabelle 6 sowie Außerachtlassung der Wertepaare "mit Leichtbeton"

(Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Kurzbezeichnung	Art der Prüfkörper, Besonderheiten des Füllbetons	F_{W1} Versuch kN	F_{W2} n.Gl.7 kN	F_{W2} n.Gl.8 kN	$\frac{(4)}{(5)}$	$\frac{(4)}{(6)}$
1	2	3	4	5	6	7	8
16	Pallmann	Wände	2900	2731	2796	1,06	1,04
			3720	2731	2796	1,36	1,33
			2970	2731	2796	1,09	1,06
17	Pallmann	Wände	1930	1699	1751	1,14	1,10
			1860	1699	1751	1,09	1,06
20	C. Borg	Wände	3470	2837	3075	1,22	1,13
			3720	2837	3075	1,31	1,21
			3750	2837	3075	1,32	1,22
22	Stepoc	Wände m. Normalbeton als Füllbeton	2355	2234	2313	1,05	1,02
			2470	2234	2313	1,11	1,07
			2500	2504	2577	1,00	0,97
		Wände mit Leichtbeton als Füllbeton	840	1352	-	0,62	-
			890	1352	-	0,66	-
			760	1352	-	0,56	-
24	Multiblock	Wände	3170	2711	2919	1,17	1,09
			2700	2711	2919	1,00	0,92
			3130	2711	2919	1,15	1,07
26	Ferry	Wände	1720	1533	1580	1,12	1,09
			1800	1533	1580	1,17	1,14
			1800	1533	1580	1,17	1,14

Tabelle 8: Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Beziehung $F_W = a F_{St} + b F_{Bet}$ gilt unter Berücksichtigung aller Wertepaare der Tabelle 6 sowie Außerachtlassung der Wertepaare "mit Leichtbeton"

(Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Kurzbezeichnung	Art der Prüfkörper, Besonderheiten des Füllbetons	F_{W1} Versuch kN	F_{W2} n.Gl.7 kN	F_{W2} n.Gl.8 kN	$\frac{(4)}{(5)}$	$\frac{(4)}{(6)}$
1	2	3	4	5	6	7	8
30	R 125	Wände	1969 2719 3375	2524 2524 2524	2538 2538 2538	0,78 1,08 1,34	0,78 1,07 1,33
34	Remy	Wände mit Einkornbeton	880 960	1960 1860	- -	0,45 0,52	- -
		Wände mit Einkornbeton	600 650 400 600	1233 1340 1116 1261	- - - -	0,49 0,48 0,36 0,48	- - - -
		Wände mit Leichtbeton	650 800	1160 1399	- -	0,56 0,55	- -
		Wände	2800 2820 2680	1920 1920 1920	1894 1894 1894	1,46 1,47 1,40	1,48 1,49 1,42
37	Gisoton	Wände	2275 2250 2300	2063 2063 2063	2096 2096 2096	1,10 1,09 1,11	1,09 1,07 1,10

Tabelle 8: Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Beziehung $F_W = a F_{St} + b F_{Bet}$ gilt unter Berücksichtigung aller Wertepaare der Tabelle 6 sowie Außerachtlassung der Wertepaare "mit Leichtbeton"

(Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Kurzbezeichnung	Art der Prüfkörper, Besonderheiten des Füllbetons	F_{W1} Versuch kN	F_{W2} n.Gl.7 kN	F_{W2} n.Gl.8 kN	$\frac{(4)}{(5)}$	$\frac{(4)}{(6)}$
1	2	3	4	5	6	7	8
40	ISOSPAN	Wände	2250	2355	2322	0,96	0,97
			2600	2412	2378	1,08	1,09
			3090	3083	3036	1,00	1,02
			2860	3117	3069	0,92	0,93
41	Precitherm	Wände	1700	1182	1198	1,44	1,43
			1600	1182	1198	1,35	1,34
			2425	1640	1640	1,48	1,48
			2390	1640	1640	1,46	1,46
43	Durisol	Wände	1500	1444	1427	1,04	1,05
			1450	1444	1427	1,00	1,02

3.1.6 Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme,
daß der Ansatz $F_W = a \cdot F_{St}^b \cdot F_{Bet}^c$ gilt

Die bisher behandelten Ansätze waren linear. Einbezogen werden soll nun noch ein Potenzansatz von der Form

$$F_W = a F_{St}^b \cdot F_{Bet}^c \quad (9)$$

Er hat - wie der Ansatz nach Gl. 2 (siehe Seite 35) - drei Festwerte, ist aber insofern von der mechanischen Deutung her günstiger als mit $F_{St} = F_{Bet} = 0$ auch $F_W = 0$ wird.

Die entsprechenden Ausgleichsrechnungen wurden mit den in Tabelle 6, Spalten 4 bis 6, angegebenen Wertepaaren wieder mit und ohne Berücksichtigung des Einkorn- und Leichtbetons als Füllbeton durchgeführt. Folgende Gleichungen wurden ermittelt:

Bei Auswertung "ohne Leichtbeton"

$$F_W = 5,42 \cdot F_{St}^{0,098} \cdot F_{Bet}^{0,700} \quad (10)$$

Bei Berücksichtigung aller Wertepaare

$$F_W = 1,68 \cdot F_{St}^{0,047} \cdot F_{Bet}^{0,888} \quad (11)$$

Um die Übereinstimmung zwischen Versuchswerten und Rechenwerten zu überprüfen, wurden die der Tabelle 8 entsprechenden Auswertungen in der Tabelle 9 vorgenommen. Für eine schnellere Übersicht sind die Mittelwerte der in den Spalten 7 und 8 der Tabelle 9 angegebenen Verhältniswerte in Tabelle 10 zusammengestellt. Zum Vergleich sind in Spalte 4 auch noch einmal die entsprechenden Verhältniswerte aus Tabelle 7 (Ansatz nach Gl. 2 mit allen Wertepaaren) eingetragen. Vergleicht man zunächst die Werte der Spalte 2 (ohne Leichtbeton) und 3 (alle Wertepaare) miteinander, so ist auch hier erwartungsgemäß eine bessere Übereinstimmung zwischen Versuchs- und Rechenwerten gegeben, wenn die Versuche mit Einkorn- bzw. Leichtbeton als

Tabelle 9: Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Beziehung $F_W = a F_{St}^b \cdot F_{Bet}^c$ gilt unter Berücksichtigung aller Wertepaare der Tabelle 6 sowie Außerachtlassung der Wertepaare "mit Leichtbeton"

Lfd. Nr.	Kurzbezeichnung	Art der Prüfkörper, Besonderheiten des Füllbetons	F_{W1} Versuch kN	F_{W2} n.Gl.10 kN	F_{W2} n.Gl.11 kN	$\frac{(4)}{(5)}$	$\frac{(4)}{(6)}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	aube raster	Pfeiler	900	856	642	1,05	1,40
			900	856	642	1,05	1,40
			1000	856	642	1,17	1,56
		Wände	1813	1552	1273	1,17	1,42
			1938	1552	1273	1,25	1,52
			2000	1552	1273	1,29	1,57
2	Buchenrieder	Wände	2901	3092	2834	0,94	1,02
			2826	3092	2834	0,91	1,00
4	Ensle	Wände	4992	5973	6465	0,84	0,84
			5616	5548	5888	1,01	0,95
			6513	6021	6530	1,08	1,00
5	Hehn	Wände	1290	1312	1054	0,98	1,22
			1440	1490	1238	0,97	1,16
			1260	1199	940	1,05	1,34
13	Mall	Wände	2070	2930	2661	0,71	0,78
			2000	2930	2661	0,68	0,75
			1600	2930	2661	0,55	0,60
		Pfeiler	780	1267	986	0,62	0,79
			740	1267	986	0,58	0,75
			700	1267	986	0,55	0,71

Tabelle 9: Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Beziehung $F_W = a F_{St}^b \cdot F_{Bet}^c$ gilt unter Berücksichtigung aller Wertepaare der Tabelle 6 sowie Außerachtlassung der Wertepaare

"mit Leichtbeton"

(Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Kurzbezeichnung	Art der Prüfkörper, Besonderheiten des Füllbetons	F _{W1} Versuch kN	F _{W2} n.Gl. 10 kN	F _{W2} n.Gl. 11 kN	$\frac{(4)}{(5)}$	$\frac{(4)}{(6)}$
1	2	3	4	5	6	7	8
16	Pallmann	Wände	2900	2954	2765	0,98	1,05
			3720	2954	2765	1,26	1,35
			2970	2954	3765	1,01	1,07
17	Pallmann	Wände	1930	1991	1720	0,97	1,12
			1860	1991	1720	0,93	1,08
20	C. Borg	Wände	3470	2378	1958	1,46	1,77
			3720	2378	1958	1,56	1,90
			3750	2378	1958	1,58	1,92
22	Stepoc	Wände m. Normalbeton als Füllbeton	2355	2443	2168	0,96	1,09
			2470	2443	2168	1,01	1,14
			2500	2723	2487	0,92	1,01
		Wände mit Leichtbeton als Füllbeton	840	-	1084	-	0,77
			890	-	1084	-	0,82
			760	-	1084	-	0,70
24	Multiblock	Wände	3170	2392	1991	1,32	1,59
			2700	2392	1991	1,13	1,36
			3130	2392	1991	1,31	1,57
26	Ferry	Wände	1720	1836	1566	0,94	1,10
			1800	1836	1566	0,98	1,15
			1800	1836	1566	0,98	1,15

Tabelle 9: Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Beziehung $F_W = a F_{St}^b \cdot F_{Bet}^c$ gilt unter Berücksichtigung aller Wertepaare der Tabelle 6 sowie Außerachtlassung der Wertepaare "mit Leichtbeton"

(Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Kurzbezeichnung	Art der Prüfkörper, Besonderheiten des Füllbetons	F_{W1} Versuch kN	F_{W2} n.Gl.10 kN	F_{W2} n.Gl.11 kN	$\frac{(4)}{(5)}$	$\frac{(4)}{(6)}$
1	2	3	4	5	6	7	8
30	R 125	Wände	1969	2838	2760	0,69	0,71
			2719	2838	2760	0,96	0,98
			3375	2838	2760	1,19	1,22
34	Remy	Wände mit Einkornbeton	880	-	2122	-	0,41
			960	-	2006	-	0,48
		Wände mit Einkornbeton	600	-	1128	-	0,53
			650	-	1263	-	0,51
			400	-	513	-	0,49
			600	-	1004	-	0,60
		Wände mit Leichtbeton	650	-	1036	-	0,63
800	-		1336	-	0,60		
36	Eurospan	Wände	2800	2119	2184	1,32	1,28
			2820	2119	2184	1,33	1,29
			2680	2119	2184	1,26	1,23
37	Gisoton	Wände	2275	2397	2203	0,95	1,03
			2250	2397	2203	0,94	1,02
			2300	2397	2203	0,96	1,04

Tabelle 9: Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß die Beziehung $F_W = a F_{St}^b \cdot F_{Bet}^c$ gilt unter Berücksichtigung aller Wertepaare der Tabelle 6 sowie Außerachtlassung der Wertepaare "mit Leichtbeton"

(Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Kurzbezeichnung	Art der Prüfkörper, Besonderheiten des Füllbetons	F_{W1} Versuch kN	F_{W2} n.Gl.10 kN	F_{W2} n.Gl.11 kN	$\frac{(4)}{(5)}$	$\frac{(4)}{(6)}$
1	2	3	4	5	6	7	8
40	ISOSPAN	Wände	2250 2600 3090 2860	2489 2529 3017 3040	2642 2700 3375 3408	0,90 1,03 1,02 0,94	0,85 0,96 0,92 0,84
41	Precitherm	Wände	1700 1600 2425 2390	1548 1548 2006 2006	1349 1349 1874 1874	1,10 1,03 1,21 1,19	1,26 1,19 1,29 1,28
43	Durisol	Wände	1500 1450	1730 1730	1683 1683	0,87 0,84	0,89 0,86

Tabelle 10: Mittlere Verhältniswerte $\frac{F_{W1}}{F_{W2}}$ aus Tabelle 8 und Tabelle 7

Lfd. Nr.	Mittlere Verhältniswerte aus Spalte			Bemerkungen
	7 d.Tab. 8	8 d. Tab. 8	2 d. Tab. 7	
1	2	3	4	5
1	1,09	1,45	1,22	Pfeiler
	1,24	1,50	1,39	
2	0,93	1,01	0,95	
4	0,98	0,93	0,96	
5	1,00	1,24	1,14	
13	0,65	0,71	0,67	
	0,58	0,75	0,64	Pfeiler
16	1,08	1,16	1,18	
17	0,95	1,10	1,07	
20	1,53	1,86	1,31	
22	0,96	1,08	1,04	
	-	0,76	0,58	Füllbeton: Leichtbeton
24	1,25	1,51	1,12	
26	0,97	1,13	1,09	
30	0,96	0,97	1,06	
	-	0,45	0,47	Füllbeton: Einkornbeton
34	-	0,53	0,42	Füllbeton: Einkornbeton
	-	0,62	0,52	Füllbeton: Leichtbeton
36	1,30	1,27	1,38	
37	0,95	1,03	1,08	
40	0,97	0,89	0,98	
41	1,13	1,26	1,33	
43	0,86	0,88	0,95	

Füllbeton nicht berücksichtigt werden. Betrachtet man nur die Spalte 8, so schwanken die Werte zwischen 0,58 (lfd. Nr. 13) und 1,53 (lfd. Nr. 20). Vernachlässigt man diese Extremwerte und den ebenfalls stark abweichenden zweiten Wert bei der lfd. Nr. 13, so liegen die nächsten Kleinst- und Größtwerte bei 0,86 (lfd. Nr. 43) und 1,30 (lfd. Nr. 36). Dies Ergebnis kann als zufriedenstellend angesehen werden. Unbefriedigend bleibt dabei natürlich, daß einmal die Versuchsergebnisse mit Leichtbeton damit nicht abgedeckt sind und auch die Versuche der lfd. Nr. 13 und 20 nicht erfaßt sind. Sie als Ausreißer zu betrachten, fällt schwer, da keine Gründe ersichtlich sind.

Vergleicht man die Werte der Spalte 3 (alle Versuchsergebnisse nach Ansatz der Gl. 9) mit denen der Spalte 4 (alle Versuchsergebnisse nach Ansatz der Gl. 2) miteinander, so kann nicht festgestellt werden, daß der Potenzansatz der Gl. 9 generell den Zusammenhang straffer und einheitlicher wiedergibt.

3.1.7 Auswertung der Versuchsergebnisse unter der Annahme, daß nur der Beton trägt

Die in den vorhergehenden Abschnitten durchgeführten Untersuchungen haben zu keinem voll befriedigenden Ergebnis geführt. Es soll daher als nächstes überprüft werden, ob die Tragfähigkeit der Wände u.U. nicht überwiegend allein von der Tragfähigkeit des Betons oder auch allein der Steine abhängt. Dabei wird man allerdings von vornherein davon ausgehen können, daß eher der Beton allein als die Schalungssteine allein die Tragfähigkeit bedingen kann. Als Begründung für diese Vermutung ist anzugeben, daß etwa die als Sonderbauweisen des Betonbaues bezeichneten Bauarten mit z.B. Schalungssteinen aus Holzbeton nicht wohl die großen Tragfähigkeiten erreichen würden, wenn nur der Holzbeton die Tragfähigkeit erbringen müßte. Um näheren Aufschluß zu bekommen, sind in den Bildern 1 und 2 die Gesamttragfähigkeit der Wände (aus Spalte 6 der Tabelle 6) und die

Mittelwerte (in Spalte 4 der Tabelle 1 angegeben) in Abhängigkeit von den Lastanteilen der Steine (bei Bild 1, Werte F_{Stein} ebenfalls aus Tabelle 6, Spalte 4 und Mittelwerte in Spalte 2 der Tabelle 11 zusammengestellt) bzw. des Betons (bei Bild 2, Werte F_{Beton} ebenfalls aus Tabelle 6, Spalte 5 und Mittelwerte in Spalte 3 der Tabelle 11 zusammengestellt) aufgetragen.

Es sei zunächst das Bild 1 besprochen. Diesem entnimmt man, daß im Bereich bis $F_{\text{Stein}} = F_{\text{Wand}} = 3000 \text{ kN}$ praktisch kein auch nur andeutungsweiser Zusammenhang zwischen den beiden Größen sich abzeichnet. Gewisse Abhängigkeiten werden durch die Versuche der lfd. Nr. 4, 20 und 24 angedeutet. Bei diesen waren folgende Stein- und Betonfestigkeiten (aus Tabelle 4):

lfd. Nr. 4 : $\beta_{\text{Stein}} = 23,4 \text{ N/mm}^2$ und $\beta_{\text{Bet}} = \text{rd. } 35 \text{ N/mm}^2$
lfd. Nr. 20: $\beta_{\text{Stein}} = 33,6 \text{ N/mm}^2$ und $\beta_{\text{Bet}} = 11,7 \text{ N/mm}^2$
lfd. Nr. 24: $\beta_{\text{Stein}} = 31,7 \text{ N/mm}^2$ und $\beta_{\text{Bet}} = 11,6 \text{ N/mm}^2$.

Das heißt, zumindestens bei den Versuchen Nr. 20 und 24 lagen im Vergleich zu den Betonfestigkeiten hohe Steinfestigkeiten vor, die bei entsprechend ebenfalls größerer Steifigkeit sich stärker an den Lastaufnahmen beteiligt haben können. Hier muß aber auch auf das Bild 2 bereits verwiesen werden. Dort entnimmt man, daß sich die Versuchsergebnisse Nr. 20 und 24 in den dort vorhandenen Rahmen einpassen lassen, d.h. die Tragfähigkeit der Wände auch allein durch die Tragfähigkeit des Betons erklärt werden kann. Dort paßt sich auch das Versuchsergebnis Nr. 4 ein, bei dem die Steinfestigkeit unter der Betondruckfestigkeit liegt. Man wird insgesamt aus dem Bild 1 zu dem Ergebnis kommen, daß die Tragfähigkeit der untersuchten Wände nicht in eine Abhängigkeit zu der Tragfähigkeit, die sich als Lastanteil aus den Steinen bzw. deren Festigkeit ergibt, gebracht werden kann.

(Fortsetzung des Textes S. 62)

Tabelle 11: Zusammenstellung der mittleren Bruchlasten und Lastanteile aus Tabelle 5

Lfd. Nr.	Mittelwerte aus Tabelle 5 von Spalte			$\frac{(4)}{(3)}$
	9	10	11	
-	kN	kN	kN	-
1	2	3	4	5
1	478	583	933	1,57
	1195	1199	1917	1,60
2	3199	2805	2863	1,02
4	3576	6839	5707	1,20
5	871	1012	1330	0,76
13	2925	2622	1890	1,39
	1170	900	740	0,82
16	2024	2792	3197	1,15
17	1448	1960	1895	0,97
20	5006	2123	3647	1,72
22	2089	2631	2442	0,93
	2089	1144	830	0,73
24	4451	2177	3000	1,38
26	1297	1507	1773	1,18
30	1070	2883	2688	0,93
	1091	2076	920	-
34	1515 (1984)	1104 (799)	625 (500)	-
	1515	1095	725	0,66
36	184	2431	2767	1,14
37	1240	2219	2275	1,03
40	218	3489	2700	0,77
41	539	1335 (1933)	1650 (2408)	1,24 (1,25)
43	193	1808	1475	0,82

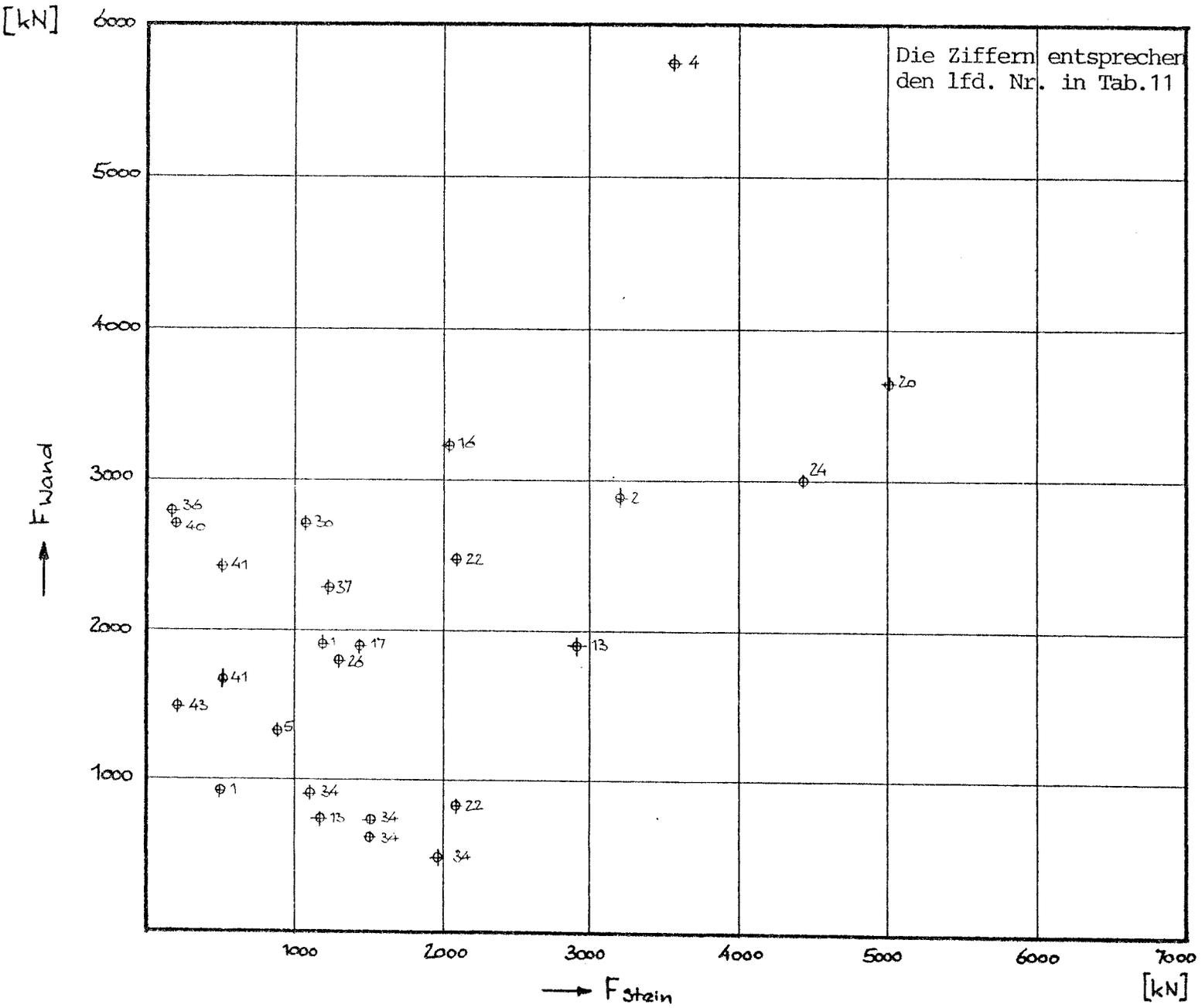


Bild 1: Gesamttragfähigkeit der Wände in Abhängigkeit von den von den Schalungssteinen allein aufnehmbaren Lastanteilen

Die Ziffern entsprechen
den lfd.Nr. in Tab. 11

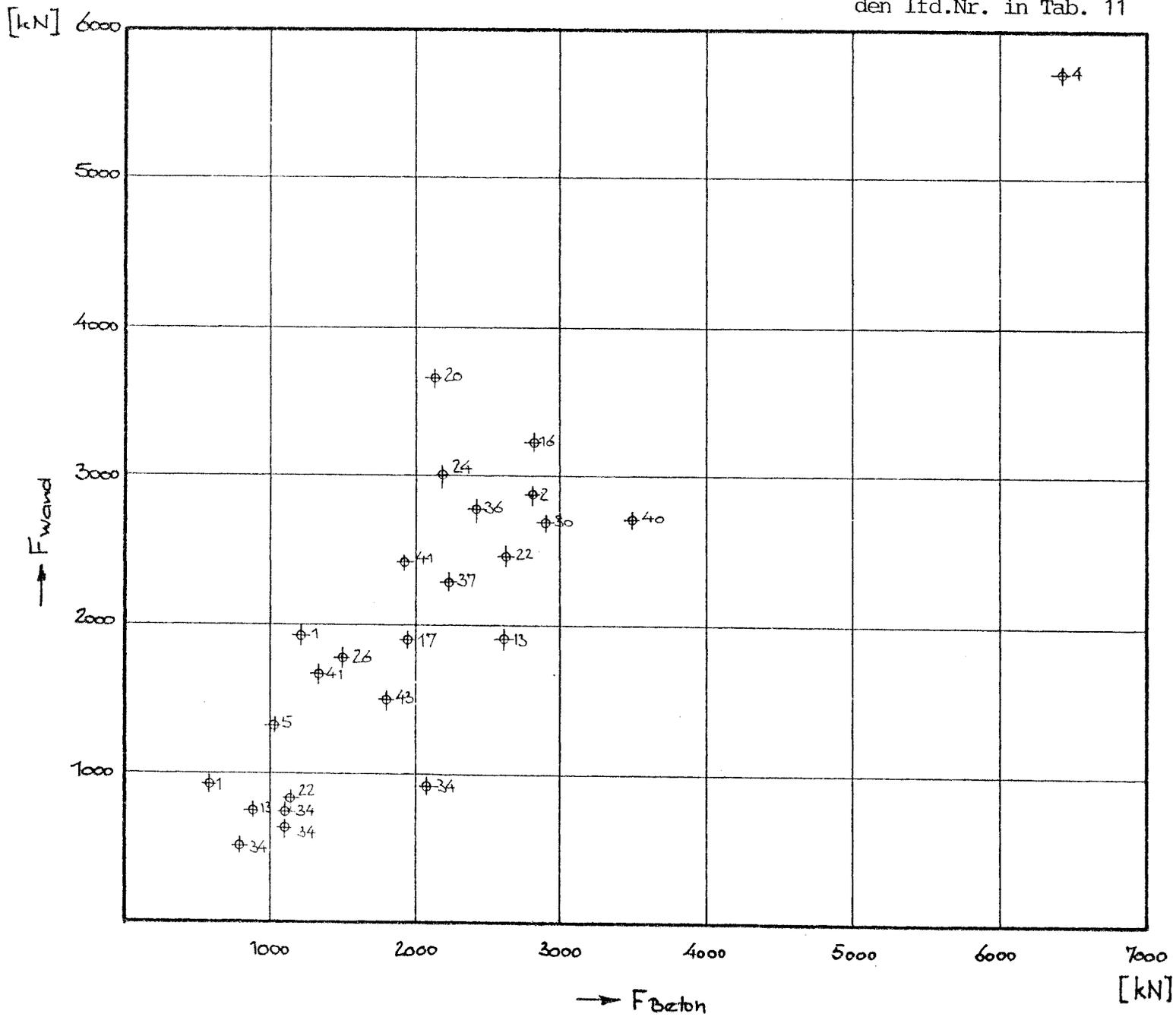


Bild 2: Gesamttragfähigkeit der Wände in Abhängigkeit von den vom Beton allein aufnehmbaren Lastanteilen

Anders liegen die Verhältnisse beim Bild 2. Hier ordnen sich einmal die schon eben besprochenen Versuchsergebnisse ein und zum andern aber ordnen sich auch die Versuchsergebnisse gut ein, die an Wänden mit Schalungssteinen geringer Festigkeit - also insbesondere aus Holzspanbeton - gewonnen wurden. Es sind dies die Versuche mit den lfd. Nr. 36 und größer, die vor allem zu dem "Sternenhimmel" des Bildes 1 beigetragen haben. Darüber hinaus ordnen sich auch die an Wänden mit Leichtbeton als Füllbeton ermittelten Versuchsergebnisse ein (je ein Versuchspunkt der lfd. Nr. 22 und 34), die bei den Auswertungen in den vorhergehenden Abschnitten immer wieder große Abweichungen zeigten.

Die im Bild 2 aufgetragenen Versuchsergebnisse deuten darauf hin, daß der Zusammenhang zwischen F_{Beton} und F_{Wand} durch einen linearen Ansatz erfaßt werden könnte. Dabei könnte man eine Gerade ohne Absolutglied ansetzen, von der man erwarten könnte, daß ihre Steigung 1 ist. D.h. der aus dem Beton sich ergebende Lastanteil wäre unmittelbar die Gesamttragfähigkeit der Schalungssteinwand. Eine entsprechende Ausgleichsrechnung mit dem Ansatz

$$F_{\text{Wand}} = a \cdot F_{\text{Bet}} \quad (12)$$

wurde durchgeführt und

$$F_{\text{Wand}} = 0,966 F_{\text{Bet}} \quad (13)$$

ermittelt. Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,973. Damit wurde die oben geäußerte Vermutung bestätigt, so daß wohl davon ausgegangen werden kann, daß die Bemessung der hier infrage stehenden Wände aus Schalungssteinen über die Tragfähigkeit ihres Füllbetons allein erfolgen kann. Dabei ist allerdings - und hierüber darf der an sich gute Korrelationskoeffizient nicht hinwegtäuschen - von nicht unerheblichen Streuungen auszugehen. Um diese zu verdeutlichen,

sind in Spalte 5 der Tabelle 11 die Verhältniswerte aus den Spalten 4 (Tragfähigkeit der Wände) und 3 (Lastanteile nur aus dem Beton) eingetragen. Die Extremwerte sind 1,72 (lfd. Nr. 20) und 0,66 (lfd. Nr. 34). Es ist daher zu prüfen, ob sich eine Bemessung an z.B. 5 %-Fraktilen, die sich aus dem Bild 2 ableiten lassen können, orientieren muß oder ob eine ausreichende Absicherung bereits dadurch gegeben ist, daß den anzuwendenden Betonfestigkeitsklassen ja die 5 %-Fraktilen zugrunde liegen.

3.1.8 Auswertung der Versuchsergebnisse nach DIN 1045

Die Bemessung von unbewehrten Betonwänden nach DIN 1045 erfolgt nach folgenden Gleichungen

$$N_o = A_b \cdot \beta_R \left(1 - 2 \frac{e}{d} \right) \frac{1}{\gamma} \quad (14)$$

und zur Berücksichtigung des Knickens

$$N_{zul} = \alpha \cdot N_o \quad (15)$$

mit

$$\alpha = 1 - \frac{\lambda}{140} \left(1 + \frac{m}{3} \right) \quad (16)$$

Für die Bedeutung der Abkürzungen siehe DIN 1045, Dezember 1978 und Heft 220 des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton. Bei den hier auszuwertenden Versuchen war die planmäßige Exzentrizität $e = 0$, so daß auch $m = 0$ ist und Gl. 15 in Verbindung mit Gl. 14 damit übergeht in

$$N_{zul} = \frac{1}{\gamma} A_b \cdot \beta_R \left(1 - \frac{\lambda}{140} \right) \quad (17)$$

Zur Nachrechnung der Versuchsergebnisse seien gesetzt:

$$\gamma = 1,0$$

$$\beta_R = 0,85 \cdot \beta_w \quad (\beta_w = \text{mittlere Betondruckfestigkeit})$$

Damit wird

$$N_{1045} = A_b \cdot 0,85 \cdot \beta_w \left(1 - \frac{\lambda}{140} \right) \quad (18)$$

Der Ausdruck $A_b \cdot 0,85 \cdot \beta_w$ ist identisch mit den in Tabelle 5, Spalte 10 (s.a. Tabelle 11, Spalte 3) eingetragenen Werten, die die vom Beton allein aufzunehmenden Lastanteile darstellen. Mit diesen Werten war der befriedigende Zusammenhang der Gl. 13 ermittelt worden. Zu berücksichtigen wäre demnach nur noch der die Schlankheit erfassende Abminderungsfaktor $\left(1 - \frac{\lambda}{140}\right)$. Die zur Berechnung von λ anzusetzende Knicklänge sei mit $\frac{h}{2}$ angenommen, da bei den üblichen Wanddruckversuchen nach DIN 18554 praktisch von voller Einspannung am Wandfuß und Wandkopf ausgegangen werden kann. Als Wanddicke sei entsprechend den Zulassungen bei den "Sonderbauarten des Betonbaues" nur die Betonwanddicke eingesetzt. Sie wird näherungsweise ermittelt als $d_K = \frac{A_b}{l}$ (A_b = Betonfläche, l = Länge der Versuchswände).

Die Auswertungen entsprechend Gl. 18 wurden vorgenommen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 zusammengestellt. In Spalte 2 sind die bei den Versuchen ermittelten mittleren Bruchlasten, in Spalte 3 die Abminderungsfaktoren $1 - \frac{\lambda}{140}$ und in Spalte 4 die sich nach Gl. 18 ergebenden Bruchlasten eingetragen. Spalte 5 enthält die aus den Betonquerschnitten errechneten Wanddicken.

Aus Spalte 3 der Tabelle 12 entnimmt man, daß die die Schlankheiten berücksichtigenden Abminderungsfaktoren zwischen 0,60 (Versuch Nr. 40) und 0,83 (bei mehreren Versuchen) liegen. D.h. die Abminderungen schlagen nicht unerheblich zu Buche. Dies bedeutet, daß die Übereinstimmung zwischen Versuch und Rechnung geringer wird als bei Nichtberücksichtigung des Schlankheitseinflusses. Wählt man als Maß der Streuung die mittlere quadratische Abweichung zwischen Versuch und Rechnung, und zwar einmal ohne Schlankheitseinfluß und zum andern mit Schlankheitseinfluß, so erhält man im ersten Fall eine mittlere quadratische Abweichung von 576 kN und im zweiten Fall von 798 kN, d.h.

die Berücksichtigung der Schlankheit - wie hier vorgenommen - führt zu einer nicht unbedeutenden Verschlechterung in der Übereinstimmung zwischen Rechnung und Versuch.

Tabelle 12: Aufnehmbare Lasten bei Auswertung nach DIN 1045

Lfd. Nr.	F _{Versuch} kN	$1 - \frac{\lambda}{140}$ -	F _{Rechnung} kN	d _K cm
-	kN	-	kN	cm
1	2	3	4	5
1	933	0,67	390	9,4
	1917	0,67	803	9,4
2	2863	0,83	2328	17,6
4	5707	0,83	5676	18,2
5	1330	0,82	830	17,0
13	1890	0,82	2150	17,5
	740	0,82	738	17,5
16	3197	0,79	2205	14,5
17	1895	0,77	1509	13,2
20	3647	0,83	1762	17,1
22	2442	0,61	1605	8,3
	830	0,61	698	8,3
24	3000	0,83	1807	17,7
26	1773	0,69	1040	9,9
30	2688	0,70	2018	10,2
34	725	0,65	711	8,8
36	2767	0,72	1750	11,0
37	2275	0,66	1465	9,2
40	2700	0,78	2721	14,3
41	1650	0,60	801	7,8
	2408	0,60	1160	7,8
43	1475	0,65	1173	8,9

Dabei wird der Einfluß der Schlankheit überschätzt. Es ist auffallend, daß dies insbesondere auch der Fall ist bei den mit als "Sonderbauarten des Betonbaues" ausgewiesenen Versuchen. Man wird daher überlegen müssen, ob der Schlankheitseinfluß auch bei diesen Bauarten anders zu regeln ist. D.h. daß man - wie bei den "Sonderbauarten des Mauerwerksbaues" - Schlankheiten erst bei $\lambda \geq 10$ berücksichtigt, wobei hier $\lambda = \frac{h_K}{d}$ mit d die gesamte Wanddicke anzusetzen wäre. Schließlich werden sich die mit Schalungssteinen hergestellten Wände hinsichtlich der Knickgefahr günstiger verhalten als reine Betonwände, die mit Dicken entsprechend den Betonkerndicken bei den Schalungssteinen ausgeführt werden. Die Auswertung der Versuchsergebnisse zeigt dies m.E. ganz deutlich.

3.1.9 Ableitung von zulässigen Spannungen bei Bemessung nach DIN 1053

Das "Einpassen" von Versuchsergebnissen in die Tabelle 10 der DIN 1053, wie es zur Zeit bei der "Sonderbauweise des Mauerwerksbaues" erfolgt (s. MWK 1984, S. 239), um zu zulässigen Spannungen zu kommen, erscheint unbefriedigend. Dies umso mehr als die Auswertungen im Abschnitt 3.1.7 gezeigt haben, daß die Tragfähigkeit des Betons allein die Tragfähigkeit der Wände bestimmt. Dies allerdings heißt noch nicht, daß man von der Bemessung nach DIN 1053 abgehen müßte. Immerhin haben ja die Auswertungen nach Abschn. 3.1.8 auch gezeigt, daß die Bemessung nach DIN 1045 nicht in allen Punkten in Einklang mit den vorliegenden Versuchsergebnissen gebracht werden kann. Was man bei der Bemessung nach DIN 1053 allerdings machen muß, ist bei der Festlegung von zulässigen Spannungen das stärkere Orientieren an ingenieurmäßigen Gesichtspunkten. Dies kann wie folgt geschehen:

Nach Gl. 13 kann die Tragfähigkeit einer Wand berechnet werden aus näherungsweise

$$F_{\text{Wand}} = F_{\text{Bet}} \quad (19)$$

Dabei ist $F_{\text{Bet}} = A_{\text{Bet}} \cdot B_{\text{Bet}}$.

Folgt man den Überlegungen des Betonbaues, wonach einmal von der Nennfestigkeit β_N und nicht der mittleren Betonfestigkeit β_{Bet} auszugehen ist und zum anderen die Gestaltsabhängigkeit der Würfel- zur Prismenfestigkeit und die Dauerstandsfestigkeit bei den Betonfestigkeitsklassen bis B 25 mit dem Faktor 0,7 zu berücksichtigen sind, dann wird aus Gl. 19

$$F_{\text{Wand}} = A_{\text{Bet}} \cdot \beta_N \cdot 0,7 \quad (20)$$

Bezieht man die Bruchlast F_{Wand} - wie bei der "Sonderbauweise des Mauerwerksbaues" üblich - auf den gesamten Wandquerschnitt A_{ges} , so wird mit Gl. 20

$$\sigma_{\text{Wand}} = \frac{A_{\text{Bet}} \cdot \beta_N \cdot 0,7}{A_{\text{ges}}} \quad (21)$$

Setzt man entsprechend DIN 1045, Abschn. 17.9, einen Sicherheitsbeiwert von 3,0 für Beton der Festigkeitsklassen bis B 10 und 2,5 für Beton der Festigkeitsklassen B 15 und höher, so erhält man

für Beton bis B 10

$$\text{zul } \sigma_{\text{Wand}} = 0,23 \frac{A_{\text{Bet}} \cdot \beta_N}{A_{\text{ges}}} \quad (22)$$

und für Beton ab B 15

$$\text{zul } \sigma_{\text{Wand}} = 0,28 \frac{A_{\text{Bet}} \cdot \beta_N}{A_{\text{ges}}} \quad (23)$$

Da A_{Bet} , A_{ges} und β_N bekannt sind, können aus den Gl. 22 und 23 die zulässigen Spannungen ermittelt werden. Sie wurden für die Zulassungen, für die auch Versuche vorlagen, berechnet und in Spalte 5 der Tabelle 13 eingetragen. Diese Werte sind zu vergleichen mit den in Spalte 2 derselben Tabelle angegebenen zulässigen Spannungen, wie sie den Zulassungsbescheiden entnommen worden sind. Der Vergleich zeigt

1. Die in den Zulassungen festgelegten zulässigen Spannungen liegen überwiegend auf der sicheren Seite
2. Die nach unten größten Abweichungen liegen bei der lfd. Nr. 34. Dort liegen die errechneten Spannungen zum Teil weit unter den zulässigen Spannungen. Die Zulassung dieser Steine ist abgelaufen. Es waren die Versuchsergebnisse, die auch bei den sonst durchgeführten Auswertungen immer wieder aus dem Rahmen fielen.
3. Die Masse der errechneten zulässigen Spannungen pendelt um den Wert $1,35 \text{ MN/m}^2$. Die Ursache des relativ dichten Beisammenliegens der Werte liegt darin begründet, daß das Verhältnis $A_{\text{Bet}}/A_{\text{ges}}$ bei den üblichen Abmessungen nur unwesentlich schwankt. Mit Ausnahme der Versuche der lfd. Nr. 1, 26, 30 und 34 ist es gleich oder größer als 0,55 (s. Spalte 6 der Tabelle 13).

Es könnte überlegt werden, ob das Verhältnis $A_{\text{Bet}}/A_{\text{ges}}$ unter Umständen als Maß dafür zugrunde gelegt wird, ob Zulassungsversuche erforderlich sind oder ob auf diese verzichtet werden kann, wenn das Verhältnis $A_{\text{Bet}}/A_{\text{ges}}$ etwa gleich größer 0,5 ist.

Tabelle 13: Zur Ermittlung zulässiger Spannungen

Lfd. Nr.	σ_{zul}	A_{Bet}	A_{ges}	$\sigma_{zul R}$	A_{Bet}/A_{ges}
-	MN/m ²	cm ²	cm ²	MN/m ²	-
1	2	3	4	5	6
1	0,9	1175	3125	0,86	0,38
2	0,7	2640	4500	1,35	0,59
4	0,9	2369	3900	1,40	0,61
5	0,9	2125	3125	1,56	0,68
13	0,7	2188	3750	1,34	0,58
16	0,9	1815	3000	1,39	0,61
17	0,9	1647	3000	1,26	0,55
20	0,8	2135	3625	1,35	0,59
24	0,8	2208	3625	1,40	0,61
26	0,6	1240	3125	0,91	0,40
30	1,0 ¹⁾	1280	3125	1,72	0,41
34	0,8 ²⁾	1105	3125	0,41	0,35
	1,0	1105	3125	0,81	0,35

1) B 15

2) B 5

4. In den für die "Sonderbauart des Mauerwerksbaues" gültigen Zulassungsbescheiden ist überwiegend die Betonfestigkeitsklasse B 10 als Mindest-Festigkeitsklasse festgelegt. Das Einbringen einer höheren Festigkeitsklasse wird überwiegend nicht honoriert. Es könnten jedoch die zulässigen Spannungen im Verhältnis $\frac{0,28}{0,23} \frac{\beta_N}{\beta_{N10}}$ erhöht werden (β_N = Nennfestigkeit der höheren Klasse, β_{N10} = Nennfestigkeit des B 10).
5. Hiernach könnten in Zukunft die zulässigen Spannungen auf das Niveau der Gl. 22 und 23 angehoben werden. Wenn dann bei Verwendung eines B 10 eine zulässige Spannung von rd. 1,4 MN/m² zugestanden würde, dann würde man praktisch

auf das heutige Niveau der "Sonderbauweisen des Betonbaues" kommen, wenn diese ihrerseits den Knicknachweis anders regelten. Dabei genügte es, bei der Berechnung von λ von der gesamten Wanddicke und nicht von der Dicke des Kernbetons auszugehen.

3.1.10 Vergleich der Tragfähigkeiten bei Bemessung nach DIN 1053 und bei Bemessung nach DIN 1045

Die Zulassungen der "Sonderbauarten des Betonbaues" und der "Sonderbauarten des Mauerwerksbaues" unterscheiden sich im wesentlichen durch die Art der Bemessung. Da die Übergänge zwischen beiden Bauarten fließend sind, ist es allem Anschein nach mehr oder weniger zufällig, ob eine Bauart nach dem einen oder dem anderen Zulassungsmuster zugelassen wird. Dabei müßte aber vermieden werden, daß unterschiedliche Tragfähigkeiten angegeben werden. Hierzu sollen nachstehend einige Berechnungen vorgenommen werden. Dabei sei von dem Fall ausgegangen, daß die planmäßige Ausmitte Null sei, da hiernach üblicherweise von der Berechnung nach DIN 1053 ausgegangen wird. Die in diesem Fall nach DIN 1045 zulässige Normalkraft errechnet sich gemäß Gl. 17 aus

$$N_{1045} = \frac{1}{\gamma} A_b \cdot \beta_R \left(1 - \frac{\lambda}{140} \right) \quad (24)$$

Die nach DIN 1053 zu ermittelnde zulässige Normalkraft beträgt

$$N_{1053} = A_{\text{ges}} \cdot \sigma_{\text{zul}} \quad (25)$$

wenn mit dem Grundwert der zulässigen Spannungen gerechnet werden darf, d.h. wenn $\lambda = \frac{h_K}{d} \leq 10$ ist. Nimmt man entsprechend Spalte 6 in Tabelle 13 als durchschnittlichen Verhältniswert von $A_{\text{Bet}}/A_{\text{ges}} = 0,55$ an und setzt man daher in Gl. 25 für $A_{\text{ges}} = \frac{A_b}{0,55}$ ein, so erhält man

$$N_{1053} = \frac{A_b}{0,55} \cdot \sigma_{\text{zul}} \quad (26)$$

Bildet man weiterhin den Verhältniswert aus den Gl. 24 und 26, so erhält man

$$\frac{N_{1045}}{N_{1053}} = \frac{0,55 \cdot B_R \left(1 - \frac{\lambda}{140}\right)}{\gamma \cdot \sigma_{zul}} \quad (27)$$

Setzt man als durchschnittlichen Wert für σ_{zul} $0,8 \text{ MN/m}^2$ an, der für die Mindestbetonfestigkeitsklasse 10 gilt, und damit der Wert γ entsprechend DIN 1045 mit $3,0$ anzusetzen ist, so erhält man mit $B_R = 7 \text{ MN/m}^2$

$$\frac{N_{1045}}{N_{1053}} = 1,60 \left(1 - \frac{\lambda}{140}\right) \quad (28)$$

Bei geschoßhohen Wänden (rd. 250 cm) und einer Dicke von 25 cm ($\lambda = \frac{h}{d} = 10$) beträgt die Kernbetondicke im allgemeinen rd. 19 cm . D.h. λ ist $\lambda = \frac{250}{0,289 \cdot 19} = 45,5$. Setzt man diesen Wert in Gl. 28 ein, so wird

$$\frac{N_{1045}}{N_{1053}} = 1,07 \quad (29)$$

D.h. daß bei den gemachten Annahmen die zulässigen Lasten nach beiden Verfahren etwa gleich groß sind. Dabei ist es aber wichtig darauf hinzuweisen, daß entsprechend der im Abschn. 3.1.7 gebrachten Auswertung der Einfluß der Schlankheit mit dem Ansatz des Faktors $\left(1 - \frac{\lambda}{140}\right)$, der im vorliegenden Fall $0,67$ ist, überschätzt wird. Man kann den bei rd. $1,0$ liegenden Verhältniswert von $\frac{N_{1045}}{N_{1053}}$ allerdings auch so deuten, daß der Wert $\sigma_{zul} = 0,8 \text{ MN/m}^2$ so auf der sicheren Seite liegt bzw. festgelegt ist, daß ein möglicher Knickeinfluß der hier angesetzten Größe noch abgedeckt ist. Die Auswertung des Abschnittes 3.1.7 spricht allerdings nicht für diese Auslegung.

DIN 1053 berücksichtigt nicht die nach DIN 1045, Abschnitt 22.5.4.1, bei einseitig durch Decken belasteten Wänden in Rechnung zu stellende Ausmittigkeit $e = \frac{d}{6}$, wenn die Decke voll auf der Wand aufliegt, was hier angenommen werden soll. Die zul. Last ist dann zu berechnen aus

$$N_{1045} = \frac{1}{\gamma} A_b \cdot B_R \left(1 - 2\frac{e}{d}\right) \left[1 - \frac{\lambda}{140} \left(1 + \frac{m}{3}\right)\right] \quad (30)$$

Setzt man wie vor $\gamma = 3,0$, $B_R = 7 \text{ MN/m}^2$, $e = \frac{d}{6}$, $d = 19 \text{ cm}$, $m = \frac{1}{2}$ (s. Heft 220 des DAStb, S. 120) und $\lambda = 45,5$, so erhält man

$$N_{1045} = \frac{0,41}{\gamma} \cdot B_R \cdot A_b \quad (31)$$

Der Verhältniswert $\frac{N_{1045}}{N_{1053}}$ wird

$$\frac{N_{1045}}{N_{1053}} = \frac{0,41 \cdot 7 \cdot 0,55}{3 \cdot 0,8} = 0,658$$

D.h. die nach DIN 1045 zulässige Tragfähigkeit beträgt rd. 65 % der nach DIN 1053 zulässigen Tragfähigkeit. Dabei ist allerdings zu beachten, daß der Faktor 0,41 sich aus den Teilfaktoren $\left(1 - 2\frac{e}{d}\right) = 0,667$ und

$$\left[1 - \frac{\lambda}{140} \left(1 + \frac{m}{3}\right)\right] = 0,62 \quad (0,667 \cdot 0,62 = 0,41)$$

zusammensetzt. Berücksichtigt man nicht den im wesentlichen von λ beeinflussten zweiten Teilfaktor, so erhält man

für $\frac{N_{1045}}{N_{1053}} = 1,07$. In Verbindung mit Gl. 29 ergibt sich somit

folgendes Bild: Würde dem Einfluß von λ bei der Bemessung nach DIN 1045 nicht nachgegangen, so würde die zulässige Last etwa das 1,6fache der nach DIN 1053 anzusetzenden Last sein. Dies träfe z.B. immer bei beidseitig durch Decken belasteten Wänden zu. Der bei nach DIN 1045 zu berücksichtigende Einfluß der Ausmittigkeiten bei einseitig durch Decken belasteten Wänden führt dazu, daß bei

Berücksichtigung des Einflusses der Schlankheit die zulässige Tragfähigkeit nur rd. 65 % der zulässigen Tragfähigkeit nach DIN 1053 beträgt. Bei Vernachlässigung des Schlankheitseinflusses werden beide Tragfähigkeiten etwa gleich groß. Insgesamt bedeutet dies, daß die nach DIN 1045 oder die nach DIN 1053 zu er rechnenden Tragfähigkeiten z.Zt. nicht deckungsgleich sind. Hier müßten Änderungen in den Ansätzen zum Knicknachweis und/oder der Größe der anzusetzenden Ausmittigkeiten eintreten. Eine sinnvolle und durch die Versuche abgedeckte Lösung wäre, bei der Bemessung nach DIN 1045 den Schlankheitseinfluß in einer noch anzugebenden anderen Weise zu erfassen und dagegen bei der Bemessung nach DIN 1053 bei der Festsetzung der zulässigen Spannungen den Einfluß ausmittiger Lasteintragung als berücksichtigt anzusehen. Würde man bei DIN 1045 den Schlankheitseinfluß zunächst einmal ganz vernachlässigen, so würde aus Gl. 30

$$N_{1045} = \frac{1}{\gamma} \cdot A_b \cdot \beta_R \left(1 - 2 \frac{e}{d} \right) \quad (32)$$

und mit $\gamma = 3,0$ $\beta_R = 7,0$ und $e = \frac{d}{6}$

$$N_{1045} = 1,56 A_b \quad (33)$$

Mit Gl. 26 und mit $\sigma_{zul} = 0,8 \text{ MN/m}^2$ wird

$$\frac{N_{1045}}{N_{1053}} = \frac{1,56 \cdot 0,55}{0,8} = 1,07$$

Die Übereinstimmung zwischen den nach DIN 1045 und DIN 1053 zu ermittelnden Lasten kann als gut angesehen werden.

Es ist noch auf die mögliche andere Art der Berücksichtigung des Schlankheitseinflusses bei der Vorgehensweise nach DIN 1045 einzugehen. Die mit $\lambda = \frac{h}{d} = 10$ oder nur unwesentlich von 10 abweichenden durchgeführten Versuche haben durchweg keinen Knickeinfluß erkennen lassen.

Es erscheint daher und in Anlehnung an DIN 1053, bei der ein Knickeinfluß erst ab $\lambda \geq 10$ berücksichtigt wird, vertretbar, auch bei der Berechnung nach DIN 1045 erst ab dieser Schlankheit eine Reduktion der Tragfähigkeit vorzunehmen,

d.h. bei $\lambda = \frac{h}{i} = \frac{h}{0,289 d} = \frac{10}{0,289} \sim 35$. Die Gleichung 30 würde dann lauten:

$$N_{1045} = \frac{1}{\gamma} \cdot A_b \cdot \beta_R \left(1 - 2 \frac{e}{d}\right) \left[1 - \frac{\lambda - 35}{140} \left(1 + \frac{m}{3}\right)\right] \quad (34)$$

Diese Gleichung ist gegenüberzustellen der Gleichung 26. Als Verhältniswert beider Gleichungen erhält man

$$\frac{N_{1045}}{N_{1053}} = \frac{A_b \cdot \beta_R \left(1 - 2 \frac{e}{d}\right) \left[1 - \frac{\lambda - 35}{140} \left(1 + \frac{m}{3}\right)\right]}{\gamma \cdot A_{ges} \cdot \sigma_{zul}} \quad (35)$$

Setzt man $\frac{N_{1045}}{N_{1053}} = 1,0$ und löst man die Gleichung nach σ_{zul} auf, so erhält man

$$\sigma_{zul} = \frac{1}{\gamma} \frac{A_b}{A_{ges}} \cdot \beta_R \left(1 - 2 \frac{e}{d}\right) \left[1 - \frac{\lambda - 35}{140} \left(1 + \frac{m}{3}\right)\right] \quad (36)$$

Die nach vorstehender Gleichung errechenbare zulässige Spannung ist die bei der "Sonderbauweise des Mauerwerksbaues" zugrunde zu legende zulässige Spannung. Wird sie so festgelegt, so ist sichergestellt, daß mit dem einfachen Bemessungsverfahren nach DIN 1053 die gleiche Sicherheit erreicht wird, wie mit dem Bemessungsverfahren nach DIN 1045.

Um einen Überblick über die Auswirkungen der Gl. 36 zu bekommen, wurde sie für einige Wandtypen der Zulassung Z-4.2-87 vom 17.10.1983 (Eurospan) ausgewertet. Entsprechend DIN 1045 wurden wieder gesetzt $\frac{e}{d} = \frac{1}{6}$ (einseitig belastete Wände) $m = \frac{1}{2}$, $\beta_R = 7,0$ (B 10). Das Ergebnis der Auswertungen ist in Tabelle 14 angegeben. Die Angaben in den Spalten 1 bis 3 wurden der Zulassung entnommen. Variiert wurden die

Höhen (Spalte 5). In den Spalten 6 und 7 sind die nach DIN 1045 und DIN 1053 errechneten Schlankheiten angegeben. Letztere sind erforderlich, um die entsprechend Tabelle 11, DIN 1053, abgeminderten zul. Spannungen zu entnehmen. Den in Spalte 9 eingesetzten zul. Spannungen nach DIN 1053 liegt eine zulässige Grundspannung von $0,8 \text{ MN/m}^2$ zugrunde. Dieser Wert entspricht wieder dem in den vorigen Abschnitten schon verwendeten Durchschnittswert bei den Zulassungen der "Sonderbauweise des Mauerwerksbaues". Aus der Annahme dieses Wertes ist nicht zu schließen, daß er bei der hier herausgegriffenen Bauart auch so festgelegt worden wäre. Aus der Tabelle ist folgendes abzulesen:

- 1) Die in den Spalten 9 und 10 angegebenen und zu vergleichenden zulässigen Spannungen stimmen nur zum Teil ausreichend gut überein. Dabei sind teilweise die nach Gl. 36 errechneten Spannungen größer als die bei Berechnung nach DIN 1053 zugrunde gelegten zul. Spannungen und auch umgekehrt.
- 2) Die geringste Übereinstimmung ist bei kleinen Verhältnismerten $\frac{A_{\text{Bet}}}{A_{\text{ges}}}$ gegeben (s. die Typen EU II 25 D, EU 25 S und EU 30 SD). Dies ist unmittelbar einleuchtend, da hierbei die nach DIN 1045 berechnete (wegen des kleinen Betonanteils kleine) Last als gleichmäßig auf die (große) Gesamtfläche verteilte Last umgerechnet ist.
- 3) Bei Berechnung nach DIN 1053 nimmt die Tragfähigkeit mit zunehmender Schlankheit stärker ab als bei Berechnung nach DIN 1045 (s.z.B. Typen EU 25 und EU 24 LB). Hier kommt die bekanntermaßen sehr starke Abminderung der zul. Spannungen mit zunehmender Schlankheit entsprechend Tabelle 11, DIN 1053, zum Tragen.

- 4) Insgesamt könnte man die jetzt als "Sonderbauart des Betonbaues" behandelten Schalungssteinbauarten auch wie die "Sonderbauarten des Mauerwerksbaues" über zulässige Spannungen und Behandlung nach DIN 1053 regeln. Man müßte dann nur bei der Vielzahl der angebotenen Varianten bei nur einer Schalungsbauart (siehe Seite 78, entnommen aus der Eurospan-Zulassung) ein System von zulässigen Spannungen angeben. Dies könnte einfacher werden als die Angabe einer Tabelle, wie beispielhaft auf S. 78 wiedergegeben, da ja diese Tabelle erst die Grundlage für die Bemessung ist. Für welchen Weg man sich entscheidet, ist allerdings letztlich von untergeordneter Bedeutung. Fragwürdig ist, ob es überhaupt erforderlich ist, eine solche Vielfalt von Wandaufbauten anzubieten, wie es bei den "Sonderbauweisen des Betonbaues" durchweg der Fall ist. Diese Frage ist jedoch hier nicht zu behandeln.

Mit Tabelle 14 ist eine "Sonderbauart des Betonbaues" beispielhaft gegenübergestellt der Berechnung mit Hilfe von zulässigen Spannungen. Von noch größerem Interesse ist, inwieweit mit der wenig differenzierten Angabe von zulässigen Spannungen bei den Sonderbauweisen des Mauerwerksbaues im einzelnen die gleiche Tragfähigkeit gegeben ist, wie bei der Vorgehensweise nach DIN 1045 bei den "Sonderbauweisen des Betonbaues". Hierfür erfolgte eine entsprechende Auswertung der Gl. 36. Die Ergebnisse der Auswertung sind in Tabelle 15 zusammengestellt. Als Rechenfestigkeit β_R wurde die der Betonfestigkeitsklasse 10 zugrunde gelegt, da diese als Mindest-Betonfestigkeitsklasse in den Zulassungen der "Sonderbauweise des Mauerwerksbaues" vorgeschrieben ist. Falls davon abgewichen ist, so ist dies besonders angegeben (s. Hinse II und Mumm).

(Fortsetzung des Textes S. 84)

Tabelle 14: Berechnung von zulässigen Spannungen und Vergleich mit in DIN 1053 festgelegten zulässigen Spannungen bei der Zulassung Z-4.2-87 vom 17.10.1983 (Eurospan)

Typ	Wand- dicke	Kernbeton- dicke und -(Fläche)	$\frac{A_{\text{Bet}}}{A_{\text{ges}}}$	Höhe	λ_{1045}	λ_{1053}	Betonfestig- keitsklasse	σ_{zul} nach DIN 1053	σ_{zul} nach Gl.36	$\frac{10}{9}$
-	cm	cm	-	cm	-	-	-	MN/m ²	MN/m ²	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
EU 17 ⁵	17,5	12,0 (776)	0,44	275 300	79,3 86,5	15,7 17,1	10	0,32 -	0,58 0,55	1,82 -
EU 20	20	14,0 (910)	0,46	225 275 300	55,6 68,0 74,2	11,3 13,8 15,0	10	0,67 0,42 0,35	0,69 0,64 0,61	1,03 1,52 1,75
EU 25	25	17 (1112)	0,44	225 275 300 325	45,8 56 61 66	9,0 11,0 12,0 13,0	10	0,8 0,7 0,6 0,5	0,72 0,68 0,66 0,64	0,90 0,97 1,10 1,27
EU II 25 D	25	14 (809)	0,32	225 275 300	55,6 68 74	9,0 11,0 12	10	0,8 0,7 0,6	0,52 0,49 0,48	0,65 0,70 0,80
EU 24 LB	24	19 (1337)	0,56	225 275 300	41 50 54,6	9,4 11,5 12,5	10	0,8 0,65 0,55	0,89 0,84 0,81	1,11 1,29 1,47
EU 25 S	25	12 (708)	0,28	225 300 400	64,9 86,5 115	9,0 12,0 16,0	10	0,8 0,6 0,3	0,46 0,42 0,37	0,57 0,70 1,22
EU 17,5 NB	17,5	12,5 (869)	0,50	225 275	62 76	12,9 15,7	10	0,51 0,31	0,71 0,65	1,40 2,10
EU 30 NB	30	24 (1601)	0,53	225 275 325	32 39,7 46,9	7,5 9,2 10,8	10	0,80 0,80 0,72	0,90 0,86 0,82	1,12 1,07 1,13
EU 30 SD	30	12 (708)	0,24	225 300	64,9 86,5	7,5 10,0	10	0,8 0,8	0,40 0,37	0,50 0,46

TYP	NACH ANLAGE	WANDDICKE cm	KERNBETONDICKE cm	RIEGELFLÄCHE cm ²	KERNFLÄCHE JE lfdm WAND STEINE		KERNBETON* VOLUMEN m ³ /m ²	BERECHNUNGS* GEWICHT DER SCHALUNGS- STEINE KN/m ²	KERNBETON: γ = 23 KN/m ³ BERECHNUNGSGEW. WAND OHNE PUTZ KN/m ²	
					IM VERBAND	DIREKT ÜBER: EINANDER				
SCHALUNGSSTEINE AUS HOLZSPANBETON $\rho_{tr} = 0,8 \text{ t/m}^3$										
EU 17 ⁵	9	175	12	70	776	893	0.0958	0.634	2.836	
EU 20	9	20	14	100	910	1047	0.1139	0.689	3.307	
EU 25	9	25	17	100	1112	1278	0.1353	0.918	4.030	
SCHALUNGSSTEINE AUS HOLZSPANBETON $\rho_{tr} = 0,51 \text{ t/m}^3$										
EUI 25 D	1	25	14	-	809	1105	0.1105	0.711	3.253	
EUI 30 D	1	30	14	-	809	1105	0.1105	0.966	3.508	
EUI 25	1	25	16	-	929	1265	0.1265	0.630	3.540	
EUI 30	1	30	16	-	929	1265	0.1265	0.885	3.795	
EU 30	7	30	20	113	1169	1449	0.1568	0.731	4.335	
EU 25 S	3	25	12	113	708	876	0.0990	0.596	2.875	
EU 30 S	3	30	14	113	828	1024	0.1137	0.706	3.326	
EU 30 SD	3	30	12	113	708	876	0.0990	0.747	3.026	
EU 35 S	5	35	14	113	840	1036	0.1149	0.921	3.575	
SCHALUNGSSTEINE AUS LEICHTBETON $\rho_{tr} = 1,4 \text{ t/m}^3$										
EU 17 ⁵ LB	11	175	125	70	869	982	0.1034	1.002	3.381	
EU 20/15 LB	11	20	15	100	1049	1184	0.1260	1.036	3.934	
EU 20/14 LB	11	20	14	100	910	1047	0.1139	1.205	3.825	
EU 24 LB	11	24	19	130	1337	1508	0.1607	1.111	4.806	
EU 25 LB	11	25	18	130	1179	1355	0.1471	1.440	4.824	
EU 30 LB	11	30	24	130	1601	1841	0.1956	1.462	5.960	
SCHALUNGSSTEINE AUS LEICHTBETON $\rho_{tr} = 1,6 \text{ t/m}^3$										
EU 175 LB	11	175	125	70	869	982	0.1034	1.145	3.524	
EU 20/15 LB	11	20	15	100	1049	1184	0.1260	1.184	4.082	
EU 20/14 LB	11	20	14	100	910	1047	0.1139	1.377	3.997	
EU 24 LB	11	24	19	130	1337	1508	0.1607	1.269	4.965	
EU 25 LB	11	25	18	130	1179	1355	0.1471	1.647	5.030	
EU 30 LB	11	30	24	130	1601	1841	0.1956	1.671	6.169	
SCHALUNGSSTEINE AUS NORMALBETON										
EU 175 NB	11	175	125	70	869	982	0.1034	1.646	4.025	
EU 20/15 NB	11	20	15	100	1049	1184	0.1260	1.702	4.600	
EU 20/14 NB	11	20	14	100	910	1047	0.1139	1.980	4.600	
EU 24 NB	11	24	19	130	1337	1508	0.1607	1.824	5.520	
EU 25 NB	11	25	18	130	1179	1355	0.1471	2.367	5.750	
EU 30 NB	11	30	24	130	1601	1841	0.1956	2.403	6.900	

ANLAGE 17 ZUM ZULASSUNGSBESCHIED

ZUL - NR.: 2-4.2-87

VOM 17. Oktober 1983



EUROSPAN SCHALUNGSSTEINE

QUERSCHNITTSWERTE

EUROSPAN
KRANEBITTER GES M B H

A.-6405 PFAFFENHOFEN/TIROL

Tabelle 15: Auswertung der Gl. 36 zur Ermittlung von zulässigen Spannungen für die zur Zeit (Januar 1984) bestehenden Zulassungen der "Sonderbauweise des Mauerwerksbaues"

Zulassung	Wand- dicke	Kernbeton-		$\frac{A_{\text{Bet}}}{A_{\text{ges}}}$	σ_{zul} nach		Bemerkungen
		dicke	fläche		Zulassung	Gl. 36	
-	cm	cm	cm ²	-	MN/m ²	MN/m ²	-
1	2	3	4	5	6	7	8
aube raster 25	25	15,8	1283	0,51	0,9	0,80	
	30	20,8	1689	0,56	0,9	0,88	
Buchenrieder	30	22	1408	0,47	0,7	0,74	
	36,5	28,5	1824	0,50	0,7	0,78	
Bütow	24	12,4	893	0,37	0,9	0,58	
	30	18,4	1325	0,44	0,9	0,69	
	36	24,4	1757	0,49	0,9	0,77	
Ensle	30	25	1975	0,66	0,9	1,03	
Hehn	11,5	-	-	-	-	-	nicht tragend
	17,5	9,5	760	0,43	0,9	0,68	nicht tragend
	25	12	960	0,38	0,9	0,60	
	30	17	1360	0,45	0,9	0,71	
	36,5	23,5	1880	0,52	0,9	0,81	
Hinse I	17,5	-	-	-	-	-	nur zum Teil tragend
	20	13	832	0,42	1,2	0,65	nur zum Teil tragend
	25	13	884	0,35	1,2	0,55	
	25	16	1024	0,47	1,2	0,64	
Hinse II bei einseitig d. Decken belaste- ten Wänden	30	18	1152	0,38	1,2	0,60	
	17,5	-	-	-	-	-	nur zum Teil tragend
	Normalsteine und Füllbeton B 15:						
	25	16	1024	0,41	1,3*	1,16**	*h ≤ 3,00 m **h ≤ 2,5 m
	25	16	1024	0,41	1,1*	1,16**	*3,0 < h ≤ 3,5 m ** h ≤ 2,5 m
30	18	1152	0,38	1,3*	1,08	*h ≤ 3,00 m	
30	18	1152	0,38	1,1*	1,08**	*3,0 < h ≤ 3,5 m **h ≤ 3 m	

Tabelle 15: Auswertung der Gl. 36 zur Ermittlung von zulässigen Spannungen für die zur Zeit (Januar 1984) bestehenden Zulassungen der "Sonderbauweise des Mauerwerksbaues"

(Fortsetzung)

Zulassung	Wand- dicke	Kernbeton-		$\frac{A_{\text{Bet}}}{A_{\text{ges}}}$	σ_{zul} nach		Bemerkungen
		dicke	fläche		Zulassung	Gl. 36	
-	cm	cm	cm ²	-	MN/m ²	MN/m ²	-
1	2	3	4	5	6	7	8
Hinse II (Fortstz.)	Normalbeton und Füllbeton B 25:						
	25	16	1024	0,41	1,5	1,93	Randbedingungen wie bei Füll- beton B 15
	25	16	1024	0,41	1,3	1,93	
	30	18	1152	0,38	1,5	1,81	
	30	18	1152	0,38	1,3	1,81	
	Dämmsteine und Füllbeton B 15:						
	25	16	1024	0,41	0,7*	1,16**	*h ≤ 3,00 m **h ≤ 2,5 m
	25	16	1024	0,41	0,6*	1,16**	*3,0 < h ≤ 3,5 **h ≤ 2,5 m
	30	16	1024	0,34	0,7*	0,96**	*h ≤ 3,0 m
	30	16	1024	0,34	0,6*	0,96**	*3,0 < h ≤ 3,5 m **h ≤ 3,0 m
	Dämmsteine und Füllbeton B 25:						
	25	16	1024	0,41	1,1	1,93	Randbedingungen wie bei Füll- beton B 15
	25	16	1024	0,41	0,8	1,93	
	30	16	1024	0,34	1,1	1,61	
	30	16	1024	0,34	0,8	1,61	
	Hinse II bei beidseitig durch Dek- ken belaste- te Wände	17,5	-	-	-	-	-
Normalsteine und Füllbeton B 15:							
25		16	1024	0,41	1,9	1,73	
25		16	1024	0,41	1,8	1,73	
30		18	1152	0,38	1,9	1,62	
30	18	1152	0,38	1,8	1,62		

Tabelle 15: Auswertung der Gl. 36 zur Ermittlung von zulässigen Spannungen für die zur Zeit (Januar 1984) bestehenden Zulassungen der "Sonderbauweise des Mauerwerksbaues"

(Fortsetzung)

Zulassung	Wand- dicke	Kernbeton-		$\frac{A_{\text{Bet}}}{A_{\text{ges}}}$	σ_{zul} nach		Bemerkungen	
		dicke	fläche		Zulassung	Gl. 36		
-	cm	cm	cm ²	-	MN/m ²	MN/m ²	-	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Hinse II (Fortsetzg.)	Normalsteine und Füllbeton B 25:							
	25	16	1024	0,41	2,5	2,88	Randbedingungen wie bei ein- seitig durch Decken belasteten Wänden	
	25	16	1024	0,41	2,3	2,88		
	30	18	1152	0,38	2,5	2,70		
	30	18	1152	0,38	2,3	2,70		
	Dämmsteine und Füllbeton B 15:							
	25	16	1024	0,41	1,0	1,73		
	25	16	1024	0,41	0,8	1,73		
	30	16	1024	0,34	1,0	1,62		
	30	16	1024	0,34	0,8	1,62		
	Dämmsteine und Füllbeton B 25:							
	25	16	1024	0,41	1,6	2,88		
	25	16	1024	0,41	1,3	2,88		
30	16	1024	0,34	1,6	2,70			
30	16	1024	0,34	1,3	2,70			
Kleine und Schäfer	24	15	1020	0,43	0,7	0,67		
	30	21	1428	0,48	0,7	0,75		
Krieger	30	20	1600	0,53	0,7	0,84		
Kühne	24	16	1344	0,56	0,7	0,88		
	30	22	1848	0,62	0,7	0,97		
LBG	17,5	9,9	748	0,43	0,7	0,67	nicht tragend	
	24	16,4	1240	0,52	0,7	0,81		
	30	22,4	1693	0,56	0,7	0,83		
	36	28,9	2185	0,61	0,7	0,95		

Tabelle 15: Auswertung der Gl. 36 zur Ermittlung von zulässigen Spannungen für die zur Zeit (Januar 1984) bestehenden Zulassungen der "Sonderbauweise des Mauerwerksbaues"

(Fortsetzung)

Zulassung	Wand- dicke	Kernbeton- dicke		$\frac{A_{\text{Bet}}}{A_{\text{ges}}}$	σ_{zul} nach Zulassung		Bemerkungen
		dicke	fläche		Zulassung	Gl. 36	
-	cm	cm	cm ²	-	MN/m ²	MN/m ²	-
1	2	3	4	5	6	7	8
Lieme	24	16	960	0,40	0,7	0,63	
	30	22	1320	0,44	0,7	0,69	
Mall	24	16	1280	0,53	0,8	0,84	
	30	22	1760	0,59	0,8	0,92	
Mumm	17,5	10,5	878	0,50	0,8	0,79	nicht tragend Steinfestigkeitsklasse 8 mit B 10
	24	17,0	1421	0,59	0,8	0,93	
	30	23	1923	0,64	0,8	1,01	
	36,5	29,5	2466	0,68	0,8	1,06	
	17,5	10,5	878	0,50	0,8	2,36	nicht tragend Steinfestigkeitsklasse 20 mit B 25
	24	17	1421	0,59	0,8	2,79	
	30	23	1923	0,64	0,8	3,02	
	36,5	29,5	2466	0,68	0,8	3,18	
Oltmann	17,5	10,5	878	0,50	0,9	0,79	
	24	17	1421	0,59	0,9	0,93	
	30	23	1923	0,64	0,9	1,01	
	36	29	2466	0,68	0,9	1,07	
Pallmann (Normalb.)	17,5	10,5	756	0,43	-	0,68	nicht tragend
	24	17,0	1224	0,51	0,9	0,80	
	30	23	1656	0,55	0,9	0,87	
	36,5	29,5	2124	0,58	0,9	0,91	

Tabelle 15: Auswertung der Gl. 36 zur Ermittlung von zulässigen Spannungen für die zur Zeit (Januar 1984) bestehenden Zulassungen der "Sonderbauweise des Mauerwerksbaues"

(Fortsetzung)

Zulassung	Wand- dicke	Kernbeton-		$\frac{A_{\text{Bet}}}{A_{\text{ges}}}$	σ_{zul} nach		Bemerkungen
		dicke	fläche		Zulassung	Gl. 36	
-	cm	cm	cm ²	-	MN/m ²	MN/m ²	-
1	2	3	4	5	6	7	8
Pallmann (Leichtbeton)	24 30 36,5	wie Pallmann Normalbeton					
Winnen	15	9,0	540	0,36	0,7	0,56	nur für eingeschossige Garagen
C. Borg	23	14,5	1248	0,53	0,8	0,83	
	29	20,6	1730	0,60	0,8	0,94	
	33	24,6	2066	0,63	0,8	0,98	
	40	31,6	2654	0,66	0,8	1,04	
BC	25	16	1280	0,51	0,8	0,80	
	29	20	1600	0,55	0,8	0,87	
	35	26	2080	0,59	0,8	0,93	
	40	31	2480	0,62	0,8	0,97	
Stepoc	17,5	10,5	638	0,36	0,8	0,57	nicht tragend
	24	16	968	0,40	0,8	0,63	
	30	22	1153	0,38	0,8	0,60	
Zapf	24	18	1548	0,65	0,7	1,01	
	30	24	2064	0,69	0,7	1,08	
	36,5	30,5	2623	0,72	0,7	1,13	
Multiblock	23	15,6	1279	0,56	0,8	0,87	
	29	20,6	1689	0,58	0,8	0,91	
	33	24,6	2017	0,61	0,8	0,96	
	40	31,6	2591	0,65	0,8	1,02	

Die Auswertung erfolgte für $\lambda = \frac{h}{d} = 10$, d.h. die in Spalte 7 angegebenen, aus der Gl. 36 errechneten zulässigen Spannungen sind unmittelbar vergleichbar mit den in den Zulassungen angegebenen Grundwerten der zulässigen Spannungen (s. Spalte 6). Der Vergleich der Werte der Spalten 6 und 7 zeigt folgendes:

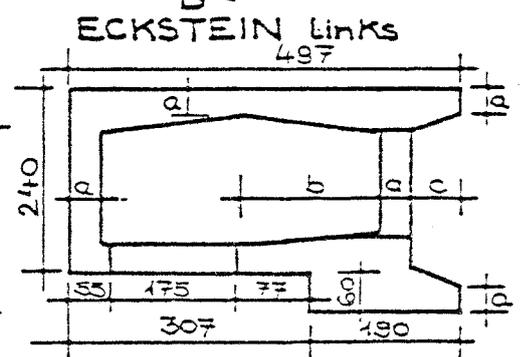
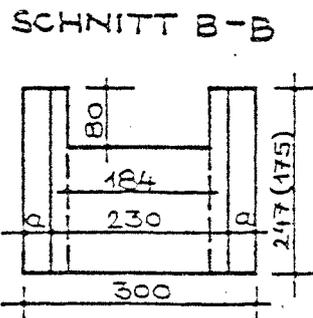
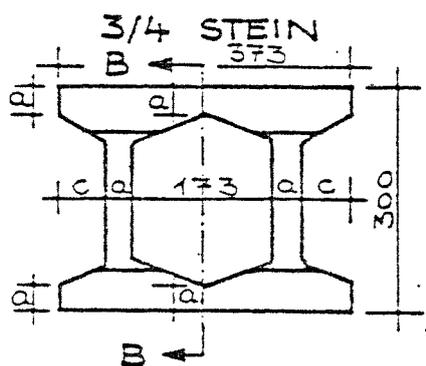
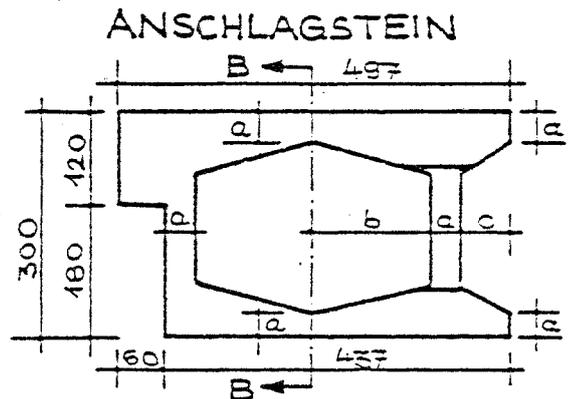
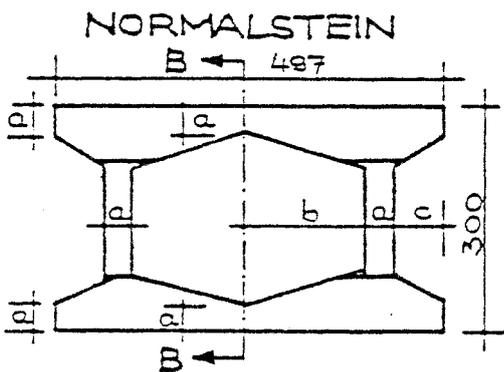
- 1) Im Rahmen des hier zu Erwartenden kann ausreichend gute Übereinstimmung als gegeben angesehen werden bei folgenden Zulassungen: aube raster 25, Buchenrieder, Ensle, Kleine und Schäfer, Krieger, Kühne, LBG, Lieme, Mall, Mumm, Oltmann, Pallmann, C. Borg, BC, Zapf und Multiblock. Dabei sind in "ausreichend übereinstimmend" auch die Zulassungen eingeordnet, bei denen entsprechend Gl. 36 auch höhere zulässige Spannungen bei der Bemessungsart nach DIN 1053 zugelassen werden könnten (s. z.B. Zapf). Bei der Gesamtbeurteilung ist im übrigen zu beachten - hierauf sei noch einmal besonders hingewiesen -, daß die zulässigen Spannungen eine Ausmittigkeit von $m = 1$ berücksichtigen, die nach DIN 1045 nur bei durch Decken einseitig belasteter Wänden in Ansatz zu bringen ist. Durch Decken beidseitig belastete Wände werden bei der Bemessung nach DIN 1045 bedeutend stärker ausgelastet als bei der Bemessung nach DIN 1053.

Im Rahmen des hier zu Erwartenden muß ausreichend gute Übereinstimmung als nicht gegeben angesehen werden bei folgenden Zulassungen: Bütow, Hehn und Hinse I. D.h. nicht ausreichende Übereinstimmung ist nur in 3 Fällen gegeben. Die Ursachen hierfür sind:

- a) bei allen drei Schalungssteinarten der geringe Betonanteil am Gesamtquerschnitt (s. $\frac{A_{\text{Bet}}}{A_{\text{ges}}}$ in Spalte 5) bei gleichzeitig relativ hoch angesetzten zulässigen Spannungen ($0,9 \text{ MN/m}^2$ bei Bütow und Hehn, $1,2 \text{ MN/m}^2$ bei Hinse I).

b) Für Bütow sind nachstehend für den 30er Stein die Querschnitte wiedergegeben. Sie lassen erkennen, daß beim schichtweisen Verlegen der Steine nur relativ geringe über die Wandhöhe durchgehende Betonquerschnitte verbleiben, so daß bei Vernachlässigung der Tragfähigkeit der Steine, die gesamte Tragfähigkeit gering wird. Dies wirkt sich dann entsprechend bei den zulässigen Spannungen aus, wenn diese auf den gesamten Querschnitt bezogen werden, wie dies bei der "Sonderbauweise des Mauerwerksbaues" der Fall ist. Leider liegen für die Schalungssteinbauart Bütow keine Wandversuche vor.

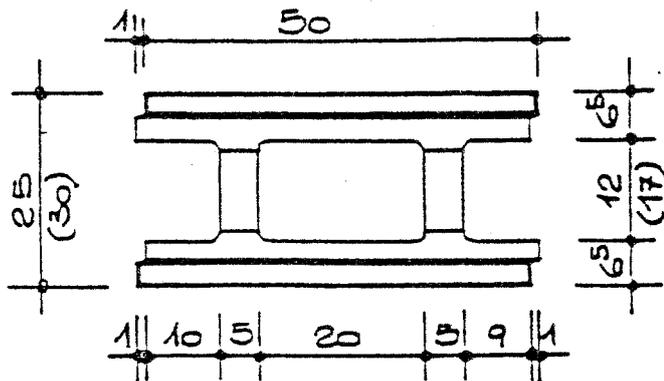
SCHALUNGSSTEINE 30 cm dick



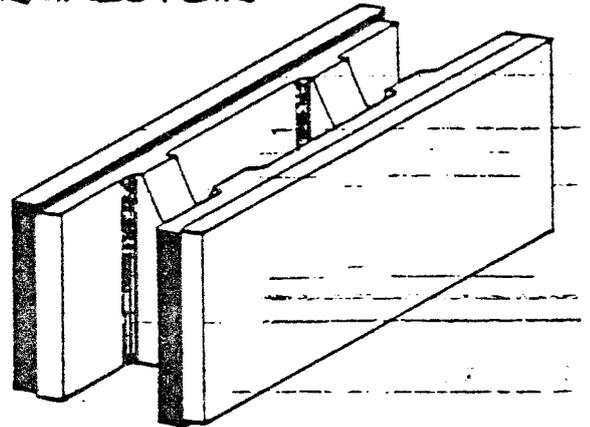
$a = 35 \text{ mm}$ $b = 148,5 \text{ mm}$ $c = 65 \text{ mm}$

c) Für "Hehn" sind ebenfalls nachstehend für den 25er und 30er Stein die Querschnitte gezeigt.

NORMALSTEIN

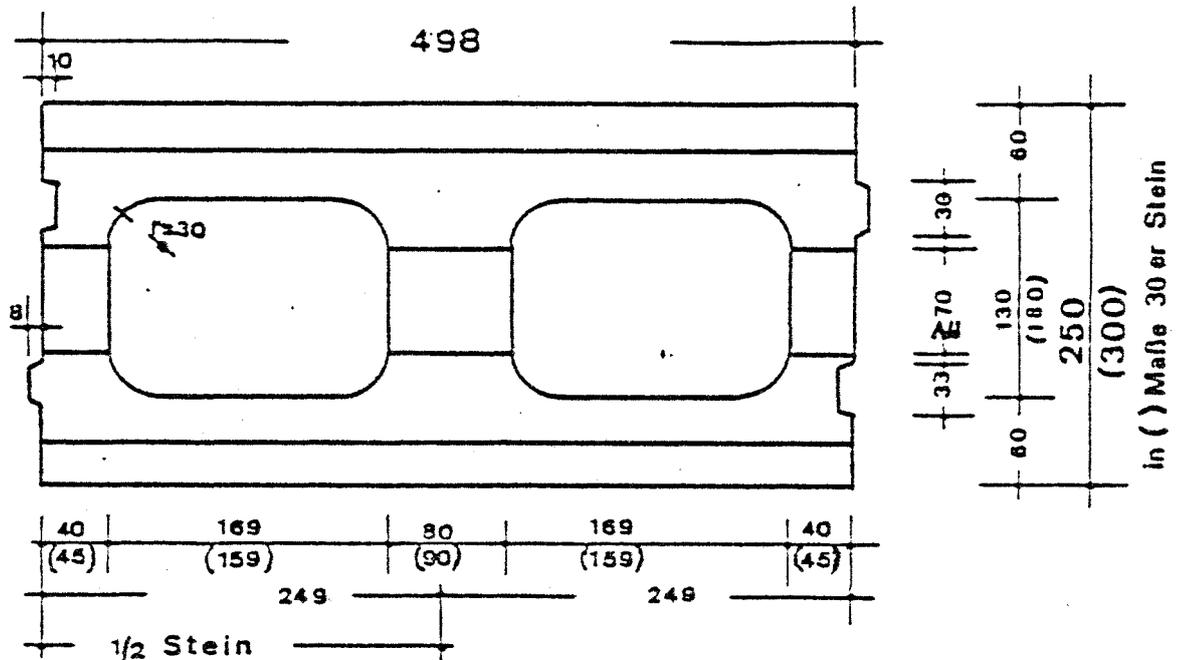


NORMALSTEIN



Hier entstehen zwar über die Wandhöhe durchgehende Betonquerschnitte, die Wanddicken der Steine sind mit 6,5 cm jedoch relativ groß, so daß der Betonanteil insgesamt relativ klein wird. Damit wird auch die zul. Spannung vergleichsweise gering. Zur Zulassung der Schalungsbauweise wurden Wandprüfungen durchgeführt (s. Tabelle 4, S. 22). Die erreichten Wandfestigkeiten von im Mittel 4,2 N/mm² zeigen im Vergleich zu den Wandversuchen zu den Zulassungen für "aube raster 25" und "Buchenrieder" (siehe auf der gleichen Seite der Tabelle 4), bei denen vergleichbare Betonfestigkeiten vorlagen, daß dort die Wandfestigkeiten mit im Mittel 6,13 und 6,3 N/mm² deutlich größer waren.

d) Die Steine der Wandbauart "Hinse I" sind aus nachstehendem Bild beispielhaft ersichtlich. Auch hier ist erkennbar, daß der Betonanteil gegenüber dem Steinanteil relativ gering ist, so daß die Tragfähigkeit insgesamt verhältnismäßig klein ist. Der große Wert der zul. Spannungen befindet sich im übrigen schon in der Zulassung 70-5-1-/505-1216/73 von Rheinland-Pfalz vom 18.12.1973. Bei der Wandbauart liegt insofern eine Besonderheit vor, als die Schalungssteine planparallel zu fräsen und die Höhenmaße mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5$ mm einzuhalten sind.



3) Die Zulassung "Hinse II" stellt einen Sonderfall bei der "Sonderbauweise des Mauerwerksbaues" dar. Sie gibt einmal unterschiedliche zulässige Spannungen für zwei verschiedene Betonfestigkeitsklassen an und differenziert zwischen einseitig und beidseitig von Decken belasteten Wänden. Die angegebenen zulässigen Spannungen sind nach ähnlichen Gesichtspunkten, wie sie auch hier zugrunde gelegt wurden, ermittelt.

Es ist der Versuch, das einfache Bemessungsverfahren der DIN 1053 beizubehalten und dabei die zulässigen Spannungen nach mehr ingenieurmäßigen Gesichtspunkten festzulegen. Die Übereinstimmung zwischen festgelegten und nach Gl. 36 errechneten zulässigen Spannungen kann bei dem Normalstein als befriedigend angesehen werden. Bei den Dämmsteinen sind die Abweichungen größer, weil bei der Ermittlung der festgelegten zulässigen Spannungen größere Ausmittigkeiten in Ansatz gebracht wurden.

- 4) Auch die Schalungsbauart "Mumm" stellt einen Sonderfall bei der "Sonderbauweise des Mauerwerksbaues" dar. Hier werden zwei Steinfestigkeitsklassen zwei Betonfestigkeitsklassen zugeordnet, wobei jedoch für beide Fälle die zulässige Spannung mit $0,8 \text{ MN/m}^2$ festgelegt ist. Dabei richtet sich dieser Wert nach der kleinsten Stein- und Betonfestigkeitsklasse. Es ist daher nicht verwunderlich, daß bei höherer Betonfestigkeitsklasse die zulässigen Spannungen nach Gl. 36 deutlich größer werden.

3.2 Tragfähigkeit bei Schubbeanspruchung

3.2.1 Allgemeines

Zur Frage der Schubtragfähigkeit der hier zu behandelnden Bauart liegen bedeutend weniger Untersuchungen vor als zur Frage der Tragfähigkeit bei lotrechter Belastung. Dies mag daran liegen, daß auch hier zulassungsmäßig zu unterscheiden ist zwischen Schalungsstein-Bauarten als Sonderbauweise des Mauerwerksbaues und denen des Betonbaues. Dabei werden die als Sonderbauart des Mauerwerksbaues betrachteten Schalungsstein-Bauarten so behandelt, daß sie nicht verwendet werden dürfen "zur Herstellung von Wänden, die für die Aufnahme von Windkräften rechnerisch nachzuweisen sind (siehe DIN 1053 Teil 1, Ausgabe November 1974, Abschnitt 3.1 Absatz 3)". D.h. es wird aufgrund von einigen grundsätzlichen Überlegungen davon ausgegangen, daß bei Gebäuden mit "nicht schwierigen" Grundrissen und Gebäuden bis zu 6 Vollgeschossen die Regeln des Mauerwerksbaues angewendet werden dürfen. Dabei ist ein rechnerischer Nachweis nicht erforderlich. Dementsprechend sind im einzelnen Zulassungsfall nach Festschreiben einiger Mindestanforderungen, wie die Mindestgröße der Querriegel, keine Einzeluntersuchungen erforderlich. Bei der Schalungsstein-Bauart als Sonderbauweise des Betonbaues bestehen so weitgehende Erleichterungen - aber auch Einschränkungen - nicht. Ein rechnerischer Nachweis der "Aufnahme von waagerechten Kräften, z.B. Windkräften, Kräften aus Lotabweichung, ist bei Gebäuden mit mehr als 2 Vollgeschossen und im Sonderfall hoher Querkräfte bei geringer lotrechter Belastung" zu führen. Hierfür werden zulässige Scherspannungen in Abhängigkeit von den Betonfestigkeitsklassen angegeben. Dabei liegen die zulässigen Scherspannungen in der Größenordnung des nach DIN 1045 bzw. DIN 4219 zulässigen Schubspannungen τ_{011} .

Eine Ausnahme bildet die Wandbauart "Hinse II". Obwohl sie in / 1 / unter den Sonderbauarten des Mauerwerksbaues geführt wird, gelten - wenn auch in etwas abgewandelter Form - überwiegend die für die Sonderbauweisen des Betonbaues ge-

troffenen Regelungen. Die Ursache hierfür liegt darin, daß auf Veranlassung des Antragstellers weitergehende Überlegungen und Versuche durchgeführt worden sind, als sie sonst bei den Sonderbauweisen des Mauerwerksbaues vorgenommen werden. Damit wurden differenziertere Angaben möglich.

3.2.2 Zu den vorliegenden Versuchsergebnissen

Die Frage der Schubtragfähigkeit von mit Schalungssteinen hergestellten Wänden ist vor allem auch deswegen experimentell weniger intensiv behandelt worden, weil die Untersuchungen nicht nur recht aufwendig sind, sondern auch der Versuchsaufbau nicht unproblematisch ist. Dies geht u.a. aus / 5 / hervor. Wenngleich dort bei den Betrachtungen von Mauerwerkswänden ausgegangen wird, so sind die Überlegungen doch unmittelbar übertragbar auf die hier zu behandelnden Bauweisen, da auch hier Versuche nur an größeren Prüfkörpern sinnvoll erscheinen. Die in / 5 / aufgezeigten Schwierigkeiten liegen vor allem darin, daß je nach gewählter Versuchsanordnung unterschiedlich große Schubfestigkeiten erreicht werden können. Dabei sind diese Unterschiede vor allem auf Spannungsspitzen in den Lasteintragsbereichen zurückzuführen. Diese können den 3fachen Wert der in den übrigen Bereichen vorhandenen Schubspannungen betragen. Sie führen zu den ersten Rissen, den dann folgenden Spannungsumlagerungen und damit je nach Versuchsanordnung unterschiedlich großen Schubfestigkeiten.

Ein mit nahezu konstanter Schubspannungsverteilung denkbarer Prüfkörper und die dazugehörige Versuchsanordnung ist ebenfalls in / 5 / aufgezeigt und behandelt worden. Er ist im Prinzip im Bild 3 dargestellt. Es handelt sich um eine rd. 2,5 x 2,5 m große Wandscheibe in der zu untersuchenden Bauweise. An den 4 Rändern werden Stahlbetonbalken anbetoniert

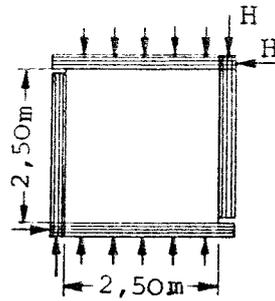


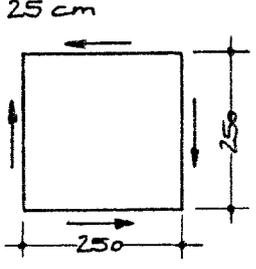
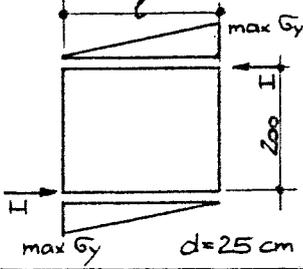
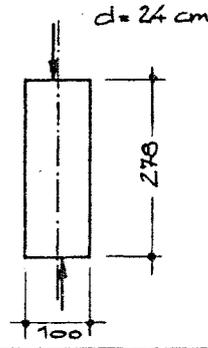
Bild 3: Versuchsanordnung zur Prüfung der Schubtragfähigkeit nach / 5 /

oder angeklebt, über die durch Einleitung von Kräften H an zwei sich diagonal gegenüberliegenden Ecken ein reiner Schubspannungszustand erzeugt wird. Durch Aufbringen gleichmäßig verteilter vertikaler Kräfte über die oberen und unteren Randbalken kann auch der Fall gleichzeitig herrschender Schub- und Normalspannungen untersucht werden. Mit dem vorgeschlagenen Prüfkörper sind umfangreiche Untersuchungen an Mauerwerk durchgeführt worden / 6 /, / 7 /. Es ist der Prüfkörper, der auch im Zulassungsbereich bei entsprechenden Aufgaben (s. z.B. / 8 /) überwiegend angewendet wird und mit dem auch Versuche aus mit in der Schalungsstein-Bauart hergestellten Wänden durchgeführt wurden / 9 /, / 10 /, / 11 /.

Mit anderen Prüfanordnungen durchgeführte Versuche sind in / 16 / und / 17 / beschrieben. Sie sind im Prinzip in Spalte 3 der Tabelle 16 bei / 17 / (Hinse II) und / 16 / (Durisol) dargestellt.

Die Ergebnisse aller herangezogenen Versuche sind ebenfalls in Tabelle 16 angegeben. Obwohl es sich bei den Versuchen nach / 9 / und / 17 / um die gleiche Bauart (Hinse II) handelt, wurden mit den beiden Versuchsanordnungen z.T. sehr stark unterschiedliche Schubfestigkeiten erreicht.

Tabelle 16: Zusammenstellung der Ergebnisse der Schubversuche

Bauart	Lit.	Versuchsanordnung	Betonfestigkeit	Auflast	Schubfestigkeit	Bemerkungen
-	-	-	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	-
1	2	3	4	5	6	7
Hinse II	[9]		21,0	2,0	0,50 (3,3)	1) Seitliche Lasteintragungsbalken anbetoniert vor Aufbringen der Auflast
			22,6	0,2	0,50 (3,3)	2) Bruch durch Abscheren in dem Vertikalschnitt der 1. Stoßfuge zwischen den Montagesteinen
Hinse II	[17]		10,9	max $\sigma_y = 5,1$	0,74	l = 200 cm
			16,4	=5,8	0,83	
			15,0	=3,6	1,04	l = 300 cm
			19,1	=3,1	1,04	
Durisol	[16]		23,2	-	0,69	
			24,8	-	0,51	
			27,0	-	0,65	
			25,9	-	0,62	
			25,5	-	0,50	d = 20 cm
			34,2	-	0,64	
Durisol	[11]	wie bei [9], d = 24 cm	23,3	0,25	0,35	1) Seitliche Lasteintragungsbalken angeklebt nach Aufbringen der Auflast
Gisoton	[10]	wie bei [9]	22,2	0,25	0,59	1) wie bei [9]
			22,2	0,25	0,39	
			23,2	0,25	0,40	

Dabei liegen die mit dem "Schubrahmen" erzielten Ergebnisse (Versuche nach / 9 /) beträchtlich unter den mit der in / 17 / benutzten Versuchsanordnung ($0,50 \text{ N/mm}^2$ nach / 9 / und $0,74$ bis $1,04 \text{ N/mm}^2$ nach / 17 /). Dabei ist noch zu beachten, daß die Betonfestigkeiten in / 9 / teilweise etwa doppelt so "groß" waren wie in / 17 /. In der Spalte "Bemerkungen" ist in Tabelle 16 bei den Versuchen nach / 9 / angegeben, daß die senkrechten (seitlichen) Lasteintragungsbalken bereits vor dem Aufbringen der Auflasten anbetoniert wurden. Dadurch könnten zusätzliche Spannungen hervorgerufen worden sein, die zu einer Verringerung der aufnehmbaren Schubkräfte geführt haben könnten. Dieser Einfluß könnte bewirkt haben, daß sich das Aufbringen der größeren Auflast von $2,0 \text{ N/mm}^2$ beim ersten Versuch zahlenmäßig nicht ausgewirkt hat. Allerdings ist auch zu berücksichtigen, daß die Auflast im Vergleich zur Betonfestigkeit relativ gering ist und damit eine mögliche Festigkeitserhöhung sich ziffernmäßig nicht bemerkbar gemacht hat. Bei dem Versuch nach / 11 / wurden die seitlichen Lasteintragungsbalken erst nach Aufbringen der Auflast angeklebt. Erreicht wurde bei etwa gleicher Auflast wie bei dem zweiten Versuch von / 9 / nur eine Schubfestigkeit von $0,35 \text{ N/mm}^2$, d.h. nur 70 % der bei dem Versuch nach / 9 / erreichten Tragfähigkeit. Bezieht man die Höchstlasten nicht auf den gesamten Wandquerschnitt, sondern auf die Summe der Riegelquerschnitte, so erhält man bei / 9 / $3,26 \text{ N/mm}^2$ und bei / 11 / $2,5 \text{ N/mm}^2$, d. h. bei / 11 / 77 % der Festigkeit von / 9 /. Bezieht man in diese Betrachtung auch die beiden Versuche mit der Auflast von $0,25 \text{ N/mm}^2$ von / 10 / (Gisoton) ein, so betragen die auf die Summe der Riegelquerschnitte bezogenen Höchstlasten dort bei beiden Versuchen $4,8 \text{ N/mm}^2$, d. h. nahezu 50 % mehr als die bei / 9 / erreichten Festigkeiten. Insgesamt wird man sagen müssen, daß selbst bei gleicher Versuchsanordnung und auch stoffmäßig gleichartigen Schalungssteinen wie bei / 9 / und / 10 / die Schubtragfähigkeiten stark unterschiedlich groß sind. Dabei ist auch der Einfluß von Auflasten nicht eindeutig erkennbar.

Es ist noch auf die nach / 16 / mit Schalungssteinen "Durisol" durchgeführten Versuche einzugehen. In / 19 / sind die Versuchsergebnisse (Schubfestigkeit bezogen auf die Riegelquerschnitte) in Abhängigkeit von der Betondruckfestigkeit aufgetragen worden. Dort wurde festgestellt, daß sich die Ergebnisse nicht einreihen lassen in das Versuchsergebnis, wie es sich mit / 11 / ergab. Letzteres wurde als maßgebend zur Festlegung von zulässigen Schubspannungen angesehen. Die Ursache für die Abweichungen dürfte sein, daß es sich bei den Versuchen nach / 16 / um reine Scherversuche handelt, deren "Schubfestigkeiten" größer als die reinen Schubfestigkeiten sind. Nach / 15 / übersteigt die Scherfestigkeit die reine Schubfestigkeit um mehr als das Doppelte. Dabei ist allerdings mit parabolischer Schubspannungsverteilung gerechnet. Legt man entsprechend den hier vorgenommenen Auswertungen (Schubfestigkeiten in Tabelle 16) eine gleichmäßig verteilte Spannungsverteilung zugrunde, so wird die Scherfestigkeit etwa noch 1,5fach so groß wie die Schubfestigkeit. Berücksichtigt man dies und berechnet man auch bei den anderen mit nur geringer Auflast durchgeführten Versuche die auf die Querriegelquerschnitte bezogenen Schubfestigkeiten, so erhält man die in Tabelle 17, Spalte 5, eingetragenen Schubfestigkeiten. Sie sind im Bild 3 in Abhängigkeit von der Betondruckfestigkeit eingetragen. Man erkennt, daß nun die an Durisol-Wänden nach / 16 / und / 17 / ermittelten Schubfestigkeiten gut zusammenpassen.

Tabelle 17: Auf die Riegelquerschnitte bezogene Schubfestigkeiten

Bauart	Lit.	Betonfestigkeit	Schubfestigkeit aus Tabelle 6	Schubfestigkeit τ_R
-	-	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
1	2	3	4	5
Hinse II	/ 9 /	21,0	0,50	3,3
Durisol	/ 16 /	23,3	0,69	2,3
		24,8	0,51	1,4
		27,0	0,65	2,2
		25,9	0,62	2,1
		25,5	0,50	1,7
		34,2	0,64	2,2
Durisol	/ 11 /	23,3	0,35	2,1
Gisoton	/ 10 /	22,2	0,39	4,8
		23,2	0,40	4,8

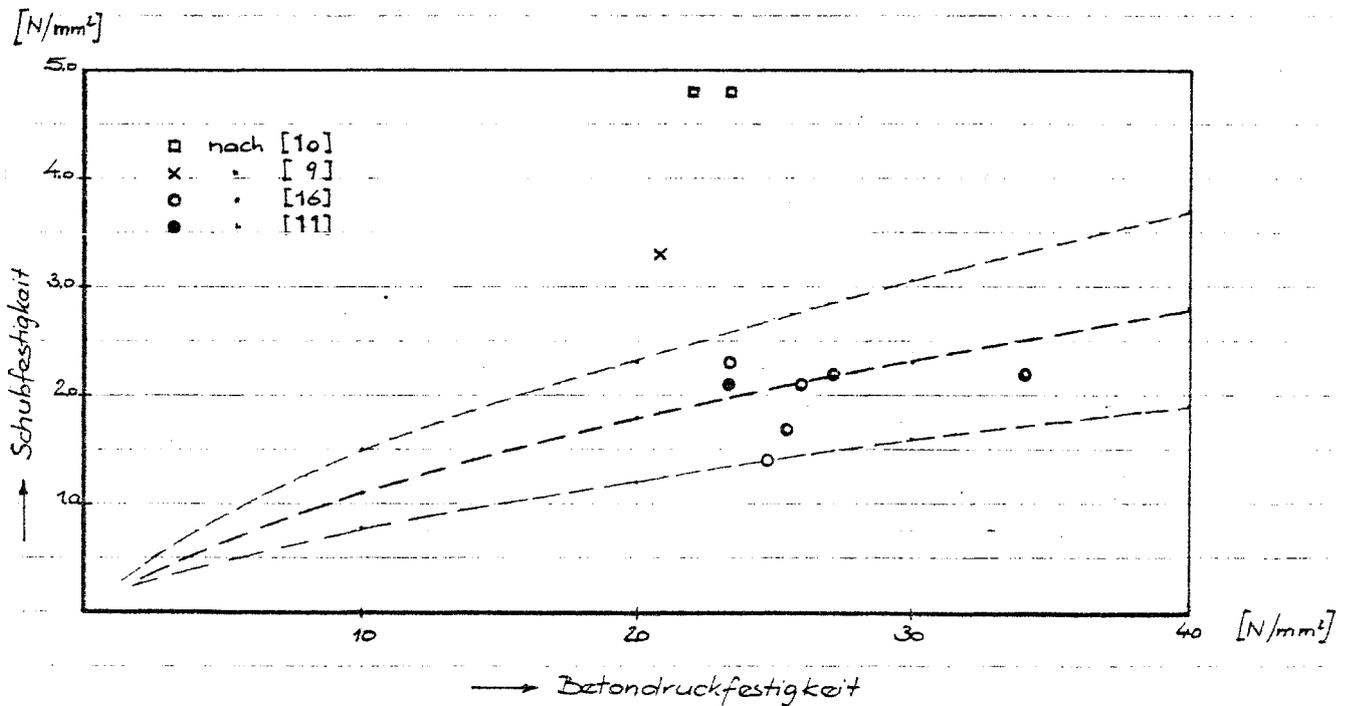


Bild 4: Auf die Querriegelquerschnitte bezogene Schubfestigkeiten in Abhängigkeit von der Betonfestigkeit

Dagegen sind die bei den Hinse- und Gisoton-Wänden erreichten Werte bedeutend größer. Als Erklärung wäre denkbar, daß die Schalungssteine selbst sich erheblich an der Lastaufnahme beteiligt haben.

In das Bild 4 eingetragen sind als Kurven auch die Abhängigkeiten zwischen Betondruckfestigkeit und Betonzugfestigkeit, wie sie in / 15 / als mittlerer Zusammenhang sowie als untere und obere Grenzwerte angegeben sind. Man sieht, daß die aus den an Durisolwänden gewonnenen Werte innerhalb der Grenzen liegen und man daher wohl für den Zusammenhang zwischen Betondruckfestigkeit die mittlere Kurve zugrunde legen dürfen. Der Zusammenhang lautet dann:

$$\tau_R = 0,24 (\beta_{w28})^{2/3} \quad (37)$$

(τ_R und β_{w28} in N/mm^2).

Wertet man vorstehende Gleichung für verschiedene Betonfestigkeitsklassen aus, so erhält man die in Tabelle 18 angegebenen Schubfestigkeiten, die zur Festlegung von zulässigen Schubfestigkeiten herangezogen werden können.

Tabelle 18: Schubfestigkeiten nach Gl. 37

Betonfestigkeitsklasse	Schubfestigkeit in N/mm^2
10	1,11
15	1,46
25	2,05
35	2,57

3.2.3 Gutachten BGS zur Schubtragfähigkeit von Schalungssteinwänden "Hinse II"

Zu der Schalungsstein-Wandbauart "Hinse II" liegt mit / 12 / und / 13 / ein eingehendes Gutachten vor, das u.a. auch die Tragfähigkeit unter waagerechter Belastung, d.h. die Schubtragfähigkeit, behandelt. Das Gutachten baut in erster Linie nicht auf Versuchsergebnissen auf, sondern legt ein Fachwerkmodell zugrunde (s. Bild 4). Unter der Annahme, daß für die Schubtragfähigkeit die in den Querriegeln aufnehmbare Zugkraft maßgebend ist, wird die Schubspannung im Bruchzustand τ_U ermittelt zu

$$\tau_U = \frac{F_Q \cdot B_{bz}}{25 \cdot d} \quad (38)$$

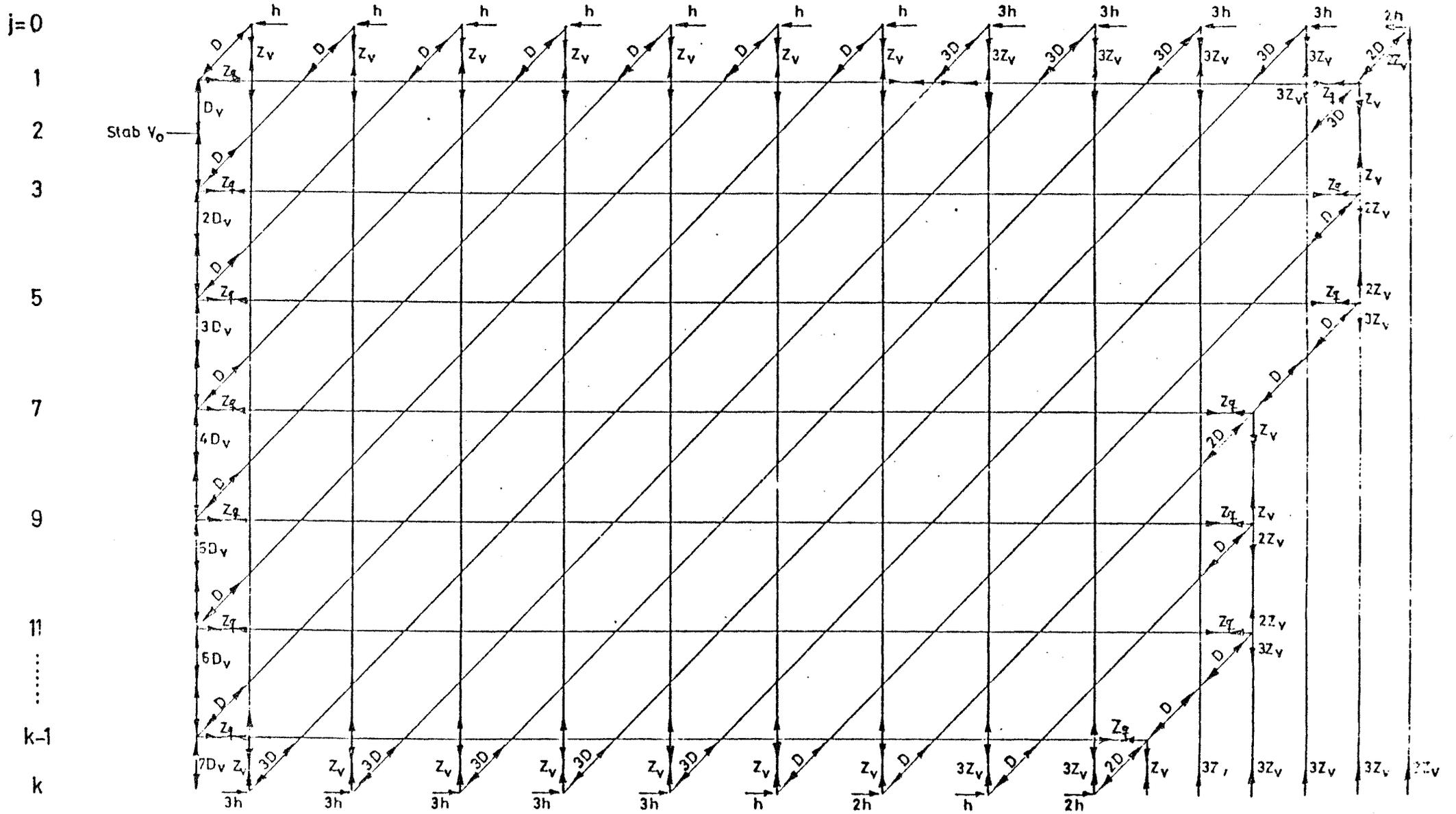
(F_Q = Querschnitt des Querkanals, B_{bz} = Biegezugfestigkeit des Betons, d = Wanddicke).

Für B_{bz} wird nach / 14 / (B_{w28})^{2/3} gesetzt (Ansatz gültig für alte Dimensionen). Die Auswertung der Gleichung 38 führt zu den in der Tabelle 19 zusammengestellten Schubfestigkeiten. Bei 3facher Sicherheit ergeben sich die in der gleichen Tabelle in Klammern eingetragenen zulässigen Spannungen.

Tabelle 19: Schubfestigkeiten für Hinse-Wände

Querschnitt des Querkanals F_Q	Wand $d = 25$ cm		Wand $d = 30$ cm	
	B 15	B 25	B 15	B 25
cm ²	MN/m ²	MN/m ²	MN/m ²	MN/m ²
1	2	3	4	5
66	0,30 (0,1)	0,42 (0,14)	0,25 (0,08)	0,35 (0,12)
100	0,45 (0,15)	0,64 (0,21)	0,38 (0,13)	0,53 (0,18)
66	0,1	-	0,08	-
100	0,13	0,18	0,13	0,18

$i = 0 \quad 1 \quad 3 \quad 5 \quad 7 \quad 9 \quad 11 \quad 13 \quad 15 \quad 17 \quad \dots \quad n-2 \quad n-1 \quad n$



Fachwerkmodell einer Hinsewand

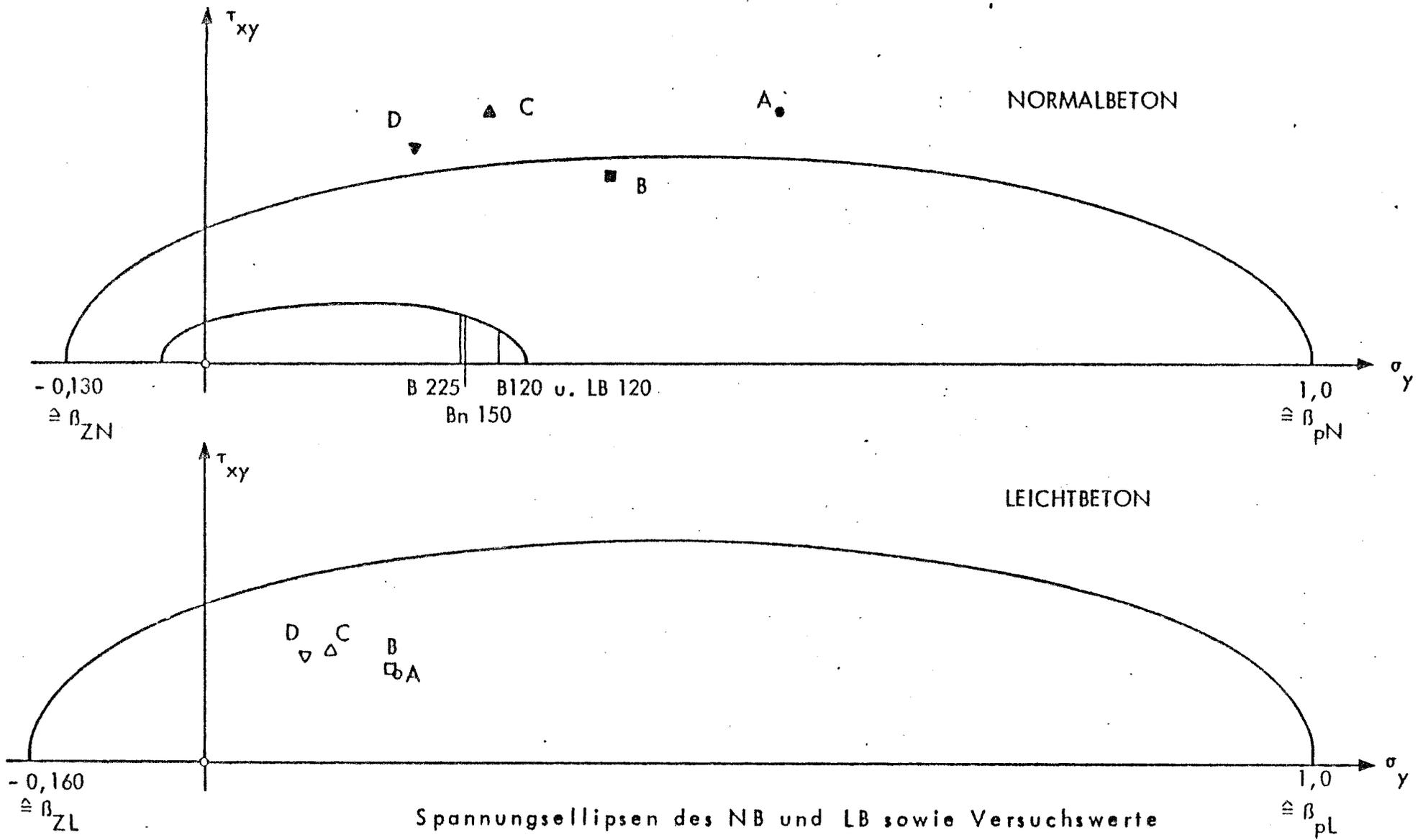
Diese Werte sind weitgehend identisch mit den in der Zulassung "Hinse II" festgelegten zulässigen Schubspannungen. Diese sind in den beiden letzten Zeilen der Tabelle 19 angegeben. Die volle Übereinstimmung ist nicht vorhanden, da weitere im Rahmen des Gutachtens durchgeführte Rechnungen, die auch die Zugbeanspruchung in den z.T. lotrechten Zugstäben berücksichtigen, Anlaß gaben, die zulässigen Schubspannungen nach Tabelle 19 teilweise geringfügig herabzusetzen.

Die Biegezugfestigkeit wurde - wie oben angegeben - zu $(\beta_{w28})^{2/3}$ angenommen. Dieser Annahme wird man, was die Größe von Biegezugfestigkeiten von Beton anbetrifft, zustimmen können. Allerdings ist die Frage zu stellen, ob es richtig ist, die Biegezugfestigkeit in Ansatz zu bringen. Da bei der Ableitung von reinen Zugkräften ausgegangen wird, erscheint es richtiger, die Zugfestigkeit des Betons in Rechnung zu stellen. Diese wird in / 15 / mit im Mittel $0,52 \cdot (\beta_{w28})^{2/3}$ angegeben. Sie wurde bereits im Abschnitt 3.2.2 benutzt. Damit würden die in der Tabelle 19 angegebenen Schubfestigkeiten praktisch halbiert werden und würden auch die zulässigen Schubspannungen nur halb so groß werden (s. hierzu auch Abschnitt 3.2.5).

Das Verdienst des Gutachtens von "BGS" liegt vor allem darin, daß über eine mechanische Modellvorstellung mit der Gleichung 38 Angaben über in Ansatz zu bringende Schubfestigkeiten gemacht sind. Das ziffernmäßige Verfügen über die Größe von β_{bz} als u.U. β_z , erscheint in diesem Zusammenhang ersteinmal zweitrangig.

3.2.4 Gutachtliche Stellungnahme des Otto-Graf-Instituts
zu den Versuchsergebnissen nach / 17 /

Zu den Versuchsergebnissen nach / 17 / liegt mit / 18 / eine Auswertung vor, um zu zulässigen Schubspannungen zu kommen. Die Auswertung geht zunächst vom Coulomb'schen Reibungsansatz aus, d.h. sie berücksichtigt auch den Einfluß von Auflasten. Dabei werden der Kohäsions- und der Reibungsanteil aus den vorliegenden Versuchsergebnissen ermittelt. Der Coulomb'sche Reibungsansatz wird sodann in die Gleichung des Mohr'schen Kreises eingeführt und die Beziehungen für die Bruchspannungsellipsen als geometrischer Ort möglicher Bruchspannungszustände ermittelt. In diese Darstellung, die als Bild 5 hier wiedergegeben ist, sind die Versuchsergebnisse aus / 17 / - auf die Prismenfestigkeit bezogen - eingetragen. Sie passen sich gut in die Bruchspannungsellipsen ein. Unter Zugrundelegung 3facher Sicherheit und Berücksichtigung eines Dauerstandseinflusses werden dann mit Hilfe der Bruchspannungsellipse zulässige Schubspannungen ermittelt. Sie werden für einen B 15 mit $0,28 \text{ N/mm}^2$ angegeben. Vergleicht man diesen Wert mit dem in Tabelle 19 vergleichbaren Wert ($0,15 \text{ MN/m}^2$), so sieht man, daß der vom Otto-Graf-Institut vorgeschlagene Wert etwa doppelt so groß ist. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß in / 13 / gleichmäßig verteilte Schubspannungsverteilung angenommen wird, während bei Ableitungen des Otto-Graf-Instituts parabolische Schubspannungsverteilung vorausgesetzt wird. Dividiert man dementsprechend den vorgeschlagenen Wert von $0,28$ durch $1,5$, so erhält man $0,19 \text{ MN/m}^2$ und kommt damit in die Nähe des von BGS vorgeschlagenen Wertes von $0,15 \text{ MN/m}^2$, wenn man die gleichmäßige Spannungsverteilung ansetzt. Damit rücken beide Angaben erheblich näher zusammen.



Spannungsellipsen des NB und LB sowie Versuchswerte

3.2.5 Vergleich der Schubtragfähigkeiten der Zulassung "Hinse II" und der Zulassung "Isotex" (s. lfd. Nr. 7 und 38 in Tabelle 1)

Bei der Behandlung des Vergleichs der vertikalen Tragfähigkeiten bei den Sonderbauarten des Mauerwerksbaues mit denen des Betonbaues war eine allgemeine Aussage möglich (vgl. Abschn. 3.1.10). Im Falle des Vergleiches der Schubtragfähigkeiten ist dies nicht möglich, da, wie im Abschnitt 3.2.1 ausgeführt, die Abtragung horizontaler Kräfte bei den Schalungssteinarten als Sonderbauarten des Mauerwerksbaues zahlenmäßig nicht nachzuweisen ist, sondern der Nachweis vielmehr bei Einhaltung bestimmter Regeln über die Anzahl der möglichen Vollgeschosse und den Abstand von aussteifenden Wänden als erbracht angesehen werden kann.

Ein Vergleich ist nur möglich bei der Schalungsstein-Bauart "Hinse II" und den Sonderbauarten des Betonbaues. Hier sei als repräsentativ für diese Bauarten "Isotex" herangezogen.

Die bei "Isotex" aufnehmbare Querkraft $Q_{zul,s}$ beträgt

$$Q_{zul,s} = \frac{\tau_{SJ}^L \cdot A_r}{h_s}$$

Dabei ist:

L = Wandlänge in Richtung der Querkraft

A_r = Riegelquerschnitt

τ_{SJ} = die zulässige Scherspannung bei Isotex

h_s = die Steinhöhe

Bei "Hinse II" ist die aufnehmbare Querkraft $Q_{zul,H}$

$$Q_{zul,H} = \tau_{S,H} \cdot d \cdot L$$

Dabei ist:

$\tau_{S,H}$ = die zulässige Scherspannung bei Hinse

d = die Wanddicke

L = die Wandlänge (wie oben)

Bildet man den Verhältniswert

$$\eta = \frac{Q_{zul,J}}{Q_{zul,H}} \quad (39)$$

so erhält man:

$$\eta = \frac{\tau_{SJ} \cdot A_r}{\tau_{SH} \cdot h_s \cdot d} \quad (40)$$

Wertet man Gleichung 40 für die vergleichbaren Schalungssteine der beiden Wandbauarten aus, so erhält man die in Spalte 6 der Tabelle 19 angegebenen Werte. Sie liegen zwischen 0,43 und 0,58.

Tabelle 19: Zur Auswertung der Gleichung 40

Wand- dicke	Betonfestig- keitsklasse	τ_{SJ}	τ_{SH}	A_r (Isotex)	η
cm	-	MN/m ²	MN/m ²	cm ²	-
1	2	3	4	5	6
25	B 15	0,30	0,13	130	0,48
	B 25	0,50	0,18	130	0,58
30	B 15	0,30	0,13	138	0,43
	B 25	0,50	0,18	138	0,51

D.h. die bei der Wandbauart "Hinse II" aufnehmbaren Querkräfte sind rd. doppelt so groß wie die bei "Isotex" bzw. den Sonderbauarten des Betonbaues. Dabei ist noch anzumerken, daß bei "Hinse II" der Riegelquerschnitt 100 cm² beträgt und damit nicht unbeträchtlich unter den Riegelquerschnitten bei "Isotex" liegt (s. Spalte 5 in Tabelle 19). Die Ursache für die Unterschiede kann auf den Ansatz von Biegezugspannungen anstelle von Zugspannungen bei der Ermittlung der zulässigen Schubspannungen bei "Hinse II" gesehen werden (vgl. Abschn. 3.2.3).

Gleichzeitig muß aber auch darauf hingewiesen werden, daß entsprechend dem Bild 3 die Schubrahmenversuche mit Wänden aus Leichtbeton-Schalungssteinen bei diesen Wandbauarten höhere Schubtragfähigkeiten rechtfertigen.

4. Zusammenfassung

(Die vorgestellten in Klammern gesetzten Ziffern beziehen sich auf die entsprechenden Abschnitte)

- (1) Wandbauarten unter Verwendung von Schalungssteinen bedürfen zur Zeit einer Zulassung. Anhand der für Zulassungen durchgeführten Versuche soll überprüft werden, ob für die Ermittlung der Tragfähigkeit der Wände einheitliche Verfahren angegeben werden können und damit die Überführung der Schalungsstein-Bauarten in eine genormte Bauweise möglich wird.
- (2) Als Unterlagen dienten die vorhandenen Zulassungsbescheide sowie die für die Erteilung der Zulassungen vorgelegten Versuchsberichte und gutachtlichen Stellungnahmen. Die erfaßten Zulassungsbescheide sind in Tabelle 1 zusammengestellt. In Tabelle 2 sind die Prüfberichte angegeben und Tabelle 3 enthält einige Angaben aus den Zulassungsbescheiden. Die Ergebnisse von Zulassungsversuchen sind in Tabelle 4 erfaßt.

Entsprechend der in / 1 / gemachten Unterscheidung gibt es "Schalungsstein-Bauarten als Sonderbauart des Mauerwerksbaues" und "Schalungsstein-Bauarten als Sonderbauart des Betonbaues". Die Erstgenannten werden im wesentlichen in Anlehnung an DIN 1053 Teil 1, die anderen in Anlehnung an DIN 1045 behandelt. In der vorliegenden Untersuchung wird auch auf die dadurch bedingten Unterschiede eingegangen.

- (3.1) Im Abschnitt 3.1 wird auf die Tragfähigkeit bei vertikaler Belastung eingegangen.

- (3.1.1) Zur Klärung des Zusammenhanges zwischen Wand-, Stein-
bis
(3.1.7) und Betonfestigkeit werden mehrere Rechenansätze unter-
sucht. Das Ergebnis ist, daß davon ausgegangen werden
kann, daß die Tragfähigkeit der Wände allein auf die
Tragfähigkeit des Betons zurückgeführt werden kann.
- (3.1.8) Das genannte Ergebnis legt es nahe zu überprüfen,
inwieweit damit die Wände als unbewehrte Betonwände nach
DIN 1045 berechnet werden können. Dies ist möglich, je-
doch wird der Einfluß der Schlankheit bei Berechnung
nach DIN 1045 überschätzt.
- (3.1.9) Mit Hilfe des Zusammenhanges zwischen Wand- und Beton-
festigkeit werden für die verschiedenen Bauarten zulässige
Druckspannungen abgeleitet. Sie werden auf den vollen Wand-
querschnitt bezogen und sind damit vergleichbar mit den
bei den Sonderbauarten des Mauerwerksbaues angegebenen
zulässigen Spannungen. Ein entsprechender Vergleich zeigt,
daß die zur Zeit festgelegten zulässigen Spannungen über-
wiegend auf der sicheren Seite liegen (s. Tabelle 13, S. 69).
- (3.1.10) Ein Vergleich zwischen den Tragfähigkeiten entsprechend
DIN 1045 und gemäß DIN 1053 führt dazu, daß die Tragfähig-
keiten praktisch gleich groß sind, wenn der Einfluß der
Schlankheit entsprechend DIN 1045 berücksichtigt wird. Dies
erscheint allerdings nach den vorher durchgeführten Unter-
suchungen nicht erforderlich.

DIN 1053 berücksichtigt nicht die nach DIN 1045 in Rechnung
zu stellende Ausmittigkeit bei einseitig durch Decken belaste-
ten Wänden. Vergleicht man auf dieser Basis die sich dann
ergebenden Tragfähigkeiten, so ergibt sich, daß die Trag-
fähigkeit nach DIN 1045 nur 65 % der nach DIN 1053 ermittelten
Tragfähigkeit wird, wenn man auch hier den Schlankheitsein-
fluß entsprechend DIN 1045 berücksichtigt. Vernachlässigt
man diesen, so wäre Übereinstimmung vorhanden.

Insgesamt folgt, daß die nach DIN 1045 oder die nach DIN 1053 zu errechnenden Tragfähigkeiten zur Zeit nicht deckungsgleich sind. Eine durch die vorliegenden Versuche abgedeckte Lösung wäre, bei der Bemessung nach DIN 1045 den Schlankheitseinfluß weniger stark eingehen zu lassen. Es wird vorgeschlagen, diesen erst ab Schlankheiten (Höhe zu Wanddicke) ≥ 10 bzw. (Höhe zu Trägheitsradius) ≥ 35 zu berücksichtigen. Eine entsprechende Gleichung für die Ermittlung von σ_{zul} im Sinne von DIN 1053 wird angegeben (Gleichung 36, Seite 74). Ihre Auswirkung wird zahlenmäßig bei einer Wandbauart der Sonderbauweise des Betonbaues sowie aller Wandbauarten der Sonderbauweisen des Mauerwerksbaues verfolgt. Hiernach erscheint ihre Anwendung vertretbar.

Als Ergebnis der Überlegungen zur Tragfähigkeit bei vertikaler Belastung kann festgestellt werden, daß m.E. ausreichende Erkenntnisse vorliegen, um allgemein gültige Bemessungsregeln anzugeben. Dabei ist es letztlich unerheblich, ob in Anlehnung an DIN 1053 oder in Anlehnung an DIN 1045 verfahren wird.

- (3.2) Im Abschnitt 3.2 wird auf die Tragfähigkeit bei horizontaler Beanspruchung (Schubtragfähigkeit) eingegangen.
- (3.2.1) Bei der Behandlung der Schubtragfähigkeit bestehen zwischen den beiden Sonderbauarten grundsätzliche Unterschiede. Während bei der Behandlung nach DIN 1053 die Regeln des Mauerwerksbaues angewendet werden, d.h. rechnerische Nachweise nicht geführt werden, werden bei der Behandlung nach DIN 1045 zul. Scherspannungen festgelegt, mit denen die entsprechenden Standsicherheitsnachweise geführt werden.
- (3.2.2) Die vorliegenden Ergebnisse von Schubversuchen sind in Tabelle 16, Seite 92, zusammengestellt. Dort sind auch die verschiedenen Versuchsanordnungen skizziert. Sie sind deshalb von Interesse, weil eine gewisse Unsicherheit über die zweckmäßige Durchführung von Schubversuchen besteht.

Heute bevorzugt werden sogen. "Schubrahmenversuche" (vgl. Bild 3, Seite 91). Die Ergebnisse der vorliegenden Schubversuche schwanken in weiten Grenzen. Zum Teil gelingt es, die Ergebnisse dichter zusammenrücken zu lassen. Mit Gleichung 37 (Seite 96) gelingt es, eine Gleichung für die Schubfestigkeit in Abhängigkeit von der Betondruckfestigkeit anzugeben.

- (3.2.3) In einem Gutachten ist ein Fachwerkmodell herangezogen worden, um Angaben über die Schubtragfähigkeit der Schalungsstein-Bauarten zu bekommen. Entwickelt wird eine Gleichung für die Schubfestigkeit, in der u.a. die Biegezugfestigkeit von Beton eingeht. Richtiger dagegen erscheint es, die Betonzugfestigkeit, die etwa nur halb so groß wie die Biegezugfestigkeit ist, in Ansatz zu bringen.
- (3.2.4) Eine weitere theoretische Abhandlung, die vom Coulomb'schen Reibungsansatz ausgeht (und den Mohr'schen Kreis mit einbezieht), führt zu mit in Abschn. 3.2.3 in der Größenordnung vergleichbaren Werten.
- (3.2.5) Obwohl die Schalungsstein-Bauart "Hinse II" zu den Sonderbauarten des Mauerwerksbaues zählt, sind dort zul. Schubspannungen angegeben. Es lag nahe, diese mit in einer typischen Sonderbauart des Betonbaues angegebenen Werten zu vergleichen. Der Vergleich zeigte, daß bei "Hinse II" etwa die doppelt so großen Querkräfte aufgenommen werden können. Da die bei "Hinse II" festgelegten zul. Schubspannungen im wesentlichen auf das im Abschn. 3.2.3 behandelte Gutachten zurückgehen, werden die Unterschiede praktisch null, wenn man anstelle der Biegezugfestigkeit die Zugfestigkeit des Betons in Ansatz bringt.

Insgesamt kann festgestellt werden, daß auch für die Schubtragfähigkeit allgemein gültige Angaben gemacht werden können, wenngleich hier noch weitere Versuche größere Klarheit schaffen würden.

Literaturverzeichnis

- / 1 / Mauerwerk-Kalender 1984
Verlag von Wilh. Ernst und Sohn, Berlin
- / 2 / DIN 1045, Ausgabe 1978
- / 3 / DIN 1053 Teil 1, Ausgabe 1974
- / 4 / Kirtschig, K.:
Zur Tragfähigkeit von Mauerwerk bei mittiger
Druckbeanspruchung,
Heft 31 der Mitteilungen aus dem Institut für
Baustoffkunde und Materialprüfung, 1975
- / 5 / Mehlhorn, G. und Schack, R.:
Betrachtung zur wirklichkeitsnahen Ermittlung
des Schubtragverhaltens von Mauerwerkswänden,
Ziegelindustrie 1973
- / 6 / Schneider, H. und Schnell, W.:
Versuche über die Schubtragfähigkeit von
Mauerwerk,
Betonwerk + Fertigteil-Technik 1978
- / 7 / Kirtschig, K. und Metje, W.-R.:
Tragverhalten von Mauerwerk mit Leichtmörtel,
Mauerwerk-Kalender 1981,
Verlag Wilh. Ernst und Sohn, Berlin - München
- / 8 / Schneider, K.H. und Wiegand, E.:
Die Tragfähigkeit von Mauerwerk aus Kalksandstein-
Planelementen, Der Bauingenieur 49 (1974)
- / 9 / Unveröffentlichter Bericht 5 11 907 des Otto-Graf-
Institutes vom 29.04.1971 "Schubversuche an Wänden aus
Montage-Wandsteinen, System "Hinse""

- / 10 / Wie vor, B 21 069/Ze/B vom 21.10.1975,
"Prüfung der Schubtragfähigkeit von Wänden mit
Leichtbeton-Schalungssteinen "Gisoton"

- / 11 / Wie vor, B 21 289 vom 15.01.1975,
"Prüfung der Schubtragfähigkeit von Wänden mit
Holzspanbeton-Schalungssteinen "Durisol"

- / 12 / Ingenieursozietät Beck-Gravert-Schneider, Frankfurt:
Tragfähigkeit von Wänden aus Hinse-Montage-Wandsteinen
vom 15.01.1974 (unveröffentlicht)

- / 13 / Wie vor: Ergänzung der Gutachtlichen Stellungnahme
zur Tragfähigkeit von Wänden aus Hinse-Montage-Wand-
bausteinen vom 23.08.1974 (unveröffentlicht)

- / 14 / Betonkalender 1973, Teil II, Abschnitt von
Prof. Dr.-Ing. Hummel: "Beton", Seite 24

- / 15 / Rüsç, H.:
Stahlbeton, Spannbeton,
Band 1, Werner-Verlag 1972

- / 16 / Versuchsbericht Nr. 547 der TU Berlin,
Institut für Baukonstruktionen und Festigkeit vom
24.01.1975 "Ermittlung der Schubtragfähigkeit von
geschoßhohen Wänden in Holzspanbeton-Schalungsstein-
Bauart mit Ringankern" (unveröffentlicht)

- / 17 / Prüfungsbericht S 11956 - 2 des Otto-Graf-Institutes
vom 28.12.1971 "Schubversuche an Wänden aus Montage-
Wandsteinen System "Hinse" (unveröffentlicht)

- / 18 / "Gutachtliche Stellungnahme zur Schubtragfähigkeit
von Wänden aus Montage-Wandsteinen System "Hinse"
des Otto-Graf-Institutes vom 06.12.1971 (unveröffentlicht)

/ 19 / "Schubtragfähigkeit von Schalungsstein-Wänden
in der Bauart Durisol in Abhängigkeit von abge-
scherten Riegelquerschnitt" vom 22.09.1975,
Entwicklungsgesellschaft für Bauelemente, Hamburg
(unveröffentlicht)