

**Veränderungsvorschläge für das
vereinfachte Berechnungsverfahren
für Mauerwerk nach ENV 1996-3**

T 3005

T 3005

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

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

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

© by Fraunhofer IRB Verlag

2003, ISBN 3-8167-6508-4

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

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

e-mail info@irb.fhg.de

URL <http://www.IRBbuch.de>



Forschungsbericht

Veränderungsvorschläge für das vereinfachte Berechnungsverfahren für Mauerwerk nach ENV 1996-3

Bearbeitung:

BGS Ingenieursozietät, Hannover

Dr.-Ing. Helmut Reeh

Dipl.-Ing. Andreas Schlundt

Hannover, November 2002



Kurzfassung

In diesem Forschungsbericht werden sicherheitstechnische Belange bei Planung, Ausführung und Bemessung von Mauerwerk nach den vereinfachten Berechnungsmethoden im Eurocode 6 Teil 3 überprüft. Es wird untersucht, ob die vereinfachten Regelungen gegenüber den genaueren Berechnungsverfahren in Teil 1-1 der Norm auf der sicheren Seite liegen und in welchen Fällen Sicherheitslücken auch gegenüber den bisher gültigen Regelungen in DIN 1053-1 vorhanden sind. Frühere Forschungsvorhaben hatten durch Vergleichsrechnungen gezeigt, dass eine Berechnung mit den vereinfachten Berechnungsmethoden teilweise erhebliche Sicherheitsrisiken beinhaltet. Gleichzeitig wird zudem untersucht, ob sich die einzelnen Regelungen nicht nachteilig auf bisher in Deutschland geltende Festlegungen auswirken.

Die Ergebnisse dieses Berichtes werden begleitend bei der deutschen Mitarbeit an der laufenden europäischen Normung im zuständigen Ausschuss "Projektteam (PT) 5" verwendet. Sie unterstützen die deutsche Einflussnahme und dienen als Grundlage für die deutschen Stellungnahmen zu den einzelnen Berechnungsverfahren. Es werden Änderungsvorschläge erarbeitet, um vorhandene Sicherheitslücken bei der Bemessung zu schließen.

Als Ergebnis wird festgestellt, dass der Teil 3 des Eurocode 6 in der Fassung ENV 1996-3, Ausgabe 1999, in verschiedenen Punkten der Überarbeitung und Ergänzung bedarf. Die auf den Forschungsergebnissen beruhenden und in den deutschen Stellungnahmen enthaltenen Änderungsvorschläge wurden in den aktuellen Bearbeitungsständen der Norm bereits berücksichtigt oder sind Gegenstand der laufenden Beratung im PT5.

Summary

The safety concerns on the planning, execution and design of masonry by the simplified calculation methods of the Eurocode 6 Part 3 are investigated in this research report. Whether the simplified rulings are on the safer side of the more accurate calculation method described in Part 1-1 of the standard and in which cases safety omissions exist in comparison with the previously valid rulings of DIN 1053-1 were examined. Previous research projects have demonstrated by comparative calculations that the calculation by the simplified calculation methods entail significant safety risks in some cases. It was also examined whether the individual rulings have a disadvantageous effect on the provisions previously valid in Germany.

The results of this report are applicable in conjunction with the German co-operation in the current European standardisation in the responsible committee "Project Team (PT) 5". They support the German influence and serve as a basis for the German statements on the individual methods of calculation. Recommended amendments have been made to eliminate the existing safety omissions in the design.

The results indicated that Part 3 of the Eurocode 6 in version ENV 1996-3, edition 1999 requires amendment or supplementation in various items. The recommended amendments based on the research results and contained in the German statements have been taken into account in the current revision status of the standard or are the subject of current discussions in PT5.



Résumé

Ce bilan des recherches scientifiques étudie les questions de sécurité en ce qui concerne l'étude, la construction et la détermination de murage selon les méthodes de calcul simplifiées de l'Eurocode 5, partie 3. Il y a examen si les réglementations simplifiées sont sûres par rapport aux méthodes de calcul plus exactes en partie 1-1 de la norme et les cas qui présentent des manques de sécurité par rapport aux réglementations valables jusqu'à présent de DIN 1053-1. Des projets de recherche passés ont montré par calcul de référence que les méthodes de calcul simplifiées ont pour conséquence de considérables menaces pour la sécurité. Il y a en même temps examen si les différentes réglementations ont des conséquences fâcheuses pour les réglementations valables pour l'Allemagne.

Les résultats de ce rapport sont impliqués dans la collaboration allemande pour la standardisation en cours au sein de la commission «Project Team (PT) 5». Ils servent de soutien de l'influence allemande et de base pour la prise de position allemande aux différentes méthodes de calcul. Il y a élaboration de propositions de modification pour combler des lacunes de sécurité lors du calcul.

L'on parvient au résultat que la partie 3 de l'Eurocode 6, version ENV 1996-3, édition 1999 exige en différents points remaniement et ajout. Les propositions de modification basant sur les résultats des recherches scientifiques et présentées dans la prise de position allemande sont déjà prises en considération dans les élaborations actuelles de la norme ou font objet des délibérations en cours au sein de l'équipe PT5.



Inhaltsverzeichnis	Seite
<u>1. Vorwort</u>	1/1
<u>2. Stand der europäischen Normungsarbeit zur vereinfachten Berechnung von Mauerwerksbauten nach ENV 1996-3</u>	2/1
<u>3. Vereinfachte Berechnungsmethode für vertikal beanspruchte Wände</u> <u>[1 -Abschn. 4.2]</u>	
3.1 Normentwurf DIN V ENV 1996-3: Ausgabe 2000-10 [1]	3/1
3.2 Untersuchungen zum Normentwurf und Änderungsvorschläge	
3.2.1 Ergebnisse früherer Forschungsberichte	3/1
3.2.2 Neue Untersuchungen	3/2
3.2.3 Erläuterung der Diagramme zum Nachweis am Wand-Decken-Knoten	3/5
3.3 Stellungnahmen und Ausarbeitungen PT5	
3.3.1 Niederländische Ausarbeitung vom 27.01.1995 (Dokument PT5-11)	3/10
3.3.2 Deutsche Beispielberechnungen von Außenwänden vom 06.05.2002 (Dokument PT5-17)	3/20
3.3.3 Deutsche Stellungnahme, Erläuterungen vom 03.05.2002 (deutsch)	3/24
3.3.4 Deutsche Stellungnahme vom 15.05.2002 (Dokument PT5-20, englisch)	3/43
3.3.5 Niederländische Ausarbeitung vom 26.07.2002 (Dokument PT5-23)	3/47
3.3.6 Erläuterung der Diagramme zur deutschen Stellungnahme vom 01.08.2002	3/49
3.3.7 Deutsche Beispielberechnung typischer Außenwände vom 27.08.2002	3/52
3.4 Aktueller Stand im Normentwurf prEN 1996-3, 4th Draft, Sept. 2002 [2]	3/53
<u>4. Vereinfachte Berechnungsmethode für Wände aus unbewehrtem Mauerwerk bei Gebäuden mit höchstens drei Geschossen [1 - Anhang A]</u>	
4.1 Normentwurf DIN V ENV 1996-3: Ausgabe 2000-10 [1]	4/1

4.2	Untersuchungen zum Normentwurf und Änderungsvorschläge	
4.2.1	Bemessungswert der vertikalen Traglast [1 - Anhang A.2]	4/3
4.2.2	Wandscheiben ohne Nachweis der Windlast [1 - Anhang A.3]	4/3
4.3	Stellungnahmen und Ausarbeitungen PT5	
4.3.1	Deutsche Stellungnahme zum Anhang A.3 vom 04.09.2002 (Dokument PT5-27)	4/6
4.3.2	Italienischer Entwurf des Anhang A.3 vom 26.09.2002	4/9
4.3.3	Deutscher Entwurf zum Anhang A.3 mit Erläuterungen vom 27.09.2002	4/10
4.3.4	Niederländischer Entwurf zum Anhang A.3 vom 27.09.2002	4/12
4.4	Aktueller Stand im Normentwurf prEN 1996-3, 4th Draft, Sept. 2002 [2]	4/14
5.	<u>Vereinfachte Berechnung von Kellerwänden</u>	
5.1	Vereinfachte Berechnungsmethode für Kellerwände, die durch waagerechten Erddruck beansprucht werden [1- Abschnitt 4.5]	5/1
5.2	Einfache Regeln für die Bemessung von unbewehrten Kellerwänden für Gebäude mit geringer Höhe [1 - Anhang B]	5/1
5.3	Deutsche Stellungnahme mit Ergänzung zu Abschnitt 4.5 (Dokument PT5-20)	5/3
6.	<u>Einfache Regeln für die Bemessung von nichttragenden Innenwänden</u> <u>[1 - Anhang C]</u>	
6.1	Normentwurf DIN V ENV 1996-3: Ausgabe 2000-10 [1]	6/1
6.2	Untersuchungen zum Normentwurf und Änderungsvorschläge	
6.2.1	Mindestdicke und Grenzwerte der Maße von nichttragenden Innenwänden ohne horizontale Belastung [1 - Anhang C.2]	6/2
6.2.2	Mindestdicke und Grenzwerte der Maße von nichttragenden Innenwänden mit horizontaler Belastung [2 - Anhang C.3]	6/7
6.3	Stellungnahmen und Ausarbeitungen PT5	
6.3.1	Erster Entwurf des Anhang C.3 in prEN 1996-3, Stage 32 vom Juli 2002	6/9



	Seite
6.3.2 Niederländische Ausarbeitung zum Anhang C.3 vom 02.09.2002 (Dokument PT5-26)	6/11
6.3.3 Deutsche Stellungnahme zum Anhang C.3 vom 03.09.2002 (Dokument PT5-28)	6/19
6.4 Aktueller Stand im Normentwurf prEN 1996-3, 4th Draft, Sept. 2002 [2]	6/21
<u>7. Zusammenfassung und Ausblick</u>	7/1
<u>8. Literatur</u>	8/1



1. Vorwort

Mit diesem Forschungsvorhaben werden sicherheitstechnische Belange bei Planung, Ausführung und Bemessung von Mauerwerk nach den vereinfachten Berechnungsmethoden im Eurocode 6 Teil 3 überprüft. Es wird untersucht, ob die vereinfachten Regelungen gegenüber den genaueren Berechnungsverfahren in Teil 1-1 der Norm auf der sicheren Seite liegen und in welchen Fällen Sicherheitslücken auch gegenüber den bisher gültigen Regelungen in DIN 1053-1 vorhanden sind. Gleichzeitig wird aber auch untersucht, ob sich die einzelnen Regelungen nicht nachteilig auf bisher in Deutschland geltende Festlegungen auswirken.

Frühere Forschungsvorhaben hatten durch Vergleichsrechnungen gezeigt, dass eine Berechnung mit den vereinfachten Berechnungsmethoden der ENV 1996-3 [1] teilweise erhebliche Sicherheitsrisiken beinhaltet. Diese ergaben sich insbesondere bei der vereinfachten Berechnung von vertikal beanspruchten Wänden nach [1] infolge der völlig unzureichenden Berücksichtigung des Einflusses von exzentrisch eingeleiteten Deckenauflagerkräften (Wand-Decken-Knoten). Dieser Mangel bedeutet eine Gefahr für die Standsicherheit der betreffenden Wände, deren Nachweis mit der vereinfachten Berechnungsmethode nach [1] teilweise erheblich günstiger war als mit dem Nachweis nach dem genaueren Verfahren im Teil 1-1 des Eurocode 6 [3]. Die vereinfachte Berechnung lag somit gegenüber dem genaueren Verfahren auf der unsicheren Seite.

Die vereinfachte Berechnungsmethode für vertikal beanspruchte Wände in ENV 1996-3 [1] muss daher geändert und ergänzt werden. Die entsprechenden Festlegungen und Bemessungsgleichungen dieser zukünftig für die Bemessung von Mauerwerk sehr wahrscheinlich überwiegend angewendeten Berechnungsmethode müssen formuliert und wissenschaftlich abgesichert werden. Auch sind hierbei die Grundlagen der Regelungen anderer Länder, z. B. die niederländischen Normen mit Berücksichtigung eines nicht elastischen Baustoffverhaltens, zu überprüfen. Die entsprechenden Untersuchungen und Änderungsvorschläge zur ENV 1996-3 [1] sind in Kapitel 3 aufgeführt und erläutert.

Des Weiteren sind auch andere vereinfachte Berechnungsmethoden in [1] kritisch zu überprüfen und bei Feststellung von Sicherheitsrisiken neu zu formulieren. Hierzu gehören die Wandnachweise ohne eigentliche Bemessung, die für Gebäude mit höchstens drei Geschossen als vereinfachte Berechnungsmethode für die vertikale Traglast von Wänden



und als Bemessung von Wandscheiben ohne Nachweis der Windlast in [1 - Anhang A] enthalten sind. Die zugehörigen Untersuchungen sind in Kapitel 4 zusammengefasst.

Die vereinfachten Nachweise von Kelleraußenwänden, insbesondere die unübersichtlichen und in der Anwendung sehr aufwändigen Regeln für unbewehrte Kellerwände bei Gebäuden mit geringer Höhe [1 - Anhang B] werden in Kapitel 5 angesprochen.

Schließlich werden auch die einfachen Regeln für die Bemessung von nichttragenden Innenwänden [1 - Anhang C] überprüft. Hierzu werden neben dem bereits in ENV 1996-3 [1] enthaltenen Diagramm zur Ermittlung der zulässigen Flächen von Wänden ohne Horizontalbelastung auch die nachträglich eingeführten Diagramme für Innenwände mit Horizontalbelastung eingehend untersucht. Die Ergebnisse und Änderungsvorschläge sind in Kapitel 6 wiedergegeben.

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens fließen direkt in die deutsche Mitarbeit an der laufenden Normung zum Teil 3 des Eurocode 6 ein. Auf der Grundlage der Ergebnisse werden begleitend deutsche Stellungnahmen zu den einzelnen Berechnungsmethoden verfasst und Änderungsvorschläge eingebracht. Gleichzeitig werden auch die entsprechenden Forschungsergebnisse und Ausarbeitungen anderer beteiligter Länder überprüft und mit den deutschen Vorschlägen verglichen. Diese direkte Einflussnahme wird durch die Beteiligung des Forschenden Dr. Reeh am zuständigen europäischen Projektteam (PT 5) ermöglicht. Das PT5 ist für die Bearbeitung der ENV 1996-3 bis hin zur endgültigen europäischen Norm (EN) zuständig. Die Stellungnahmen sind Diskussionsgrundlagen und können bei Zustimmung der Mitglieder des Projektteams direkt in die aktuellen Bearbeitungsstände der Norm übernommen werden.

Folgende Themen und Berechnungsmethoden werden in diesem Forschungsbericht behandelt:

1. Vereinfachte Berechnungsmethode für vertikal beanspruchte Wände (ENV 1996-3, Abschnitt 4.2)
2. Vereinfachte Berechnungsmethode für Wände aus unbewehrtem Mauerwerk bei Gebäuden mit bis zu drei Geschossen (ENV 1996-3, Anhang A)
 - a) Bemessungswert der vertikalen Traglast einer Wand (ENV 1996-3, Anhang A.2)



- b) Wandscheiben ohne Nachweis der Windlast (ENV 1996-3, Anhang A.3)
3. Vereinfachte Berechnung von Kellerwänden
- a) Vereinfachte Berechnungsmethode für Kellerwände, die durch waagerechten Erd-
druck beansprucht werden (ENV 1996-3, Abschnitt 4.5)
 - b) Einfache Regeln für die Bemessung von unbewehrten Kellerwänden für Gebäude
geringer Höhe (ENV 1996-3, Anhang B)
4. Einfache Regeln für die Bemessung von nichttragenden Innenwänden (ENV 1996-3,
Anhang C)
- a) Bestimmung der Mindestdicke und der Grenzwerte der Maße von nichttragenden
Innenwänden - ohne horizontale Belastung (ENV 1996-3, Anhang C.2)
 - b) Bestimmung der Mindestdicke und der Grenzwerte der Maße von nichttragenden
Innenwänden - mit horizontaler Belastung (prEN 1996-3, Anhang C.3, nachträglich
ergänzt)



2. Stand der europäischen Normungsarbeit zur vereinfachten Berechnung von Mauerwerksbauten nach ENV 1996-3

Der Eurocode 6 liegt mit den verschiedenen Teilen als europäische Vornorm in deutscher Übersetzung vor. Teil 1-1 der Norm [3], der die allgemeine Bemessung von bewehrtem und unbewehrtem Mauerwerk regelt, ist in Verbindung mit dem zugehörigen Nationalen Anwendungsdokument (NAD) als technische Baubestimmung in Deutschland bauaufsichtlich eingeführt und kann alternativ zu DIN 1053 angewendet werden. Dieser Normteil, der derzeit zur Überführung in eine Europäische Norm durch die zuständigen technischen Gremien überarbeitet wird, enthält jedoch kein vereinfachtes Bemessungsverfahren analog zu DIN 1053-1, nach dem in Deutschland Mauerwerk überwiegend nachgewiesen wird. Vereinfachte Berechnungsmethoden für Mauerwerk sind im Eurocode 6 gesondert in Teil 3 enthalten. Dieser Teil liegt als ENV 1996-3 in deutscher Übersetzung als Vornorm in der Fassung Oktober 2000 [1] vor.

Um die Vornorm (ENV) in eine europäische Norm (EN) überführen zu können, erfolgt entsprechend den Überprüfungen der Mitgliedsländer eine Überarbeitung, die den aktuellen Stand der Forschung und Technik wiedergibt und die nationalen Stellungnahmen berücksichtigt. Hierzu wurde entsprechend den europäischen Vorgaben zur Normungsarbeit ein Projektteam (PT 5) aufgestellt, dessen Mitglieder als europäische Fachleute auf dem entsprechenden Gebiet tätig sind. Dieses technische Gremium erarbeitet in mehreren Schritten den Entwurf für die europäische Norm. Dem für den Teil 3 des Eurocode 6 zuständigen PT 5 gehört Dr.-Ing. Helmut Reeh, einer der Bearbeiter dieses Forschungsvorhabens, als deutsches Mitglied an.

Stellungnahmen und Änderungsvorschläge zur Norm mit entsprechender Begründung werden im PT 5 als Dokumente angenommen, verteilt und beraten. Nach positiver Entscheidung werden die Vorschläge direkt in den aktuellen Bearbeitungsstand übernommen. Derzeit aktueller Stand ist 4th Draft prEN 1996-3 in der Fassung September 2002 [2], in die auch bereits viele Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens eingeflossen sind. Die Arbeitsdokumente Draft prEN werden nur an die Mitglieder des technischen Gremiums PT5 zur Beratung und Stellungnahme verteilt. Nach Beendigung der technischen Bearbeitung durch das PT5 wird der endgültige Normentwurf den zuständigen Gremien der europäischen Normungsorganisation CEN zur Umfrage und formellen Abstimmung vorgelegt.



3. Vereinfachte Berechnungsmethode für vertikal beanspruchte Wände [1 - Abschn. 4.2]

3.1 Normentwurf DIN V ENV 1996-3: Ausgabe 2000-10 [1]

Der vereinfachte Nachweis für vertikal beanspruchte unbewehrte Wände lautet wie im genaueren Berechnungsverfahren nach ENV 1996-1-1 [3] allgemein

$$N_{Sd} \leq N_{Rd} \quad (3-1)$$

mit

$$N_{Rd} = \phi \cdot \frac{t \cdot f_k}{\gamma_M} \quad (3-2)$$

Der Abminderungsfaktor ϕ darf in Abhängigkeit der Schlankheit vereinfacht mit der nachfolgenden Gleichung bestimmt werden:

$$\phi = 0,85 - 0,0011 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right)^2 \quad (3-3)$$

Ein Abminderungsfaktor auf der Grundlage des Deckendrehwinkels, wie er z. B. bei einer Berechnung nach ENV 1996-1-1 [3] angesetzt werden muss, ist in der vereinfachten Berechnungsmethode nach [1] nicht enthalten. Ersatzweise soll bei Wänden, die als Endauflager von Decken dienen, die vereinfachte Berechnungsmethode für vertikal beanspruchte Wände nur angewendet werden, wenn die zusätzlichen Bedingungen nach [1 - Gl. (4.1) und (4.2)] eingehalten sind. Als zusätzliche Bedingungen sind die größte zulässige Deckenlänge in Abhängigkeit der Wanddicke sowie die erforderliche Mindestwanddicke in Abhängigkeit der Wandhöhe und Belastung nachzuweisen. Die Gleichungen lauten:

$$l_D \leq 4,5 + 10 \cdot t \quad (l_D \leq 7,00 \text{ m}) \quad (3-4)$$

$$t \geq \frac{0,12 \cdot q_D \cdot h^2}{N_{Sd}} + 0,017 \cdot h \quad (3-5)$$

3.2 Untersuchungen zum Normentwurf und Änderungsvorschläge

3.2.1 Ergebnisse früherer Forschungsberichte

Bereits im Forschungsbericht [8] war festgestellt worden, dass die Ergebnisse nach der vereinfachten Berechnungsmethode in ENV 1996-3 [1] nur bei einer Berechnung von In-



nenwänden wegen der hier allein maßgebenden Traglastminderung infolge Knicken zutreffend ist. Bei Außenwänden lag die Berechnung nach ENV 1996-3 [1] immer dann auf der unsicheren Seite, wenn z. B. bei der genaueren Berechnung nach ENV 1996-1-1 [3] eine große Traglastminderung infolge des Deckendrehwinkels maßgebend war. Es wurde gezeigt, dass eine Berechnung nach ENV 1996-3 [1] bei dicken Außenwänden mit geringeren charakteristischen Festigkeiten gegenüber dem genaueren Verfahren nach ENV 1996-1-1 [3] in erheblichem Umfang nicht auf der sicheren Seite liegt. Bei größeren Deckenlängen waren Wände mit der vereinfachten Berechnungsmethode nachweisbar, deren Tragfähigkeit nach ENV 1996-1-1 [3] bereits überschritten war. Die beiden Gleichungen (3-4) und (3-5) sind daher nicht ausreichend, um die Abminderung der Tragfähigkeit infolge des Deckendrehwinkels bei Außenwänden auf der sicheren Seite liegend ermitteln zu können. Nur bei höheren charakteristischen Mauerwerksfestigkeiten ($\sim f_k \geq 4,0 \text{ MN/m}^2$) und/oder geringen Wanddicken ($\sim t \leq 17,5 \text{ cm}$) lag der vereinfachte Nachweis in jedem Fall auf der sicheren Seite.

Damit auch dicke Wände geringer Festigkeit gegenüber einer genaueren Berechnung nach ENV 1996-1-1 [3] auf der sicheren Seite liegen, wurde vorgeschlagen, dass bei Wänden, die als Endauflager von Decken dienen, weitergehende Bedingungen eingehalten werden müssen. Die Stützweite der einseitig aufliegenden Decke sollte bei diesen Wänden auf 6,0 m begrenzt und die Gleichung (4.1) in ENV 1996-3 somit ersetzt werden durch:

$$l_D \leq 6,00 \text{ m} \quad (3-6)$$

Des Weiteren wurde zur Berücksichtigung der Abminderung der Tragfähigkeit infolge des Deckendrehwinkels vorgeschlagen, bei zunehmender Deckenlänge zusätzlich zu Gleichung (4.4) in ENV 1996-3 einen weiteren Abminderungsfaktor einzuführen. Es wurde die folgende Gleichung für den Abminderungsfaktor vorgeschlagen:

$$\phi_E = 0,85 - 0,0011 \cdot l_D^3 \quad (3-7)$$

3.2.2 Neue Untersuchungen

Um die festgestellten Sicherheitsrisiken bei der vereinfachten Berechnung vertikal beanspruchter Wände zu verdeutlichen und um die deutsche Stellungnahme zur ENV 1996-3 [1] vorzubereiten, wurde der Hintergrund der Bemessungsregeln in [1] untersucht. Die Regelungen beruhen im wesentlichen auf bestehenden niederländischen Normen und Untersuchungen. Da in den Niederlanden fast ausschließlich dünne Wände mit hohen



Festigkeiten hergestellt werden, die festgestellten Sicherheitsrisiken bei der Bemessung nach ENV 1996-3 jedoch gerade dicke Wände geringer Festigkeit betreffen, war insbesondere die Überprüfung der den Bemessungsansätzen zu Grunde gelegten Parameter erforderlich. Hierzu wurden die Niederländischen Normen sowie mehrere Veröffentlichungen kritisch durchgearbeitet.

Bei der Überprüfung der niederländischen Ausarbeitung vom 27.01.1995 - vgl. Kapitel 3.3.1 dieses Forschungsberichtes - die als Grundlage für die Regelungen in ENV 1996-3 herangezogen wurde, war erkennbar, dass die Grundlagen für die vereinfachte Berechnungsmethode nur für Bemessungsfestigkeiten $f_d \geq 5,0 \text{ N/mm}^2$, entsprechend einer charakteristischen Druckfestigkeit von $f_k \geq 8,5 \text{ N/mm}^2$ gelten. Dies wurde in der o. g. Ausarbeitung als "auf der sicheren Seite liegend" angesehen. Anhand unserer Feststellungen konnte verdeutlicht werden, dass das vereinfachte Bemessungsverfahren in ENV 1996-3 zwar für die in den Niederlanden typischen schlanken Wände mit hohen Festigkeiten als zutreffend angesehen werden kann, für die in Deutschland aber ebenfalls sehr oft hergestellten dicken Außenwände geringer Festigkeit jedoch nicht gültig ist. Insbesondere liegt das Berechnungsverfahren in diesen Fällen auch nicht gegenüber einer genaueren Berechnung nach ENV 1996-1-1 auf der sicheren Seite.

Hierzu wurden für den europäischen Normungsausschuss PT 5 nochmals umfangreiche Vergleichsrechnungen zur Erläuterung des Sicherheitsrisikos bei einer Bemessung dieser Wände nach ENV 1996-3 angestellt, deren Ergebnisse in einem Diagramm und zugehörigen Fallbeispielen als Tabellenberechnungen - vgl. Kap. 3.3.2 des Forschungsberichtes - zusammengestellt wurden. Es konnte verdeutlicht werden, dass die vereinfachte Berechnung nach ENV 1996-3 gerade bei dicken Außenwänden geringer Festigkeit und großen Deckenspannweiten gegenüber der genaueren Berechnung nach ENV 1996-1-1 oftmals nicht auf der sicheren Seite liegt.

Die Ergebnisse aller vorgenannten Untersuchungen wurden in einer Ausarbeitung zusammengestellt, die als Erläuterung zur deutschen Stellungnahme zusammengestellt wurden (vgl. Kap. 3.3.3 des Forschungsberichtes). Die Forschungsergebnisse sind dort im Einzelnen beschrieben. Als Anlage sind Diagramme beigelegt, die jeweils die Summe vieler aufwändig iterativ zu ermittelnder Nachweisgrenzen sind. Die Diagramme wurden auf der Grundlage einer Vielzahl einzelner Beispielberechnungen einer bestimmten Außenwand für verschiedene Wandaufasten und Längen der aufliegenden Decke erstellt.



Anhand dieser Diagramme, die in Kapitel 3.2.3 ausführlich erläutert sind, können die Nachweise nach den verschiedenen Normen untersucht und miteinander verglichen werden. Als Ergebnis der Untersuchungen wurde zur Berücksichtigung des Deckendrehwinkels im vereinfachten Berechnungsverfahren nach ENV 1996-3 vorgeschlagen, die Regelungen um die nachfolgenden Gleichungen zu ergänzen.

4.2.1.2 *Zusätzliche Bedingungen*

$$l \leq 4,5 + 10 \cdot t \leq 6 \text{ m} \quad \text{für } f_k < 5 \text{ N/mm}^2 \quad \text{und} \\ \leq 7 \text{ m} \quad \text{für } f_k \geq 5 \text{ N/mm}^2$$

4.2.2.3 *Abminderungsfaktor der Traglast*

$$\Phi = 0,85 - 0,0011 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right)^2$$

und für Wände, die als Endauflager für Decken wirken zusätzlich

$$\Phi = 1,3 - l/8 \leq 0,75$$

Diese in Anlehnung an DIN 1053-1 [9] vorgeschlagenen Gleichungen wurden zunächst dem Spiegelausschuss Mauerwerk zur Stellungnahme vorgelegt und anschließend als Ergänzung zur deutschen Stellungnahme zur ENV 1996-3 an den Normungsausschuss PT5 weiter gegeben (vgl. Kap. 3.3.4 des Forschungsberichtes). Die der Stellungnahme anliegenden Diagramme wurden anhand einer weiteren Beispielberechnung erläutert, die den Mitgliedern des Ausschusses PT 5 zur Verfügung gestellt wurde (vgl. Kap. 3.3.6 des Forschungsberichtes).

Als Reaktion auf die deutschen Feststellungen zum Sicherheitsrisiko in der vereinfachten Berechnung nach ENV 1996-3 wurde von niederländischer Seite ebenfalls ein Vorschlag zur Berücksichtigung des Deckendrehwinkels vorgelegt (vgl. Kap. 3.3.5 des Forschungsberichtes). Dieser Vorschlag beruht auf niederländischen Regelungen für Wände, die als Endauflager von Decken dienen. Es werden danach Beschränkungen unter Berücksichtigung der Biegeschlankheit der aufliegenden Decke eingeführt.

Nach Überprüfung des neuen niederländischen Vorschlags konnte gezeigt werden, dass zwar die Sicherheitslücke hinsichtlich des Deckendrehwinkels in der Bemessung nach ENV 1996-3 mit diesen Regelungen ebenfalls geschlossen wird, aber wegen der in den niederländischen Normen nicht ausreichend berücksichtigten dicken Wände geringer Fes-



tigkeit, unzumutbare Einschränkungen gerade für diese Wände die Folge wären. Die Regelungen ergeben nur sinnvolle Ergebnisse für schlanke Wände relativ hoher Festigkeit. Wände mit einer größeren Dicke als 25 cm sind in dem Vorschlag daher auch nicht vorgesehen. Bereits bei 25 cm dicken Wänden würden sich bei Decken mit hoher Biegeschlankheit über die in Deutschland nach DIN 1053-1 geltenden Regelungen hinaus gehende Einschränkungen, z. B. unverhältnismäßig kleine zulässige Deckenlängen, ergeben.

Da deutlich gemacht werden konnte, dass der niederländische Vorschlag dicke Wände geringer Festigkeit nicht berücksichtigt bzw. unzutreffende Ergebnisse liefert, wird derzeit an einem neuen Vorschlag zur Berücksichtigung des Deckendrehwinkels im vereinfachten Berechnungsverfahren, auch unter Berücksichtigung der vorgeschlagenen Gleichungen in der deutschen Stellungnahme, gearbeitet. Um in Deutschland typische Wandarten nochmals zu zeigen, wurden auf Wunsch des Normungsausschusses PT5 weitere Beispielberechnungen dicker Außenwände vorgenommen (vgl. Kap. 3.3.7 des Forschungsberichtes). Diese werden derzeit auf der Grundlage der geltenden niederländischen Normen auch unter Berücksichtigung eines nicht linearen Materialverhaltens untersucht, um weitere Erkenntnisse im Hinblick auf die endgültige Regelung im vereinfachten Verfahren zu erhalten.

3.2.3 Erläuterung der Diagramme zum Nachweis am Wand-Decken-Knoten

Anhand des auf Seite 3/9 folgenden Bildes 3-1 werden die einzelnen Nachweise und die Vorgehensweise bei der Erstellung der Diagramme beispielhaft erläutert. In den Diagrammen in Bild 3-1 ist jeweils die Bemessungsauflast N_{Sd} über der Deckenlänge l_D aufgetragen. Im grau hinterlegten Bereich ist der jeweilige Nachweis am Wand-Decken-Knoten erfüllt, d. h. für jede Deckenlänge lässt sich eine Bandbreite der Bemessungsauflast ermitteln, bei der die jeweilige Wand nachweisbar ist. Zur Bestimmung der Grenzwerte in jedem einzelnen Diagramm waren neben einer Vielzahl von Beispielberechnungen auch aufwändige iterative Berechnungen erforderlich.

Alle Nachweise werden allgemein mit den Gleichungen (3-1) bzw. (3-2) geführt, so dass sich die einzelnen Nachweise nach ENV 1996-1-1, 1996-3 und auch DIN 1053-1 nur hinsichtlich der Abminderungsfaktoren ϕ unterscheiden. Die anderen Parameter in den Nachweisgleichungen (Bemessungsnormalkraft, charakteristische Festigkeit, Wanddicke und Teilsicherheitsbeiwert) haben gleiche Werte. Für den Vergleich ist der Abminderungs-



faktor k nach DIN 1053-1 noch entsprechend in den Faktor ϕ nach ENV 1996 umzurechnen. Die Herleitung der Nachweisform nach ENV 1996 gemäß Gleichung (3-2) aus der Nachweisgleichung nach DIN 1053-1 gemäß Gleichung (3-8) ist nachfolgend wiedergegeben.

$$\begin{aligned} \frac{N}{b \cdot d} &\leq k \cdot \sigma_0 && \text{(3-8)} && \text{mit } A = b \cdot d \\ \Rightarrow N &\leq k \cdot \sigma_0 \cdot A \\ \Rightarrow \gamma_{G,Q} \cdot N &\leq \gamma_{G,Q} \cdot k \cdot \sigma_0 \cdot A && \text{mit } f_k = 3,14 \cdot \sigma_0 \\ \Rightarrow N_{Sd} &\leq \gamma_{G,Q} \cdot k \cdot \frac{1}{3,14} \cdot f_k \cdot A && \text{mit } \gamma_{G,Q} \approx 1,425 \text{ (i. M. von } 1,35 \div 1,50) \\ \Rightarrow N_{Sd} &\leq k \cdot \frac{f_k \cdot A}{2,20} \\ \Rightarrow N_{Sd} &\leq 0,773 \cdot k \cdot \frac{f_k \cdot A}{1,70} && \text{mit } \gamma_M = 1,70 \\ \Rightarrow N_{Sd} &\leq \phi \cdot \frac{f_k \cdot A}{\gamma_M} && \text{(3-2)} \\ \text{mit } \phi &= 0,773 \cdot k && \text{(3-9)} \end{aligned}$$

Die für den Abminderungsfaktor k nach DIN 1053-1 berechneten Werte sind daher mit dem Faktor 0,773 zu multiplizieren, um sie mit den Abminderungsfaktoren ϕ bzw. den zulässigen Normalkräften N_{Rd} nach EC 6 direkt vergleichen zu können.

Im folgenden sind die einzelnen Nachweise und die sich daraus ergebenden Kurven in den Diagrammen erläutert.

a) Nachweis nach ENV 1996-1-1 [3], Anhang C, Abschnitt (1), (2)

Da der Abminderungsfaktor ϕ am Wandkopf von der Ausmitte an dieser Stelle und damit auch von der Bemessungsauflast N_{Sd} abhängig ist, kann die Bestimmung der Nachweisgrenzen nur iterativ erfolgen. Mit dem u. a. von der Deckenlänge abhängigen Moment nach Anhang C, Abschnitt (1), (2) kann dann ein oberer und ein unterer Grenzwert für die Bemessungsauflast ($\max N_{Sd} = N_{Rd}$ bzw. $\min N_{Sd} = N_{Rd}$) gefunden werden. Zur Einhaltung



der Bemessungsgleichung ist also eine Mindestauflast erforderlich und es darf ein bestimmter Höchstwert der Wandauflast nicht überschritten werden.

In Bild 3-1 a) ist erkennbar, dass mit zunehmender Deckenlänge und damit anwachsendem Moment die erforderliche minimale Wandauflast größer und gleichzeitig die maximal mögliche Auflast geringer wird. Alle Wertepaare (N_{Sd} / I_D) zwischen den Kurven $\max N_{Sd}$ und $\min N_{Sd}$ im grau hinterlegten Bereich erfüllen den Nachweis. Oberer und unterer Grenzwert nähern sich immer weiter an, bis bei einer maximalen Deckenlänge die Bemessungsgleichung nur noch von genau einem Wert für die Wandauflast erfüllt wird. Noch größere Deckenlängen sind dann generell nicht mehr nachweisbar.

b) Nachweis nach ENV 1996-1-1[3], Anhang C, Abschnitt (3), (4)

Der Abminderungsfaktor ϕ beträgt beim Nachweis geringer Auflasten mit dem Spannungsblock nach Anhang C, Abschnitt (3), (4) konstant 0,2. Es lässt sich daher unabhängig von der Deckenlänge eine maximal erlaubte Bemessungsauflast $\max N_{Sd}$ bestimmen. Wegen $N_{Sd} \leq N_{Rd}$ erfüllen alle Bemessungsauflasten den Nachweis, sofern sie kleiner als $\max N_{Sd}$ sind. Alle Werte im grau hinterlegten Bereich in Bild 3-1 b) unterhalb der maximalen Bemessungsauflast erfüllen den Nachweis. Dies gilt unabhängig von der Deckenlänge.

Bei diesem Nachweis ist zusätzlich zu prüfen, ob eine der beiden Anwendungsvoraussetzungen zutrifft. Entweder muss die mittlere Bemessungsspannung kleiner als $0,25 \text{ MN/m}^2$ oder die nach Anhang C, Abschnitt (1), (2) ermittelte Ausmitte größer als $0,4 \cdot t$ ($t =$ Wanddicke) sein. Insbesondere bei kleineren Deckenlängen sowie größeren Steifigkeiten sind ggf. diese Kriterien mit kleineren zulässigen Bemessungsauflasten maßgebend und die mit $\phi = 0,2$ ermittelte maximale Bemessungsauflast kann nicht voll ausgenutzt werden.

c) Nachweis nach ENV 1996-3 [1]

Der Abminderungsfaktor in der vereinfachten Berechnungsmethode nach ENV 1996-3 ist gemäß Gleichung (3-3) nur abhängig von der Schlankheit der Wand. Er ist insbesondere unabhängig von der Deckenlänge, so dass die maximale Bemessungsauflast in den Diagrammen bis zur größten zulässigen Deckenlänge nach Gleichung (3-4) konstant ist (vgl. Bild 3-1 c). Lässt man die nach Gleichung (3-5) ohnehin nur geringe erforderliche Mindestauflast - theoretisch ergibt sich damit in Bild 3-1 c) eine untere Grenzlinie für $\min N_{Sd}$ -

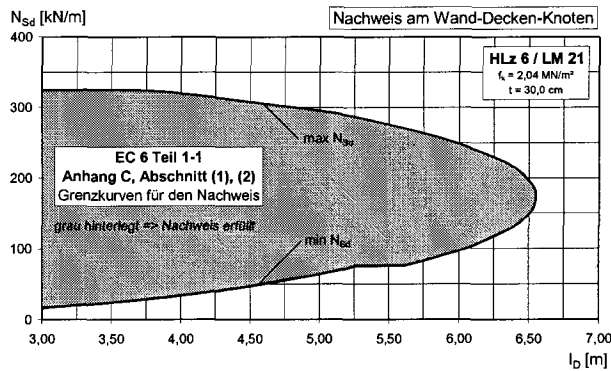


außer Acht, sind die Wände für alle Bemessungsaufasten bis zur oberen Grenze von $\max N_{Sd}$ (grau hinterlegter Bereich in Bild 3-1 c) nachweisbar.

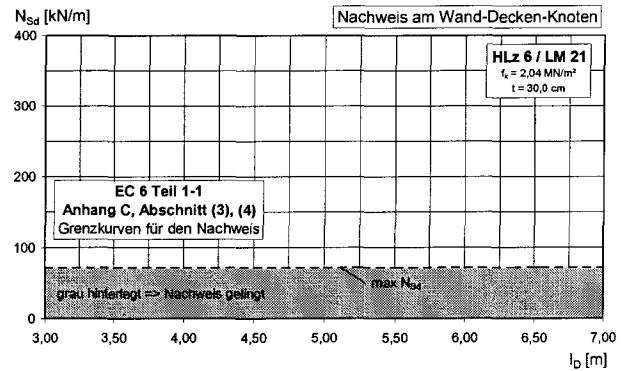
d) Nachweis nach DIN 1053-1 [9], vereinfachtes Verfahren

Im vereinfachten Berechnungsverfahren nach DIN 1053-1 [9] ergibt sich der Abminderungsfaktor ϕ gemäß Gleichung (3-9) aus dem abgeminderten Faktor k nach DIN 1053-1. Der Faktor k_2 ist nur abhängig von der Schlankheit, so dass hieraus vergleichbar mit dem Nachweis nach ENV 1996-3 [1] ein konstanter Wert für die maximale Bemessungsaufast $\max N_{Sd}$ resultiert. Der Faktor k_3 hingegen ist im Gegensatz zur Bemessung nach ENV 1996-3 abhängig von der Deckenlänge und berücksichtigt damit den Einfluss des Deckendrehwinkels. Der Faktor k_3 nimmt entsprechend den Festlegungen in DIN 1053-1 ab einer Länge von 4,20 m bis zur maximal zulässigen Deckenlänge von 6,00 m linear ab. Aus den Faktoren k ergibt sich beim Nachweis eine obere Grenze für die Bemessungslast, die auch von der Deckenlänge abhängig ist, sofern der Faktor k_3 maßgebend ist. Mit allen kleineren Bemessungsaufasten als $\max N_{Sd}$ gelingt der Nachweis (grau hinterlegter Bereich in Bild 3-1 d).

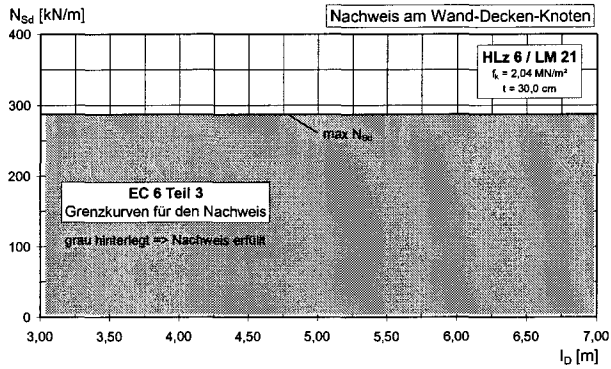
Anhand der Erläuterungen zu Bild 3-1 wird deutlich, dass jedes einzelne der Diagramme, die z. B. als Anlage der deutschen Stellungnahme beigefügt wurden, die Summe unendlich vieler Beispielberechnungen für eine bestimmte Mauerwerkswand mit Variation der Deckenlänge und der Wandaufast darstellt. Für die jeweilige Wand kann in Abhängigkeit dieser Parameter sofort abgelesen werden, ob der Nachweis nach der entsprechenden Norm eingehalten ist oder nicht. Gleichzeitig können die Nachweise nach den einzelnen Normen auf einen Blick miteinander verglichen werden.



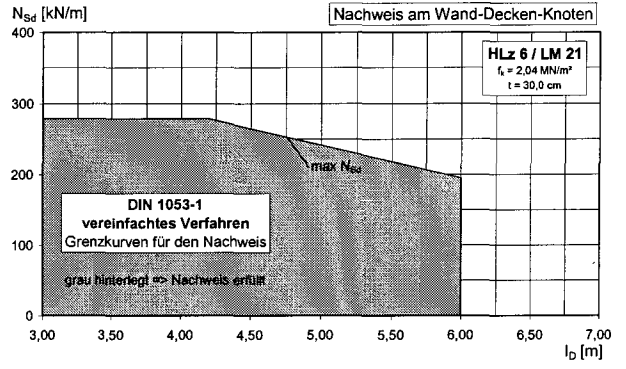
a) Nachweis nach ENV 1996-1-1 [3], Anhang C, Abschnitt (1), (2)



b) Nachweis nach ENV 1996-1-1 [3], Anhang C, Abschnitt (3), (4)



c) Nachweis nach ENV 1996-3 [1]



d) Nachweis nach DIN 1053-1 [9], 6.9

Bild 3-1: Erläuterung der Diagramme zum Nachweis am Wand-Decken-Knoten



3.3 Stellungnahmen und Ausarbeitungen PT5

3.3.1 Niederländische Ausarbeitung vom 27.01.1995 (Dokument PT5-11)

PT5-11

DOSSIER 2917

**SIMPLIFIED RULES FOR THE DESIGN
OF MASONRY STRUCTURES**

PROPOSAL JANUARY 1995

A.J. Beuker



1. INTRODUCTION

This proposal contains a working out of the Appendix to my former "Proposal Program PT5 Simplified Rules, based on EC 6 - chapter 4", of 29 September 1994.

In chapter 2 of this report a simplified method is given to determine the design vertical load resistance of a storey-high wall.

In chapter 3 the boundary conditions to use the simplified method are described.

2. SIMPLIFIED METHOD TO CALCULATE THE DESIGN VERTICAL LOAD RESISTANCE OF AN UNREINFORCED STOREY-HIGH MASONRY WALL, HORIZONTALLY SUPPORTED AT TOP AND BOTTOM

2.1 Basis

The method is based on section 4.4 of Eurocode 6 "Unreinforced walls, subjected to vertical loading.

According to section 4.4.2 of EC 6 the design vertical load N_{Rd} may be determined as follows.

$$N_{Rd} = \frac{\phi_m t f_k}{\gamma_M}$$

Where:

ϕ is the reduction factor allowing for the slenderness and the eccentricity.

t is the thickness of the wall.

f_k is the characteristic compressive strength of the masonry.

γ_M is the partial safety factor for the material.

2.2 Reduction factor

The capacity reduction factor ϕ in EC 6 may be calculated according to section 4.4.3.

In determining ϕ , following section 4.4.3, three sections have to be considered namely the top, the bottom- and the middle section of the wall.

At the top and the bottom the strength of the wall depends on the resistance against rotation by the bending moments from the floors, in combination with the vertical load.

In the middle of the wall the bending moments from the floors play a minor part and the strength mainly depends on the deflection of the wall causing second order effects that may lead to buckling.



2.3 Simplified method

From calculations according to the theory of non linear elasticity it has turned out to be possible to draft boundary conditions to the floorload, the floor span and the floor slenderness, such that the strength problems at the top section and the bottom section of the wall are not determinative for the design.

In that case the calculations may be limited to the middle section of the wall.

The main simplification of this method is that in this way the complicated frame analyses, necessary to determine the bending moments in the floor-wall connection, is avoided.

Thus, under certain conditions, the problem may be reduced to the consideration of the buckling problem in the middle section.

2.4 Determination of the reduction factor ϕ_m in the middle of the height of the wall

The reduction factor ϕ_m may be derived from figure 4.2 in EC 6, where ϕ_m is given as function of

- the wall slenderness h_{ef}/t_{ef}
- the relative eccentricity e_{mk}/t

Figure 4.2 ENV 1996-1-1

The relative eccentricity is defined according to EC 9 section 4.4.3 if as follows:

$$e_{mk} = e_{ex} + e_k \geq 0.05 t$$



$$e_m = \frac{M_m}{N_m} + e_{hm} + e_a$$

$$e_k = 0.002 \varphi_s \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{t} e_m$$

In the context of the simplified calculations, that is to say fulfilling the boundary conditions to use them, it is assumed that

- ▶ The moments from the floors are not determinative and the influence in the middle section of the wall is negligible:

$$\frac{M_m}{N_m} = 0$$

- ▶ The horizontal load on the wall is negligible: $e_{hm} = 0$

- ▶ Consequently $e_m = e_a$
and $e_{mk} = e_a + e_k$

- ▶
$$\frac{e_k}{t} = 0.002 \varphi_s \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{\frac{e_a}{t}}$$

- ▶
$$\frac{e_{mk}}{t} = \frac{e_a}{t} + 0.002 \varphi_s \sqrt{\frac{e_a}{t}} \cdot \frac{h_{ef}}{t_{ef}}$$

- ▶ $e_a = \frac{h_{ef}}{300}$; according to EC 6 section 4.4.7 Category C construction

control

- ▶ $\varphi_s = 1.5$: according EC 6 to table 3.7
- ▶ $t_{ef} = t$ (single wall)

Consequently:

$$\frac{e_{mk}}{t} = \frac{h_{ef}}{t} \left(\frac{1}{300} + 0.003 \sqrt{\frac{h_{ef}}{300t}} \right)$$

Numerical values

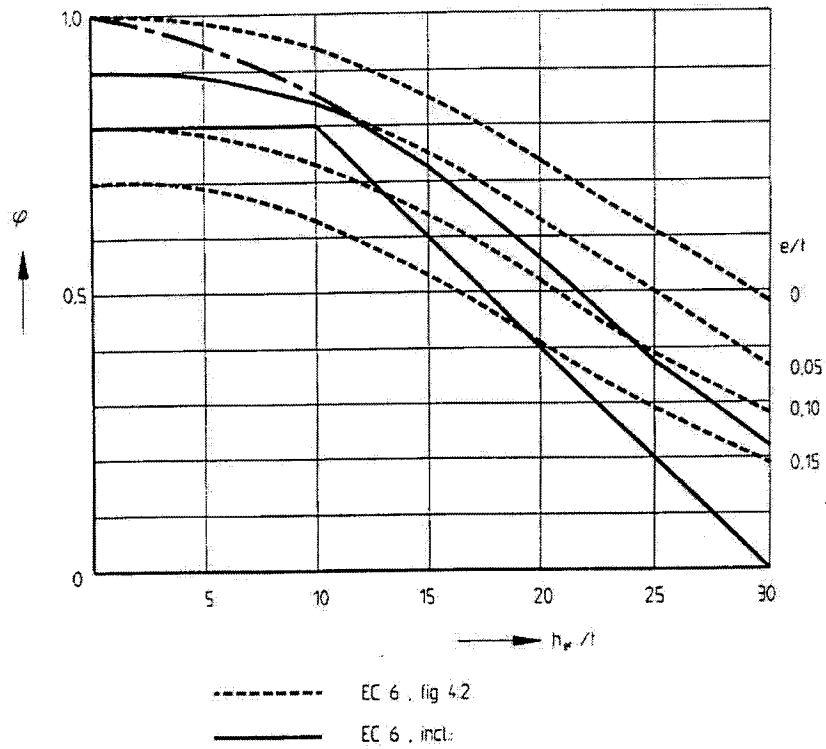
$$\frac{h_{ef}}{t} \qquad \frac{e_{mk}}{t}$$



0	0
5	0.019
10	0.039
15	0.060
20	0.082
25	0.105
30	0.128

The value for $\frac{e_{mk}}{t}$ is increasing with the slenderness ratio $\frac{h_{ef}}{t}$

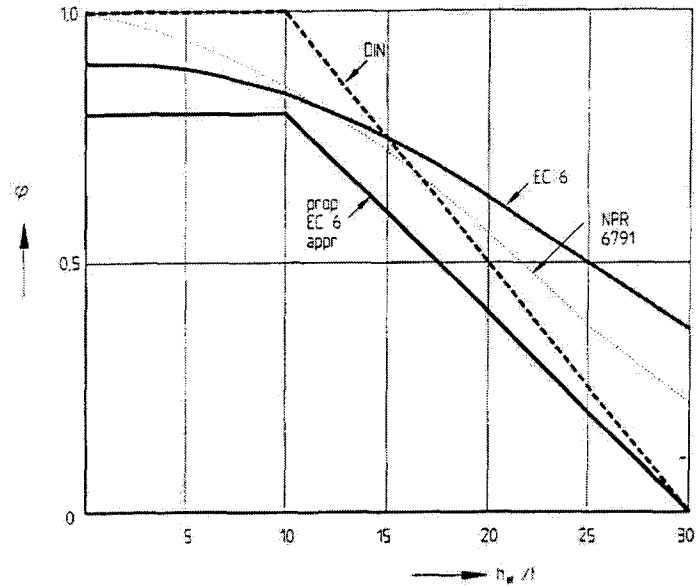
In the next graph the reduction factors φ_m to be taken for the different values of $\frac{h_{ef}}{t}$ and the values of e_{mk}/t belonging to them, have been determined, starting from the graphs of figure 4.2 in EC 6 for the values 0,00; 0,05; 0,10 and 0,15 of $\frac{h_{ef}}{t}$



$$e_{max}/t = \frac{h_{ef}}{t} \left(\frac{1}{300} + 0.003 \sqrt{\frac{h_{ef}}{300t}} \right)$$

$$\text{approximation } \phi = \frac{30 - \frac{h_{ef}}{t}}{25} \leq 0.8$$

For comparison in the next graph are given the lines of EC 6, EC 6 approximative, DIN 1053 1 and NPR 6791.



It is proposed to use the simplified solution for φ :

$$\varphi = \frac{30 - \frac{h_{ef}}{t}}{25} \leq 0.8$$

3. BOUNDARY CONDITIONS

3.1 Validity of the simplified method

The simplified method, in which the calculations have been restricted to the middle of the height of the wall, is only valid in case the bending moments from the floors are not determinative for the strength.

This is the case when the rotations of the top and the bottom of the wall are within certain allowable limits.

In the "Backgrounds of NPR 6791", report 2934-1-0 the limits to the use of the simplified method have been expressed by an equation giving the admissible floor load and span in relation to the floor slenderness and the design strength of the masonry. The requirements are as follows:



3.2 Requirements to the floors

Distinction has to be made between walls acting as intermediate supports and walls acting as end support.

For walls acting as intermediate supports no special requirements have to be made, as the rotation of the supports will generally be largely within the allowable limits. Consequently only the end walls need to be considered.

The general requirements reads:

$$\frac{p_d \cdot l^2}{f_d} \leq f(\lambda_w)$$

where:

p_d is the design value of the equally distributed load on the floors.

$$p_d = \gamma_G p_G + \gamma_Q p_Q$$

where:

γ_G is the partial safety factor for permanent actions

γ_Q is the partial safety factor for variable actions

p_G is the permanent load of the floor

p_Q is the variable load on the floor

f_d is the design compressive strength of the masonry

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M}$$

f_k is the characteristic compressive strength of the masonry

γ_M is the partial safety factor for masonry

$f(\lambda_w)$ is a function of the floor slenderness λ_w , dependant on the wall thickness:

This function has been worked out in NPR 6791 table 2 and 3.

In case the next assumptions are made (on the safe side):

$$f_k = 5 \text{ N/mm}^2$$
$$\lambda_w = 40$$

The equation:

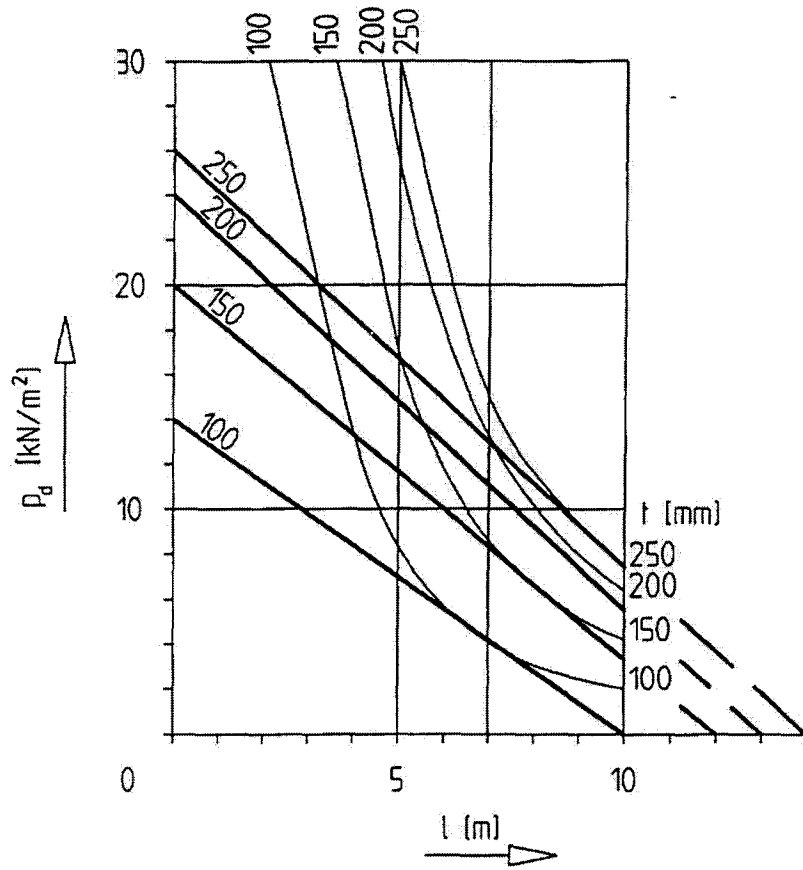


$\frac{p_d t^2}{t_d} \geq f(\lambda_s)$ changes into:

$$t \geq \frac{5 f(\lambda_s)}{p_d} \text{ and}$$

the allowable values of t may be calculated as function of p_d and $f(\lambda_s)$.
For diverse values of the wall thickness t the values of $f(\lambda_s)$ follow from table 3 of NPR 6791.

The result have been given in the next graphs, together with the approximations.





t (mm)	p_d (kN/m ²)
100	$\frac{14(10 - t)}{10}$
150	$\frac{20(12 - t)}{12}$
200	$\frac{24(13 - t)}{13}$
250	$\frac{26(14 - t)}{14}$

approximating

3.3 General conditions

General conditions for the use of the simplified calculation method are based on the area of experience of the method.

The conditions are:

- height of the building above ground level ≤ 20 m.
- storey height ≤ 3 m.
- floor span ≤ 7 m.
- variable floor load ≤ 5 kN/m².

Rijswijk, 27-01-1995.

ing. A. J. Beuker.

3.3.2 Deutsche Beispielberechnungen von Außenwänden vom 06.05.2002 (Dokument PT5-17)

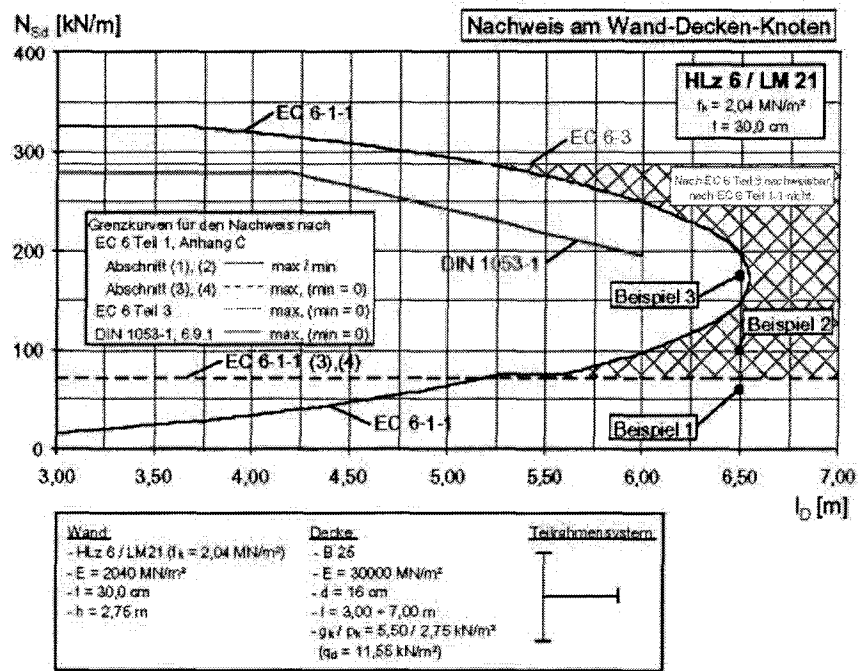
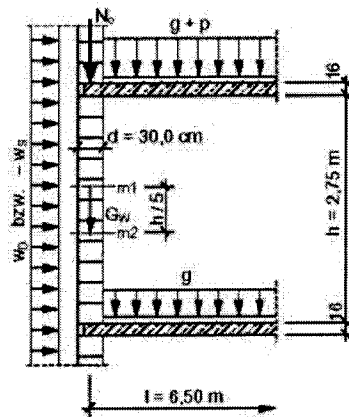


Bild A: Erläuterung der Nachweise am Wand-Decken-Knoten mit Eintragung der nachfolgenden Berechnungsbeispiele

Außenwand im Zwischengeschoss (Beispiel 1)



HLz 6 / LM 21 ($f_k = 2,04 \text{ MN/m}^2$)
 $d = 30,0 \text{ cm}$

Belastung

charakteristische Werte:	Bemessungswerte:
$G_{w,k} = 10,00 \text{ kN/m}$	$N_{w,d} = 22,5 \text{ kN/m}$
$g_k = 5,50 \text{ kN/m}^2$	$G_{w,d} = 13,5 \text{ kN/m}$
$p_k = 2,75 \text{ kN/m}^2$	$g_d = 7,425 \text{ kN/m}^2$
$w_{p,k} = 0,40 \text{ kN/m}^2$	$p_d = 4,125 \text{ kN/m}^2$
$w_{s,k} = 0,25 \text{ kN/m}^2$	$w_{p,d} = 0,600 \text{ kN/m}^2$
	$w_{s,d} = 0,375 \text{ kN/m}^2$

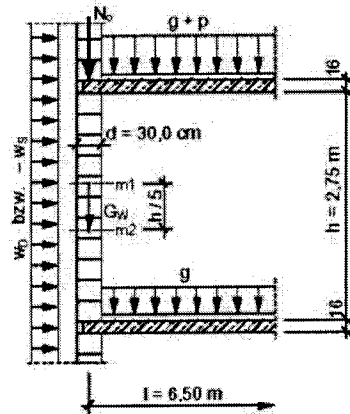
Nachweis		EC 6 Teil 1-1 Genaueres Verfahren		EC 6 Teil 3 Vereinfachtes Verfahren	
N_{s1}	kN/m	Kopf	60,0	60,0	
		m1	65,4		
		Fuß	73,5		
M_{s1}	kNm/m	Kopf	-12,184 ¹⁾	GL (4.1) $l \leq 7,00 \text{ m}$ ✓	
		m1	-4,531 ¹⁾	GL (4.1) $l \leq 7,50 \text{ m} = 4,5 + 10 \cdot l^{\sqrt{}}$	
		Fuß	7,833 ¹⁾	GL (4.2) $l \geq 0,156 \text{ m}$ ³⁾ ✓	
h_k	m	---	2,06	2,06	
e_{s1}	m	Kopf	0,208	nicht erforderlich	
		m1	0,074		
		Fuß	0,111		
ϕ	---	Kopf	-0,387	0,200 ²⁾	0,798
		m1	0,478	---	
		Fuß	0,260	---	
N_{s2}	kN/m	Kopf	< 0	72,0 ²⁾	287,3
		m1	171,4	---	
		Fuß	93,6	---	
N_{s1} / N_{s2}	---	Kopf	< 0 ✓	0,83 ²⁾ ✓	0,21 ✓
		m1	0,38 ✓	---	
		Fuß	0,79 ✓	---	
Ergebnis: Nachweis...		nicht erfüllt	erfüllt	erfüllt	

¹⁾ Moment aus der Windbelastung ermittelt mit gelenkiger Lagerung am Wandkopf und -fuß

²⁾ Nachweis B.001er 55 Spannungsblok nach EC 6 Teil 1-1, Anhang C, Absatz (3), (4)

³⁾ $l \geq 5,0 + 0,017 \cdot 2,75 = 0,166 \text{ m}$ mit $N_{s1} = 5,0 \text{ kN/m}$ im obersten Geschoss

Außenwand im Zwischengeschoss (Beispiel 2)



HLz 6 / LM 21 ($f_k = 2,04 \text{ MN/m}^2$)
 $d = 30,0 \text{ cm}$

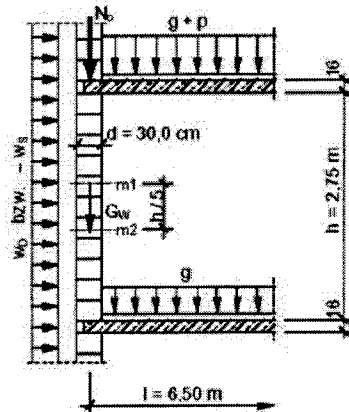
Belastung

charakteristische Werte:	Bemessungswerte:
	($\gamma_c = 1,35 / \gamma_s = 1,50$)
$G_{w,k} = 10,00 \text{ kN/m}$	$N_{d,1} = 62,5 \text{ kN/m}$
$g_k = 5,50 \text{ kN/m}^2$	$G_{w,d} = 13,5 \text{ kN/m}$
$p_k = 2,75 \text{ kN/m}^2$	$q_e = 7,425 \text{ kN/m}^2$
$w_{p,k} = 0,40 \text{ kN/m}^2$	$p_{d,1} = 4,125 \text{ kN/m}^2$
$w_{s,k} = 0,25 \text{ kN/m}^2$	$w_{p,d} = 0,600 \text{ kN/m}^2$
	$w_{s,d} = 0,375 \text{ kN/m}^2$

Nachweis			EC 6 Teil 1-1 Genaueres Verfahren		EC 6 Teil 3 Vereinfachtes Verfahren
$N_{d,1}$	kN/m	Kopf	100,0		100,0
		mit	105,4		
		Fuß	113,5		
$M_{d,1}$	kNm/m	Kopf	-12,184 ¹⁾		Gl. (4.1) $l \leq 7,00 \text{ m}$ ✓
		mit	-4,531 ¹⁾		Gl. (4.1) $l \leq 7,50 \text{ m} = 4,5 + 10 \cdot 1$ ✓
		Fuß	7,633 ¹⁾		Gl. (4.2) $l \geq 0,156 \text{ m}$ ²⁾ ✓
h_k	m	2,08		2,08	
$e_{w,1}$	m	Kopf	0,126		nicht erforderlich
		mit	0,048		
		Fuß	0,074		
ϕ	---	Kopf	0,180	0,200 ³⁾	0,798
		mit	0,653	---	
		Fuß	0,507	---	
$N_{d,2}$	kN/m	Kopf	57,6	72,0 ³⁾	287,3
		mit	235,1	---	
		Fuß	182,5	---	
$N_{d,2} / N_{d,1}$	---	Kopf	1,74 ✓	1,39 ³⁾ ✓	0,35 ✓
		mit	0,45 ✓	---	
		Fuß	0,62 ✓	---	
Ergebnis: Nachweis...			nicht erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt

¹⁾ Moment aus der Windbelastung ermittelt mit gelenkiger Lagerung am Wandkopf und -fuß.
²⁾ Nachweis 0,156 m in Spannungsbereich nach EC 6 Teil 1-1, Anhang C, Absatz (3), (4)
 $l \geq 5,0 + 0,017 \cdot 2,75 = 0,156 \text{ m}$
³⁾ $l \geq$ mit $N_{d,2} = 5,0 \text{ kN/m}$ im obersten Geschoss.

Außenwand im Zwischengeschoss (Beispiel 3)



HLz 6 / LM 21 ($f_k = 2,04 \text{ MN/m}^2$)
 $d = 30,0 \text{ cm}$

Belastung

charakteristische Werte:	Bemessungswerte:
	($\gamma_0 = 1,35 / \gamma_0 = 1,50$)
$G_{w,k} = 10,00 \text{ kN/m}$	$N_{s,d} = 137,5 \text{ kN/m}$
$G_{k} = 5,50 \text{ kN/m}^2$	$G_{w,d} = 13,5 \text{ kN/m}$
$p_k = 2,75 \text{ kN/m}^2$	$q_{d} = 7,425 \text{ kN/m}^2$
$w_{b,k} = 0,40 \text{ kN/m}^2$	$p_{d} = 4,125 \text{ kN/m}^2$
$w_{s,k} = 0,25 \text{ kN/m}^2$	$w_{b,d} = 0,600 \text{ kN/m}^2$
	$w_{s,d} = 0,375 \text{ kN/m}^2$

Nachweis			EC 6 Teil 1-1 Genaueres Verfahren	EC 6 Teil 3 Vereinfachtes Verfahren
$N_{s,d}$	kN/m	Kopf	175,0	175,0
		mi	180,4	
		Fuß	188,5	
$M_{s,d}$	kNm/m	Kopf	-12,184 ¹⁾	Gl. (4.1) $l \leq 7,00 \text{ m}$ ✓
		mi	-4,531 ¹⁾	Gl. (4.1) $l \leq 7,50 \text{ m} = 4,5 + 10 \cdot l$ ✓
		Fuß	7,833 ¹⁾	Gl. (4.2) $l \geq 0,156 \text{ m}$ ²⁾ ✓
h_k	m	—	2,06	2,08
e_{w}	m	Kopf	0,074	nicht erforderlich
		mi	0,030	
		Fuß	0,048	
ϕ	—	Kopf	0,507	0,798
		mi	0,775	
		Fuß	0,693	
$N_{s,d}$	kN/m	Kopf	182,5	287,3
		mi	279,0	
		Fuß	249,5	
$N_{s,d} / N_{s,k}$	—	Kopf	0,96 ✓	0,81 ✓
		mi	0,65 ✓	
		Fuß	0,76 ✓	
Ergebnis: Nachweis...			erfüllt	erfüllt

¹⁾ Momenten- und Windbelastung ermittelt mit gelenkiger Lagerung am Wandkopf und -fuß
 $+ 0,017 \cdot 2,75 = 0,156 \text{ m}$

²⁾ $l \geq 5,0$ mit $N_{s,d} = 5,0 \text{ kN/m}$ im obersten Geschoss



3.3.3 Deutschen Stellungnahme, Erläuterungen vom 03.05.2002

PT 5

Deutsche Stellungnahme zum EC 6 Teil 3

Ref. Nr. ENV 1996-3:1999

Deutsche Ausgabe DINV ENV 1996-3 vom Oktober 2000 (Blaudruck) [1]

Zu 4. **Berechnung und Bemessung von Wänden aus unbewehrtem Mauerwerk mit vereinfachten Berechnungsmethoden**

4.2 **Vereinfachte Berechnungsmethoden für vertikal beanspruchte Wände**

1. **Deutsche Untersuchungen**

1.1 **Allgemeines**

Im Rahmen einer Forschungsarbeit [2] wurden verschiedene Mauerwerkswände nach dem EC 6 Teil 1-1 und Teil 3 - d. h. nach den in diesen Normen festgelegten genaueren und vereinfachten Berechnungsverfahren - bemessen. Hierbei wurden die Auflast (vertikale Last), die Wanddicke und die angrenzenden Deckenstützweiten variiert. Es wurden Innen- und Außenwände (einseitig durch Decken belastete Wände) untersucht.

1.2 **Ergebnisse von Beispielen nach EC 6-1-1 [3] und EC 6-3 [1]**

a) Innenwände

Bei Innenwänden werden nach beiden Verfahren etwa vergleichbare Ergebnisse erhalten. Hier ist meistens allein die Traglastminderung infolge Knickens maßgebend.

b) Außenwände

Bei Außenwänden liegt die Bemessung nach dem vereinfachten Verfahren des Teils 3 bei kleinen Mauerwerksfestigkeiten ($f_c < 5 \text{ MN/m}^2$) und großen Wanddicken ($d > 20 \text{ cm}$) auf der unsicheren Seite. Die Ergebnisse sind z. T. deutlich günstiger als nach dem genaueren Verfahren des Teils 1-1 [3]. Die Untersuchung hat ferner ergeben, dass nach Teil 1-1 voll ausgenutzte Wände bei einer Bemessung nach Teil 3 noch z. T. erhebliche Reserven haben.

Die beiden bei der Bemessung von Außenwänden einzuhaltenden zusätzlichen Bedingungen im EC 6 Teil 3 [1]

$$l \leq 4,5 + 10 \cdot t \leq 7 \text{ m} \tag{4.1} \text{ und}$$

$$t \geq \frac{0,12 \cdot q_d \cdot h^2}{N_{sd}} + 0,017 \cdot h \tag{4.2}$$

sind wirkungslos. Bei der Bemessung nach EC 6 Teil 3 wird der Einfluss einer ausmittig eingeleiteten Deckenlast (Decken-Drehwinkel) durch die Gln. (4.1) und (4.2) nicht ausreichend erfasst.

Aus dem Forschungsbericht werden folgende Beispiele gezeigt (Tabelle 1, Bilder 1-9). Bilder 1-9 siehe Anlage).



Der angegebene Bereich gibt diejenigen Last- und Stützweiten-Verhältnisse an, bei denen die Wand nach EC 6-3 nachweisbar ist, jedoch nicht nach EC 6-1-1. Diese Bereiche sind stets für große Wanddicken und geringe charakteristische Druckfestigkeiten f_k des Mauerwerks bei größeren Deckenstützweiten ($l \geq 5$ m) vorhanden. Bild 10 (Anlage) zeigt die Bereiche für N_{sd} und l , bei denen die Bemessung nach verschiedenen Normen gelingt. In Bild 11 (Anlage) sind die Ergebnisse der Beispiele dargestellt. Erst bei charakteristischen Druckfestigkeiten $f_k \geq 5$ MN/m² ist für alle Wanddicken bis zu 365 mm das vereinfachte Verfahren nach EC 6-3 auf der sicheren Seite.

Beispiel Nr.	Stein-/Mörtel-Kombination	f_k [MN/m ²]	t [m]	Bild Nr.
1	Hbl 2 / II	1,14	0,300	1
2	PP2 / DM	1,74	0,300	2
3	HLZ 6 / LM 21	2,04	0,175	3
			0,240	4
			0,300	5
			0,365	6
4	KSL / HLz / Hbn 12 / IIa	4,35	0,175	7
			0,300	8
5	KSP 20 / DM	12,34	0,150	9

Tab. 1: Untersuchte Beispiele

2. Folgen für den EC 6-3; Ergänzung der deutschen Stellungnahme [4]

Nach diesen Ergebnissen müssen die Einschränkungen zur Anwendung des vereinfachten Berechnungsverfahrens verschärft und die deutsche Stellungnahme entsprechend ergänzt werden. Es wird vorgeschlagen, bei Außenwänden mit $f_k < 5$ MN/m² und Wanddicken $t = 175$ bis 365 mm in Gl. (4.1) die Deckenstützweite auf 6 m zu begrenzen und eine zusätzliche Bedingung zur Berücksichtigung des Einflusses ausmittig eingeleiteter Deckenauflagerkräfte (Wand-Decken-Drehwinkel) einzuführen:

$$l \leq 4,5 + 10 \cdot t \leq 6 \text{ m für } f_k < 5 \text{ N/mm}^2 \text{ und} \quad (4.1a)$$

$$\leq 7 \text{ m für } f_k \geq 5 \text{ N/mm}^2$$

$$\phi_E = 0,85 - 0,0011 \cdot l^3 \text{ oder} \quad (4.4a)$$

$$\phi_E = 1,3 - l/8 \leq 0,75$$

Bei Einhaltung dieser zusätzlichen Grenzen wäre das vereinfachte Verfahren nach EC 6-3 in allen Fällen ungünstiger als das genauere Verfahren nach EC 6-1-1, läge also auch bei Außenwänden mit geringen Druckfestigkeiten und großen Wanddicken auf der sicheren Seite.

3. Vergleiche zum vereinfachten Verfahren nach DIN 1053-1 und EC 6-3

In DIN 1053-1 [5] ist beim vereinfachten Berechnungsverfahren der Einfluss von exzentrisch eingeleiteten Deckenlasten (Wand-Decken-Knoten bzw. Decken-Drehwinkel) so erfasst, dass die Ergebnisse gegenüber dem genaueren Verfahren immer auf der sicheren Seite liegen. Die angrenzende Deckenstützweite l ist auf 6 m begrenzt.



Es gilt: $\text{zul } \sigma_D = k \cdot \sigma_0$

mit $k = k_1 \cdot k_2$ (Knicken)
oder $k_1 \cdot k_3$ (Wand-Decken-Knoten)
wobei gilt: $k_3 = 1,7 - 1/6$

Im oberen Geschoss $k_3 = 0,5$

Nach EC 6 Teil 3 [1] wird die Bemessung der Wand geführt:

$$N_{sd} \leq N_{Rd}$$

für den Bemessungswert der vertikalen Traglast gilt

$$N_{Rd} = \phi \cdot \frac{t \cdot f_k}{\gamma_M} \quad (4.3)$$

$$\phi = 0,85 - 0,0011 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right)^2 \quad (4.4)$$

Für Vergleichszwecke zwischen EC 6 und DIN 1053-1 gilt für den Abminderungsfaktor nach dem vereinfachten Verfahren

$$\phi = 0,75 \cdot k$$

mit $k = k_1 \cdot k_2$ (Knicken) oder $k = k_1 \cdot k_3$ (Wand-Decken-Knoten). Die Nachweisgleichung für einseitig durch Deckenbelastete Wände (Außenwände) lautet dann:

$$N_{Rd} = 0,75 \cdot k \cdot \frac{t \cdot f_k}{\gamma_M} \quad (1)$$

mit $f_k = 3,14 \cdot \sigma_0$, $\gamma_M = 1,70$ und $k = k_3$.

4. Vereinfachtes Verfahren nach niederländischen Normen

4.1 Allgemeines

In den Dokumenten PT 5-11 bis PT5-14 [6] werden die Grundlagen des vereinfachten Verfahrens erläutert, wie sie in der niederländischen Norm NPR 6791 [7] festgelegt sind. Mit einigen Vereinfachungen wurde das Verfahren im EC 6-3 übernommen.

4.2 Grundlagen

4.2.1 Allgemeine Bedingungen

Die Methode der zulässigen Spannungen ($\text{zul } \sigma$) ist anwendbar, wenn die Schlankheit der auflagernden Decke bestimmte Grenzwerte nicht überschreitet. Die Wand darf dann als zentrisch belastet nachgewiesen werden.

Anwendungsgrenzen:

- Gebäudehöhe ≤ 20
- Geschosshöhe ≤ 3 m
- Die Decken sind mit einer oder mehreren Schubwänden verbunden
- Deckenstützweite ≤ 7 m

4.2.2 Zusätzliche Bedingungen

Die Schlankheit der Decke darf festgelegte Grenzwerte nicht überschreiten:

$$\lambda_v = \frac{\ell}{h} \leq \lambda_{v, \text{max}} \quad (2)$$

Falls diese Bedingung nicht eingehalten wird, gilt:

$$\frac{p_d \cdot \ell^2}{f_d} \leq f(\lambda_v) \quad (3)$$

Die Grenzwerte $\lambda_{v, \text{max}}$ und $f(\lambda_v)$ sind in NPR 6791 [7] in Abhängigkeit von der Wanddicke angegeben. Gleichungen für $\lambda_{v, \text{max}}$ und $f(\lambda_v)$ siehe Gln. (7) und (8).

Es bedeuten:

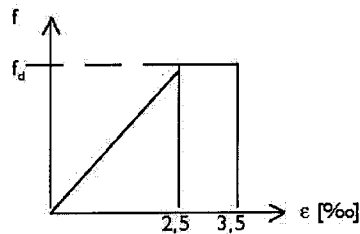
- l = Deckenstützweite
- h = Nutzhöhe der Decke
- p_d = Bemessungswert der Deckenlast ($\gamma_{GQ} \cdot P_Q$)
- f_d = Bemessungswert der Druckfestigkeit des Mauerwerkes ($f_d = f_k / \gamma_M$)

4.2.3 Zulässige Druckspannungen

Zul σ sind in [6] in Abhängigkeit von der Wanddicke d und der charakteristischen Druckfestigkeit f_k angegeben.

Grundlagen sind:

- (1) - Nichtlineare Elastizitätstheorie mit einer bilinearen Spannungs-Dehnungslinie



- (2) - Ebenbleiben der Querschnitte
- (3) - Zugspannungen im Querschnitt = 0

In PT 5-14 [6] werden die in den Gln.(2) und (3) erwähnten Grenzwerte hergeleitet. Für drei verschiedene statische Systeme der Wand werden Normkraft-Momenten-Beziehungen ermittelt, bei denen der Wandquerschnitt versagt. Die Darstellung erfolgt über die dimensionslosen Beiwerte

$$c = \frac{N_u}{f_m \cdot b \cdot d} \leq c_{\text{max}} \quad (4)$$



$$\text{und } \beta = \frac{M_u}{f_m \cdot b \cdot d^2} \leq \beta_{\max} \quad (5)$$

Es gilt $f_m = f_k$

Auflagerdrehwinkel der Decke φ_v muss kleiner sein als die Rotationsfähigkeit der Wand φ_r :

$$\varphi_v \leq \varphi_r \quad (6)$$

Aus dem c - β -Diagrammen ergeben sich für verschiedene Wanddicken (Schlankheiten) und bei Annahme einer ungewollten Ausmitte von $e_o = 0,01$ m für alle Wanddicken bestimmte Werte für c_{\max} und β_{\max} . Für die Rotationsfähigkeit der Wand φ_r werden unter Verwendung der Untersuchungen von Heron 1967 in Abhängigkeit der Schlankheit der Wand ebenfalls Werte hergeleitet. Unter Verwendung von Untersuchungen von Heron 1967 ergibt sich nach langen Rechnungen:

$$\lambda_{v, \text{gruz}} = \frac{\varphi_r \cdot 10^3}{0,6} \quad (7)$$

$$\text{und } f_{(v)} = \frac{24 \cdot \lambda_v \cdot d^2 \cdot \beta_{\max}}{\lambda_v - \frac{\varphi_r \cdot 10^3}{0,6}} \quad (8)$$

Damit kann die Bemessung der Wand nach den Gl. (2) bzw. (3) durchgeführt werden.

4.3 Weitere Voraussetzungen, Annahmen

In PT 5-11 [6] werden aus den niederländischen Untersuchungen entsprechende Überleitungen zum Nachweisformat des EC 6-3 vorgenommen.

Es werden angenommen:

$$f_d = 5 \text{ N/mm}^2 \text{ und } \lambda_v = 40 \quad (9)$$

Diese Annahmen sollen auf der sicheren Seite liegen.

Damit ergibt sich aus Gl. (3):

$$l^2 \leq \frac{5 \cdot f_{(v)}}{P_d} \quad (10)$$

Es wird behauptet, dass bei Einhaltung der Gl. (4.4):

$$\phi = 0,85 - 0,001 l \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right)^2 \quad (4.4)$$

der Einfluss des Wand-Decken-Knotens abgesichert ist.

In PT 5-12 [6] wird Gl. (4.2) in EC 6-3 hergeleitet. Voraussetzungen:



$$e/t \leq 0,528 - 0,0122 \cdot \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \quad (11)$$

$$h_{ef} = 0,75 \cdot h \quad (12)$$

$$M_d = \frac{q_d \cdot h^2}{16} \text{ und } \frac{e}{t} = \frac{M_d}{N_{sd} \cdot t} = \frac{q_d \cdot h^2}{16 \cdot N_{sd} \cdot t} \quad (13)$$

Es bedeuten:

- h_{ef} Knicklänge
- $t = t_{ef} = d$ Wandlänge
- h lichte Geschosshöhe
- e Ausmitte der Wandnormalkraft N_{sd}
- q_d Rechenwert der Windlast

Gleichsetzen von e/t aus Gln. (11) und (13) liefert die Gl. (4.2):

$$t \geq \frac{0,12 \cdot q_d \cdot h^2}{N_{sd}} + 0,017 \cdot h \quad (4.2)$$

4.4 Vergleich mit deutschen Untersuchungen

Die Annahme in PT 5-1 I [6] von $f_d = 5 \text{ N/mm}^2$ bedeutet, dass mit einer charakteristischen Druckfestigkeit von $f_k = \gamma_M \cdot f_d = 1,7 \cdot 5 = 8,5 \text{ N/mm}^2$ gerechnet wurde. Dieser Wert ist sehr hoch. Eigene Untersuchungen haben ergeben, dass ab $f_k \geq 5 \text{ N/mm}^2$ das vereinfachte Verfahren innerhalb der im EC 6-3 angegebenen Grenzen gegenüber dem genaueren Verfahren immer auf der sicheren Seite liegt. Danach wären schon bei $f_k = 5$ keine Unterschiede zwischen den niederländischen Untersuchungen in PT 5-1 I bis -14 [6] und den deutschen (Forschungsbericht vom Nov. 2001) [2].

5. Zusammenfassung

Aufgrund durchgerechneter Beispiele für Außenwände ergaben sich nach dem vereinfachten Bemessungsverfahren nach EC 6 Teil 3 günstigere Ergebnisse als nach dem genaueren Verfahren nach EC 6 Teil 1-1. Dies trifft für kleine Mauerwerksfestigkeiten ($f_k < 5 \text{ MN/m}^2$) und große Wanddicken ($d > 200 \text{ mm}$) insbesondere bei größeren Deckenstützweiten ($l \geq 5,0 \text{ m}$) zu. Damit liegt das vereinfachte Verfahren in diesen Fällen auf der unsicheren Seite.

Die Forderung, dass sich das vereinfachte Verfahren des Teil 3 aus dem genaueren Verfahren des Teil 1-1 durch Einführung von auf der sicheren Seite liegenden Vereinfachungen ergeben muss, ist somit nicht erfüllt.



6. Deutsche Stellungnahme

Es werden folgende Änderungen bzw. Ergänzungen vorgeschlagen:

4.2.1.2 Zusätzliche Bedingungen

$$l \leq 4,5 + 10 \cdot t \leq 6 \text{ m für } f_k < 5 \text{ N/mm}^2 \text{ und} \quad (4.1) \\ \leq 7 \text{ m für } f_k \geq 5 \text{ N/mm}^2$$

4.2.2.3 Abminderungsfaktor der Traglast

$$\phi = 0,85 - 0,0011 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right)^2 \quad (4.4a)$$

und für Wände, die als Endauflager für Decken wirken, zusätzlich

$$\phi = 1,3 - 1/8 \leq 0,75 \quad (4.4b)$$

Diese Änderung zum EC 6 Teil 3 [1] ist noch im Spiegelausschuss Mauerwerksbau zu besprechen.

Hannover, 03.05.2002
Dr.-Ing. Helmut Reeh

Anlagen: Bilder 1.-11



Literatur, Dokumente

- [1] ENV 1996-3: Eurocode 6. Berechnung und Ausführung von Mauerwerk. Teil 3: Vereinfachte Bemessungsmethoden und einfache Regeln für Mauerwerk. Deutsche Fassung ENV 1996-3:1999 vom Oktober 2000
- [2] Jäger, W., Reeh, H., Baier, G., Mathias, B., Schlundt, A.: Vergleich des Eurocode 6 Teil 1-1 (ENV 1996-1-1) mit deutschen Mauerwerksnormen DIN 1053-1 und DIN 1053-2, November 1996. Forschungsbericht Teil 3A und 3B vom Sept. 2000 sowie Teil 4A und 4B vom November 2001.
- [3] DIN V ENV 1996-1-1: Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten. Teil 1-1: Allgemeine Regeln - Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk. Deutsche Fassung ENV 1996-1-1:1995. Normenausschuss Bauwesen im DIN 1996-12.
- [4] German comments on Eurocode 6, Part 3. Ref. No.: ENV 1996-3:1999 E. January 1999. Schriftstück 06.01.00 N 0018.
- [5] DIN 1053-1, Ausgabe 11.96. Mauerwerk, Teil 1 Berechnung und Ausführung.
- [6] PT5-11 Simplified Rules for the design of masonry structures - proposal jan. 95 Beuker 01-01-95
PT5-12 Walls, subjected to wind loading Beuker 12-12-96
PT5-13 Some clarifications and backgrounds Beuker 01-07-97
PT5-14 Background NPR 6791 chapter 2 Beuker 01-09-94
- [7] PT5-10 NPR 6791 - Masonry structures - Simple rules based on NEN 6790 NNI 01-04-94

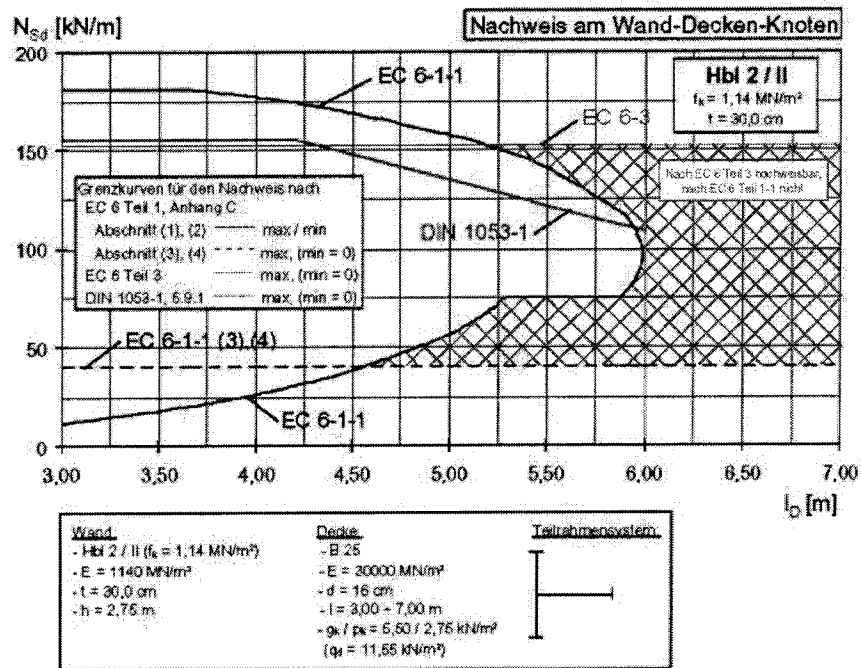


Bild 1

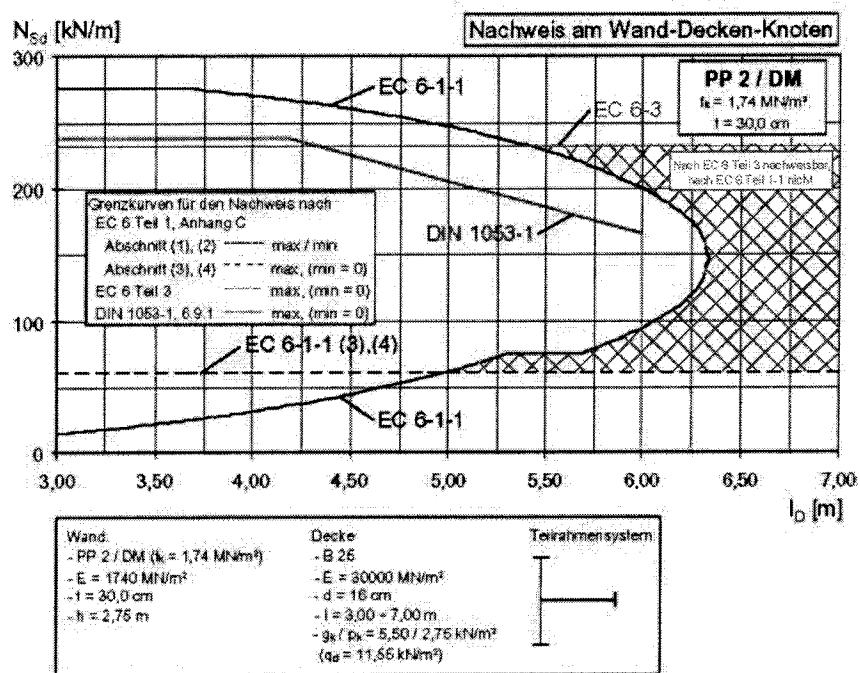


Bild 2

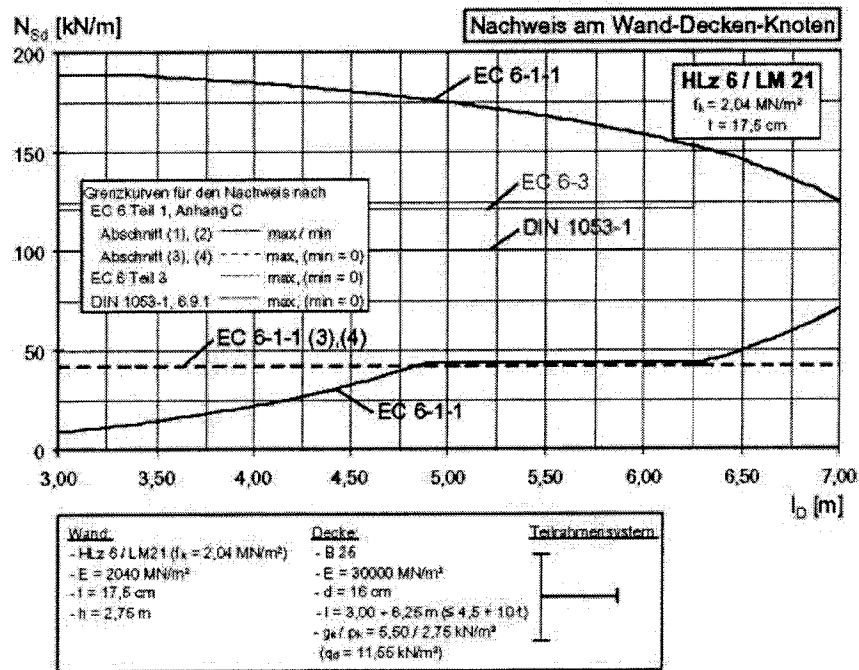


Bild 3

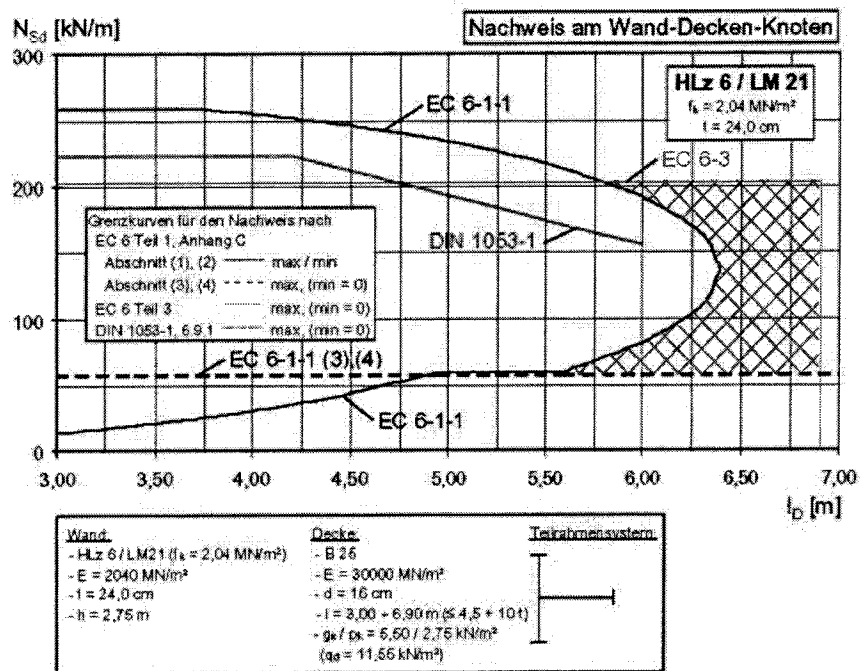


Bild 4

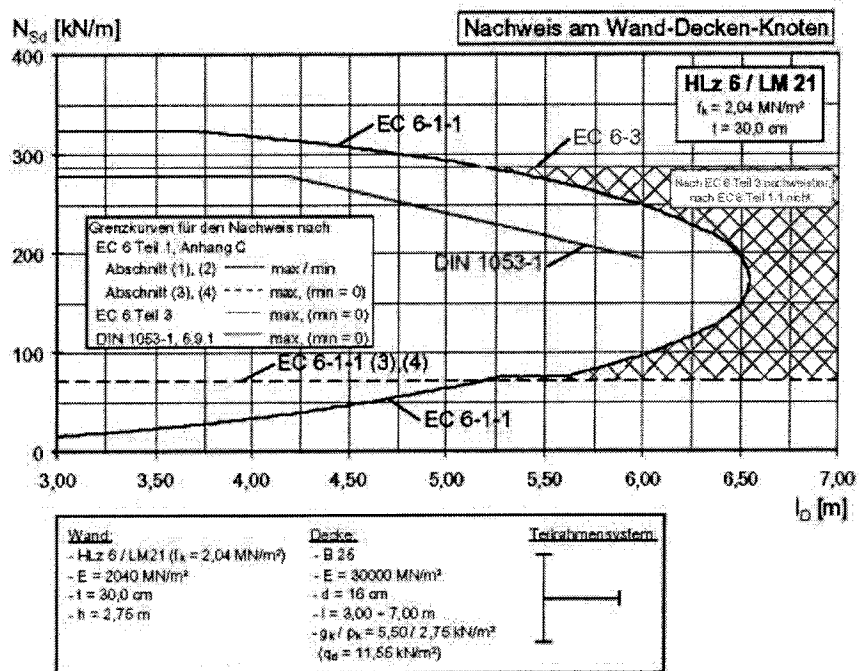


Bild 5

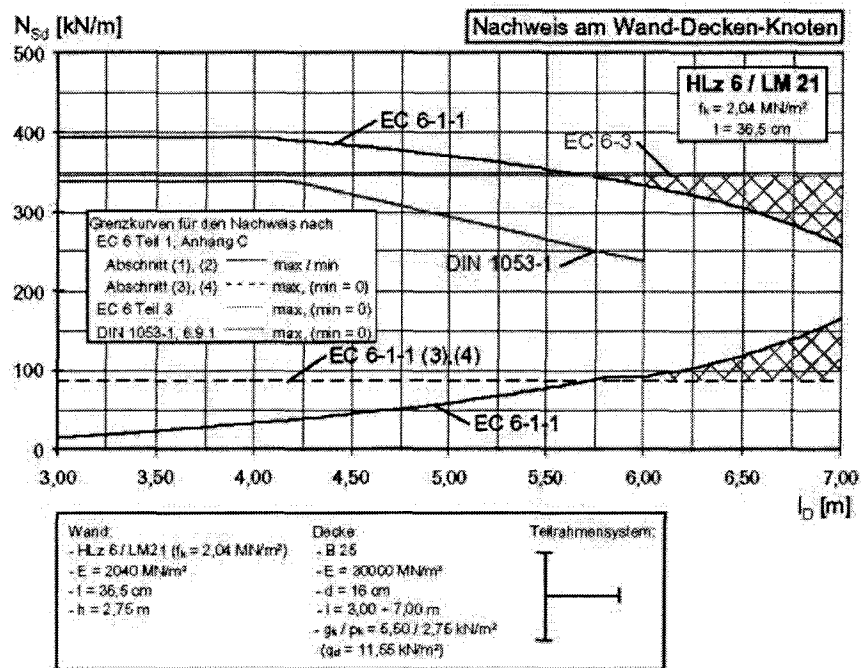


Bild 6

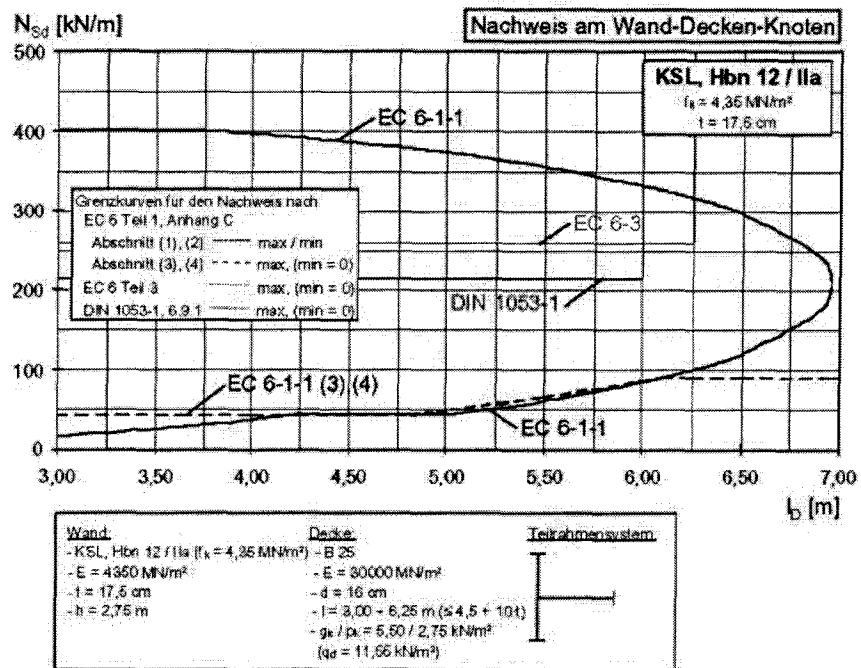


Bild 7

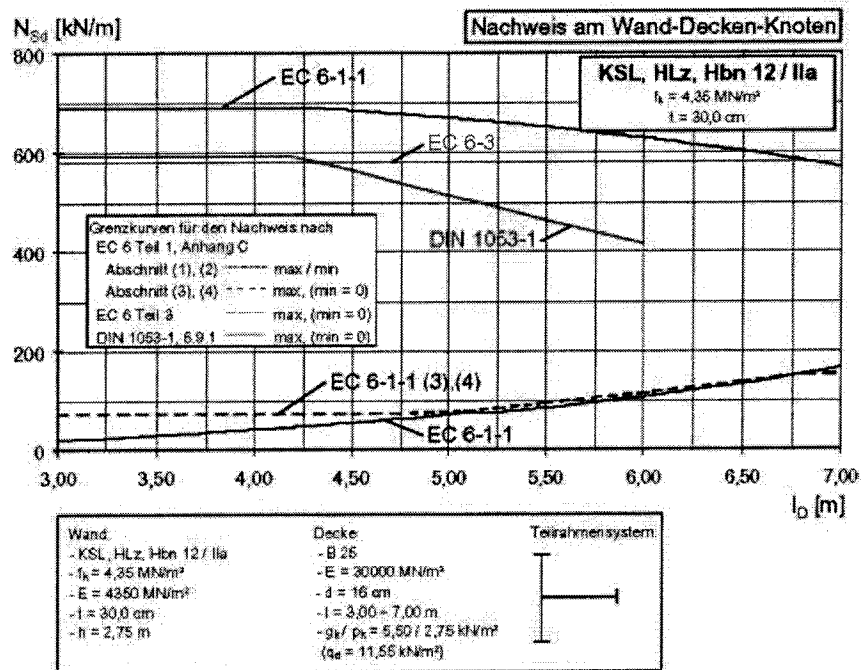


Bild 8

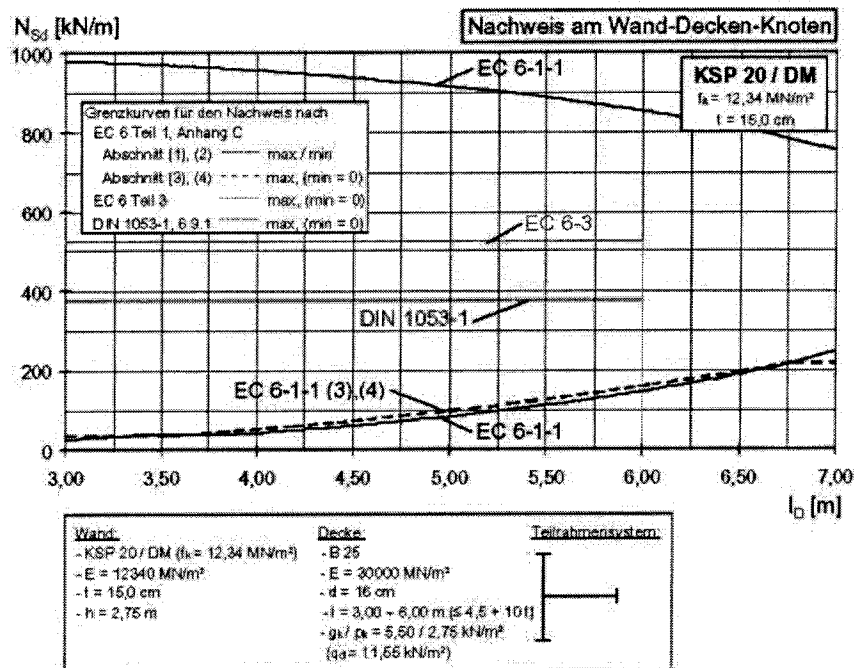
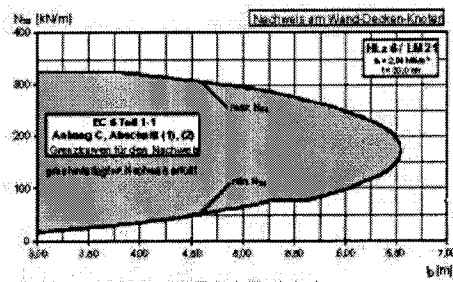
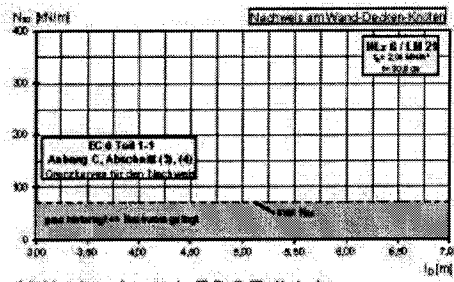


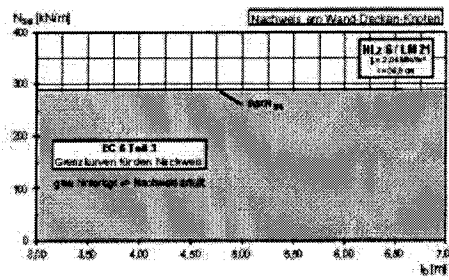
Bild 9



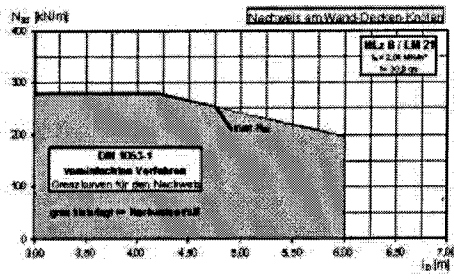
a) Nachweis nach EC 6 Teil 1-1
Anhang C, Abschnitt (1), (2)



b) Nachweis nach EC 6 Teil 1-1
Anhang C, Abschnitt (3), (4)



c) Nachweis nach EC 6 Teil 3



d) Nachweis nach DIN 1053-1

Bild 10

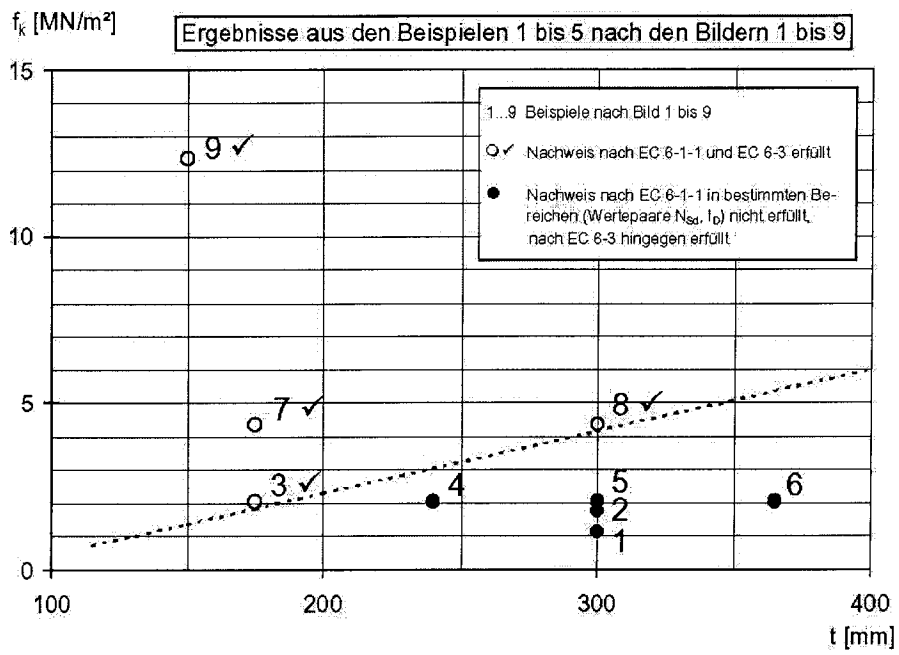


Bild 11



3.3.4 Deutsche Stellungnahme vom 15.05.2002 (Dokument PT5-20)

German comments on EC 6 part 3
Ref. No: ENV 1996-3 : 1999

Completion of our comment of 20.02.2001.
Explanation to clause 4,
4.2 Simplified calculation method for walls subjected to vertical loading.

1. German examination 1.1 General

In a research [1] same loadbearing masonry walls have been calculated according to EC 6 part 1-1 [2] and EC 6 part 3, i. e. according to the exact method and the simplified method. The vertical load, the wall thickness and the floor spans were varied. Interior and exterior walls (walls acting as end supports) were treated.

1.2 Results

a) Interior walls

For interior walls comparable results were obtained with both methods. The reduction of the vertical load resistance due to buckling is decisive.

b) Exterior walls (acting as end support to the floors)

For exterior walls the calculation according to the simplified method of part 3 is on the unsafe side for small characteristic compressive strengths of the masonry ($f_k < 5 \text{ MN/m}^2$) and great wall thicknesses ($t > 200 \text{ mm}$). The calculations showed that the verification according to the simplified method led to more favourable results than the verification according to the exact method according to part 1-1. In some cases the verification of the wall according to the exact method was not possible, but it succeeded according to the simplified method.

The equations (4.1) and (4.2) that have to be kept as additional conditions for the verification of walls acting as end support don't work. The influence of the eccentricity of loading on walls (at the top and bottom) is not taken into consideration. It is necessary to add an additional condition for the checking of the loadbearing capacity due to eccentric loading of the cross section.

A selection of calculated examples of the research [1] are shown in table I and the figures 1 to 9. The hatched areas show the ratio of loading and floor span (N_{ed} and l) where the walls can be calculated according to EC 6 part 3 but not according to EC 6 part 1-1. The hatched areas are obtained at great wall thicknesses, small characteristic compressive strengths of the masonry and great floor spans.

Figure 10 shows the areas for N_{ed} and l for which the calculation according to the various standards is successful. Figure 11 shows the results of the examples according to the figures 1 to 9.



Example Nr.	Units/mortar	f_k (MN/m ²)	t [m]	Figure Nr.
1	(Hbl 2 / II) AC2 / M2	1,14	0,300	1
2	(PP2 / DM) AAC1 / TLM	1,74	0,300	2
3	(HLz 6 / LM 21) Clay 2 / LWM	2,04	0,175	3
			0,240	4
			0,300	5
			0,365	6
4	(KSL / HLz / Hbn 12 / IIa) CS2 / Clay 2 / C2 / M5	4,35	0,175	7
			0,300	8
5	(KSP 20 / DM) CS1 / TLM	12,34	0,150	9

Table 1: In [1] calculated examples

2. Comparison of the simplified calculation methods according to DIN 1053-I [3] and to EC 6 part 3

In DIN 1053-I [3] the influence of the eccentricity of loading on walls is taken into consideration in that way that the results of simplified calculations are in all cases on the safe side in comparison with the results of exact calculations.

For the simplified calculation method in DIN 1053-I [3] is valid:

- The floor span is limited to 6 m
- The permissible compressive stress is

$$\text{zul } \sigma_D = k \cdot \sigma_0 \quad (1)$$

where

σ_0 is the permissible basic compressive stress depending on the materials of masonry (units, mortar)

k is the reduction factor:

$$k = k_1 \cdot k_2 \text{ (buckling)}$$

$$k = k_1 \cdot k_3 \text{ (eccentricity of loading on walls)}$$

$$k_1 = 1,0 \text{ (wall) or } 0,8 \text{ (pillar)} \quad (2)$$

$$k_2 = \frac{25 - h_w/t}{15} \quad (3)$$

$$k_3 = 1,7 - 1/6 \text{ for } 4,20 \text{ m} < l = 6,00 \text{ m}$$

$$k_3 = 0,5 \text{ in the topmost story}$$

For reasons of comparison with EC 6 part 3 and DIN 1053-I the reduction factor is

$$\phi = 0,75 \cdot k \quad (4)$$

and the characteristic compressive strength

$$f_k = 3,14 \cdot \sigma_0 \quad (5)$$



3. German comment

Ec 6 part 3, clause 4.2 has to be changed in some points. An essential result of our calculations is that the demand that the simplified calculation methods in part 3 can be derived from the exact methods of part 1-1 by introduction of simplifications on the safe side is not fulfilled. Therefore we propose the following amendments and supplements of our comment of 20.02.2001:

1. Clause 4.2.1.2: Additional conditions (1) P

Equation (4.1) should be changed:

$$\left. \begin{aligned} l &= 4,5 + 10 \cdot t = 6 \text{ m} && \text{for } f_k < 5 \text{ N/mm}^2 \\ &= 7 \text{ m} && \text{for } f_k = 5 \text{ N/mm}^2 \end{aligned} \right\} \quad (4.1)$$

2. Clause 4.2.2.3: Capacity reduction factor

Paragraph (1) and equation (4.4) should be changed:

(1) The capacity reduction factor ϕ may be determined from:

$$\phi = 0,85 - 0,001 l \left[\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right]^2 \quad (4.4a)$$

and for walls acting as end supports to the floor or roofs

$$\phi = 1,3 - \frac{l}{8} = 0,75 \quad (4.4b)$$

The smaller value of equation (4.4a) and ((4.4b) has to be taken into consideration for walls acting as end support.

Hannover, 15.05.2002

Dr.-Ing. Helmut Reeh

Enclosure: Figures 1 to 11



Documents

- [1] Jäger, W., Reeh, H., Baier, G., Mathias, B., Schlundt, A.: Vergleich des Eurocode 6 Teil 1-1 (ENV 1996-1-1) mit deutschen Mauerwerksnormen DIN 1053-1 und DIN 1053-2, November 1996. Forschungsbericht Teil 3A und 3B vom September 2000 sowie Teil 4A und 4B vom November 2001.
- [2] DIN V ENV 1996-1-1: Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten, Teil 1-1: Allgemeine Regeln – Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk. Deutsche Fassung ENV 1996-1-1:1995. Normenausschuss Bauwesen im DIN 1996-12.
- [3] DIN 1053-1, Ausgabe 11.96. Mauerwerk, Teil 1 Berechnung und Ausführung.



3.3.5 Niederländische Ausarbeitung vom 26.07.2002 (Dokument PT5-22)

Background formula 4.1 in prEN 1996-3 (2)

PT5-22³

Introduction

In PT5-18 the inadequacy of formula 4.1 is described. On page 2 of that paper it is suggested that the supplementary conditions as stated in PT5-10 clause 2.1.2 could be accepted. In this paper a proposal for the a implementation of this is given.

I have searched for a good way to present these supplementary conditions. I think the proposal below is not yet ideal but it is the best I can achieve at this moment.

Proposal

Replace clause 4.2.1.2 (1)P by the following:

4.2.1.2 Additional conditions

(1)P For walls acting as end support to floors (see figure 4.1), the simplified calculation method given in 4.2.2 may be applied only if:

$$\frac{p_d \cdot \ell^2 \cdot \gamma_M}{f_k} \leq \alpha_w \tag{4.4}$$

where:

- p_d is the design value of the floor load, in kN/m²;
- ℓ is the floor span, in m;
- f_k is the characteristic compressive strength of the masonry, in N/mm²;
- γ_M is the partial factor for the material, obtained from 2.3;
- α_w is the value derived from table 4.1 for floors supported on two supports and derived from table 4.2 for floors supported on more than two supports, where the value n.a. is given the requirement from formula 4.4 does not have to be fulfilled;
- d is the effective thickness of the floor, in m;
- t is the thickness of the wall.

Table 4.1 value for α_w with floors on two supports

$\frac{\ell}{d}$	t [mm]				
	100	120	150	200	250
15	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	525
20	n.a.	n.a.	n.a.	380	263
25	n.a.	n.a.	n.a.	211	202
30	180	143	192	163	175
35	60	74	112	140	160
40	40	54	85	127	150
45	32	45	72	118	143
50	27	40	64	112	138

*n.a. = not applicable
it is correct, no calculation*

Table 4.2 value for α_w with floors on more than two supports

t [mm]

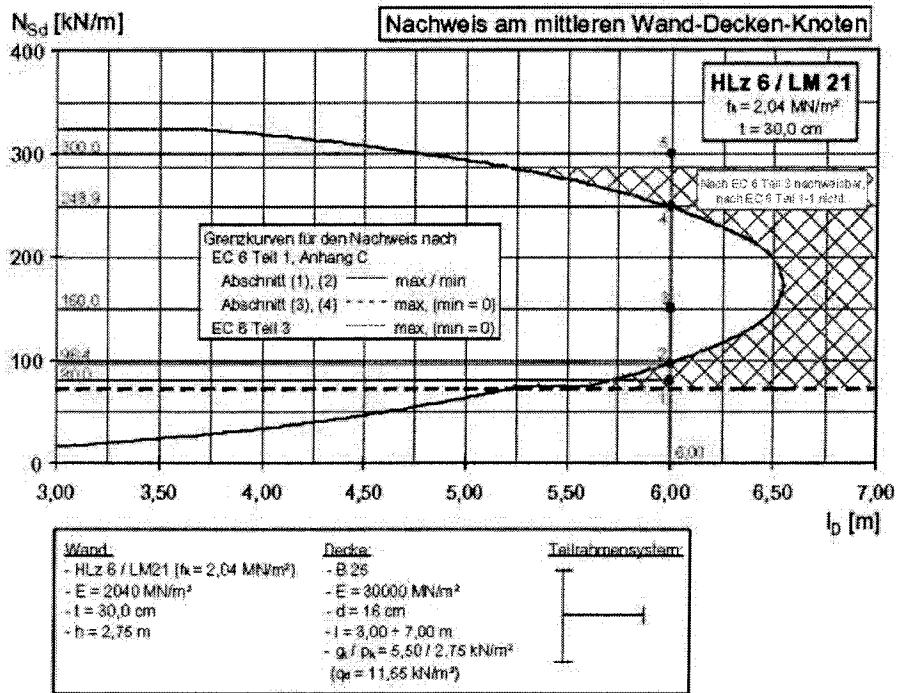



$\frac{f}{d}$	t [mm]				
20	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	467
30	n.a.	n.a.	n.a.	612	280
35	n.a.	n.a.	n.a.	286	218
40	n.a.	n.a.	n.a.	204	187
45	n.a.	321	258	167	168
50	114	114	143	146	156

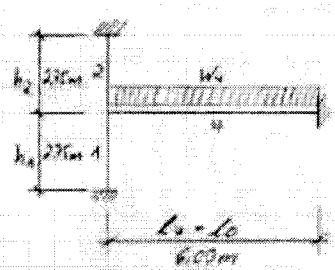
Rijswijk, 26 July 2002

Simon Wijte

3.3.6 Erläuterung der Diagramme zur dt. Stellungnahme (01.08.2002)



	ALWIK NR. _____	SEITE 1
ZU POS. <u>ENV 1996-A-1, Annex C</u>		



$$W_d = 1,35 \cdot q_{d1} + 1,50 \cdot p_k$$

$$= 1,35 \cdot 5,50 + 1,50 \cdot 2,75$$

$$= 11,55 \text{ kN/m}^2$$

$$E_s = E_p = 19000 \text{ f}_k = 19000 \cdot 0,24 = 2040 \text{ N/mm}^2$$

$$E_c = 30000 \text{ N/mm}^2 \quad (3,25)$$

$$I_1 = I_2 = \frac{1,00 \cdot 0,230^3}{12} = 0,002250 \text{ m}^4$$

$$I_3 = \frac{1,00 \cdot 0,27^3}{12} = 0,00341 \text{ m}^4$$

$$n_1 = n_2 = n_4 = 4$$

(C.1):

$$M_{Ed} = \frac{4 \cdot 2040 \cdot 0,002250}{2,75} \cdot \left(\frac{11,55 \cdot 6,00^2}{12} \right) + \frac{2 \cdot 4 \cdot 2040 \cdot 0,002250}{2,75} + \frac{4 \cdot 30000 \cdot 0,00341}{6,00}$$

$$= \frac{6,676}{2,6,676 + 1,810} \cdot 39,650 = 0,331 \cdot 39,650 = 13,149 \text{ kNm/m}$$

(C.2):

$$k = \frac{30000 \cdot 0,00341}{1,00} = \frac{1,705}{2 \cdot 1,119} = 0,511$$

$$(1 - k/n) = 1 - 0,511/4 = 0,872 \quad (< 2,0!)$$

$$M = 0,872 \cdot 13,149 = 11,469 \text{ kNm/m}$$

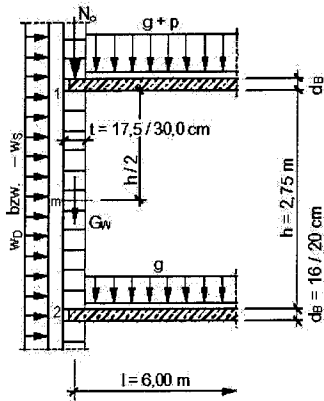
$(\sigma > 0,25 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow N_{sd} > 75 \text{ kN/m} = 0,30 \cdot 0,25 \cdot 10^6)$



BGS		SEITE 2				
ZU POS. ENV 1996-1-1, 4.4.2 und 4.4.3						
Nr.	1	2	3	4	5	
N_{sd} [kN/m]	80,00	96,40	150,00	248,90	300,00	
c [m] $c = M/N_{sd} = 18000/N_{sd}$	0,12501	0,10374	0,06667	0,04016	0,03334	
c_2 [m] $c_2 = b_2/150 = 235/150$	0,00611	0,00611	0,00611	0,00611	0,00611	
c_1 [m] $c_1 = c + c_2$	0,13112	0,10985	0,07278	0,04627	0,03945	
$c_1 \cdot t$ [-] $= c_1 \cdot 0,30$	0,43371	0,3662	0,24226	0,1543	0,1315	
Φ_1 [-] $= 1 - 2 \cdot \frac{c_1 \cdot t}{l}$	0,1258	0,2676	0,5148	0,6919	0,7370	
N_{ed} [kN/m] $= \Phi_1 \cdot t \cdot f_k / 8H$ $= \Phi_1 \cdot 0,30 \cdot 209 \cdot 10^3 / 147$	45,28	96,34	185,33	248,90	265,32	
Nachweis	$N_{sd} > N_{ed}$ nicht erfüllt	$N_{sd} = N_{ed}$ Grenzwerk wird	$N_{sd} < N_{ed}$ erfüllt	$N_{sd} = N_{ed}$ Grenzwerk steht	$N_{sd} > N_{ed}$ nicht erfüllt	
<p>⇒ Nachweis erfüllt für $96,40 \text{ kN/m} \leq N_{sd} \leq 248,90 \text{ kN/m}$!</p>						

3.3.7 Deutsche Beispielberechnung typischer Außenwände (27.08.2002)

Dr.-Ing. Helmut Reeh
27.08.2002 / Scu



Belastung

charakteristische Werte:

Bemessungswerte:

($\gamma_G = 1,35 / \gamma_Q = 1,50$)

$G_{w,k} = 10,00 \text{ kN/m}$
 $g_{k,16 \text{ cm}} = 5,50 \text{ kN/m}^2$
 $g_{k,20 \text{ cm}} = 6,50 \text{ kN/m}^2$
 $p_k = 2,75 \text{ kN/m}^2$
 $w_{D,k} = 0,40 \text{ kN/m}^2$
 $w_{S,k} = 0,25 \text{ kN/m}^2$

$N_{d,1} = 35,0 \text{ kN/m}$
 $G_{w,d} = 13,5 \text{ kN/m}$
 $g_{d,16 \text{ cm}} = 7,425 \text{ kN/m}^2$
 $g_{d,20 \text{ cm}} = 8,775 \text{ kN/m}^2$
 $p_d = 4,125 \text{ kN/m}^2$
 $w_{D,d} = 0,600 \text{ kN/m}^2$
 $w_{S,d} = 0,375 \text{ kN/m}^2$

Beispiel		1			2			3			4		
Wand	SFK / MG	HLz 6 / LM21						HLz 12 / IIIa					
	f_{yk} [N/mm ²]	2,04						4,35					
	E [N/mm ²]	2040						4350					
	t [m]	0,300						0,175					
	h = h _k [m]	2,75						2,75					
Decke	Beton	C 20/25						C 20/25					
	f_{ck} [N/mm ²]	20						20					
	E [N/mm ²]	29000						29000					
	Betonstahl	BSI 500						BSI 500					
	f_{yk} [N/mm ²]	500						500					
e_{uk} [%]	25						25						
l [m]	6,00						6,00						
d_B [m]	0,160			0,200			0,160			0,200			
Nachweisstelle		1	m	2	1	m	2	1	m	2	1	m	2
ENV 1996-1-1, Annex C (1), (2), (3)	M [kNm/m]	-11,60	---	7,45	-9,85	---	6,70	-7,99	---	5,14	-5,90	---	4,012
	(1 - k/4)	0,876	---	0,876	0,759	---	0,759	0,708	---	0,708	0,500	---	0,500
	M [kNm/m]	-10,16	-2,17	6,53	-7,47	-1,55	5,08	-5,66	-1,36	3,64	-2,95	-0,82	2,01
	N_{sd} [kN/m]	69,65	76,40	83,15	73,70	80,45	87,20	69,65	76,40	83,15	73,70	80,45	87,20
	e [m]	0,146	0,028	0,079	0,101	0,019	0,058	0,081	0,018	0,044	0,040	0,010	0,023
	e_a [m]	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
	$e + e_a$ [m]	0,152	0,034	0,085	0,107	0,025	0,064	0,087	0,024	0,050	0,046	0,016	0,029
	Φ [---]	< 0	0,719	0,433	0,287	0,781	0,573	0,006	0,542	0,429	0,474	0,640	0,669
N_{rd} [kN/m]	---	258,84	155,88	103,32	281,16	206,28	2,69	242,70	192,10	212,25	286,59	299,57	
	✓	> N_{sd} ✓	> N_{sd} ✓	> N_{sd} ✓	> N_{sd} ✓	> N_{sd} ✓	✓	> N_{sd} ✓	> N_{sd} ✓	> N_{sd} ✓	> N_{sd} ✓	> N_{sd} ✓	
ENV 1996-1-1, Annex C (4), (5)	0,4 · l [m]	0,120	---	---	---	---	---	0,070	---	---	---	---	
	< e ✓	---	---	---	---	---	---	< e ✓	---	---	---	---	
	Φ [---]	0,200	---	---	---	---	---	0,200	---	---	---	---	
N_{rd} [kN/m]	72,00	---	---	---	---	---	89,56	---	---	---	---		
	> N_{sd} ✓	---	---	---	---	---	> N_{sd} ✓	---	---	---	---	---	



3.4 Aktueller Stand im Normentwurf prEN 1996-3, 4th Draft, September 2002 [2]

Der derzeitige Stand des Normentwurfes enthält zur vereinfachten Berechnungsmethode für vertikal beanspruchte Wände noch die Regelungen, die bereits in ENV 1996-3 [1] enthalten waren, mit dem Hinweis, dass die Formel (4.1) zur Begrenzung der Deckenlänge noch überarbeitet wird. Wie in Kapitel 3.2.2 beschrieben, sind zur Berücksichtigung des Deckendrehwinkels jedoch noch umfangreichere Änderungen in der Norm notwendig, die im Normungsausschuss PT5 derzeit beraten werden. Von deutscher Seite wird weiterhin der Vorschlag zur Ergänzung des Berechnungsverfahrens favorisiert, der in der deutschen Stellungnahme - vgl. Kap. 3.3.3 des Forschungsberichtes - enthalten ist.



4. Vereinfachte Berechnungsmethode für Wände aus unbewehrtem Mauerwerk bei Gebäuden mit höchstens drei Geschossen [1 - Anhang A]

4.1 Normentwurf DIN V ENV 1996-3, Ausgabe 2000-10 [1]

Die vereinfachte Berechnungsmethode bei Gebäuden mit höchstens drei Geschossen nach ENV 1996-3 [1 - Anhang A] ist in drei Abschnitte gegliedert. Nach einer Auflistung der für die Anwendung einzuhaltenden Bedingungen sind zwei vereinfachte Berechnungsmethoden enthalten. Zum einen darf der Bemessungswert der vertikalen Traglast gegenüber dem allgemeinen vereinfachten Berechnungsverfahren in Abschnitt 4.2 der Norm noch weiter vereinfacht ermittelt werden und zum anderen sind Regelungen angegeben, mit denen Wandscheiben ohne Nachweis der Windlast bemessen werden dürfen.

In Anhang A.1 sind zunächst die allgemeinen Anwendungsvoraussetzungen beschrieben. Es gelten die folgenden, hier zusammengefasst wiedergegebenen Bedingungen:

- Geschosszahl über Gelände ≤ 3
- Die Wände müssen oben und unten senkrecht zur Wandebene gehalten sein
- Auflagertiefe der Decken / des Daches $\geq 2/3 \cdot t$ bzw. ≥ 85 mm
- lichte Geschosshöhe $\leq 3,00$ m
- Abstand aussteifender Querwände von Außenwänden $\leq 3 \cdot h$ (h lichte Geschosshöhe)
- Schlankheit der Wände $h/t \leq 18$
- Gebäudehöhe $\leq 3 \cdot$ Gebäudebreite
- charakteristische Werte der Einwirkungen auf die Decken / das Dach $\leq 5,0$ kN/m²
- Stützweite der Decken / des Daches $\leq 6,0$ m (Holz- und Stahlfachwerk $\leq 12,0$ m)

In Anhang A.2 ist zur vereinfachten Ermittlung des Bemessungswertes der vertikalen Traglast N_{Rd} die folgende Gleichung angegeben:

$$N_{Rd} = \frac{0,5 \cdot f_k \cdot A}{\gamma_M}$$

mit f_k charakteristische Druckfestigkeit des Mauerwerkes
 A horizontale Querschnittsfläche der Wand
 γ_M Teilsicherheitsbeiwert des Tragwiderstandes

Diese Gleichung bedeutet, dass der Abminderungsfaktor Φ , der sowohl bei einer genaueren Berechnung nach ENV 1996-1-1 [3] als auch bei der vereinfachten Berechnung nach



ENV 1996-3 [1 - Abschnitt 4.2] im einzelnen ermittelt werden muss, hier generell zu 0,5 gesetzt werden darf.

Nach Anhang A.3 dürfen Wandscheiben ohne Nachweis der Windlast bemessen werden, wenn eine ausreichende Anzahl von Wänden das Gebäude in beiden Richtungen aussteifen. Diese Anzahl darf bei Einhaltung der folgenden, verkürzt wiedergegebenen Bedingungen als ausreichend angesehen werden:

- charakteristische Windlast $\leq 1,0 \text{ kN/m}^2$
- Anzahl der Wände je Richtung ≥ 2
- Nachweis des Bemessungswertes der vertikalen Tragfähigkeit nach [1 - Abschn. 4.2] mit $0,8 \cdot f_k$
- Etwa symmetrische Anordnung der Wandscheiben im Grundriss (vgl. [1 - Bild A.1])
- Die Summe der Querschnittsflächen der Wandscheiben in jeder Richtung genügt der folgenden Beziehung:

$$\sum t \cdot l_x \geq k \cdot L_y \cdot h_{\text{tot}} \quad \text{und} \quad \sum t \cdot l_y \geq k \cdot L_x \cdot h_{\text{tot}}$$

mit l_x, l_y Länge der Wandscheiben (vgl. [1 - Bild A.1]) mit $l \geq 0,2 \cdot h_{\text{tot}}$

L_x, L_y Gebäudelänge

h_{tot} Gebäudehöhe

k Beiwert nach [1 - Tabelle A.1]

Wandscheibenprofil	$8,0 \text{ N/mm}^2 \geq f_b \geq 2,0 \text{ N/mm}^2$	$f_b > 8,0 \text{ N/mm}^2$
rechteckig	$k = 0,02$	$k = 0,03$
I-Profil	$k = 0,01$	$k = 0,02$

Genügen die aussteifenden Wände und der Gebäudegrundriss den genannten Bedingungen und sind die Anwendungsvoraussetzungen nach Anhang A.1 eingehalten, darf nach [1] bei Gebäuden mit bis zu drei Geschossen somit auf einen Aussteifungsnachweis verzichtet werden.



4.2 Untersuchungen zum Normentwurf und Änderungsvorschläge

4.2.1 Bemessungswert der vertikalen Traglast [1 - Anhang A.2]

Der vereinfachte Bemessungswert der vertikalen Traglast nach ENV 1996-3 [1- Anhang A.2] wurde bereits im Forschungsbericht [8] untersucht. Es wurde festgestellt, dass der generell mit 0,5 anzusetzende Abminderungsfaktor ϕ gegenüber der allgemeinen vereinfachten Berechnung nach ENV 1996-3 [1 - Abschn. 4.2] unter den in [1 - Anhang A.1] genannten Bedingungen auf der sicheren Seite liegt.

Der in der deutschen Stellungnahme [5], [6], [7] zur ENV 1996-3 [1] für Außenwände in Anlehnung an DIN 1053-1 [9] neu vorgeschlagene Abminderungsfaktor $\phi = 1,3 - l_D/8 \leq 0,75$ liefert für alle nach Anhang A.1 erlaubten Deckenlängen $l_D \leq 6,00$ m als kleinsten Wert $\phi = 0,55$. Der Abminderungsfaktor nach Anhang A.2 liegt daher mit einem Wert von 0,50 auch gegenüber dem ergänzend vorgeschlagenen Abminderungsfaktor in jedem Fall auf der sicheren Seite. Die vorgeschlagenen Änderungen zum vereinfachten Verfahren nach Abschnitt 4.2 wirken sich auf die noch weiter vereinfachte Bemessung in Anhang A daher nicht aus. Die Regelungen in Anhang A.2 können unverändert beibehalten werden.

4.2.2 Wandscheiben ohne Nachweis der Windlast [1 - Anhang A.3]

Bei der Überprüfung der Bemessung von Wandscheiben ohne Nachweis der Windlast nach ENV 1996-3, Anhang A.3, wurden erhebliche Sicherheitslücken festgestellt. Ebenfalls genauere, aber unzureichende und auf der unsicheren Seite liegende Festlegungen enthält die ISO-Norm 9652-2 [14]. Der ältere Stand dieser Norm von 1992 - bekannt als "Simple Rules" - wurde vom Bearbeiter dieses Forschungsberichtes geprüft [15] und es wurden Verbesserungsvorschläge erarbeitet [16]. Diese betrafen die Standsicherheit und Stabilität. Im Prinzip sind diese Verbesserungsvorschläge bereits in ENV 1996-3 [1] eingearbeitet worden. Hierbei sind aber wesentliche Anforderungen nicht beachtet worden. Es sind daher Änderungen und Ergänzungen erforderlich, zu denen in der deutschen Stellungnahme vom 04.09.2002 (vgl. Kap. 4.3.1 des Forschungsberichtes) Vorschläge gemacht wurden. Hierbei wurden insbesondere die nachfolgend genannten Punkte angesprochen.

- Es ist nicht ausreichend, die Mindestlänge einer aussteifenden Wand allein mit $0,2 \cdot h_{\text{tot}}$ festzulegen. Dies würde bedeuten, dass z. B. bei eingeschossigen Gebäuden ($h_{\text{tot}} = 3,0$ m) bereits 60 cm lange Wände beim vereinfachten Nachweis angesetzt werden dürfen, die bei einer genaueren Berechnung aufgrund der geringen Biegesteifigkeit nahezu kei-



ne Horizontallasten erhalten würden. Es wurde daher vorgeschlagen, die Mindestlänge der ansetzbaren Wände unabhängig von der Gebäudehöhe mit 2,50 oder 2,75 m festzulegen.

- Es muss die Höhe der Vertikalbelastung der jeweiligen Wand berücksichtigt werden. Nur ausreichend vertikal überdrückte Wände können Horizontallasten aufnehmen, da bei nicht oder nur gering belasteten Wänden schon kleinere Horizontallasten zu unzulässig klaffenden Fugen und Spannungsüberschreitungen führen können. Es wurde daher vorgeschlagen, eine Unterteilung in vertikal gering und hoch belastete Wände, z. B. in Abhängigkeit der Deckenspannrichtung - parallel oder senkrecht zur Wand - einzuführen.
- Die Beiwerte k zur Berücksichtigung der Materialeigenschaften in [1 - Tabelle A.1] werden nur in Abhängigkeit der normierten Steindruckfestigkeit ermittelt. Damit die Festigkeit der Wand, in die auch die Mörtelfestigkeit eingeht, angemessen in der Bemessung berücksichtigt wird, sollten die Beiwerte besser in Abhängigkeit der charakteristischen Mauerwerksdruckfestigkeit ermittelt werden.
- Die Unterteilung der festigkeitsabhängigen Ermittlung der Beiwerte k ist zu ungenau. In [1] sind zwei Fälle unterschieden ($2,0 \text{ N/mm}^2 \leq f_b \leq 8,0 \text{ N/mm}^2$ und $f_b > 8,0 \text{ N/mm}^2$). Hier ist in unter Berücksichtigung der Mauerwerksarten, wie angesprochen in Abhängigkeit der charakteristischen Druckfestigkeit des Mauerwerkes, eine genauere Unterteilung erforderlich. Es könnte z. B. entsprechend den für Deutschland typischen Mauerwerksarten die folgende Unterteilung vorgenommen werden: $f_k [\text{N/mm}^2] = 1,00 \div 1,99 / 2,00 \div 3,99 / 4,00 \div 7,99 / \geq 8,00$.
- Bei einer genaueren Ermittlung der Beiwerte k entsprechend den o. g. Ausführungen sollten daher unbedingt die nachfolgend genannten Annahmen berücksichtigt werden.
 - Die Wände müssen vertikal belastet sein, aber noch Reserven zur Aufnahme der Horizontalkräfte aufweisen.
 - Der angesetzte Wandquerschnitt muss gedrückt sein.
 - Bei der Ermittlung der aufnehmbaren Spannungen müssen gerissene Querschnittsflächen berücksichtigt werden.
 - Es muss nicht nur die Querschnittsfläche, sondern insbesondere auch das Flächenmoment 2. Grades der Wand in die Ermittlung eingehen.



- Die Ausnutzung (hoch bzw. gering) der Wand durch Vertikallasten ist zu berücksichtigen.
- Die vereinfachte Bemessung erfolgt für das Erdgeschoss. In den oberen Geschossen sind ggf. auch dünnere Wände möglich.

Unter Berücksichtigung der deutschen Stellungnahme und den Beratungen im PT5 wurde von italienischer Seite ein vollständig überarbeiteter Entwurf des Anhang A.3 erarbeitet (vgl. Kap. 4.3.2 des Forschungsberichtes). Dieser Entwurf wurde überprüft und mit einigen Ergänzungen als weitere deutsche Stellungnahme (vgl. Kap. 4.3.3 des Forschungsberichtes) dem PT5 übersandt. Hierbei wurde insbesondere noch ergänzt, dass *a*) nur vertikal belastete Wände angesetzt werden dürfen, *b*) instabile Systeme zu vermeiden sind - d. h. die Systemlinien der aussteifenden Wände dürfen sich im Grundriss nicht in einem Punkt schneiden - und *c*) die Mindestlänge einer Wand 2,50 m betragen muss. Des weiteren wurde entsprechend den Beratungsergebnissen im PT5 die Tabelle A.1 zur Ermittlung des Beiwertes k überarbeitet. Es wird vorgeschlagen, die charakteristische Druckfestigkeit des Mauerwerkes in zwei Klassen ($1,00 \text{ N/mm}^2 \leq f_k \leq 3,99 \text{ N/mm}^2$ und $f_k > 4,00 \text{ N/mm}^2$) und die vertikale Belastung der Wand in drei Ausnutzungsgrade ($\alpha = 0,2 / 0,5 / 0,7$) zu unterteilen. Des weiteren wurde angemerkt, dass die k -Werte für Doppel-T-Querschnitte noch zu ermitteln und die für Rechteckquerschnitte aus ENV 1996-3 [1] abgeleiteten noch zu überprüfen sind. Auch muss noch überprüft werden, ob entsprechend den deutschen Regelungen in Abhängigkeit der Wanddicke bestimmte Höchstabstände der aussteifenden Wände eingehalten werden müssen. Eine entsprechende Regelung ist in den bisherigen Entwürfen der prEN 1996-3 nicht enthalten.



4.3 Stellungnahmen und Ausarbeitungen PT5

4.3.1 Deutsche Stellungnahme zum Anhang A.3 v. 04.09.2002 (Dokument PT5-27)

Draft prEN 1996-3 - Stage 34

Annex A

Comment on

A3: Shear walls without verification of wind load resistance

- (1) The length of considered webs should be more than 2,50 m or 2,75 m instead of $0,2 \cdot h_{tot}$.
- (2) In table A1 has to be considered,
 - if the wall is high or low loaded by vertical loads (span of floor onto or parallel to the wall).
 - the compressive strength of mortar f_m . Then the values of k are dependent on the characteristic strength of masonry f_b and not on the normalised compressive strength of the units f_{b0} .
 - the division into only two groups of f_b is too inaccurate.
- (3) A new table A1 is proposed as shown in table 2 next page.
- (4) The values of k in table A1 can only be obtained by long calculations and many simplifications:
 - The walls should be loaded by vertical loads but must have reserves for vertical stresses due to horizontal loads (wind).
 - The cross-section of the wall should be pressed.
 - The tolerable compressive and shear stresses must be kept (teared cross sections have to be considered).
 - For a stiffening wall is not only the area of the cross section decisive but also the second moment of area.
 - There is a difference between high and low loaded walls (span of floors onto or parallel to the wall).
 - In 2 and 3 story buildings the ground floor is decisive. In the upper stories the areas of the cross section of the walls could be smaller.

Dr.-Ing. Helmut Reeh
Berater der Ingenieure
Prüfingenieur für Baustatik
vom EBA anerkannter
Sachverständiger im
Eisenbahnbau
v. d. INK Hannover-Hildesheim
öbuv Sachverständiger

Gesellschafter der
BGS INGENIEURSOZIAL

Schiffgraben 22
30175 Hannover
Telefon (05 11) 34 07 110
Telefax (05 11) 34 07 199
E-Mail re@bgs-ing.de
<http://www.bgs-ing.de>

Blatt 2



Dr.-Ing. Helmut Reeh

zu Draft prEN 1996-3 - Stage 34, Annex A
vom 04.09.2002

Table 1: In Germany usual masonry

masonry unit	mortar	f_b [N/mm ²]	f_m [N/mm ²]	f_k [N/mm ²]	t [mm]
AAC 2 group 1	TLM	2,5	10,0	1,6	≥ 300
Clay 6 group 2	LM	7,5	2,5	2,0	240
Clay / CS 12 group 1	GPM 5	15,0	5,0	4,85	175
CS 20 group 1	GPM 10 TLM	25,0	10,0	8,55 11,57	150
CS 28 group 1	TLM	35,0	10,0	15,4	115

Table 2: Proposal for Table A1 in prEN 1996-3, Values of k

shear wall profile		f_k [N/mm ²]			
		1,00 ÷ 1,99	2,00 ÷ 3,99	4,00 ÷ 7,99	≥ 8,00
Rectangular 	high loaded	0,022		0,011	
	low loaded	0,025		0,018	
I-Profile 	high loaded				
	low loaded				

Blatt 3

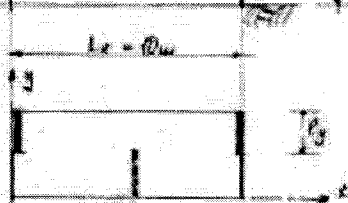
Dr.-Ing. Helmut Reeh

zu Draft prEN 1996-3 - Stage 34, Annex A

vom 04.09.2002

Example according to prEN 1996-3, stage 32, Annex A, A3

1.) 3 story-building



$t = 0,25 \text{ m}$
 a) $f_b = 15 \text{ N/mm}^2$
 b) $f_b = 2,5$

y-direction:
 $\Sigma t \cdot e_y \geq k \cdot L_w \cdot h_{\text{tot}}$
 $= 90 \cdot k$
 $e_y \geq 90 \cdot 0,25 = 22,5 \text{ m}$

table A1:k	$\Sigma t \cdot e_y$	e_y 2 walls	e_y 3 walls
a) 0,02	1,8 m ²	3,60 m	2,60 m
b) 0,03	2,7 m ²	5,40 m	3,60 m

2.) 1 story-building



$t = 0,115 \text{ m}$
 y-direction:
 $\Sigma t \cdot e_y \geq 30 \cdot k$
 $e_y \geq 30 \cdot 0,115 = 3,45 \text{ m}$

table A1:k	$\Sigma t \cdot e_y$	e_y 2 walls	e_y 3 walls
a) 0,02	0,6 m ²	1,20 m	0,74 m
b) 0,03	0,9 m ²	1,80 m	1,10 m

03.09.02 *HR*



4.3.2 Italienischer Entwurf des Anhang A.3 vom 26.09.2002

A3 Shear walls without verification of wind load resistance

(1) Shear walls may be designed without verification of the wind load resistance, if a sufficient number of walls stiffen the building against horizontal forces in both directions.

The walls may be presumed to be sufficient if :

- the characteristic wind load does not exceed 1 kN/m^2 ;
- there are two walls or more in both perpendicular directions ;
- the design vertical load resistance of the shear walls excluding wind loading, is verified in accordance with 4.2 assuming a reduced compressive strength of masonry of $0,8 \cdot f_k$;
- the layout of the shear walls is approximately symmetrical in plan (see figure A1) in both directions or, at least, in one direction; in this last case the plan should be included in a rectangle with a side ratio L_x / L_y comprised between 1 and 3;
- the sum of the web areas of shear walls in each perpendicular direction, considering only webs with a length of more than $0,2 h_{tot}$ and excluding flanges, satisfies the following relationship :

$$\Sigma t \cdot l_x \geq k \cdot L_y \cdot h_{tot} \text{ and } \Sigma t \cdot l_y \geq k \cdot L_x \cdot h_{tot}$$

where :

l_x, l_y are the shear wall lengths (see figure A1)

h_{tot} is the height of the building ;

k is obtained from table A1.

Table A1 : Values of k

Shear wall profile	$8,0 \text{ N/mm}^2 \geq f_b \geq 2,0 \text{ N/mm}^2$	$f_b > 8,0 \text{ N/mm}^2$
Rectangular	$k = 0,02$	$k = 0,03$
I - Profile having flange areas in excess of $0,4 t.l.$	$k = 0,01$	$k = 0,02$



4.3.3 Deutscher Entwurf des Anhang A.3 mit Erläuterungen vom 27.09.2002

prEN 1996-3, Stage 32
proposal for Annex A, A3

1/2

Dr.-Ing. Helmut Reeh
27.09.2002 / Scu

A3 Shear walls without verification of wind load resistance

(1) Shear walls may be designed without verification of the wind load resistance, if a sufficient number of walls stiffen the building against horizontal forces in both directions.

The walls may be presumed to be sufficient if:

- the characteristic wind load does not exceed 1 kN/m²;
- there are two walls or more in both perpendicular directions;
- the walls are load bearing and the design vertical load resistance of the shear walls excluding wind loading, is verified in accordance with 4.2 assuming a reduced compressive strength of masonry of 0,8 · f_k;
- the layout of the shear walls is approximately symmetrical in plan (see figure A1) in both directions or, at least, in one direction; in this last case the plan should be included in a rectangle with a side ratio L_x/L_y, comprised between 1 and 3;
- unstable systems in the layout are avoided. This means, that the system lines of the walls do not meet in one point;
- the sum of the web areas of shear walls in each perpendicular direction, considering only webs with a length of more than 0,2 · h_{tot} or 2,50 m (the higher value is decisive) and excluding flanges, satisfies the following relationship:

$$\sum t \cdot l_x \geq k \cdot L_y \cdot h_{tot} \quad \text{and} \quad \sum t \cdot l_y \geq k \cdot L_x \cdot h_{tot}$$

where:

l_x, l_y are the shear walls lengths (see figure A1);

h_{tot} is the height of the building;

k is obtained from table A1

Table A1 : Values of k

Shear wall profile	8,0 N/mm ² ≥ f _k ≥ 2,0 N/mm ²	f _k ≥ 2,0 N/mm ²
Rectangular	k = 0,02	k = 0,03
I-Profile having flange areas in excess of 0,4 t _l	k = 0,01	k = 0,02

(New table A1 see the following page.)

(Figure A1 with no changes.)



Proposal for Table A1 in prEN 1996-3, Values of k

shear wall profile	exploitation factor of the wall α	f_k [N/mm ²]	
		1,00 \div 3,99	\geq 4,00
Rectangular	0,2	0,030	0,020
	0,4	0,025	0,015
	0,7	0,020	0,010
I-Profile	0,2		
	0,4		
	0,7		

Explanations to table A1:

- $\alpha = 0,2$ means "low loaded"
 $\alpha = 0,7$ means "high loaded"
- For I-Profiles we have no values. We have to calculate these and we have still to prove the values for rectangular walls.
- In Annex A3 there are no requirements for the distance of the shear walls (verification of shear forces). In the case of low values of f_k there are maximum distances of walls in German approvals, for instance:

t [m]	distance [m]
0,175	4,5
0,200	5,0
0,300	8,0

We will check this too, but we need some more time.



4.3.4 Niederländischer Entwurf des Anhang A.3 vom 27.09.2002

A3 Shear walls without verification of wind load resistance

(1) Shear walls may be designed without verification of the wind load resistance, if the arrangement of shear walls is sufficient to stiffen the building against horizontal forces in both directions.

The arrangement of shear walls may be presumed to be sufficient if:

- the characteristic wind load does not exceed 1 kN/m²;
- there are two walls or more in both perpendicular directions;
- the shear walls are load bearing and the load resistance of the shear walls excluding wind loading, is verified in accordance with 4.2 assuming a reduced compressive strength of masonry of 0,8 · f_k;
- the layout of the shear walls is approximately symmetrical in plan in both directions (see figure A1) or at least in one direction; in this last case the ratio L_x/L_y is limited to 3;
- In the plan the system lines of the shear walls may not meet in one point;
- the sum of the web areas of shear walls in each perpendicular direction, considering only webs with a length of more than 0,2 h_{tot} and excluding flanges, satisfies the following relationship:

$$\sum t \cdot l_x \geq k \cdot L_y \cdot h_{tot} \text{ and } \sum t \cdot l_y \geq k \cdot L_x \cdot h_{tot}$$

where:

L_x, L_y are the plan dimensions of the building considered where L_x ≥ L_y;

l_x, l_y are the shear wall lengths (see figure A1)

h_{tot} is the height of the building;

k is obtained from table A1;

α is the average of the ratio *Fehler! Es ist nicht möglich, durch die Bearbeitung von Feldfunktionen Objekte zu erstellen.* of the considered shear walls;

N_{sd} is the design value of the vertical load in a shear wall;

A is the cross-sectional area of a shear wall;

γ_M is the partial safety factor for the masonry;

f_k is the characteristic compressive strength of the masonry.

Table A1 : Values of k

Shear wall profile	α	1 N/mm ² ≤ f _k < 2 N/mm ²	f _b ≤ 4 N/mm ²
Rectangular	0,2	0,030	0,020
	0,4	0,025	0,015
	0,7	0,020	0,010

I - Profile having flange areas in excess of 0,4 t.l.	0,2	<i>[P1-note: these values still has to be determined]</i>	<i>[P1-note: these values still has to be determined]</i>
	0,4		
	0,7		

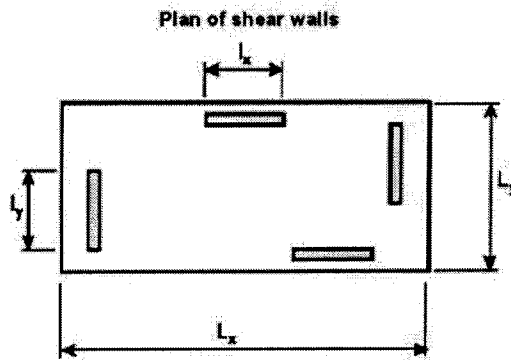
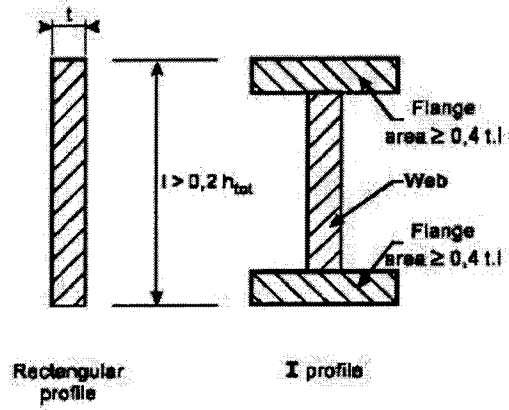


Figure A1: Layout of shear walls



4.4 Aktueller Stand im Normentwurf prEN 1996-3, 4th Draft, September 2002 [2]

Die Anwendungsvoraussetzungen in Anhang A.1 sind unverändert weiter gültig, es wurde nur die Forderung nach einem Höchstabstand von aussteifenden Querwänden von Außenwänden gestrichen, da die Standsicherheit der Wände mit dem Nachweis nach Anhang A.2 schon bei zweiseitiger Halterung (oben und unten) eingehalten ist. Die Forderung nach aussteifenden Querwänden war daher überflüssig. Der Bemessungswert der vertikalen Traglast darf weiterhin vereinfacht nach Anhang A.2 ermittelt werden.

Die Regelungen für Wandscheiben ohne Nachweis der Windlast nach Anhang A.3 wurden überarbeitet. Der derzeitige Stand entspricht dem niederländischen Entwurf vom 27.09.2002 (vgl. Kap. 4.3.4 des Forschungsberichtes), der unter Berücksichtigung des letzten deutschen Entwurfes (Kap. 4.3.3 des Forschungsberichtes) erstellt wurde. Es fehlt allerdings noch die Forderung nach einer unabhängig von der Gebäudehöhe gültigen Mindestwandlänge, z. B. entsprechend dem deutschen Vorschlag $\geq 2,50$ m. Die im vereinfachten Nachweis benötigten Beiwerte k sind in Tabelle A.1 für Doppel-T-Querschnitte noch nicht angegeben, diese müssen erst noch in aufwändigen Berechnungen ermittelt werden. Auch die schon aufgrund einer Schätzung angegebenen Werte für Rechteckquerschnitte sind noch im einzelnen rechnerisch zu überprüfen. Hierbei müssen die in Kapitel 4.2.2 des Forschungsberichtes im einzelnen erläuterten Parameter berücksichtigt werden.



5. Vereinfachte Berechnung von Kellerwänden

5.1 Vereinfachte Berechnungsmethode für Kellerwände, die durch waagerechten Erddruck beansprucht werden [1 - Abschnitt 4.5]

Zu der auf den deutschen Regelungen in DIN 1053-1 [9] beruhenden vereinfachten Berechnungsmethode für Kellerwände in ENV 1996-3 [1 - Abschnitt 4.5] ist eine ergänzende Anmerkung zur Grundlage der Bemessungsformeln (4.9) und (4.10) erforderlich. Diese wurde als ergänzende deutsche Stellungnahme vorgelegt (vgl. Kap. 5.3 des Forschungsberichtes). Die Bemessungsformeln (4.9) und (4.10) beruhen auf der Annahme, dass die enthaltene charakteristische Schubfestigkeit entsprechend der deutschen Regelung in DIN 1053-1 [9] für Platten unter der Annahme des nicht abgeminderten Rechenwertes des Reibungsbeiwertes ($\mu = 0,6$) ermittelt wird. Da diese Vorgehensweise auf europäischer Ebene noch strittig ist und die charakteristische Schubfestigkeit nach ENV 1996-1-1 [3] auch bei Platten mit dem abgeminderten Rechenwert des Reibungsbeiwertes ($\bar{\mu} = 0,4$) zu ermitteln ist, muss die Grundlage der vereinfachten Berechnung von Kellerwänden in ENV 1996-3 daher vermerkt werden. In diesem Sinne wurde Punkt 3 der ergänzenden Stellungnahme (PT5-20), S. 5/3, formuliert.

5.2 Einfache Regeln für die Bemessung von unbewehrten Kellerwänden für Gebäude mit geringer Höhe [1 - Anhang B]

In ENV 1996-3 [1 - Anhang B] sind umfangreiche Regelungen und Tabellen enthalten, die eine vereinfachte Bemessung von Kellerwänden erlauben sollen. Sie beruhen im wesentlichen auf britischen Ausarbeitungen. Von deutscher Seite wurden die unübersichtlichen, nur mit erheblichem Aufwand nutzbaren Bemessungstabellen von Anfang an in Frage gestellt, da für die Anwendung zudem vorab in jedem Einzelfall eine Vielzahl von Voraussetzungen zu überprüfen und einzuhalten sind. Eine schnelle, einfache Berechnung ist mit den in [1] enthaltenen Regelungen und Tabellen nicht möglich. Da zudem eine vereinfachte Berechnungsmethode für Kellerwände, aufbauend auf den Regelungen in DIN 1053-1 [9], bereits in Abschnitt 4.5 von ENV 1996-3 enthalten ist, wurde schon in der deutschen Stellungnahme vom 20.02.2001 [5] beantragt, den Anhang B vollständig zu streichen.

Da die im Anhang B enthaltenen Tabellen auf der vereinfachten Berechnungsmethode nach Abschnitt 4.5 in ENV 1996-3 beruhen und somit auch lediglich eine Auswertung der dort angegebenen Bemessungsgleichungen sind, wurde der Anhang B vom europäischen Normungsausschuss PT5 gemäß dem deutschen Antrag gestrichen. Es wurde darauf



verwiesen, dass entsprechende Tabellen im nationalen Anwendungsdokument aufgenommen werden können. Im aktuellen Stand der Norm [2] ist der Anhang B bereits nicht mehr enthalten.



5.3 Deutsche Stellungnahme mit Ergänzung zu Abschnitt 4.5 (Dokument PT5-20)

Completion of the German comments on Eurocode 6 Part 3 - ENV 1996-3

1. Clause 4.2.1.2: Additional conditions (1) P

Equation (4.1) should be changed:

$$\left. \begin{array}{l} l \leq 4,5 + 10 \cdot t \leq 6 \text{ m for } f_k < 5 \text{ N/mm}^2 \\ \leq 7 \text{ m for } f_k \geq 5 \text{ N/mm}^2 \end{array} \right\} \quad (4.1)$$

2. Clause 4.2.2.3: Capacity reduction factor

Paragraph (1) and equation (4.4) should be changed:

(1) The capacity reduction factor ϕ may be determined from:

$$\phi = 0,85 - 0,0011 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right)^2 \quad (4.4a)$$

and for walls acting as end supports to the floors or roofs

$$\phi = 1,3 - \frac{\ell}{8} \leq 0,75 \quad (4.4b)$$

The smaller value of equation (4.4a) and (4.4b) has to be taken into consideration for walls acting as end support.

3. Clause 4.5: Simplified calculation method for basement walls subjected to lateral earth pressure

The following remark has to be included for the application of equations (4.9) and (4.10) in paragraph (2):

Note: The equations are based on the assumption, that the shear strength of the wall, subjected to the horizontal loading, is given by $f_{vk} = f_{vk0} + 0,6 \cdot \sigma_d$ for masonry with filled perpend joints and by $f_{vk} = 0,5 \cdot f_{vk0} + 0,6 \cdot \sigma_d$ with unfilled perpend joints.



6. Einfache Regeln für die Bemessung von nichttragenden Innenwänden [1 - Anhang C]

6.1 Normentwurf DIN V ENV 1996-3, Ausgabe 2000-10 [1]

Im Normentwurf [1] ist der Anhang C auf die Bemessung von nichttragenden Innenwänden ohne planmäßige oder außerplanmäßige Belastung beschränkt. Es dürfen nur vollständig, d. h. auch horizontal unbelastete Wände bemessen werden. Bei Einhaltung bestimmter Voraussetzungen können für diese Wände die Mindestdicke und die Grenzabmessungen aus einem Diagramm [1 - Bild C.1] in Abhängigkeit der Halterung an den Rändern abgelesen werden. In Anhang C.1 sind die nachfolgend verkürzt wiedergegebenen allgemeinen Anwendungsvoraussetzungen genannt.

- Die Wand befindet sich innerhalb eines Gebäudes
- Keine großen Öffnungen in der Außenfassade des Gebäudes
- Belastung nur durch Eigengewicht
- Die Wand dient nicht als Auflager für schwere Gegenstände
- Es treten auch keine außergewöhnlichen horizontalen Belastungen auf
- Die Stabilität der Wand wird nicht durch Verformungen anderer Gebäudeteile beeinflusst
- Die Stabilität der Wand wird nicht durch Öffnungen oder Schlitzes beeinflusst

Des Weiteren sind nach Anhang C.1 die folgenden Maß- und Ausführungsanforderungen einzuhalten:

- Wandhöhe $\leq 6,0$ m
- Wandlänge $\leq 12,0$ m
- Wanddicke ≥ 50 mm
- Bei Halterung am oberen oder dem vertikalen Rand ist die Halterung selbst zweckmäßig zu bemessen
- Steine der Gruppen 1, 2a, 2b oder 3 nach ENV 1996-1-1 [3]
- Normalmörtel $\geq M2$
- Dünnbett- oder Leichtmörtel $\geq M5$
- Mörtel bei Verwendung von Steinen der Gruppe 3 $\geq M10$



Bei Einhaltung aller genannten Bedingungen dürfen die zulässigen Wandabmessungen vereinfacht direkt aus Bild C.1 in [1] bestimmt werden.

6.2 Untersuchungen zum Normentwurf und Änderungsvorschläge

6.2.1 Mindestdicke und Grenzwerte der Maße von nichttragenden Innenwänden ohne horizontale Belastung [1 - Anhang C.2]

Da die Herleitung der in ENV 1996-3 [1] enthaltenen einfachen Regeln für die Bemessung von nichttragenden Innenwänden dem Normungsausschuss PT 5 nicht mehr vorlag und somit die Grundlagen der Bemessung nicht mehr nachvollzogen werden konnten, wurden die sich aus dem Diagramm [1 - Bild C.1] ergebenden Grenzabmessungen mit den geltenden deutschen Regelungen und deren Grundlagen zu nichttragenden inneren Trennwänden verglichen.

In Deutschland gilt für die Bemessung und Ausführung von nichttragenden inneren Trennwänden die Norm DIN 4103-1 [13]. Diese sieht neben einem rechnerischen Nachweis auch den Nachweis der Wände durch Versuche vor. Nach Erscheinen der Norm wurden daher im Rahmen eines Forschungsvorhabens Versuche durchgeführt, deren Ergebnisse von *Kirtschig* und *Anstötz* in [12] veröffentlicht wurden. Auf der Grundlage dieser Versuche wurden Tabellen erstellt, aus denen die Grenzabmessungen (Länge, Höhe und Dicke) von nichttragenden inneren Mauerwerkstrennwänden vereinfacht direkt abgelesen werden können. Nach mehreren ergänzenden Untersuchungen und Stellungnahmen der Autoren wurden die Tabellen in einem Merkblatt der Deutschen Gesellschaft für Mauerwerksbau (DGfM) veröffentlicht [10], nach dem nichttragende innere Mauerwerkswände seit einigen Jahren allgemein nachgewiesen werden und das daher als anerkannte Regel der Technik anzusehen ist. Die Grundlagen des Merkblattes und der Bemessungstabellen sind z. B. in [11] ausführlich erläutert. Die Bemessungstabellen sind somit ein allgemein gültiges Ergebnis der in DIN 4103-1 [13] erlaubten Tragfähigkeitsversuche zum Nachweis von nichttragenden inneren Trennwänden.

Um das Bemessungsdiagramm in ENV 1996-3 [1] zu überprüfen wurden die zulässigen Abmessungen nach [1] mit den in [12] aus den Versuchsergebnissen ermittelten Grenzabmessungen verglichen. Es wurden hierbei die in [12] direkt aus den Versuchen abgeleiteten Werte für den Einbaubereich 1 ohne ungewollte Auflast zu Grunde gelegt. Diese Werte wurden in [12] noch abgerundet und als "Vorschlag für Baupraktische Grenzab-



messungen" in gesonderten Tabellen angegeben. Für den Vergleich mit den Grenzabmessungen nach ENV 1996-3 [1] wurden jedoch die ungerundeten Werte für Ziegel- und Leichtbetonsteine herangezogen. Zu beachten ist, dass die Werte nach [10] bzw. [12] bei Kalksand- und Porenbetonsteinen nur in Verbindung mit Mörtel mindestens der Mörtelgruppe III oder Dünnbettmörtel - entsprechend Gruppe M10 nach ENV 1996-3 - uneingeschränkt gelten und eine Stoßfugenvermörtelung bei den hier maßgebenden Wanddicken $d < 17,5$ cm immer erforderlich ist. Bei Kalksandsteinwänden mit $d \geq 11,5$ cm ist auch Mörtel der Gruppe IIa - bzw. M5 - zulässig. Nach ENV 1996-3 [1 - Anhang C.1] ist für alle Wände bereits Normalmörtel \geq M2 ausreichend, Dünnbett- und Leichtmörtel müssen mindestens der Gruppe M5 entsprechen und Mauersteine der Gruppe 3 müssen mit Mörtel \geq M10 vermörtelt sein.

Zum Vergleich wurden die in [12] aus den Versuchen abgeleiteten Grenzabmessungen (Länge L, Höhe H und Dicke t) in die Verhältnisse H/t und L/t umgerechnet mit den zugehörigen Kurven nach ENV 1996-3 [1] in Diagramme eingetragen. Hierbei wurden die in [1 - Bild C.1] enthaltenen vier Kurven entsprechend der Halterung der Wand getrennt betrachtet. Es wurden die Halterungen für Wandtyp a (vierseitig gehalten), Wandtyp b (dreiseitig gehalten, ein vertikaler Rand frei) und Wandtyp c (dreiseitig gehalten, oberer Rand frei) untersucht. Der in [1] ebenfalls angegebene Wandtyp d (zweiseitig, oben und unten gehalten) wird hier vernachlässigt, da für diese Wände in ENV 1996-3 [1] nur eine Begrenzung der Schlankheit $H/t \leq 30$ - in Diagramm C.1 dargestellt durch eine Gerade - gefordert ist. Diese Grenze entspricht dem Grenzwert der Kurven für dreiseitig mit freiem vertikalen Rand und vierseitig gehaltene Wände, deren Tragverhalten bei entsprechend großer Wandlänge ebenfalls in einen einachsigen vertikalen Lastabtrag übergeht. Die Kurve für zweiseitig oben und unten gehaltene Wände nach ENV 1996-3 [1] kann daher mit den drei- oder vierseitig gehaltenen Wänden ebenfalls überprüft werden. Auf den folgenden Seiten sind die Diagramme 6-1 bis 6-3 zur Überprüfung der Kurven für die Wandtypen a bis c nach ENV 1996-3 [1] wiedergegeben. Neben den Kurven nach [1] sind die aus den Versuchen nach [12] ermittelten Werte in den Diagrammen dargestellt. Grau hinterlegt ist der Ausschnitt, der dem Diagramm C.1 in [1] entspricht.

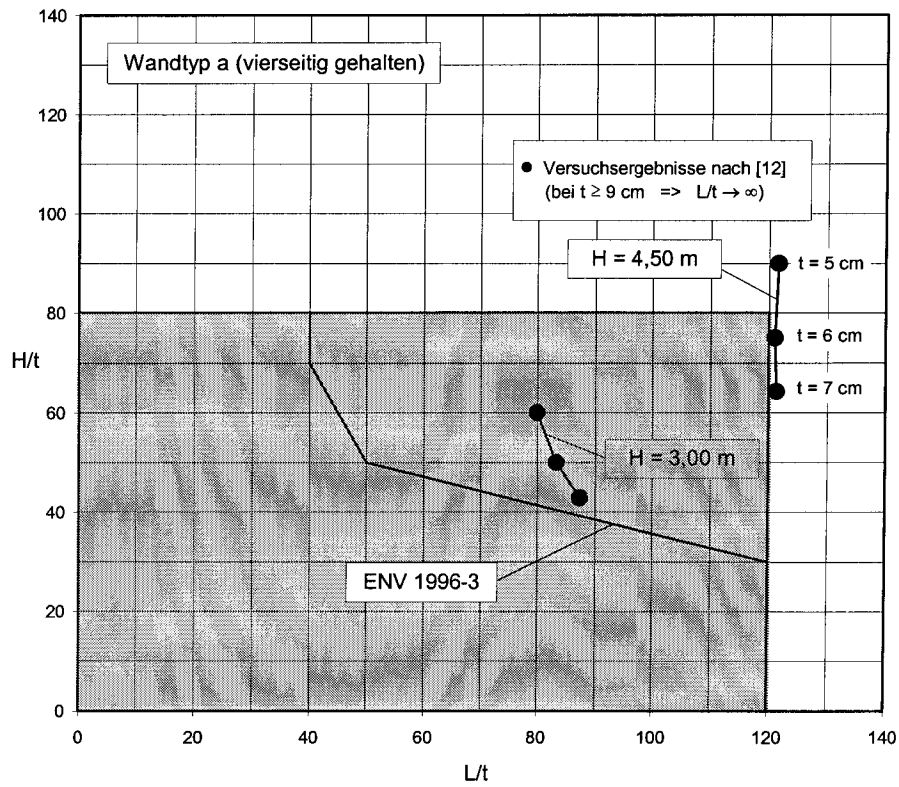


Diagramm 6-1: Grenzabmessungen nichttragender innerer Trennwände (vierseitig gehalten)

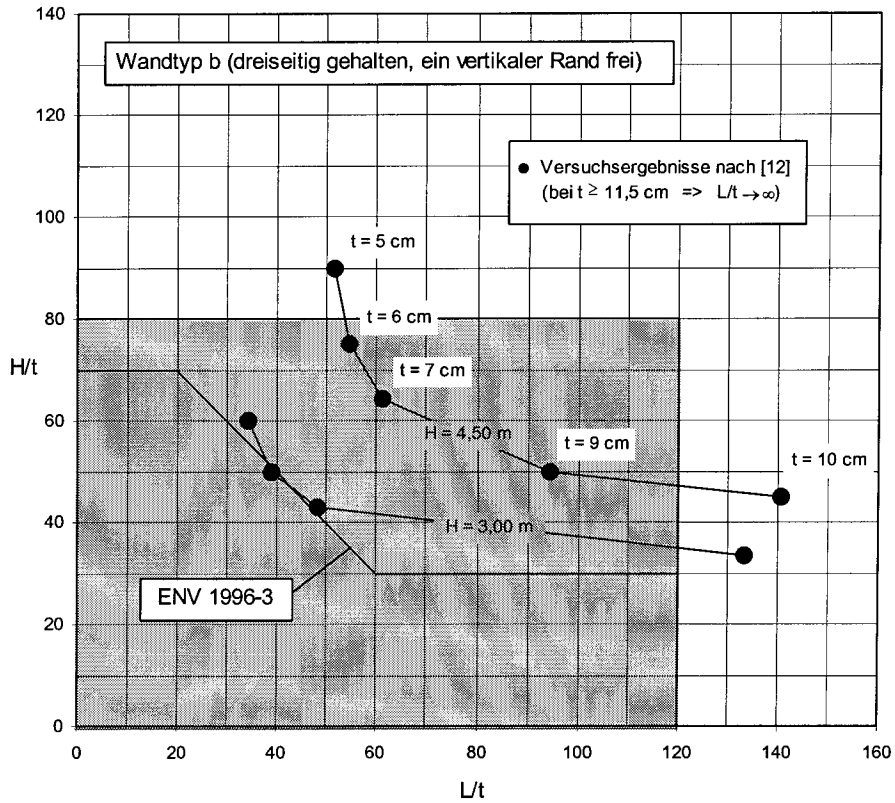


Diagramm 6-2: Grenzabmessungen nichttragender innerer Trennwände (dreiseitig gehalten, ein vertikaler Rand frei)

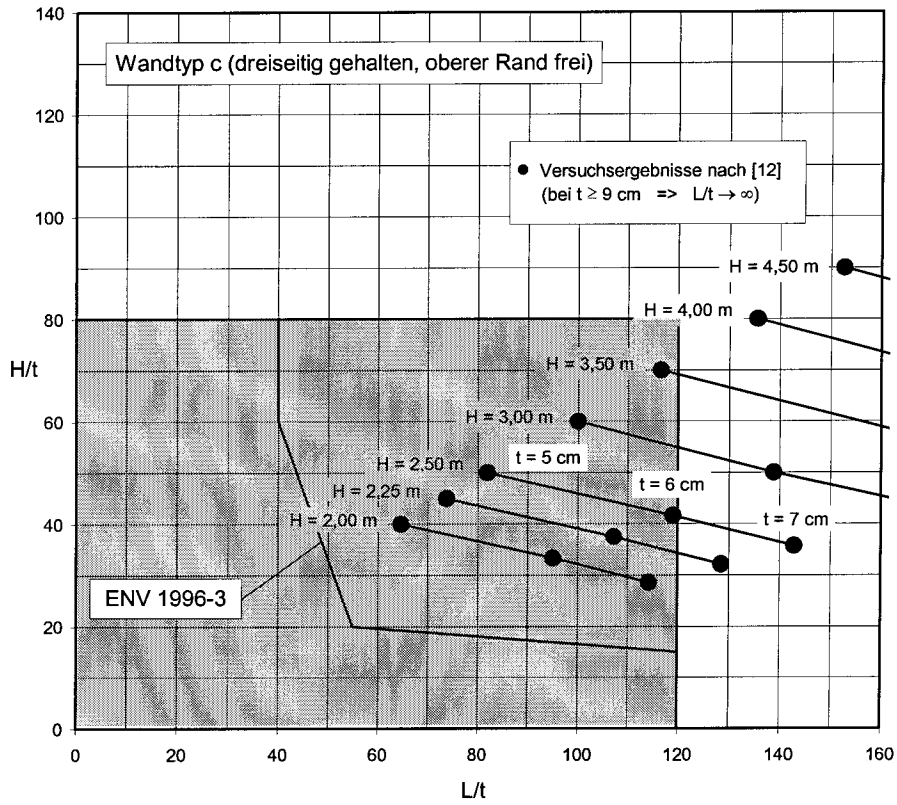


Diagramm 6-3: Grenzabmessungen nichttragender innerer Trennwände (dreiseitig gehalten, oberer Rand frei)



Aus den Diagrammen kann abgelesen werden, dass die den deutschen Regelungen zu Grunde liegenden, aus Versuchen abgeleiteten Grenzabmessungen größer sind als die zulässigen Grenzabmessungen gemäß den Kurven nach ENV 1996-3 [1]. Die vereinfachte Bemessung nach [1 - Anhang C.2] liegt somit gegenüber den Grundlagen der in Deutschland angewandten Bemessung auch für die ungünstigsten Wandabmessungen auf der sicheren Seite. Gleichzeitig wird deutlich, dass das Diagramm in [1] eine sehr gute Näherung der deutschen Versuchswerte ist und diese somit vermutlich eine der Grundlagen auch der vereinfachten Bemessung in ENV 1996-3 [1] gewesen sind. Die Bemessung nach Anhang C.2 kann damit unverändert beibehalten werden. Es ist allerdings in [1] noch entsprechend den deutschen Regelungen im DGfM-Merkblatt [10] zu ergänzen, dass für Kalksand- und Porenbetonsteine generell Normalmörtel oder Dünnbettmörtel mindestens der Gruppe M10 zu verwenden ist. Nur bei Wanddicken $\geq 11,5$ cm ist bei Kalksandsteinen auch Normalmörtel M5 zulässig. In die Anwendungsvoraussetzungen muss zudem noch aufgenommen werden, dass auf eine Vermörtelung der Stoßfugen nur verzichtet werden darf, wenn die Wanddicke bei vierseitig gehaltenen Wänden mindestens 17,5 cm und bei dreiseitig gehaltenen Wänden mit freiem vertikalen Rand mindestens 24 cm beträgt. In allen anderen Fällen, insbesondere bei dreiseitiger Halterung mit freiem oberem Rand sind die Stoßfugen generell zu vermörteln.

6.2.2 Mindestdicke und Grenzwerte der Maße von nichttragenden Innenwänden mit horizontaler Belastung [2 - Anhang C.3]

In ENV 1996-3 [1] war zunächst nur eine vereinfachte Bemessung von nichttragenden Innenwänden vorgesehen, auf die auch keine planmäßigen oder außerplanmäßigen horizontalen Belastungen einwirken (vgl. Abschnitt 6.2.1). Mit diesen Festlegungen waren aber nicht alle vertikal nicht tragenden Wände innerhalb von Gebäuden in einer vereinfachten Bemessung erfasst. Vertikal nichttragende Innenwände in Gebäuden mit großen Außenwandöffnungen z. B. sind horizontaler Windbelastung ausgesetzt. Um diese Wände ebenfalls vereinfacht nachweisen zu können, wurde der betreffende Anhang um den Abschnitt C.3 erweitert. Erstmals wurde diese Erweiterung in der Entwurfsfassung prEN 1996-3, Stage 32 vom Juli 2002, dem Normungsausschuss PT5 vorgelegt (vgl. Kap. 6.3.1 des Forschungsberichtes).

Mit der neuen vereinfachten Berechnung können die Mindestdicke und die Grenzabmessungen auch einer horizontal belasteten, vertikal nichttragenden Wand - in Abhängigkeit der Biegezugfestigkeit parallel zur Lagerfuge und der Größe der gleichmäßig verteilten



horizontalen Flächenlast - aus Diagrammen abgelesen werden. Die Grundlagen und die Herleitung dieser Bemessung sind in der niederländischen Ausarbeitung vom 02.09.2002 im Einzelnen erläutert (vgl. Kap. 6.3.2 des Forschungsberichtes). Danach wurden die Diagramme auf der Grundlage der elastischen Plattentheorie erstellt.

Da die Berechnung von horizontal belasteten, vertikal nichttragenden Wänden nach ENV 1996-1-1 [3] auf der Bruchlinientheorie beruht, wurde in einer eigenen Untersuchung die vereinfachte Bemessung auf der Grundlage der Plattentheorie gemäß dem niederländischen Vorschlag überprüft und mit der Bemessung nach der Bruchlinientheorie in [3] verglichen. Die Grundlagen und Ergebnisse sind in der deutschen Stellungnahme zu diesem Berechnungsverfahren vom 03.09.2002 enthalten (vgl. Kap. 6.3.3 des Forschungsberichtes). Es konnte anhand eigener Diagramme auf der Grundlage der Bruchlinientheorie gezeigt werden, dass die vorgeschlagenen Diagramme auf der Grundlage der Plattentheorie prinzipiell den sich aus der Bruchlinientheorie ergebenden sehr ähnlich sind und in der gleichen Größenordnung liegen, im Detail jedoch von der Bruchlinientheorie und damit von den Grundlagen der ENV 1996-1-1 [3] abweichen. Zudem wurde verdeutlicht, dass unabhängig von der verwendeten Berechnungstheorie zusätzlich zum ersten Entwurf des Bemessungsvorschlages eine Berücksichtigung verschiedener Verhältnisse der Biegezugfestigkeiten senkrecht und parallel zur Lagerfuge sinnvoll ist. Zunächst war im niederländischen Berechnungsvorschlag auf der sicheren Seite liegend nur der ungünstigste Fall mit gleich großen Biegezugfestigkeiten vorgesehen worden.

Im zuständigen Normungsausschuss PT5 wurde anhand der in der Stellungnahme (vgl. Kap. 6.3.3 des Forschungsberichtes) vorgetragenen Ergebnisse deutlich gemacht, dass die Berechnungstheorie so gewählt werden sollte, dass die vereinfachte Berechnung nach ENV 1996-3 [1] und die Berechnung nach ENV 1996-1-1 [3] von horizontal belasteten, vertikal nichttragenden Wänden vergleichbar sind. Da die Berechnung nach ENV 1996-1-1 [3] die Bruchlinientheorie zu Grunde legt, sollte diese auch für die vereinfachte Berechnungsmethode angewendet werden. Die erforderlichen Gleichungen zur Berechnung der Diagramme auf der Grundlage der Bruchlinientheorie wurden in der deutschen Stellungnahme angegeben. Sollte, wie es derzeit in den zuständigen technischen Gremien diskutiert wird, der Bemessung nach ENV 1996-1-1 [3] eine andere Theorie zu Grunde gelegt werden, wird auch die vereinfachte Berechnung in ENV 1996-3 [1] entsprechend angepasst.



6.3 Stellungnahmen und Ausarbeitungen PT5

6.3.1 Erster Entwurf des Anhang C.3 in prEN 1996-3, Stage 32 vom Juli 2002

prEN 1996-3:stage 32

C3 Determination of thickness and size limitation of non-loadbearing internal walls with lateral load

(1) The rules given in this clause apply only in circumstances where :

- the wall is situated inside a building ;
- the dimensions of the wall full fill the requirements from clause C2.

(2) The minimum thickness, in relation to the length and the height, may be determined from figure C3 where:

- t is the thickness of the wall
- L is the length of the wall
- h is the height of the wall
- f_{xd1} is the design flexural strength of masonry, with the plane of failure parallel to the bed joints
- p_d is the design value of the lateral windload on the wall according EN 1990.

prEN 1996-3:stage 32

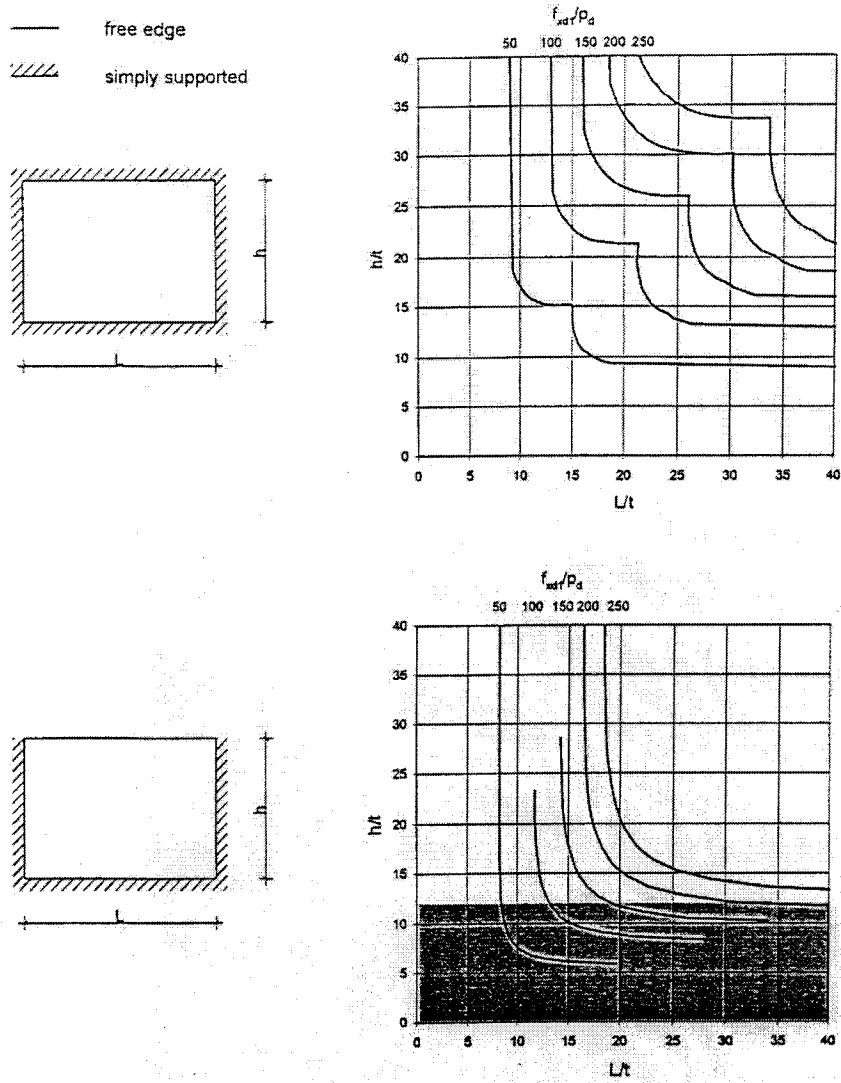
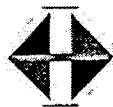


Figure C3 : Thickness and size limitation of non-bearing internal walls with lateral loading



6.3.2 Nederlandse Ausarbeitung zum Anhang C.3 vom 02.09.2002 (Dokument PT5-26)

PT5-26



Adviesbureau ir. J.G. Hageman B.V.

Postbus 26 2280 AA Rijswijk ZH Telefoon 070 - 3990303
Polakweg 14 2288 GG Rijswijk ZH Telefax 070 - 3191364

Lid ONRI

Note 2-9-2002

Dossier 4558

prEN 1996-3

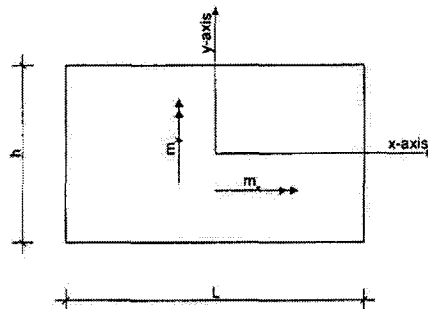
Graphs for non-bearing walls loaded perpendicular to their plane

1 Introduction

In this paper the theoretical background for the graphs added to prEN1996-3 is given. The graphs are based on the linear elastic theory and designed in a way that the given the maximum value of L/t and h/t in relation to ratio of the flexural strength of the masonry and the pressure on the face of the wall.

2 Background of the graphs

Scheme:



Variabels:

- f_{xd1} flexural strength of masonry having a plane of failure parallel to the bedjoints
- f_{xd2} flexural strength of masonry having a plane of failure perpendicular to the bedjoints.
- μ f_{xd1} / f_{xd2}
- t thickness of the wall



h height of the wall
 L length of the wall
 p_d the design value of the uniform distributed pressure acting perpendicular to the plane of the wall

The ultimate moment capacity per unit of width of the considered cross section is defined as follows:

$$m_{xu} = \frac{1}{6} t^2 f_{kd1}$$

$$m_{yu} = \frac{1}{6} t^2 f_{kd2} = \frac{1}{6} t^2 f_{kd1} / \mu$$

The design values of the moments caused by the pressure p_d are determined using the tables from Bareš, 'Berechnungstabeln für Platten und Wandscheiben (Tables for the analysis of Plates, Slabs and Diaphragms based on the elastic theory). For both x- and y-direction the maximum value of the moments can be derived from several table. These tables are available for different kind of boundary conditions. The tables used for the graphs in Annex C are added to this paper in an annex.

Here the design values of the moments are defined as:

$$m_{xd} = \alpha_x p_d L^2$$

$$m_{yd} = \alpha_y p_d L^2$$

Using the tables from Bareš the values of α_x en α_y can be derived as follows:

$$\alpha_x = M_x \left(\frac{h}{L} \right)^2$$

$$\alpha_y = M_y$$

Where M_x and M_y are the factors that for a particular ratio of $\frac{h}{L}$ lead to the maximum moments in the plate.

For the design of the plate the following two requirements have to be fulfilled:

$$m_{xu} \geq m_{xd}$$

$$m_{yu} \geq m_{yd}$$

Based on the formulas before this can be rewritten as:

$$\frac{1}{6} t^2 f_{kd1} \geq \alpha_x p_d L^2$$



$$\frac{1}{6} t^2 f_{xd1} / \mu \geq \alpha_y p_d L^2$$

From this it can be derived that:

$$\frac{1}{6} t^2 f_{xd1} \geq \alpha_x p_d L^2 \text{ and } \geq \alpha_y \mu p_d L^2$$

So the maximum of α_x and $\alpha_y \mu$ is governing. This maximum value will be named α , so:

$$\frac{1}{6} t^2 f_{xd1} \geq \alpha p_d L^2$$

$$\frac{1}{6} \frac{f_{xd1}}{\alpha p_d} \geq \left(\frac{L}{t}\right)^2$$

$$\frac{L}{t} \leq \sqrt{\frac{1}{6} \frac{f_{xd1}}{\alpha p_d}}$$

$$\frac{h}{t} \leq \frac{L}{t} \cdot \frac{h}{L}$$

Summarising the following method is described:

By given ratio h/L and boundary conditions the value of the maximum moment can be determined with the factor α . Based on this factor α , the flexural strengths f_{xd1} and f_{xd2} and the design value of the pressure acting perpendicular on the wall the maximum ratio of L/t and h/t can be calculated.

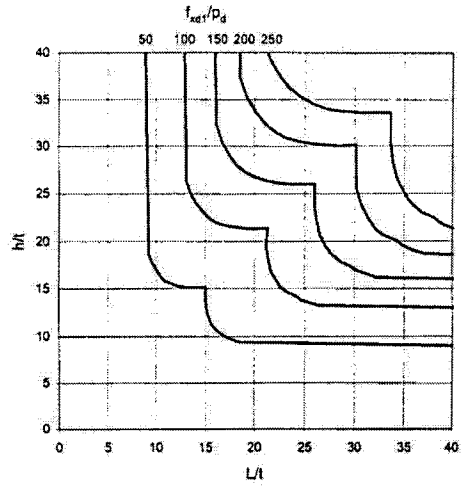
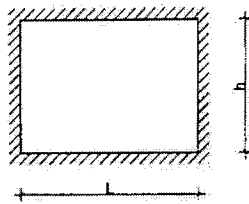
For several boundary conditions the results of these calculations are presented in graphs.

3 Graphs

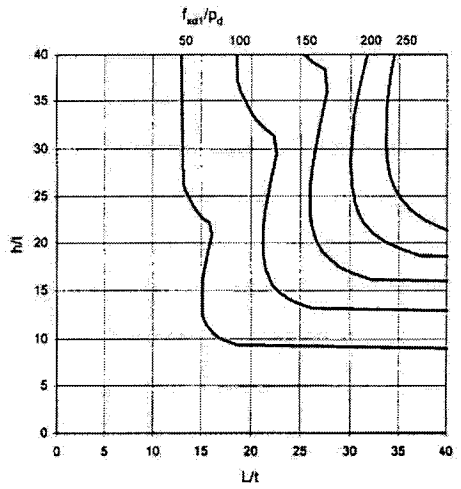
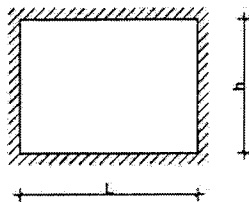
- free edge
- //// simply supported
- xxxx fixed



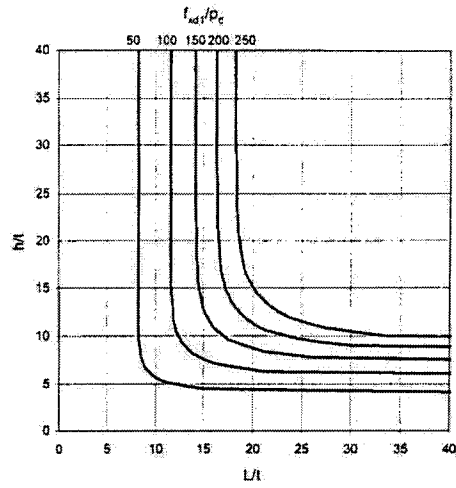
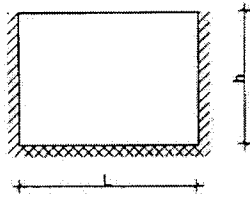
$\mu = 1$



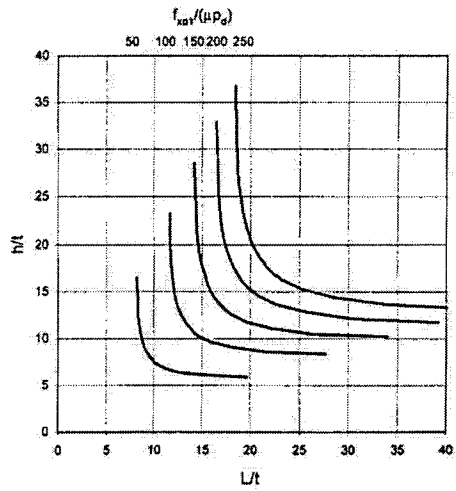
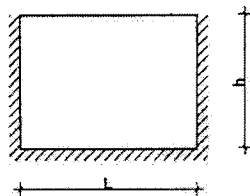
$\mu = 0,5$



$$0,5 \leq \mu \leq 1,0$$



$$0,5 \leq \mu \leq 1,0$$



Rijswijk, September 2nd 2002

ir. S.N.M. Wijte

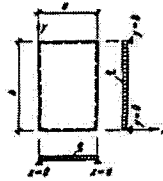
Annex A
Tables from Bareš

Tab. 1.1

$$\mu = 0$$

$$\gamma = \frac{a}{b}$$

$$M_0 = \pm \frac{R_0}{2}$$



γ	v_x	M_{xx}	M_{xmax}	x	y	M_{ymin}	M_{yy}
0,50	0,1216	0,0963	$x = 0,50$ $M_{xmax} = M_{xx}$ $y = 0,50$	0,50	0,18 : 0,82	0,0062	0,0043
0,55	0,1126	0,0892		0,50	0,20 : 0,80	0,0078	0,0063
0,60	0,1038	0,0821		0,50	0,24 : 0,76	0,0097	0,0087
0,65	0,0952	0,0752		0,50	0,28 : 0,72	0,0119	0,0114
0,70	0,0871	0,0686		0,50	0,34 : 0,66	0,0146	0,0144
0,75	0,0795	0,0622		0,50	0,41 : 0,59	0,0179	0,0178
0,80	0,0724	0,0561		0,50	0,48 : 0,52	0,0215	0,0215
0,85	0,0659	0,0505		0,50	0,50	0,0252	0,0252
0,90	0,0598	0,0454		0,50	0,50	0,0289	0,0289
0,95	0,0541	0,0408		0,50	0,50	0,0328	0,0328
1,00	0,0487	0,0368	0,0368	0,50	0,50	0,0368	0,0368
1,10	0,0399	0,0298	0,0298	0,50	0,50	$x = 0,50$ $M_{ymin} = M_{yy}$ $y = 0,50$	0,0446
1,20	0,0327	0,0239	0,0239	0,50	0,50		0,0523
1,30	0,0268	0,0191	0,0192	0,45 : 0,55	0,50		0,0596
1,40	0,0221	0,0153	0,0155	0,35 : 0,65	0,50		0,0665
1,50	0,0183	0,0124	0,0128	0,30 : 0,70	0,50		0,0730
1,60	0,0152	0,0100	0,0108	0,25 : 0,75	0,50		0,0788
1,70	0,0127	0,0081	0,0093	0,23 : 0,77	0,50		0,0839
1,80	0,0107	0,0066	0,0080	0,20 : 0,80	0,50		0,0884
1,90	0,0090	0,0053	0,0070	0,19 : 0,81	0,50		0,0925
2,00	0,0076	0,0043	0,0062	0,18 : 0,82	0,50		0,0963
V.L. *)	$\frac{q \cdot a^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	a	b	qb^2	qb^2

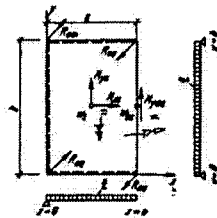
*) Hier und auch in den folgenden Tabellen bedeutet V.f. Vervielfältigungsfaktor.



Tab. 1.28

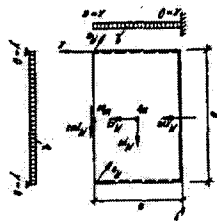
$\mu = 0$

$\gamma = \frac{a}{b}$



γ	w_a	w_b	M_{aa}	M_{bb}	M_{ab}	R_{aa}	R_{bb}
0,30	1,940	3,6600	0,1110	0,0114	0,0218	-0,2200	0,1550
0,35	1,4071	2,5744	0,1028	0,0150	0,0290	-0,2163	0,1374
0,40	1,0500	1,8656	0,0944	0,0194	0,0363	-0,2105	0,1235
0,45	0,8015	1,3866	0,0859	0,0243	0,0436	-0,2040	0,1113
0,50	0,6259	1,0560	0,0768	0,0295	0,0510	-0,1974	0,0988
0,55	0,4935	0,8167	0,0681	0,0346	0,0583	-0,1896	0,0871
0,60	0,3975	0,6416	0,0602	0,0396	0,0651	-0,1823	0,0761
0,65	0,3223	0,5096	0,0530	0,0446	0,0716	-0,1755	0,0661
0,70	0,2640	0,4092	0,0465	0,0493	0,0774	-0,1688	0,0571
0,75	0,2182	0,3308	0,0409	0,0538	0,0828	-0,1622	0,0490
0,80	0,1819	0,2701	0,0361	0,0581	0,0875	-0,1555	0,0420
0,85	0,1524	0,2213	0,0318	0,0622	0,0917	-0,1490	0,0357
0,90	0,1283	0,1834	0,0281	0,0661	0,0955	-0,1428	0,0301
0,95	0,1087	0,1528	0,0247	0,0698	0,0992	-0,1369	0,0249
1,00	0,0931	0,1290	0,0216	0,0733	0,1026	-0,1313	0,0203
1,10	0,0679	0,0922	0,0168	0,0797	0,1076	-0,1208	0,0122
1,20	0,0517	0,0675	0,0131	0,0853	0,1119	-0,1115	0,0092
1,30	0,0395	0,0503	0,0103	0,0902	0,1148	-0,1033	0,0075
1,40	0,0307	0,0381	0,0082	0,0944	0,1172	-0,0961	0,0060
1,50	0,0243	0,0294	0,0066	0,0979	0,1191	-0,0899	0,0049
1,75	0,0140	0,0161	0,0038	0,1051	0,1213	-0,0772	0,0026
2,00	0,0087	0,0096	0,0022	0,1106	0,1232	-0,0677	0,0009
V.L.	$\frac{qa^4}{EI^3}$	$\frac{qb^4}{EI^3}$	qa^2	qb^2	qab	qab	qab
M.L.							

V.L.	$\frac{E_1}{E_2}$	$\frac{E_3}{E_2}$	$\frac{E_4}{E_2}$	$\frac{E_5}{E_2}$	$\frac{E_6}{E_2}$	$\frac{E_7}{E_2}$
2.00	0.0080	0.0126	0.0158	0.0095	0.0048	0.1192
1.75	0.0210	0.0284	0.0076	0.0076	0.0828	0.1149
1.50	0.0323	0.0472	0.0107	0.0091	0.0726	0.1117
1.20	0.0409	0.0626	0.0127	0.0086	0.0846	0.1024
1.10	0.0519	0.0826	0.0146	0.0092	0.0992	0.0959
1.00	0.0659	0.1114	0.0169	0.0117	0.0510	0.0881
0.95	0.0747	0.1293	0.0176	0.0128	0.0470	0.0833
0.90	0.0852	0.1521	0.0183	0.0140	0.0429	0.0787
0.85	0.0971	0.1790	0.0187	0.0156	0.0388	0.0736
0.80	0.1107	0.2109	0.0189	0.0168	0.0345	0.0676
0.75	0.1254	0.2459	0.0187	0.0184	0.0300	0.0606
0.70	0.1427	0.2879	0.0177	0.0203	0.0256	0.0535
0.65	0.1631	0.3397	0.0156	0.0211	0.0214	0.0465
0.60	0.1877	0.4021	0.0119	0.0243	0.0174	0.0395
0.55	0.2176	0.4758	0.0066	0.2680	0.0138	0.0325
0.50	0.2696	0.5387	0	0.2936	0.0104	0.0255
0.45	0.2837	0.6611	-0.0079	0.3204	0.0072	0.0189
0.40	0.3187	0.7734	-0.0181	0.3500	0.0044	0.0133
0.35	0.3598	0.9194	-0.0335	0.3820	0.0026	0.0088
0.30	0.4000	1.0668	-0.0589	0.4132	0.0015	0.0050
M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7



$$r = \frac{b}{h}$$

$$m = 0$$

Tab. 1.29a





6.3.3 Deutsche Stellungnahme zum Anhang C.3 v. 03.09.2002 (Dokument PT5-28)

prEN 1996-3, Stage 32, Annex C Figure C3

page 1/3

Dr.-Ing. Helmut Reeh
03.09.2002 / Scu

Non-loadbearing internal walls with lateral loading according to the calculation given in prEN 1996-1-1:

• prEN 1996-1-1 (5.7), (5.8): $M_{sd1} = \mu \cdot \alpha \cdot p_d \cdot L^2$ and $M_{sd2} = \alpha \cdot p_d \cdot L^2$

• prEN 1996-1-1 (6.25): $M_{Rd} = f_{xd} \cdot Z = f_{xd} \cdot \frac{t^2}{6}$

• prEN 1996-1-1 (6.24): $M_{sd} \leq M_{Rd}$

$$\Rightarrow \mu \cdot \alpha \cdot p_d \cdot L^2 \leq f_{xd1} \cdot \frac{t^2}{6} \quad \text{and} \quad \alpha \cdot p_d \cdot L^2 \leq f_{xd2} \cdot \frac{t^2}{6} \quad (a)$$

$$\Rightarrow \frac{f_{xd1}}{f_{xd2}} \cdot \alpha \cdot p_d \cdot L^2 \leq f_{xd1} \cdot \frac{t^2}{6}$$

$$\Rightarrow \alpha \cdot p_d \cdot L^2 \leq f_{xd2} \cdot \frac{t^2}{6} \quad \text{same formula as (a)}$$

$$\Rightarrow L^2 \leq f_{xd2} \cdot \frac{1}{p_d} \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{t^2}{6}$$

$$\Rightarrow L^2 \leq f_{xd1} \cdot \frac{1}{\mu} \cdot \frac{1}{p_d} \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{t^2}{6}$$

$$\Rightarrow L \leq \sqrt{f_{xd1} \cdot \frac{1}{p_d} \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{1}{\mu} \cdot \frac{t^2}{6}}$$

$$\Rightarrow \frac{L}{t} \leq \frac{1}{t} \cdot \sqrt{f_{xd1} \cdot \frac{1}{p_d} \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{1}{\mu} \cdot \frac{t^2}{6}}$$

f_{xd1} design flexural strength (plane of failure parallel to the bedjoints)

p_d design lateral load per unit area (= W_{sd} in prEN 1996-1-1)

t thickness of the wall

μ orthogonal ratio of the design flexural strengths of the masonry (= f_{xd1}/f_{xd2})

α bending moment coefficient given in prEN 1996-1-1, Annex D

or calculated with the following relations

$$\alpha = \frac{v^2}{\mu} \cdot \frac{\eta^2}{24} \cdot \left(\sqrt{3 + \frac{\eta^2}{\xi^2}} - \frac{\eta}{\xi} \right)^2 \quad \eta = \frac{2}{\sqrt{1+\kappa} + \sqrt{1+\gamma}} \quad \text{and} \quad \xi = \frac{2 \cdot \frac{1}{v}}{\sqrt{\frac{1}{\mu} + \delta} + \sqrt{\frac{1}{\mu} + \epsilon}}$$

$\kappa = \gamma = \delta = \epsilon = 0$ (simply supported edges)

$$\Rightarrow \eta = 1 \quad \text{and} \quad \xi = \frac{\sqrt{\mu}}{v}$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{v^2}{\mu} \cdot \frac{1}{24} \cdot \left(\sqrt{3 + \frac{v^2}{\mu}} - \frac{v}{\sqrt{\mu}} \right)^2 \quad v = \frac{h}{L}$$

Fig. 1

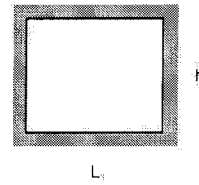
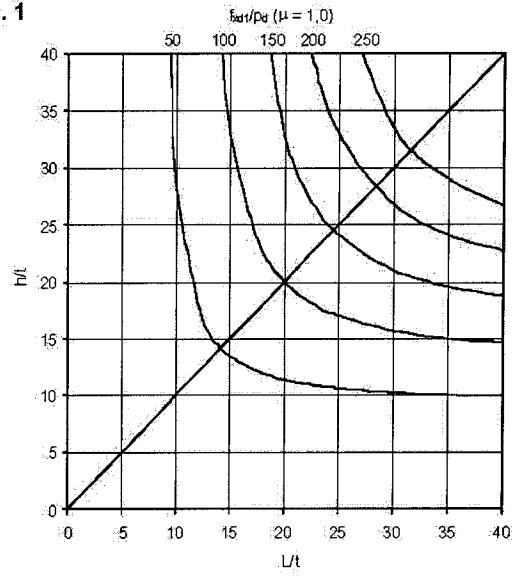
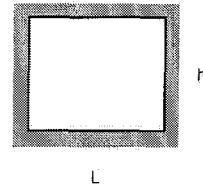
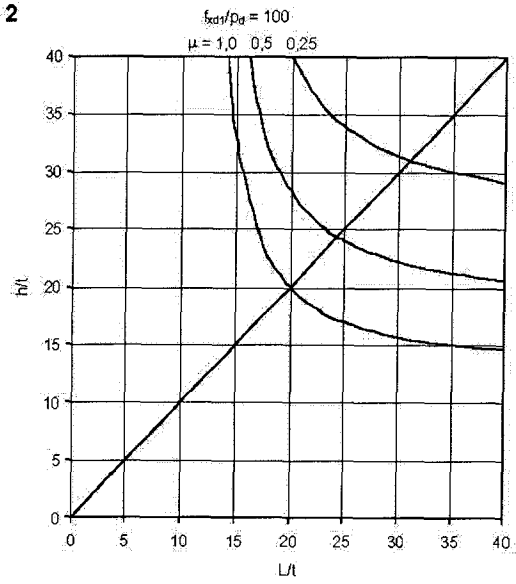


Fig. 2





6.4 Aktueller Stand im Normentwurf prEN 1996-3, 4th Draft, September 2002 [2]

Entsprechend den deutschen Forschungsergebnissen und Änderungsvorschlägen ist die vereinfachte Bemessung von nichttragenden Innenwänden im aktuellen Stand der Norm [2] wie nachfolgend beschrieben neu geregelt worden. In Abschnitt C.1 sind als allgemeine Anwendungsvoraussetzungen nur noch die Regelungen bezüglich der Maß- und Ausführungsanforderungen für nichttragende Innenwände enthalten. Diese gelten sowohl für Wände mit als auch ohne horizontale Belastung.

Der Abschnitt C.2 zur Bemessung von Wänden ohne Horizontalbelastung enthält jetzt die speziellen Anwendungsvoraussetzungen für diese Wände, die vorher in Abschnitt C.1 enthalten waren, als noch keine Bemessung von Wänden mit Horizontalbelastung vorgesehen war. Die eigentliche vereinfachte Bemessung von nichttragenden Innenwänden ohne Horizontalbelastung ist entsprechend den deutschen Forschungsergebnissen unverändert beibehalten worden. Die erforderlichen Abmessungen dürfen aus Diagrammen abgelesen werden.

Der Abschnitt C.3 zur Berechnung von nichttragenden Innenwänden mit horizontaler Belastung wurde überarbeitet. Entsprechend dem deutschen Vorschlag sind nunmehr Diagramme enthalten, die entsprechend der Bemessung nach ENV 1996-1-1 [3] auf der Auswertung der Bruchlinientheorie beruhen. Zudem wurden auch Diagramme mit anderen Verhältnissen der Biegezugfestigkeiten parallel und senkrecht zur Lagerfuge in die Norm aufgenommen. Da die Gültigkeit der Bruchlinientheorie zur Bemessung von Mauerwerk angezweifelt wird, werden derzeit an der TU München und der TU Dresden weitergehende theoretische Untersuchungen durchgeführt. Sollten diese Untersuchungsergebnisse die Zweifel bestätigen und die Bemessung in ENV 1996-1-1 [3] geändert werden, wird auch die vereinfachte Berechnung in ENV 1996-3 [1] entsprechend angepasst.



7. Zusammenfassung und Ausblick

Mit der vorliegenden Forschungsarbeit wurden sicherheitstechnische Belange bei Planung, Bemessung und Ausführung von Mauerwerk nach den vereinfachten Berechnungsmethoden in ENV 1996-3, Ausgabe 2000-10, überprüft. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens sind begleitend in die deutsche Mitarbeit an der laufenden Normung des Teil 3 zum Eurocode 6 eingeflossen. Auf der Grundlage der Untersuchungen wurden Stellungnahmen und Änderungsvorschläge zu den einzelnen Berechnungsmethoden erarbeitet und dem zuständigen Arbeitsausschuss Projektteam (PT) 5, der die endgültige Fassung der europäischen Norm EN 1996-3 erarbeiten soll, vorgelegt. Im aktuellen Bearbeitungsstand der Norm - 4th Draft prEN 1996-3, September 2002 - sind bereits einige Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens enthalten. Andere sind Grundlage der noch laufenden Beratungen zu einzelnen Berechnungsverfahren.

Im einzelnen wurden die nachfolgend genannten vereinfachten Berechnungsmethoden in ENV 1996-3 untersucht.

1. Vereinfachte Berechnungsmethode für vertikal beanspruchte Wände (ENV 1996-3, Abschnitt 4.2)

2. Vereinfachte Berechnungsmethode für Wände aus unbewehrtem Mauerwerk bei Gebäuden mit bis zu drei Geschossen (ENV 1996-3, Anhang A)
 - a) Bemessungswert der vertikalen Traglast einer Wand (ENV 1996-3, Anhang A.2)
 - b) Wandscheiben ohne Nachweis der Windlast (ENV 1996-3, Anhang A.3)

3. Vereinfachte Berechnung von Kellerwänden
 - a) Vereinfachte Berechnungsmethode für Kellerwände, die durch waagerechten Erd- druck beansprucht werden (ENV 1996-3, Abschnitt 4.5)
 - b) Einfache Regeln für die Bemessung von unbewehrten Kellerwänden für Gebäude geringer Höhe (ENV 1996-3, Anhang B)

4. Einfache Regeln für die Bemessung von nichttragenden Innenwänden (ENV 1996-3, Anhang C)
 - a) Bestimmung der Mindestdicke und der Grenzwerte der Maße von nichttragenden Innenwänden - ohne horizontale Belastung (ENV 1996-3, Anhang C.2)



- b) Bestimmung der Mindestdicke und der Grenzwerte der Maße von nichttragenden Innenwänden - mit horizontaler Belastung (prEN 1996-3, Anhang C.3, nachträglich ergänzt)

Im folgenden sind die einzelnen Untersuchungsergebnisse zu den genannten vereinfachten Berechnungsmethoden und die daraus resultierenden Änderungsvorschläge zusammengefasst.

1. Vereinfachte Berechnungsmethode für vertikal beanspruchte Wände (Abschnitt 4.2)

Es konnte nachgewiesen werden, dass das in ENV 1996-3 enthaltene vereinfachte Berechnungsverfahren den Einfluss des Deckendrehwinkels bei Außenwänden nicht ausreichend berücksichtigt. Die Bemessung weist Sicherheitslücken auf und liegt auch gegenüber einer genaueren Berechnung nach ENV 1996-1-1 nicht auf der sicheren Seite. Dies wirkt sich insbesondere bei dicken Wänden mit geringer Festigkeit aus. Bei dünnen Wänden mit hoher Festigkeit liegt die Bemessung auf der sicheren Seite. Es wurde daher die folgende Änderung des Normtextes vorgeschlagen:

4.2.1.2 Zusätzliche Bedingungen

Gleichung (4.1) wird geändert

$$\left. \begin{array}{l} l \leq 4,5 + 10 \cdot t \leq 6 \text{ m} \quad \text{für } f_k < 5 \text{ N/mm}^2 \\ \leq 7 \text{ m} \quad \text{für } f_k \geq 5 \text{ N/mm}^2 \end{array} \right\} \quad (4.1)$$

4.2.2.3 Abminderungsfaktor der Traglast

Paragraph (1) und Gleichung (4.4) werden geändert

(1) Der Abminderungsfaktor Φ darf bestimmt werden aus:

$$\Phi = 0,85 - 0,0011 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right)^2 \quad (4.4a)$$

und für Wände, die als Endauflager für Decken wirken zusätzlich

$$\Phi = 1,3 - \frac{\ell}{8} \leq 0,75 \quad (4.4b)$$

Die kleinere Wert aus den Gleichungen (4.4a) und (4.4b) ist maßgebend für Wände, die als Endauflager wirken.

Abschnitt 4.2 von prEN 1996-3 wird derzeit noch im PT5 bearbeitet. Es müssen auch die Vorschläge anderer Länder überprüft werden. Der deutsche Vorschlag ist derzeit



der einzige, der auch die Bemessung dicker Außenwände geringer Festigkeit ausreichend berücksichtigt.

2. Vereinfachte Berechnungsmethode für Wände aus unbewehrtem Mauerwerk bei Gebäuden mit bis zu drei Geschossen (Anhang A)

a) Bemessungswert der vertikalen Traglast einer Wand (Anhang A.2)

Der Bemessungswert wurde unter Berücksichtigung des Vorschlags zu Abschnitt 4.2 überprüft, er liegt auf der sicheren Seite. Anhang A.2 kann daher unverändert beibehalten werden.

b) Wandscheiben ohne Nachweis der Windlast (Anhang A.3)

Bei der Überprüfung der Bemessung wurden erhebliche Sicherheitslücken festgestellt. Anhang A.3 muss vollständig überarbeitet werden, die Bemessung ist durch genaue Vergleichsrechnungen zu überprüfen. Hierzu wurden die folgenden Vorschläge erarbeitet:

- Die Mindestlänge einer aussteifenden Wand soll neben der Ermittlung in Abhängigkeit der Gebäudehöhe ($0,2 \cdot h_{\text{tot}}$) auch mit einem konstanten Wert (2,50 m) festgelegt werden, damit eine ausreichende Biegesteifigkeit zur Aufnahme von Horizontallasten vorhanden ist.
- Die Wände müssen vertikal belastet sein, aber noch Reserven für die Aufnahme von Horizontallasten aufweisen. Die Größe der Vertikalbelastung muss in die Bemessung eingehen. Es wurde eine Unterteilung in drei unterschiedlich große Ausnutzungsgrade der Wand ($\alpha = 0,2 / 0,4 / 0,7$) vorgeschlagen.
- Die Bemessungsbeiwerte k müssen in Abhängigkeit der charakteristischen Mauerwerksdruckfestigkeit ermittelt werden. Nach Beratung im PT 5 wurde zuletzt die Unterteilung in zwei Klassen ($1,00 \text{ N/mm}^2 \leq f_k \leq 3,99 \text{ N/mm}^2$ und $f_k > 4,00 \text{ N/mm}^2$) vorgeschlagen.
- Instabile Systeme, d. h. Grundrisse, bei denen sich die Systemlinien der aussteifenden Wände in einem Punkt schneiden, sind nicht zulässig.



- Bei einer genaueren Ermittlung der Beiwerte k entsprechend den vorgenannten Ausführungen muss berücksichtigt werden, dass die Wände vertikal belastet sind aber noch Reserven zur Aufnahme der Horizontalkräfte aufweisen und dass der angesetzte Wandquerschnitt gedrückt ist. Es müssen gerissene Querschnittsflächen, das Flächenmoment 2. Grades der Wand und die Ausnutzung der Wand durch Vertikallasten berücksichtigt werden. Des Weiteren ist zu überprüfen, ob ggf. in den oberen Geschossen auch dünnere Wände möglich sind.

Der Anhang wird unter Berücksichtigung der deutschen Vorschläge derzeit noch vom PT5 überarbeitet, insbesondere sind die wesentlichen Parameter der Bemessung nach Anhang A.3 noch aufwändig neu zu berechnen. Die Beiwerte k für Doppel-T-Querschnitte sind erst zu ermitteln, die Werte für Rechteckquerschnitte, die in Anlehnung an ein früheres Forschungsvorhaben abgeschätzt und vorläufig festgelegt wurden, sind noch zu überprüfen. Auch muss noch rechnerisch überprüft werden, ob bestimmte Größtabstände der aussteifenden Wände festzulegen sind.

3. Vereinfachte Berechnung von Kellerwänden

a) Vereinfachte Berechnungsmethode für Kellerwände, die durch waagerechten Erddruck beansprucht werden (ENV 1996-3, Abschnitt 4.5)

Zu der auf den deutschen Regelungen in DIN 1053-1 [9] beruhenden vereinfachten Berechnungsmethode für Kellerwände in ENV 1996-3 [1 - Abschnitt 4.5] ist eine ergänzende Anmerkung zur Grundlage der Bemessungsformeln (4.9) und (4.10) erforderlich. Diese wurde als ergänzende deutsche Stellungnahme vorgelegt (vgl. Kap. 5.3 des Forschungsberichtes). Die Bemessungsformeln (4.9) und (4.10) beruhen auf der Annahme, dass die enthaltene charakteristische Schubfestigkeit entsprechend der deutschen Regelung in DIN 1053-1 [9] für Platten unter der Annahme des nicht abgeminderten Rechenwertes des Reibungsbeiwertes ($\mu = 0,6$) ermittelt wird. Da diese Vorgehensweise auf europäischer Ebene noch strittig ist und die charakteristische Schubfestigkeit nach ENV 1996-1-1 auch bei Platten mit dem abgeminderten Rechenwert des Reibungsbeiwertes ($\bar{\mu} = 0,4$) zu ermitteln ist, muss die Grundlage der vereinfachten Berechnung von Kellerwänden daher in ENV 1996-3 vermerkt werden.



b) Einfache Regeln für die Bemessung von unbewehrten Kellerwänden für Gebäude geringerer Höhe (Anhang B)

Der Anhang B wurde entsprechend den deutschen Vorschlägen vollständig gestrichen. Eine einfache Bemessung auf der Grundlage der geltenden deutschen Regelungen ist bereits in Abschnitt 4.5 enthalten. Die unübersichtlichen und aufwändig anzuwendenden Regelungen des Anhang B in ENV 1996-3 sind im aktuellen Stand 4th Draft prEN 1996-3, September 2002, nicht mehr enthalten.

4. Einfache Regeln für die Bemessung von nichttragenden Innenwänden (Anhang C)

a) Bestimmung der Mindestdicke und der Grenzwerte der Maße von nichttragenden Innenwänden - ohne horizontale Belastung (Anhang C.2)

Da die Herleitung der in ENV 1996-3 enthaltenen einfachen Regeln für die Bemessung von nichttragenden Innenwänden ohne Horizontalbelastung dem Normungsausschuss PT 5 nicht mehr vorlag und somit die Grundlagen der Bemessung nicht mehr nachvollzogen werden konnten, wurden die sich aus dem Bemessungsdiagramm (Bild C.1) ergebenden Grenzabmessungen mit den geltenden deutschen Regelungen im einschlägigen Merkblatt der DGfM und deren Grundlagen zu nichttragenden inneren Trennwänden verglichen. Es wurde festgestellt, dass die Bemessung nach ENV 1996-3 gegenüber den Grundlagen der deutschen Regelungen im einschlägigen Merkblatt der DGfM, die auf Versuchen und Untersuchungen von *Kirtschig* und *Anstötz* beruhen, auf der sicheren Seite liegen. Die Bemessung nach Anhang C.2 kann damit unverändert beibehalten werden. Es ist allerdings noch entsprechend den deutschen Regelungen zu ergänzen, dass für Kalksand- und Porenbetonsteine generell Normalmörtel oder Dünnbettmörtel mindestens der Gruppe M10 zu verwenden ist. Nur bei Wanddicken $\geq 11,5$ cm ist bei Kalksandsteinen auch Normalmörtel M5 zulässig. In die Anwendungsvoraussetzungen muss zudem noch aufgenommen werden, dass auf eine Vermörtelung der Stoßfugen nur verzichtet werden darf, wenn die Wanddicke bei vierseitig gehaltenen Wänden mindestens 17,5 cm und bei dreiseitig gehaltenen Wänden mit freiem vertikalen Rand mindestens 24 cm beträgt.

b) Bestimmung der Mindestdicke und der Grenzwerte der Maße von nichttragenden Innenwänden - mit horizontaler Belastung (Anhang C.3, nachträglich ergänzt)

Um z. B. auch vertikal nichttragende Innenwände in Gebäuden mit großen Außenwandöffnungen, die horizontaler Windbelastung ausgesetzt sind, vereinfacht nachweisen zu können, wurde der Anhang C um den Abschnitt C.3 erweitert. Mit der neuen



vereinfachten Berechnung können die Mindestdicke und die Grenzabmessungen auch von nichttragenden Innenwänden mit Horizontalbelastung aus Diagrammen abgelesen werden. In einem ersten niederländischen Vorschlag wurden die Diagramme auf der Grundlage der elastischen Plattentheorie erstellt. Da aber die Berechnung nach ENV 1996-1-1 auf der Bruchlinientheorie beruht und die vereinfachte Bemessung in EN 1996-3 diesen Regelungen entsprechen soll, wurden in einer eigenen Untersuchung Diagramme auf der Grundlage der Bruchlinientheorie erstellt und die rechnerische Herleitung zur Ermittlung der Bemessungskurven gezeigt. Die Diagramme sind denen auf der Grundlage der Plattentheorie sehr ähnlich und weichen nur im Detail ab.

Zudem wurde deutlich gemacht, dass unabhängig von der zu Grunde gelegten Theorie eine Berücksichtigung verschiedener Verhältnisse der Biegezugfestigkeiten senkrecht und parallel zur Lagerfuge sinnvoll ist. Zunächst war im niederländischen Berechnungsvorschlag nur der Fall mit gleich großen Biegezugfestigkeiten vorgesehen worden.

Die Ergebnisse der vorgenannten Untersuchungen wurden vom PT5 in den neuesten Stand der prEN 1996-3 übernommen, da die Grundlage der vereinfachten Berechnung in EN 1996-3 so gewählt werden sollte, dass die Berechnungstheorie mit den Grundlagen von EN 1996-1-1 übereinstimmt. Derzeit werden die Grundlagen der Plattenbeanspruchung von Mauerwerk näher untersucht. Falls sich als Ergebnis eine notwendige Änderung der Berechnung nach ENV 1996-1-1 ergeben sollte, muss dann später auch die vereinfachte Berechnung in ENV 1996-3 entsprechend angepasst werden.

Mit den vorgenannten Untersuchungen und Änderungsvorschlägen wurden nahezu alle wesentlichen in ENV 1996-3 enthaltenen vereinfachten Berechnungsverfahren überprüft und wenn erforderlich geändert. Es wurden teilweise erhebliche Sicherheitslücken aufgedeckt, die mit entsprechenden Änderungsvorschlägen beseitigt werden können.

Die erforderlichen Ergänzungen zum vereinfachten Nachweis der vertikalen Traglast hinsichtlich der Berücksichtigung des Deckendrehwinkels werden noch im PT5 diskutiert, von niederländischer Seite sollen auch noch Vergleichsrechnungen unter Berücksichtigung eines nichtlinearen Materialverhaltens vorgelegt werden. Eine endgültige Regelung muss noch erarbeitet werden.



Die vereinfachte Berechnung der Aussteifung von Gebäuden geringer Höhe ist noch zu überarbeiten. Die zu berücksichtigenden Grundlagen wurden erläutert und können hierbei verwendet werden. Zur erforderlichen Festlegung der vereinfachten Bemessungsbeiwerte sind umfangreiche Parameterstudien erforderlich, die jedoch in jedem Fall noch durchgeführt werden sollten, da sonst für die überwiegend ausgeführten Mauerwerksbauten keine vereinfachte Aussteifungsberechnung mehr möglich und auch z. B. bei jedem kleineren Einfamilienhaus ein aufwändiger genauer Nachweis der Gebäudeaussteifung zu führen wäre. Die Bearbeitung dieser vereinfachten Berechnungsmethode ist daher als dringend geboten anzusehen.

Hannover, November 2002



8. Literatur

- [1] (Vornorm) DIN V ENV 1996-3, Ausgabe 2000-10 - Eurocode 6: Berechnung und Ausführung von Mauerwerksbauten; Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden und einfache Regeln für Mauerwerk; Deutsche Fassung ENV 1996-3:1999.
- [2] Draft prEN 1996-3, 4th Draft, September 2002 - Eurocode 6: Design of Masonry Structures; Part 3: Simplified calculation methods.
- [3] (Vornorm) DIN V ENV 1996-1-1, Ausgabe 1996-1-1 - Eurocode 6: Berechnung und Konstruktion von Mauerwerksbauten; Teil 1-1 Allgemeine Regeln, Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk; Deutsche Fassung ENV 1996-1-1:1995.
- [4] Draft prEN 1996-1-1, Stage 34, 2002 - Eurocode 6: Design of Masonry Structures; Part 1-1: Common rules for reinforced and unreinforced masonry structures.
- [5] German comments on Eurocode 6: Design of masonry structures, Part 3: Simplified calculation methods and simple rules for masonry structures, Ref. No.: ENV 1996-3:1999 E. Englische Version 20.02.2001.
- [6] German comments on EC 6 part 3, Ref. No: ENV 1996-3:1999 - Completion of our comment of 20.02.2001, explanation to clause 4, 4.2 Simplified calculation method for walls subjected to vertical loading. Englische Version 15.05.2002.
- [7] Deutsche Stellungnahme zum EC 6 Teil 3, Ref. Nr. ENV 1996-3:1999 - Deutsche Ausgabe DIN V ENV 1996-3 vom Oktober 2000 (Blaudruck). Deutsche Version mit Erläuterungen 03.05.2002.
- [8] Forschungsbericht: Vergleich des Eurocode 6 Teil 1-1 (ENV 1996-1-1) mit deutschen Mauerwerksnormen DIN 1053-1 und DIN 1053-2, Nov. 1996; Teil 4 a: Ergänzende Untersuchungen. BGS Ingenieursozietät, Hannover und Planungs- und Ingenieurbüro für Bauwesen, Radebeul. November 2001.
- [9] DIN 1053-1, Ausgabe: 1996-11 - Mauerwerk; Teil 1: Berechnung und Ausführung.



[10] DGfM-Merkblatt: Nichttragende innere Trennwände. Deutsche Gesellschaft für Mauerwerksbau e. V., Bonn. 2. Auflage, Januar 2002.

[11] Kasten, D.: Nichttragende innere Trennwände aus Mauerwerk, Erläuterungen zur Neufassung des DGfM-Merkblattes. Mauerwerk-Kalender 2002, Berlin Ernst & Sohn, S. 221 - 237.

[12] Kitschig, K. und Anstötz, W.: Zur Tragfähigkeit von nichttragenden inneren Trennwänden in Massivbauweise. Mauerwerk-Kalender 1986, Berlin Ernst & Sohn, S. 697 - 734.

[13] DIN 4103-1, Ausgabe: 1984-07 - Nichttragende innere Trennwände; Anforderungen, Nachweise.

[14] ISO/FDIS 9652-2: 1999 (E) - Masonry part 2: Unreinforced masonry design by simple rules. Herausgegeben vom ISO/TC 179/SC 1, Secretariat BSI 1999.

[15] Reeh, H., Iffert, S., Mathias., B.: Einfache Bemessungsregeln für Mauerwerksbauten (Simple Rules). Forschungsbericht 1994.

[16] Reeh, H.: Einfache Bemessungsregeln im Mauerwerksbau. Bautechnik 73 (1996), H. 4, S. 215 - 221.

Bauforschung für die Praxis

- Brandschutzkosten im Wohnungsbau**
Karl Deters
Band 59, 2001, 245 S., Abb., Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4258-0
€ 50,- | sFr 86,-
- Gemeinschaftliches Wohnen im Alter**
R. Weeber, G. Wöfle, V. Rösner
Band 58, 2001, 175 S., Abb., Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4257-2
€ 46,- | sFr 79,-
- Entwicklung eines Bewertungssystems für ökonomisches und ökologisches Bauen und gesundes Wohnen**
C.J. Diederichs, P. Getto, S. Streck
Band 57, 2002, 230 S., mit CD-ROM, Abb., Tab., kart., ISBN 3-8167-4256-4
€ 50,- | sFr 86,-
- Vergabeverfahren und Baukosten**
Hannes Weeber, Simone Bosch
Band 56, 2001, 192 S., Abb., Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4255-6
€ 50,- | sFr 86,-
- Konzepte für die praxisorientierte Instandhaltungsplanung im Wohnungsbau**
Ralf Spilker, Rainer Oswald
Band 55, 2000, 71 S., 5 Abb., zahlr. Tab., kart., ISBN 3-8167-4254-8
€ 22,- | sFr 39,50
- Bewährung innen wärmedämmter Fachwerkbauten**
Problemstellung und daraus abgeleitete Konstruktionsempfehlungen
Reinhard Lamers, Daniel Rosenzweig, Ruth Abel
Band 54, 2000, 173 S., 123 Abb., kart.,
ISBN 3-8167-4253-X
€ 25,- | sFr 44,-
- Überprüfbarkeit und Nachbesserbarkeit von Bauteilen - untersucht am Beispiel der genutzten Flachdächer**
Rainer Oswald, Ralf Spilker, Klaus Wilmes
Band 53, 1999, 133 S., 49 Abb., 4 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4252-1
€ 37,- | sFr 63,-
- Bauschadensfibel für den privaten Bauherrn und Hauskäufer**
Rainer Oswald, Ruth Abel, Volker Schnapauff
Band 52, 1999, 140 S., 19 Abb., 3 Tab., fester Einband, ISBN 3-8167-4251-3
€ 25,- | sFr 44,-
- Balkone, kostengünstig und funktionsgerecht**
Hannes Weeber, Margit Lindner
Band 51, 1999, 146 S., 102 Abb., 26 Tab., kart., ISBN 3-8167-4250-5
€ 38,- | sFr 65,-
- Kostenfaktor Erschließungsanlagen**
Hannes Weeber, Michael Rees
Band 50, 1999, 226 S., 107 Abb., 15 Tab., kart., ISBN 3-8167-4249-1
€ 50,- | sFr 86,-
- Eigenleistung beim Bauen**
Wie Eigentümer und Mieter sich am Bau ihrer Wohnung beteiligen können
R. Weeber, H. Weeber, S. Kleebaur, H. Gerth, W. Pohrt
Band 49, 1999, 154 S., 25 Abb., 12 Tab.,
ISBN 3-8167-4248-3
€ 22,- | sFr 39,50
- Kosteneinsparung durch Bauzeitverkürzung**
Barbara Bredenbals, Heinz Hullmann
Band 48, 1999, 174 S., 38 Abb., 36 Tab.,
ISBN 3-8167-4247-5
€ 37,- | sFr 64,-
- Das wärme- und feuchteschutztechnische Verhalten von stählernen Fassadendurchdringungen**
Lutz Franke, Gernod Deckelmann
Band 47, 1998, 74 S., 38 Abb., 13 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4246-7
€ 15,- | sFr 26,-
- Kostengünstige bauliche Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs im Wohnungsbestand**
R. Oswald, R. Lamers, V. Schnapauff, R. Spilker, K. Wilmes
Band 46, 1998, 100 S., 57 Abb., kart.,
ISBN 3-8167-4245-9
€ 17,- | sFr 30,50
- Sicherung des baulichen Holzschutzes**
Horst Schulze
Band 45, 1998, 168 S., 136 Abb., 10 Tab., kart., ISBN 3-8167-4244-0
€ 22,- | sFr 39,50
- Luftdichtigkeit von industriell errichteten Wohngebäuden in den neuen Bundesländern**
Wolfgang Richter, Dirk Reichel
Band 44, 1998, 88 S., 34 Abb., 15 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4243-2
€ 15,- | sFr 26,-
- Leitfaden Kostendämpfung im Geschoßwohnungsbau**
Karl Deters, Joachim Arlt
Band 43, 1998, 162 S., 135 Abb., 34 Tab., kart., ISBN 3-8167-4242-4
€ 22,- | sFr 39,50
- Langzeitbewährung und Entwicklungstendenzen von Kunststoff-Bauprodukten im Wohnungsbau**
Dieter Arlt, Rainer Weltring
Band 42, 1998, 137 S., 90 Abb., 7 Graph., kart., ISBN 3-8167-4241-6
€ 20,- | sFr 35,-
- Ausschreibungshilfen für recyclinggerechte Wohnbauten**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 41, 1998, 172 S., 28 Abb., kart.,
ISBN 3-8167-4240-8
€ 22,- | sFr 39,50
- Gebrauchsanweisung für Häuser**
Volker Schnapauff, Silke Richter-Engel
Band 40, 1997, 116 S., 4 Abb., 7 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4239-4
€ 19,- | sFr 34,-
- Ergänzender Neubau in bestehenden Wohnsiedlungen**
H. Weeber, R. Weeber, M. Lindner, u. a.
Band 39, 1997, 194 S., 230 Abb., kart.,
ISBN 3-8167-4238-6
€ 25,- | sFr 44,-
- Lüftung in industriell errichteten Wohnhäusern**
Wilfried Jank
Band 37, 1997, 66 S., 17 Abb., 12 Tab., 13 Tafeln, kart., ISBN 3-8167-4236-X
€ 15,- | sFr 26,-
- Auswirkungen der neuen Wärmeschutzverordnung auf den Schallschutz von Gebäuden**
Siegfried Koch, Werner Scholl
Band 36, 1997, 72 S., 33 Abb., 2 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4235-1
€ 15,- | sFr 26,-
- Baukostensenkung durch gesicherte Schadensbeurteilung an aufwerksporigen Leichtbetonelementen der industriell errichteten Wohnbauten der ehemaligen DDR**
Mirko Neumann, Mathias Reuschel
Band 35, 1997, 320 S., 227 Abb., 105 Tab., kart., ISBN 3-8167-4234-3
€ 41,- | sFr 70,-
- Verhinderung von Emissionen aus Baustoffen durch Beschichtungen**
Lutz Franke, Martin Wesselmann
Band 34, 1997, 68 S., 11 Abb., 9 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4233-5
€ 15,- | sFr 26,-
- Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) im Wohnungsbau**
Institut für Bauforschung e.V., Hannover
Band 32, 1997, 250 S., 128 Abb., 20 Tab., kart., ISBN 3-8167-4231-9
€ 30,- | sFr 51,50

BESTELLSCHEIN

■ Titel ankreuzen und im Umschlag oder
■ per Fax (07 11) 970 - 25 08 oder -25 07
■ senden an:

Fraunhofer IRB Verlag

■ Fraunhofer-Informationszentrum
■ Raum und Bau IRB
■ Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart
■ Telefon (07 11) 970 - 25 00
■ E-Mail: info@irb.fhg.de
■ URL: <http://www.IRBbuch.de>

■ Absender

■

■

■ Straße/PF

■

■ PLZ/Ort

■ Datum

■ Unterschrift

- Niedrigenergiehäuser unter Verwendung des Dämmstoffes Styropor**
Teil 1, Konstruktionsempfehlungen und optimierte Anschlußsituationen (Details)
W.-H. Pohl, S. Horschler, R. Pohl
Teil 2, Quantitative Darstellung der Wirkung von Wärmebrücken
Gerd Hauser, Horst Stiegel
Band 31, 1997, 294 S., 169 Abb., kart., ISBN 3-8167-4230-0
€ 14,- | sFr 25,-
- Fenster - Sanierung und Modernisierung**
Hans-Rudolf Neumann
Band 30, 1997, 134 S., 90 Abb., 11 Tab., kart., ISBN 3-8167-4229-7
€ 20,- | sFr 35,-
- Schäden an nicht industriell hergestellten Wohnbauten der neuen Bundesländer**
R. Oswald, R. Spilker, V. Schnapauß, u. a.
Band 29, 1996, 116 S., 66 Abb., 30 Tab., kart., ISBN 3-8167-4228-9
€ 17,- | sFr 30,50
- Parkierungsanlagen im verdichteten Wohnungsbau**
Hannes Weeber, Rotraut Weeber
Band 28, 1997, 156 S., 60 Abb., 28 Tab., kart., ISBN 3-8167-4227-0
€ 22,- | sFr 39,50
- Möglichkeiten der Einsparung von Wohnkosten durch Mieterbeteiligung**
M. Eiff, K. Goldt, B. Harms, u. a.
Band 27, 1997, 157 S., 3 Abb., 8 Tab., kart., ISBN 3-8167-4226-2
€ 22,- | sFr 39,50
- Die Berechnung von Flachdecken über Zustands- und Einflußflächen**
Max Baerschneider
Band 26, 1996, 380 S., 196 Tab., kart., zweibändig, ISBN 3-8167-4225-4
€ 49,- | sFr 83,50
- Feuchttransportvorgänge in Stein und Mauerwerk - Messung und Berechnung**
M. Krus, H.-M. Künzel, K. Kießl
Band 25, 1996, 75 S., 31 Abb., 2 Tab., kart., ISBN 3-8167-4224-6
€ 15,- | sFr 26,-
- Wohngebäudesanierung und Privatisierung**
Hannes Weeber, Michael Rees
Band 24, 1996, 107 S., 51 Abb., 17 Tab., kart., ISBN 3-8167-4223-8
€ 20,- | sFr 35,-
- Der Feuchtehaushalt von Holz-Fachwerkwänden**
Helmut Künzel
Band 23, 1996, 85 S., 32 Abb., 10 Tab., kart., ISBN 3-8167-4222-X
€ 15,- | sFr 26,-
- Neue Konstruktionsalternativen für recyclingfähige Wohngebäude**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 22, 1996, 110 S., 26 Abb., 3 Tab., kart., ISBN 3-8167-4221-1
€ 17,- | sFr 30,50
- Standisicherheit der Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern**
E. Cziesielski, N. Fouad, F.-U. Vogdt
Band 21, 1996, 226 S., 71 Abb., kart., ISBN 3-8167-4220-3
€ 30,- | sFr 51,50
- Sicherheit von Glasfassaden**
X. Shen, H. Techen, J. D. Wörner
Band 20, 1996, 38 S., 26 Abb., 4 Tab., kart., ISBN 3-8167-4219-X
€ 12,- | sFr 21,50
- Kostengünstige Umnutzung aufgegebener militärischer Einrichtungen für Wohnzwecke, Wohnergängungseinrichtungen und andere Nutzungen**
B. Jacobs, J. Kirchhoff, J. Mezler
Band 19, 1996, 204 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4218-1
€ 28,- | sFr 47,50
- Holztafelbauweise im mehrgeschossigen Wohnungsbau**
Barbara Bredenbals, Heinz Hullmann
Band 18, 1996, 237 S., 116 Abb., 23 Tab., kart., ISBN 3-8167-4217-3
€ 30,- | sFr 51,50
- Gefährdungspotentiale asbesthaltiger Massenbaustoffe in den neuen Bundesländern**
Klaus Bergner, unter Mitarbeit von Franka Stodollik und Hans-Otto Eckler
Band 17, 1996, 75 S., 26 Abb., 9 Tab., kart., ISBN 3-8167-4216-5
€ 15,- | sFr 26,-
- Transparent gedämmte Altbauten**
G. H. Bondzio, K. Brandstetter, P. Sulzer, S. Al Bosta, u. a.
Band 15, 1996, 130 S., 44 Abb., 7 Tab., kart., ISBN 3-8167-4214-9
€ 22,- | sFr 39,50
- Kosten und Techniken für das "Überwintern" erhaltenswerter Bausubstanz**
Michael Rees, Hannes Weeber
Band 14, 1995, 190 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4213-0
€ 25,- | sFr 44,-
- Menschengerechte Raumklimatisierung durch Quelllüftung und Flächenkühlung**
Erhard Mayer (Hrsg.)
Band 13, 1995, 190 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4212-2
€ 25,- | sFr 44,-
- Zusätzliche Wärmedämmsysteme bei Fertigteilbauten**
Typenserie P2
P. Bauer, B. Loeser, H. Schwarzig, T. Spengler
Band 12, 1995, 118 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4211-4
€ 20,- | sFr 35,-
- Körperschalldämmung von Sanitärräumen**
Karl Gösele, Volker Engel
Band 11, 1995, 76 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4210-6
€ 15,- | sFr 26,-
- Bauschäden an Holzbalkendecken in Feuchtraumbereichen**
Gertraud Hofmeister
Band 9, 1995, 210 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4208-4
€ 25,- | sFr 44,-
- Ökologische Auswirkungen von Hochhäusern**
Band 8, 1995, 418 S., 114 Abb., kart., ISBN 3-8167-4207-6
€ 50,- | sFr 86,-
- Wohnhochhäuser heute**
H. Weeber, R. Weeber, M. Hasenmaier, u. a.
Band 7, 1995, 165 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4206-8
€ 25,- | sFr 44,-
- Abfallvermeidung in der Bauproduktion**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 6, 1994, 198 S., 75 Abb., 16 Tab., kart., ISBN 3-8167-4205-X
€ 25,- | sFr 44,-
- Barrierefreie Erschließungssysteme von Wohngebäuden**
R. Weeber, M. Rees, H. Weeber
Band 5, 1994, 64 S., 52 Abb., 6 Tab., kart., ISBN 3-8167-4204-1
€ 12,- | sFr 21,50
- Die Ausführung des Umkehrdaches bei erhöhten Anforderungen an den Wärmeschutz**
Lutz Franke, Gernod Deckelmann
Band 4, 1994, 80 S., zahlreiche Abb. und Tab., kart., ISBN 3-8167-4203-3
€ 20,- | sFr 35,-
- Niveaugleiche Türschwellen bei Feuchträumen und Dachterrassen**
R. Oswald, A. Klein, K. Wilmes
Band 3, 1994, 56 S., 48 Abb., kart., ISBN 3-8167-4202-5
€ 12,- | sFr 21,50
- Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern**
R. Oswald, V. Schnapauß, R. Lamers, u. a.
Band 2, 1995, 333 S., 515 Abb., kart., ISBN 3-8167-4201-7
€ 40,- | sFr 69,50
- Heizung und Lüftung im Niedrigenergiehaus**
Gerhard Hausladen, Peter Springl
Band 1, 1994, 214 S., 74 Abb., 17 Tab., kart., ISBN 3-8167-4200-9
€ 25,- | sFr 44,-
- Informieren Sie mich bitte laufend über neue **Fachbücher**

BESTELLSCHEIN

■ **Titel ankreuzen und im Umschlag oder per Fax (07 11) 970 - 2508 oder -2507 senden an:**

■ **Fraunhofer IRB Verlag**

■ Fraunhofer-Informationszentrum
■ Raum und Bau IRB

■ **Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart**

■ **Telefon (07 11) 970 - 2500**

■ **E-Mail: info@irb.fhg.de**

■ **URL: http://www.IRBbuch.de**

■ Absender

■

■

■

■ Straße/PF

■

■ PLZ/Ort

■ Datum

■ Unterschrift

Schadenfreies Bauen

Herausgegeben von Professor Günter Zimmermann

- Schadenfreies Bauen**
Gesamtausgabe Bände 1 – 26
2002, alle Bände mit festem Einband
ISBN 3-8167-5796-0
€ 1037,- | sFr 1744,-
Bei Abnahme der Gesamtausgabe
sparen Sie € 115,-
- Schäden an polymeren Beschichtungen**
Robert Engelfried
Band 26: 2001, 146 S., 94 Abb., 14 Tab.,
ISBN 3-8167-5795-2
€ 40,- | sFr 68,50
- Schäden an Belägen und Bekleidungen mit Keramik- und Werksteinplatten**
Günter Zimmermann
Band 25: 2001, 200 S., 175 Abb., 16 Tab.,
ISBN 3-8167-5791-X
€ 48,- | sFr 82,50
- Schäden an Installationsanlagen**
Heizungs- und Raumluftechnische Anlagen,
Trinkwasser-, Abwasser- und Gasinstallations-
anlagen
Heinz Wirth, Stefan Wirth
Band 24: 2001, 270 S., 114 Abb., 33 Tab.,
ISBN 3-8167-5790-1
€ 57,- | sFr 96,-
- Schäden an Türen und Toren**
Ralf Schumacher
Band 23: 2001, 372 S., 291 Abb., 32 Tab.,
ISBN 3-8167-4169-X
€ 71,- | sFr 118,-
- Schäden an elastischen und textilen Bodenbelägen**
Hans-Joachim Scheewe
Band 22: 2001, 232 S., 80 überw. farb. Abb.,
50 Tab.,
ISBN 3-8167-4168-1
€ 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Glasfassaden und -dächern**
Peter Küffner, Oliver Lummertzheim
Band 21: 2000, 132 S., 106 z.T. farb. Abb.,
6 Tab.,
ISBN 3-8167-4165-7
€ 40,- | sFr 68,50
- Schäden an Wärmedämm-Verbundsystemen**
Erich Cziesielski, Frank Ulrich Vogdt
Band 20: 2000, 202 S., 75 Konstruktionsskiz-
zen, 28 Tab. u. Diagramme, 98 Fotos,
ISBN 3-8167-4164-9
€ 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Außenwänden aus Mehrschicht-Betonplatten**
Ralf Ruhnau, Nabil Fouad
Band 19: 1998, 104 S., 61 Abb.; 7 Tab.,
ISBN 3-8167-4160-6
€ 35,- | sFr 60,50
- Schäden an Deckenbekleidungen und abgehängten Decken**
Hubert Satzger
Band 18: 1998, 78 S., 59 Abb., 5 Tab.,
ISBN 3-8167-4159-2
€ 23,- | sFr 40,50
- Schäden an Dränanlagen**
Wilfried Muth
Band 17: 1997, 114 S., 128 Abb., 10 Tab.,
ISBN 3-8167-4154-1
€ 35,- | sFr 60,50
- Tauwasserschäden**
Richard Jenisch
Band 16: 2. überarb. Aufl., 2001, 129 S.,
66 Abb., 6 Tab., ISBN 3-8167-5792-8
€ 37,- | sFr 62,50
- Schäden an Estrichen**
Klaus G. Aurnhammer
Band 15: 2., erg. Aufl., 1999, 216 S., 44 Abb.;
17 Tab.,
ISBN 3-8167-4162-2
€ 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Tragwerken aus Stahlbeton**
Bernhard Brand, Gerhard Glatz
Band 14: 1996, 217 S., 129 Abb., 24 Tab.,
ISBN 3-8167-4153-3
€ 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Außenwänden aus Ziegel- und Kalksandstein-Verblendmauerwerk**
Helmut Klaas, Erich Schulz
Band 13: 1995, 224 S., 162 Abb., 13 Tab.,
ISBN 3-8167-4152-5
€ 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Metallfassaden und -dachdeckungen**
Franz Lubinski, Fritz Röbber, Uwe Nagel, u. a.
Band 12: 2. erw. Aufl., 2001, 415 S., 303
Abb., 22 Tab.,
ISBN 3-8167-4166-5
€ 76,- | sFr 127,-
- Schäden an Außenmauerwerk aus Naturstein**
Martin Sauder, Renate Schloenbach
Band 11: 1995, 274 S., 95 Abb., 31 Tab.,
ISBN 3-8167-4150-9
€ 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Außenwänden mit Asbestzement-, Faserzement- und Schieferplatten**
Klaus W. Liersch
Band 10: 1995, 146 S., 86 Abb., 20 Tab.,
ISBN 3-8167-4149-5
€ 38,- | sFr 65,-
- Schäden an Fassadenputzen**
Helmut Künzel
Band 9: 2. erw. Aufl., 2000, 142 S., mit zahlr.
Abb. und Tab.,
ISBN 3-8167-4167-3
€ 38,- | sFr 65,-
- Schäden an Abdichtungen in Innenräumen**
Erich Cziesielski, Michael Bonk
Band 8: 1994, 112 S., 55 Abb., 4 Tab.,
ISBN 3-8167-4147-9
€ 33,- | sFr 57,-
- Rissschäden an Mauerwerk**
Ursachen erkennen - Rißschäden vermeiden.
Werner Pfefferkorn
Band 7: 3. überarb. Aufl., 2002, 292 S.,
290 Abb., 18 Tab.,
ISBN 3-8167-5793-6
€ 53,- | sFr 89,-
- Schäden an Fenstern**
Wolfgang Klein
Band 6: 1994, 154 S., 92 Abb., 2 Tab.,
ISBN 3-8167-4145-2
€ 37,- | sFr 64,-
- Schäden an Wänden und Decken in Holzbauart**
Horst Schulze
Band 5: 1993, 158 S., 140 Abb.,
ISBN 3-8167-4144-4
€ 37,- | sFr 64,-
- Schäden an Industrieböden**
Erich Cziesielski, Thomas Schrepfer
Band 4: 2., erw. Aufl., 1999, 169 S., 69 Abb.,
33 Tab.,
ISBN 3-8167-4163-0
€ 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Sichtbetonflächen**
Heinz Klopfer
Band 3: 1993, 123 S., 77 Abb., 9 Tab.,
ISBN 3-8167-4142-8
€ 35,- | sFr 60,50
- Schäden an Flachdächern und Wannenaus wasserundurchlässigem Beton**
Gottfried C.O. Lohmeyer
Band 2: 3. neu bearb. Aufl., 2001, 272 S.,
171 Abb., 28 Tab.,
ISBN 3-8167-5794-4
€ 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Außenwandfugen im Beton- und Mauerwerksbau**
Ralf Ruhnau
Band 1: 1992, 132 S., 87 Abb.,
ISBN 3-8167-4140-1
€ 35,- | sFr 60,50

BESTELLSCHEIN

■ Titel ankreuzen und im Umschlag oder
■ per Fax (07 11) 970 - 25 08 oder -25 07
■ senden an:

Fraunhofer IRB Verlag

■ Fraunhofer-Informationszentrum
■ Raum und Bau IRB

■ Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart

■ Telefon (07 11) 970 - 25 00

■ E-Mail: info@irb.fhg.de

■ URL: <http://www.IRBbuch.de>

■ Absender

■

■

■

■ Straße/PF

■ PLZ/Ort

■ Datum

■ Unterschrift

Die »Bauschäden-Sammlung« in 13 Bänden

Herausgegeben von Professor Günter Zimmermann



In der Fachwelt hat diese Zusammenstellung von typischen Bauschadensfällen als wichtiger Beitrag zur Verbesserung der Bau- und Planungsleistungen großes Ansehen erlangt.

Die 13 Bände mit dem Untertitel »Sachverhalt - Ursachen - Sanierung« enthalten Schadensberichte aus allen baukonstruktiven Bereichen und sind durch Themen- und Sachregister erschlossen.

Der Nutzer kann so auf Anhieb feststellen,

- ob ein gleicher oder ähnlicher Schaden bereits dokumentiert ist,
- welche Schäden für ein bestimmtes Bauteil typisch sind,
- wie diese Schäden vermieden werden können oder welche Maßnahmen zu ihrer Behebung in Frage kommen.

Seit 3 Jahrzehnten ist die »Bauschäden-Sammlung« eine ständige Rubrik des »Deutschen Architektenblattes«.

Bauschäden-Sammlung, Band 13 Sachverhalt - Ursachen - Sanierung

2001, 184 Seiten,
zahlreiche, überwiegend farbige
Abbildungen, fester Einband,
ISBN 3-8167-4185-1
€ 27,- | sFr 44,-

Der Herausgeber

Professor Günter Zimmermann, ein bekannter Bausachverständiger mit langjähriger Erfahrung, betreut seit 3 Jahrzehnten die »Bauschäden-Sammlung« im »Deutschen Architektenblatt« und ist auch für die Herausgabe der Buchausgabe verantwortlich.

BESTELLSCHEIN

- Band 1: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 2: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 3: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 4: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 5: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 6: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 7: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 8: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 9: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 10: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 11: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 12: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 13: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-

Sie sparen € 36,- bei Abnahme der

- Bände 1-13 komplett:
€ 315,- | sFr 476,-

Alle Bände im Format A 5 quer, mit zahlreichen, zum Teil farbigen Abbildungen, festem Einband und Fadenheftung

Titel ankreuzen und im Umschlag oder per Fax (07 11) 970 - 25 08 oder -25 07 senden an:

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum
Raum und Bau IRB

Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart
Telefon (07 11) 970 - 25 00
E-Mail: info@irb.fhg.de
URL: <http://www.IRBbuch.de>

Absender

.....

.....

Straße/PF

PLZ/Ort

Datum

Unterschrift

Abb. 3: Starke Ausblühungen unterhalb von durchfeuchteten Fassadenbereichen.

Abb. 4: Durchfeuchtung mit Ausblühung unter einer Fensterbank.

Abb. 5: Fehlstellen und undichte Fugen in den Fensterbänken.

Abb. 3

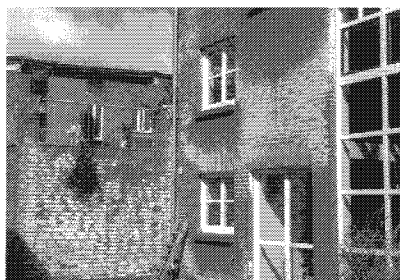


Abb. 4

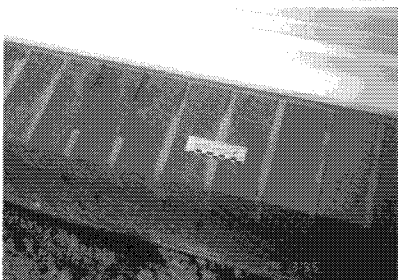


Abb. 5