

**Vergleichsrechnungen zwischen
der Mauerwerksnorm Eurocode 6
einschließlich der nationalen Anhänge
(NA) mit der DIN 1053-1:1996 anhand
von Praxisbeispielen**

T 3282

T 3282

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

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

Die Originalmanuskripte wurden 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.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2012

ISBN 978-3-8167-8736-5

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

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

EC 6 - Anwendungserprobung

Vergleichsrechnungen zwischen der Mauerwerksnorm Eurocode 6 einschließlich der nationalen Anhänge (NA) mit der DIN 1053-1:1996 anhand von Praxisbeispielen

Forschungsförderer: Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)
Kolonnenstraße 30 B
10829 Berlin

Geschäftszeichen P 52-5-15.96.1-1415/12

Forschende Stelle: Deutsche Gesellschaft für Mauerwerks- und
Wohnungsbau Service GmbH
Geschäftsführer Dr. Ronald Rast
Kochstraße 6-7
10969 Berlin

Bearbeiter: Dr.-Ing. Christoph Alfes

Datum: 25. April 2012

Kurzfassung

Vergleichsrechnungen zwischen der Mauerwerksnorm Eurocode 6 einschließlich der nationalen Anhänge (NA) mit der DIN 1053-1:1996 anhand von Praxisbeispielen

Von bauaufsichtlicher Seite gibt es Bedingungen für die Einführung von Eurocodes. Dazu zählen unter anderem:

- Die nationalen Anhänge zu den Eurocodes müssen vorliegen.
- Es muss eine Anwendungserprobung erfolgt sein und Vergleichsrechnungen müssen vorliegen.

In diesem Forschungsvorhaben zum Mauerwerksbau wurde auf der Basis der nationalen Anhänge zum Eurocode 6 eine Anwendungserprobung durchgeführt. Die Vergleichsrechnungen zwischen bestehender Norm DIN 1053 und der zukünftigen EC 6-Serie wurden von fünf Ingenieurbüros durchgeführt. Vier Ingenieurbüros führten die Vergleichsrechnungen an bereits bestehenden Gebäuden durch, bei denen die Bauteile normal belastet waren. Ein Ingenieurbüro führte Vergleichsrechnungen an hoch ausgelasteten Bauteilen aus verschiedenen Stein-Mörtel-Kombinationen an drei verschiedenen Gebäudetypen (Einfamilienhaus, Reihenhaushaus, Mehrfamilienhaus) durch. Ein anderes Ingenieurbüro führte darüber hinaus spezielle Nachweise durch, die nur in Sonderfällen zum Einsatz kommen. Die Vergleichsrechnungen der Ingenieurbüros haben gezeigt, dass der Eurocode 6 mit zugehörigen deutschen Anhängen absolut anwendbar ist.

Summary

Comparative calculations between the masonry standard Eurocode 6 including the national annexes (NA) and the German standard DIN 1053-1:1996 by means of examples of practice.

The German building authority provide conditions for the introduction of Eurocodes. Among these conditions are the following:

- The national annexes of the Eurocodes must be available.
- Application tests must be carried out and proof testing calculations must be available.

In this research project on masonry the application tests were done on basis of the national annexes to Eurocode 6. Comparative tests between the prevailing German standard DIN 1053 and the future EC6-series were carried out by five engineering offices. Four engineering offices did the comparative calculations on components

of existing buildings. The components were loaded on an usual level. One engineering office conducted the comparative calculations on highly loaded components made off different stone-mortar-combinations in three buildings types (family house, serial houses and multiy-family houses). In addition, another engineering office did special calculations which need to be solved in daily work relatively seldom. The comparative calculations of the engineering offices showed that the Eurocode 6 plus the respective German annexes are absolutely applicable.

Synthèse

Calculs comparatifs entre la norme Eurocode 6 inclusivement les annexes nationales (NA) et la norme allemande DIN 1053-1 :1996 à l'aide des exemples de pratique

Les autorités allemandes de contrôle des constructions posent des conditions à l'introduction des Eurocodes. Parmi ces conditions, on retrouve ce qui suit :

- Les annexes nationales des Eurocodes doivent être disponibles.
- Un essai d'application doit être réalisé et des calculs comparatifs doivent être présentés.

Dans ce projet d'étude de la maçonnerie, il a été procédé à un essai d'application sur la base des annexes nationales d'Eurocode 6. Les calculs comparatifs entre la norme existante DIN 1053 et la future série EC 6 ont été réalisés par cinq bureaux d'ingénieurs. Quatre bureaux d'ingénieurs ont effectué des calculs comparatifs sur des bâtiments existants dont les éléments de construction étaient soumis à une charge normale. Un bureau d'ingénieurs a réalisé des calculs comparatifs sur des éléments de construction fortement sollicités, réalisés à partir de différents mélanges de pierres et de mortier, dans trois types différents de constructions (maison individuelle, maison mitoyenne, immeuble). Par ailleurs, un autre bureau d'ingénieurs a réalisé des essais spéciaux qui ne sont effectués que dans des cas particuliers. Les calculs comparatifs des bureaux d'ingénieurs ont montré que l'Eurocode 6 est parfaitement applicable avec les annexes allemandes correspondantes.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

- 1.1 Allgemeines
- 1.2 Aufgabenstellung
- 1.3 Vorgehensweise
- 1.4 Objekte der Vergleichsrechnungen
- 1.5 Vorgehensweise

2 Literatur (verwendete Unterlagen)

3 Systematische Untersuchungen: Bemessung und Bemessungsergebnisse

- 3.1 Vergleichsrechnungen Ingenieurbüro Prof. Jäger
 - 3.1.1 Allgemeines und grundsätzliche Hinweise
 - 3.1.2 Geführte Nachweise
 - 3.1.3 Ergebnisse
- 3.2 Vergleichsrechnungen Brehm Bauconsult (Phase 3)
 - 3.2.1 Allgemeines
 - 3.2.2 Nachweis der Querkrafttragfähigkeit in Scheibenrichtung
 - 3.2.3 Nachweis der Querkrafttragfähigkeit in Plattenrichtung
 - 3.2.4 Nachweis der Tragfähigkeit von Kellerwänden
 - 3.2.5 Nachweis der Teilflächenpressung
 - 3.2.6 Nachweis nicht-tragender Wände (Ausfachungsflächen)
 - 3.2.7 Zusammenfassung der speziellen Nachweise

4 Realisierte Objekte: Bemessung und Bemessungsergebnisse

- 4.1 Vergleichsrechnungen Ingenieurbüro Dr. Hauer
- 4.2 Vergleichsrechnungen Ingenieurbüro Dr. Brauer
- 4.3 Vergleichsrechnungen Ingenieurbüro Dr. Purtak
- 4.4 Vergleichsrechnungen Ingenieurbüro Dr. Brehm

5 Bewertung der Anwenderfreundlichkeit und der praktischen Handhabbarkeit

- 5.1 Allgemein
- 5.2 Genaues Verfahren
- 5.3 Vereinfachtes Verfahren
- 5.4 Stark vereinfachtes Verfahren

6 Zusammenfassung

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

Im Jahr 2010 hat die Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz (Schreiben von MR Schubert vom 25.08.2010 /21/) die Paketeinführung der Eurocodes zum 01.07.2012 beschlossen. Bedingungen für die Einführung von Eurocodes sind unter anderem:

- Die nationalen Anhänge zu den Eurocodes müssen vorliegen.
- Es muss eine Anwendungserprobung erfolgt sein und Vergleichsrechnungen müssen vorliegen.

Um diese Voraussetzungen zu schaffen, wurde das vom DIBt geförderte Forschungsvorhaben „EC6-Anwendungserprobung“ durchgeführt. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden Vergleichsrechnungen zwischen der Mauerwerksnorm Eurocode 6 einschließlich der zugehörigen nationalen Anhänge (NA) mit der DIN 1053-1:1996 anhand von Praxisbeispielen durchgeführt. Das Forschungsvorhaben hat zwei Phasen:

- Phase 1: Anwendungserprobung auf Basis der Entwürfe der nationalen Anhänge zum Eurocode 6
- Phase 2: Anwendungserprobung auf Basis der nationalen Anhänge zum Eurocode 6

Dieser Abschlussbericht bezieht sich auf Phase 2 des Forschungsvorhabens. Die Ergebnisse der Phase 1 sind in einem Zwischenbericht /20/ festgehalten.

Die Nationalen Anhänge zu DIN EN 1996, Teile 1-1, -2 und 3 /5, 9, 12/ wurden im Oktober 2011 vom DIN-Normenausschuss NA 005-06-01 „Mauerwerksbau“ fertiggestellt und mit Ausgabedatum Januar 2012 vom Beuth-Verlag veröffentlicht.

Die Vorstellung der Ergebnisse der Forscher erfolgte im Rahmen eines Workshops im Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) am 24.01.2012. Dieser Bericht fasst die Ergebnisse der Forscher zusammen.

1.2 Aufgabenstellung

Die Deutsche Gesellschaft für Mauerwerksbau e.V. möchte den Eurocode 6 mit den Nationalen Anhängen (NA) erproben, damit die Praxis mit der Umstellung von DIN 1053-1 auf die Bemessung nach Eurocode 6 und nationalen Anhängen möglichst wenige Schwierigkeiten haben wird. Dazu wurden von Ingenieurbüros typische Bauvorhaben des Mauerwerksbaus als Projekte mit einer vorhandenen Genehmigungs- bzw. Vergleichsplanung nach DIN 1053-1 noch einmal nach EC 6 durchgerechnet. Die Projekte hatten verschiedene Größenordnungen und stellen repräsentative Bauteile und Nutzungen dar.

Ein Ingenieurbüro (Prof. Jäger) sollte systematische Berechnungen an hoch ausgelasteten Bauteilen mit verschiedenen Stein-Mörtel-Kombinationen bei den drei Haustypen Reihenhaus (RH), Einfamilienhaus (EFH) und Mehrfamilienhaus (MFH) durchführen (siehe Abschnitt 3). Ein weiteres Ingenieurbüro (Dr. E. Brehm & W. Brehm) sollte spezielle Nachweise wie z.B. Teilflächenpressung oder das vereinfachte Nachweisverfahren für Kellerwände untersuchen.

Vier Ingenieurbüros (Dr. Hauer, Dr. Brauer, Dr. Purtak, Dr. E. Brehm & W. Brehm; siehe Abschnitt 4) sollten Vergleichsrechnungen EC 6 zu DIN 1053 an normal ausgelasteten Bauteilen bereits errichteter Gebäude durchführen.

Die Ergebnisse der Vergleichsrechnungen werden im Folgenden vorgestellt. Basis für diesen Abschlussbericht sind die Berichte der Forscher /13 - 18/.

Hinweis:

Im Folgenden werden bisweilen Kurzbezeichnungen verwendet:

- EC 6-1-1 : DIN EN 1996-1-1 /3, 4/ + Nationaler Anhang /5/
- EC 6-2: DIN EN 1996-2 /7, 8/ + Nationaler Anhang /9/
- EC 6-3 Anhang A: DIN EN 1996-3 Anhang A /10, 11/ + Nationaler Anhang/12/

1.3 Beteiligte Ingenieurbüros

Bei der Auswahl der Ingenieurbüros wurde auf eine Mischung zwischen großen und kleineren Büros geachtet. Zum Teil sind Büros sowohl als Aufsteller als auch als Prüfsachverständige tätig. Durch die Wahl mehrerer Büros wurden eine entsprechende Meinungsvielfalt und ein divergierender Erfahrungshorizont berücksichtigt, was eine allgemeingültigere Bewertung der EC 6-Ergebnisse ermöglichte. Folgende fünf Ingenieurbüros waren beteiligt:

BfB Büro für Baukonstruktionen GmbH

Dr.-Ing. M. Hauer
Rastatter Strasse 25
D-76199 Karlsruhe
Telefon: 0721 96401-0

Ingenieurbüro Dr. Brauer GmbH

Dr.-Ing. N. Brauer, Dipl.-Ing. J. Ehmke
Am Rübenweg 5
41540 Dormagen
Telefon: 02133 245560

Trag Werk Ingenieure - Döking+Purtak Partnerschaft

Dr.-Ing. F. Purta
Prellerstraße 9
01309 Dresden
Telefon: 0351 4330820

Brehm Bauconsult GmbH

Dr.-Ing. E. Brehm, Dipl.-Ing. W. Brehm
Lindberghstraße 12
64625 Bensheim
Telefon: 06251 789404

Ingenieurbüro Prof. Jäger

Prof. Dr.-Ing. W. Jäger
Wichernstraße 12
01445 Radebeul
Tel.: 0351 832960

1.4 Objekte der Vergleichsrechnungen

Eine Übersicht der Vergleichsrechnungen an hoch belasteten Wänden ist in Tabelle 1 und an normal belasteten Wänden in Tabelle 2 gegeben.

Tabelle 1: Übersicht der Vergleichsrechnungen an hoch belasteten Wänden

Name	Steinart	Bauwerk	DIN GF	DIN VF	EC GF	EC VF	Lit.
Jäger	Ziegel	RH	X	X	X	X	/14/
	KS		X	X	X	X	
	PB		X	X	X	X	
	LB		X	X	X	X	
	Ziegel	EFH	X	X	X	X	
	KS		X	X	X	X	
	PB		X	X	X	X	
	LB		X	X	X	X	
	Ziegel	MFH	X	X	X	X	
	KS		X	X	X	X	
	PB		X	X	X	X	
	LB		X	X	X	X	
X : durchgeführte Berechnungen							

Legende zu Tabelle 2:

DIN DIN 1053-1

EC DIN EN 1996-1-1 + NA *oder* DIN EN 1996-3 + NA *oder*
DIN EN 1996-3 Anhang A + NA

GF Genaues Verfahren (gemäß DIN 1053-1 *bzw.* DIN EN 1996-1-1 + NA)

VF Vereinfachtes Verfahren (gemäß DIN 1053-1 Abschnitt 6 *bzw.*
DIN EN 1996-3 + NA)

KS Kalksandstein

PB Porenbeton

LB Leichtbeton

RH Reihenhaus

EFH Einfamilienhaus

MFH Mehrfamilienhaus

Tabelle 2: Übersicht für spezielle Nachweisführungen von *Brehm & Brehm /17/*

Nachweis	Steinart	Bauwerk	DIN 1053-1	EC 6-1-1	EC 6-3	Lit.
Scheibenschub	KS	Schule (Karl-Kübel-Schule)	X	X		/17/
Plattenschub	Ziegel	MFH „Schloß Seeheim“	X	X		
	PB	EFH Dolle	X	X ¹⁾		
Tragfähigkeit von Kellerwänden	Ziegel	MFH „Schloß Seeheim“	X	X		
	PB	EFH Dolle	X	X		
Teilflächenpressung	KS	GGEW Ver- waltungsgebäude	X	X		
	KS	Schule (Karl-Kübel-Schule)	X	X		
Nicht-tragende Wände, d.h. Ausfachungsflächen	KS	GGEW Ver- waltungsgebäude	X		X	
	KS	Schule (Karl-Kübel-Schule)	X		X	
1) Nachweisführung nicht möglich						

Legende zu Tabelle 2:

Scheibenschub:	Querkrafttragfähigkeit in Scheibenrichtung
Plattenschub:	Querkrafttragfähigkeit in Plattenrichtung
EC 6-1-1	DIN EN 1996-1-1 + NA
EC 6-3	DIN EN 1996-3 + NA
KS	Kalksandstein
PB	Porenbeton
EFH	Einfamilienhaus
MFH	Mehrfamilienhaus

Tabelle 3: Übersicht der Vergleichsrechnungen an normal belasteten Wänden

Name	Steinart	Bauwerk	DIN GF	DIN VF	EC GF	EC VF	EC SVF	Lit.
Hauer	Ziegel	KiTa / taD Karlsruhe		X		X	X	/13/
	Ziegel	MFH Kehl		X		X		
	KS	MFH Karlsruhe	X	X	X	X		
Brauer	LB/Bims	RH	X		X			/15/
	Ziegel	MFH		X		X		
Purtak	KS	Pflege- heim	X	X	X	X	X	/16/
	Ziegel	EFH	X	X	X	X	X	
Brehm	KS	Schule	X		X			/18/
	KS	Verwalt.- gebäude	X		X			
	Ziegel	„Schloss Seeheim	X	X	X	X	X	
	PB/KS	EFH Dolle	X	X	X	X	X	
X: durchgeführte Untersuchungen								

Legende zu Tabelle 3:

DIN DIN 1053-1

EC DIN EN 1996-1-1 + NA *oder* DIN EN 1996-3 + NA *oder*
DIN EN 1996-3 Anhang A + NA

GF Genaues Verfahren (gemäß DIN 1053-1 *bzw.* DIN EN 1996-1-1 + NA)

VF Vereinfachtes Verfahren (gemäß DIN 1053-1 Abschnitt 6 *bzw.*
DIN EN 1996-3 + NA)

SVF Stark vereinfachtes Verfahren (gemäß DIN EN 1996-3 Anhang A + NA)

KS Kalksandstein

PB Porenbeton

LB Leichtbeton

RH Reihenhaushaus

EFH Einfamilienhaus

MFH Mehrfamilienhaus

KiTa Kindertagesstätte

taD teilweise aufliegende Deckenplatte

1.5 Vorgehensweise

Bewertungsmaßstab für die Vergleichsrechnung EC 6 zu DIN 1053 ist die Auslastung oder Ausnutzung. Fachlich zutreffender ist es, die Bezeichnung Auslastungsgrad oder Ausnutzungsgrad zu verwenden. Unter Ausnutzung - häufig als α bezeichnet - wird das Verhältnis von einwirkenden Kräften N_{Ed} oder n_{Ed} zu Materialwiderständen N_{Rd} oder n_{Rd} verstanden.

$$\alpha = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \quad \text{oder bei Linienlasten} \quad \alpha = \frac{n_{Ed}}{n_{Rd}} \quad (\text{Gln. 1})$$

Drei Berechnungsschritte wurden üblicherweise durchgeführt:

1. Berechnung des Ausnutzungsgrades nach DIN

$$\alpha_{DIN} = \frac{N_{DIN}}{N_{zul,DIN}} \quad \text{oder bei Linienlasten} \quad \alpha_{DIN} = \frac{n_{DIN}}{n_{zul,DIN}} \quad (\text{Gln. 2})$$

oder alternativ auf Spannungsebene

$$\alpha_{DIN} = \frac{\sigma_{R/m}}{zul \sigma} \quad (\text{Gln. 2a})$$

2. Berechnung des Ausnutzungsgrades nach Eurocode

$$\alpha_{EC} = \frac{N_{Ed,EC}}{N_{Rd,EC}} \quad \text{oder bei Linienlasten} \quad \alpha_{DIN} = \frac{n_{Ed,EC}}{n_{Rd,EC}} \quad (\text{Gln. 3})$$

3. Normenvergleich durch Verhältnisbildung

$$\eta = \frac{\alpha_{EC}}{\alpha_{DIN}} \quad (\text{Gln. 4})$$

4. Normenvergleich durch Darstellung der Abweichungen

$$\Delta_{DIN 1053-1} = \frac{\alpha_{EC6}}{\alpha_{DIN}} - 1 \quad (\text{Gln. 5})$$

Analog zu der Verfahrensweise bei Normalkraft-Einwirkung kann der Auslastungsgrad auch bei Normalkraft mit Biegung oder bei Querkraft als Beurteilungsmaßstab herangezogen werden.

Einflussgrößen auf den Auslastungsgrad sind unter anderem:

- Art und Intensität der anzusetzenden Einwirkungen
- Einwirkungskombinationen
- Grundwerte in den Materialwiderständen
- Sicherheitsbeiwerte (global, Teilsicherheitsbeiwert auf der Einwirkungsseite, Teilsicherheitsbeiwerte auf der Materialwiderstandsseite)
- Abbildung von Systemen (wirklichkeitsnah und genau aber komplex oder näherungsweise aber einfach)
- Rechenalgorithmen bzw. Nachweisformate

Wünschenswert sind gleichwertige oder niedrigere Ausnutzungsgrade der Bauteile bei Berechnung nach neuem Normenwerk. Bei zu hohen Ausnutzungsgraden nach Eurocode 6 würden aus Sicht der Industrie Wettbewerbsnachteile zu anderen Bauarten entstehen.

2 Literatur (verwendete Unterlagen)

- /1/ DIN 1053-1 „Mauerwerk – Teil 1: Berechnung und Ausführung“, Ausgabe November 1996
- /2/ DIN 1055 „Lastannahmen“, Teile 1 bis 5 sowie Teil 100 in den derzeit aktuellen Fassungen
- /3/ DIN EN 1996-1-1:2006-01 „Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk“; Deutsche Fassung EN 1996-1-1:2005
- /4/ DIN EN 1996-1-1 Berichtigung 1, November 2009
- /5/ DIN EN 1996-1-1/NA „Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk“; Ausgabedatum Januar 2012
- /6/ DIN EN 1996-1-2:2006-10 „Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln, Tragwerksbemessung für den Brandfall“; Deutsche Fassung EN 1996-1-2:2005
- /7/ DIN EN 1996-2:2006-03 „Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk“; Deutsche Fassung EN 1996-2:2006
- /8/ DIN EN 1996-2 Berichtigung 1, Januar 2010
- /9/ DIN EN 1996-2/NA „Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk“; Ausgabedatum Januar 2012
- /10/ DIN EN 1996-3:2006-04 „Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten“; Deutsche Fassung EN 1996-3:2006

- /11/ DIN EN 1996-3 Berichtigung 1, Januar 2010
- /12/ DIN EN 1996-3/NA „Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden; Ausgabedatum Januar 2012
- /13/ Hauer, M. : Anwendungserprobung EC 1996.
BfB Büro für Baukonstruktionen GmbH, Rastatter Str. 25, 76199 Karlsruhe.
Abschlussbericht vom 30.01.2012
- /14/ Jäger, W.; Morlack, F.; Seifert, K.; Steinigen, F.: Anwendungserprobung EC6.
Projekt-Nr.: 41115, Jäger Ingenieure GmbH, Büro für Tragwerksplanung,
Wichernstraße 12, 01445 Radebeul. Abschlussbericht vom 08.03.2012
- /15/ Brauer, N.; Ehmke, J: Anwendungserprobung der Mauerwerksnorm EC 6 –
Phase 2: Vergleichsrechnungen nach DIN EN 1996-1-1: 2006 bzw. DIN EN
1996-3:2006 mit den zugehörigen nationalen Anhängen (NA) und der DIN
1053-1:1996 anhand von zwei Praxisbeispielen. Auftragsnummer 3269. Inge-
nieurbüro Dr. Brauer GmbH, Am Rübenweg 5 41540 Dormagen, Bericht vom
18.01.2012
- /16/ Purtak, F.; Hirsch, U.: Tragwerksplanung – Genehmigungsplanung:
Vergleichsrechnung DIN 1053-1 und EC 6; Neubau eines Einfamilienhauses
in Ziegel-Mauerwerk und Neubau eines Pflegeheimes in KS-Mauerwerk; Trag
Werk Ingenieure, Döking + Purtak Partnerschaft, Prellerstraße 9, 01309
Dresden. Bericht vom 18.01.2012
- /17/ Brehm, E.; Brehm, W.: Anwendungserprobung EC 6 - Phase 3.
Brehm Bauconsult GmbH Ingenieurgesellschaft für Tragwerksplanung,
Lindberghstr.12a, 64625 Bensheim. Abschlussbericht vom 07.01.2012
- /18/ Brehm, E.; Brehm, W.: Anwendungserprobung EC 6 - Phase 1 + 2.
Brehm Bauconsult GmbH Ingenieurgesellschaft für Tragwerksplanung,
Lindberghstr.12a, 64625 Bensheim. Abschlussbericht vom 12.02.2012
- /19/ Graubner, C.-A.; Spengler, M.: Leitlinien für die sichere Planung und
Ausführung von erddruckbelastetem Mauerwerk. Mauerwerk, Vol. 11, Issue 4,
Ernst & Sohn, Berlin, August 2007

- /20/ Alfes, C.; Rast, R.: Vergleichsrechnungen zwischen der Mauerwerksnorm Eurocode 6 einschließlich der zugehörigen Entwürfe der nationalen Anhänge (NA) mit der DIN 1053-1:1996 anhand von Praxisbeispielen. Zwischenbericht über Phase 1; DIBt-Geschäftszeichen P 52-5-15.96-1393/11; DGfM, Berlin, 15.12.2011
- /21/ Schubert, W: Bauaufsichtliche Einführung der Eurocodes. Schreiben vom 25.08.2010 an die Industrieverbände mit Information über die Ergebnisse der Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz. Bayerisches Staatsministerium des Innern, München.
- /22/ DIN 1053-100: Mauerwerk. Berechnung auf der Grundlage des semi-probabilistischen Sicherheitskonzeptes. Beuth-Verlag, Berlin, September 2007.

3 Systematische Untersuchungen: Bemessung und Bemessungsergebnisse

3.1 Vergleichsrechnungen Ingenieurbüro Prof. Jäger /14/

3.1.1 Allgemeines und grundsätzliche Hinweise

Inhalt der statischen Berechnung von *Jäger et al. /14/* war die Lastermittlung für ein Einfamilienhaus (EFH), ein Reihenhaus (RH) und ein Mehrfamilienhaus (MFH) sowie die Bemessung der maßgebenden Wände für jeweils 4 vorgegebene Stein-Mörtel-Kombinationen. Es erfolgte ein Vergleich zwischen den Ergebnissen nach DIN 1053-1 und DIN EN 1996. Entsprechende Schlussfolgerungen daraus sind aufgezeigt.

Die Lastermittlung basierte auf den vorgegebenen Grundrissen (RWTH Aachen - MINEA) mit den jeweils vorgesehenen Wanddicken und Stein-Mörtel-Kombinationen. Die abweichenden Steifigkeiten, die sich aus den Bemessungsvarianten ergaben, wurden bei der Lastaufteilung nicht berücksichtigt.

Die Bemessung der Mauerwerkswände erfolgte für die Vertikallasten aus Eigengewicht und Verkehr sowie für die Stabilisierungslasten aus Wind und Lotabweichung (Reihen- und Mehrfamilienhaus). Beim Einfamilienhaus wurde auf einen Nachweis der Aussteifung verzichtet, da sie offensichtlich gegeben war. Aus den Stabilisierungslasten folgten beim RH und beim MFH durchweg höhere Auflasten als aus der Verkehrslast. Sie wurden deshalb als Leiteinwirkung angesetzt. Die Windlast auf die Außenwände führte zu geringeren Einspannmomenten als die Deckeneinspannung und wurde daher mit Kombinationsfaktor berücksichtigt (DIN EN 1990 + NA, Tabelle NA.A.1.1). Beim Einfamilien- und Reihenhaus wurde eine teilweise Deckenauflagerung nach EC 6 bei den Außenwänden mit $t/2$ berücksichtigt (mit t = Auflagertiefe).

3.1.2 Geführte Nachweise

Es wurden folgende Nachweise geführt:

- DIN 1053-1 Vereinfachtes Verfahren
 - Zentrische bzw. exzentrische Druckbeanspruchung
 - dgl. mit Stabilisierungslasten
 - Nachweis der Randdehnung bei Aussteifungsscheiben
 - Schub in Scheibenrichtung bei Aussteifungsscheiben
 - Prüfung auf Entfall des Nachweises der Kellerwand nicht führbar (Anwendungsbedingungen verletzt)

- DIN 1053-1 Genaueres Verfahren
 - Zentrische bzw. exzentrische Druckbeanspruchung mit Berücksichtigung der Wandmomente (und der Windbelastung senkrecht zur Wand)
 - dgl. mit Stabilisierungslasten
 - Schub in Scheibenrichtung bei Aussteifungsscheiben
 - Prüfung Randdehnungsnachweis
 - genauer Nachweis Kellerwände mit Bogenmodell
- EC 6 Vereinfachtes Verfahren
 - Zentrische bzw. exzentrische Druckbeanspruchung
 - dgl. mit Stabilisierungslasten
 - vereinfachte Prüfung auf Entfall des Nachweises der Kellerwand
- EC 6 Genaueres Verfahren
 - Zentrische bzw. exzentrische Druckbeanspruchung
 - dgl. mit Stabilisierungslasten
 - Schub in Scheibenrichtung bei Aussteifungsscheiben nach Normtext
 - Nachweis der Randdehnung bei Aussteifungsscheiben (war in der Regel nicht erforderlich)
 - genauere Prüfung auf Entfall des Nachweises der Kellerwand

3.1.3 Ergebnisse

Bei den zahlenmäßigen Ergebnissen wurden die Auslastungsfaktoren gemäß Gleichungen 1 und 2a (siehe Abschnitt 1.5) angegeben.

Für das genauere Verfahren wurden bei der Ergebnisdarstellung auch die prozentualen Abweichungen gegenüber DIN 1053-1 gemäß Gleichung 5 (siehe Abschnitt 1.5) angegeben.

Bei der Ergebnisbeurteilung ist zu berücksichtigen, dass neben Erhöhungen oder Verringerungen die generelle Größe des Auslastungsgrades eine Rolle spielt und ob der Nachweis nach DIN EN 1996 gelingt.

Die Ergebnisse von *Jäger et al.* /14/ sind beispielhaft für das Mehrfamilienhaus in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Ergebnisse beispielhaft für das Mehrfamilienhaus (Jäger et al. /14/)

Bemessungsergebnisse maßgebende Außenwand: (W13)									
<i>Druck</i>									
Ermittl.	Stein	Mörtel	t (cm)	DIN 1053-1		EN 1996-3	EN 1996-1		$\Delta_{DIN 1053-1}$
				VVF	GVF	VVF	GVF		
Z	Porot. S10	DM	30,0	120,2%	58,8%	88,2%	64,0%	(Seite 69)	9%
KS	XL 20-2,0	DM	17,5	75,8%	49,8%	49,7%	38,0%	(Seite 142)	-24%
PB	PB 4	DM	36,5	125,8%	59,8%	86,8%	64,3%	(Seite 215)	8%
LB	Vbl 20-2,0	NM IIa	17,5	159,5%	104,8%	117,4%	80,0%	(Seite 269)	-24%
<i>Schub</i>									
Z	Porot. S10	DM	30,0	13,8%	12,6%		11,4%	(Seite 69)	-10%
KS	XL 20-2,0	DM	17,5	10,1%	9,7%		9,7%	(Seite 142)	0%
PB	PB 4	DM	36,5	24,3%	17,7%		12,2%	(Seite 215)	-31%
LB	Vbl 20-2,0	NM IIa	17,5	10,1%	9,7%		9,7%	(Seite 269)	0%

Bemessungsergebnisse maßgebende Windscheibe: (W22)									
<i>Druck</i>									
	Stein	Mörtel	t (cm)	DIN 1053-1		EN 1996-3	EN 1996-1		
				VVF	GVF	VVF	GVF		
Z	Pfz20-0,8	DM	24,0	106,6%	69,4%	76,7%	66,6%	(Seite 88)	-4%
KS	XL 20-2,0	DM	24,0	64,0%	41,7%	37,7%	32,7%	(Seite 161)	-22%
PB	KS 2,0	DM							
LB	Vbl 20-2,0	NM IIa	24,0	134,6%	87,8%	79,6%	78,1%	(Seite 288)	-11%
<i>Schub</i>									
Z	Pfz20-0,8	DM	24,0	30,7%	29,3%		24,1%	(Seite 88)	-18%
KS	XL 20-2,0	DM	24,0	26,3%	25,6%		21,1%	(Seite 161)	-18%
PB	KS 2,0								
LB	Vbl 20-2,0	NM IIa	24,0	26,3%	25,6%		24,1%	(Seite 288)	-6%
$c=f(h_s)$									

Bemessungsergebnisse maßgebende Innenwand: (W27)									
	Stein	Mörtel	t (cm)	DIN 1053-1		EN 1996-3	EN 1996-1	Bem.	
				VVF	GVF	VVF	GVF		
Z	P HLz-20	DM	24,0	118,0%	85,7%	105,0%	92,2%	(Seite 107)	8%
KS	XL 20-2,0	DM	15,0	135,7%	96,7%	86,3%	80,2%	(Seite 180)	-17%
PB	KS 2,0	DM	24,0						
LB	Vbl 20-2,0	NM IIa	24,0	149,0%	108,3%	109,1%	95,3%	(Seite 307)	-12%
<i>Schub</i>									
Z	P HLz-20	DM	24,0	12,8%	11,1%		11,1%	(Seite 107)	0%
KS	XL 20-2,0	DM	15,0	17,6%	13,7%		13,7%	(Seite 180)	0%
PB	KS 2,0	DM	24,0						
LB	Vbl 20-2,0	NM IIa	24,0	11,0%	9,8%		9,8%	(Seite 307)	0%
$c=f(h_s)$									

Verschiedene Elemente in Lastannahmen, Statik und Bemessung wurden von *Jäger et al. /14/* in der Vergleichsrechnung angewandt. Zu den Elementen zählen:

1. Konsequente Anwendung des Spannungsblocks bei der Berücksichtigung hoch ausgelasteter Aussteifungswände bzw. Anwendung der Nachweisführung für kombinierte Beanspruchung.
2. Berücksichtigung rückstellender Effekte auf die Momentenverteilung bei Aussteifungswänden.
3. Bei den Lastannahmen darf „g+p/2“ als ständige Last angesetzt werden;
mit: g = ständige Last
p = Verkehrslast
4. Der Sicherheitsfaktor für ständige Lasten γ_G darf in allen Deckenfeldern gleich angenommen werden.

Zusammenfassend beurteilen *Jäger et al. /14/* das Gesamtergebnis so, dass durch das Zusammenspiel der verschiedenen Elemente ein Ergebnis erreicht wurde, das im Rahmen der praktisch erzielbaren Genauigkeit als äußerst zufriedenstellend angesehen werden kann. Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass nach neuer Normengeneration die Gleichstellung und die Verbesserungen bei der Nachweisführung überwiegen. Der Einführung des Eurocode 6 mit deutschem Anhang kann nach */14/* ausdrücklich zugestimmt werden.

3.2 Vergleichsrechnungen Brehm Bauconsult (Phase 3) /17/

3.2.1 Allgemeines

Spezielle Nachweise wurden von Brehm Bauconsult /17/ durchgeführt. Diese sind:

- Nachweis der Querkrafttragfähigkeit in Scheibenrichtung (Scheibenschub)
- Nachweis der Querkrafttragfähigkeit in Plattenrichtung (Plattenschub)
- Nachweis der Tragfähigkeit von Kellerwänden
- Nachweis der Teilflächenpressung
- Nachweis nicht-tragender Wände (Ausfachungsflächen)

Zur Auswertung der Querkrafttragfähigkeit wird in der Regel der Ausnutzungsfaktor α_i nach Gln. 6 (DIN 1053-1) und Gln. 7 (Eurocode 6) herangezogen.

$$\alpha_{V,DIN} = \frac{V}{V_{zul}} \quad (\text{Gln. 6})$$

$$\alpha_{V,EN} = \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \quad (\text{Gln. 7})$$

Für den Nachweis der Teilflächenpressung gilt:

$$\alpha_{N,DIN} = \frac{N}{N_{zul}} \quad (\text{Gln. 8})$$

$$\alpha_{N,EN} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \quad (\text{Gln. 9})$$

Für den Nachweis der Ausfachungswände gilt:

$$\alpha_A = \frac{A_{vorh}}{A_{zul}} \quad (\text{Gln. 10})$$

Für den Nachweis der Kellerwände gilt:

$$\alpha_k = \frac{\min N}{\text{vorh } N} \quad (\text{Gln. 11})$$

3.2.2 Nachweis der Querkrafttragfähigkeit in Scheibenrichtung

Zur Querkrafttragfähigkeit in Scheibenrichtung stellen die Autoren fest, dass die zwischenzeitlich erfolgten Änderungen im deutschen Anhang aus Sicht des Anwenders positiv zu bewerten sind. Das ursprünglich schwer verständliche statische System ist als Empfehlung enthalten geblieben, wurde nun aber so aufbereitet dargestellt, dass mögliche Gründe für Missverständnisse nicht mehr vorhanden sind.

Das Nachweiskonzept entspricht daher nun fast vollständig dem Konzept aus DIN 1053-100 /22/. Dieses ist bereits in der Praxis bekannt; ein Aspekt, welcher die Umgewöhnung von DIN 1053-1 auf DIN EN 1996 deutlich erleichtern sollte.

3.2.3 Nachweis der Querkrafttragfähigkeit in Plattenrichtung

Der Nachweis der Querkrafttragfähigkeit gemäß DIN 1053-1 beruht auf dem Reibungskriterium (2. Amonton'sches Gesetz). Dieses wurde auch in DIN EN 1996-1-1/NA beibehalten. Folglich sind die Änderungen beim Übergang zur neuen Normengeneration sehr klein.

Unterschiede in den Ausnutzungen ergeben sich ausschließlich infolge unterschiedlicher Werte für die Haftscherfestigkeit, welche die einzige eingehende Materialkenngröße ist, und aufgrund des neuen Sicherheitskonzeptes.

Das Sicherheitskonzept aus DIN EN 1996-1-1/NA erlaubt es, die ständigen Einwirkungen, die sich an dieser Stelle günstig auswirken, mit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_G = 1,0$ zu multiplizieren. Die Haftscherfestigkeit oder Anfangsscherfestigkeit muss mit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1,5$ abgemindert werden. Dies führt zu einem globalen Sicherheitsabstand von 1,5.

In DIN 1053-1 war das ein globaler Sicherheitsabstand von 2,0 vorgeschrieben. Da sich die Auflasten günstig auswirken, wird im Allgemeinen der Sicherheitsbeiwert auf

der Widerstandsseite aufgebracht worden sein. Damit war der frühere Sicherheitsabstand deutlich größer als der aktuelle.

Bei der Anwendung fiel jedoch auf, dass Unklarheit über die Nachweisstelle herrscht. Nach Meinung der Verfasser /17/ sollte vorrangig die Stelle mit der größten Momentbeanspruchung untersucht werden, welche im Regelfall unterhalb der Wandhöhenmitte liegt. In der Erläuterung zur Wanddicke in DIN EN 1996-1-1/NA, NA.24, wird diese aber für die Fuge am Wandfuß angegeben. Hier liegt zwar die größere Querkraftbeanspruchung vor, jedoch ist die Wand an Stelle im Regelfall, zumindest rechnerisch, überdrückt. Ein Hinweis darauf, dass in der Regel mehrere Stellen maßgebend werden können, wäre wünschenswert.

Außerdem erwies sich der Nachweis nach DIN EN 1996-1-1/NA als problematisch, sobald sehr große Exzentrizitäten auftraten. Während es beim Verfahren nach DIN 1053-1 immer möglich war, den Nachweis mit der Ausmitte $e/t = 1/3$ zu führen (es bleibt bei dieser Ausmitte immer ein Restquerschnitt vorhanden), ist dies beim Verfahren nach DIN EN 1996-1-1/NA nicht mehr ohne weiteres möglich. Die Exzentrizitäten sind im Regelfall um $\gamma_E = 1,5$ größer als im Fall von DIN 1053-1, d.h. die Exzentrizität beträgt dann im Extremfall $e = 1,5 \cdot 1/3 = 1/2$. Für diese Ausmitte lässt sich mit den gegebenen Formeln keine Tragfähigkeit mehr errechnen ($1 - 2 \cdot e/t = 0$). Es sind somit Wände unter Plattenschub bei sehr großen Ausmitten nur noch bedingt nachweisbar.

Bis auf die zuvor genannten Punkte ergeben sich für den praktisch tätigen Ingenieur keine größeren Nachteile oder große Unterschiede zum Nachweis nach DIN 1053-1. Die Anwendbarkeit des Verfahrens ist gegeben.

3.2.4 Nachweis der Tragfähigkeit von Kellerwänden

Diese Verfahren gemäß DIN 1053-1 und DIN EN 1996-1-1 ähneln sich stark, bergen jedoch einige feine Unterschiede.

Der wohl wichtigste Unterschied liegt in der Bestimmung des zugrundeliegenden Erddruckbeiwertes. Während in DIN 1053-1 grundsätzlich das Verfahren auf dem aktiven Erddruckbeiwert beruhte, ist nun gemäß DIN EN 1996-1-1/NA der Ansatz des „maßgebenden Erddruckbeiwertes“ erforderlich. Unter Anbetracht der Tatsache, dass die Frage, welcher Erddruckbeiwert bei der Bemessung der Kellerwände anzusetzen ist, nach wie vor nicht geklärt ist (siehe *Graubner & Sprengler /19/*), wird hier

eine Entscheidung vom planenden Ingenieur erwartet. Diese ist aber nur schwer zu treffen. Es ist davon auszugehen, dass in der Praxis Werte zwischen Mindesterdruk und Verdichtungserdruck eingesetzt werden. Durch die neue Definition wird die Planung angreifbar, denn es ist davon auszugehen, dass gewiefte Gutachter sich bei Schadensfällen an Kellerwänden auch den Ansatz des Erddruckbeiwertes, auch wenn dieser i.d.R. nicht schadensmaßgebend ist, als möglichen Angriffspunkt zur Anzweiflung des Planungserfolges aussuchen werden. Es kann vermutet werden, dass in der Praxis daher oftmals ein eher größerer Erddruckbeiwert angesetzt werden wird, welcher wiederum zu wirtschaftlichen Nachteilen der Mauerwerksbauweise führen wird.

Ein weitere Neuerung ist der Titel des entsprechenden Absatzes DIN EN 1996-1-1/NA, 6.3.4. Dieser enthält nun explizit das Wort „Wasserdruck“. Dies kann dazu führen, dass der planende Ingenieur nun automatisch gezwungen ist, sich auch um das Thema Abdichtung vermehrt zu kümmern.

In DIN EN 1996-1-1/NA wird außerdem die Normalkraft $n_{1,lim,d}$ auf nicht verständliche Art und Weise als „Grenzwert der Wandnormalkraft je Einheit der Wandlänge in halber Anschütthöhe als Voraussetzung für die Gültigkeit des Bogenmodells“ definiert. Ist nun der untere oder der obere Grenzwert gemeint? Die Auflasten wirken günstig, folglich sollte der untere Grenzwert gemeint sein, jedoch ist zur Ausbildung des Bogenmodells eine gewisse Auflast vonnöten. Diese Definition ist nicht eindeutig und schwer verständlich.

Insgesamt stellt sich die Frage, ob der vereinfachte Nachweis der Kellerwand noch echte Vorteile birgt gegenüber einem normalen Biegedrucknachweis, da in beiden Fällen der Erddruckbeiwert erforderlich ist und der Nachweis der Querkrafttragfähigkeit in Plattenrichtung bei Vorliegen des Wertes der einwirkenden Normalkraft schnell zu führen ist. Die deutliche Vereinfachung des Nachweises der Kellerwände, die dieses Verfahren noch in DIN 1053-1 darstellte, ist definitiv nicht mehr gegeben.

3.2.5 Nachweis der Teilflächenpressung

Der Nachweis der Teilflächenpressung gestaltet sich etwas aufwendiger als nach DIN 1053-1, da nun der Erhöhungsfaktor β im Einzelfall bestimmt werden muss und nicht mehr pauschal mit $\beta = 1,3$ angenommen werden darf. Auf der sicheren Seite liegend ist jedoch immer auch der Ansatz $\beta = 1,0$ möglich. Bei den geringen Auflasten im üblichen Mauerwerksbau sollte der Nachweis auch so geführt werden können. Da der Nachweis in der Praxis sowieso nur in Sonderfällen geführt wird, stellen die neuen Formeln kein Problem für die Anwendung dar. Das Verfahren nach DIN EN 1996-1-1/NA ist verständlich und anwendbar.

3.2.6 Nachweis nicht-tragender Wände (Ausfachungsflächen)

Nicht-tragende Wände sind in DIN 1053-1 nur in Form der Ausfachungswände geregelt. Die Bemessung erfolgte hier im Wesentlichen nach einer Tabelle, die zulässige Ausfachungsflächen in Abhängigkeit der Wandabmessungen angab. Dabei wurde nicht zwischen den Unterschieden der Haftzugfestigkeiten längs- und quer zur Fuge unterschieden.

In DIN EN 1996-3/NA, NCI zu NA.C, ist ebenfalls eine Tabelle enthalten. Diese Tabelle entspricht im Wesentlichen DIN 1053-1, Tabelle 9. Die Unterschiede belaufen sich lediglich auf den Verzicht eines Nachweises für besonders hohe Mauerwerksgebäude (20 bis 100 m), welche noch in DIN 1053-1 enthalten waren, und der expliziten Aufnahme der Wandstärke $t = 150$ mm. Diese Wandstärke erlaubt dieselbe Größe der Ausfachungsfläche für kleine Gebäude wie die Wandstärke $t = 115$ mm und liefert für Gebäude bis zu einer Höhe von 20 m in etwa die halben Werte einer vergleichbaren Wand mit $t = 175$ mm.

Die Tabelle gilt nur bei vierseitiger Halterung der Wand. Andere Lagerungsarten werden nicht berücksichtigt. DIN 1053-1 erlaubte außerdem, die Verdopplung der Werte der zulässigen Ausfachungsfläche bei Steinfestigkeitsklassen ≥ 20 und einem Seitenverhältnis von $h/l \geq 2,0$, also bei sehr hohe Wänden. Dies ist in DIN EN 1996-3/NA nicht mehr vorgesehen. Außerdem war eine generelle Erhöhung der zulässigen Ausfachungsfläche bei Steinfestigkeitsklassen ≥ 12 um ein Drittel enthalten; diese ist weiterhin vorgesehen.

Diese Unterschiede spielen bei der Anwendung der Tabelle jedoch keine Rolle bzw. vereinfachen sie geringfügig. Die Tabelle lässt sich genauso leicht anwenden, wie die Vorgängerversion.

Es sei erlaubt anzumerken, dass es mittlerweile sehr wohl Verfahren gibt, die eine explizite Berücksichtigung der unterschiedlichen Haftzugfestigkeiten und Lagerungsarten erlauben (siehe z.B. *Richter* 2009).

3.2.7 Zusammenfassung der speziellen Nachweise

In der Phase 3 des Projektes „Anwendungserprobung EC6“ wurden spezielle Nachweise untersucht, welche nur in Sonderfällen in der Praxis zum Einsatz kommen.

Es wurden verschiedene Bauteile nach DIN 1053-1 und DIN EN 1996-1-1/NA nachgewiesen und die Ergebnisse ausgewertet. Die Anwendbarkeit der neuen Normengeneration wurde beurteilt.

Es zeigte sich, dass im Wesentlichen nur geringe Unterschiede zu den Nachweisen nach DIN 1053-1 bestehen, die den praktischen Ingenieur aber nicht vor enorme Hindernisse stellen. Dennoch sind einige wenige Fragen noch ungeklärt insbesondere hinsichtlich des Nachweises der Querkrafttragfähigkeit in Plattenrichtung.

4 Realisierte Objekte: Bemessung und Bemessungsergebnisse

4.1 Vergleichsrechnungen Ingenieurbüro Dr. Hauer

In der zusammenfassenden Darstellung geht Hauer /13/ weniger auf Auslastungsgrade zwischen alter und neuer Normengeneration als mehr auf beschreibende Hinweise ein:

Im nationalen Anhang ist die teilweise aufliegende Deckenplatte in der Bemessungsformel nun enthalten. Gegenüber den von der Ziegelindustrie in Umlauf gebrachten Bemessungshinweisen, wonach der Nachweis nur mit der Wandbreite entsprechend der Deckenauflagertiefe zu führen ist und die gegenüber der Deckenauflagertiefe größere Wanddicke nur für die Ermittlung vom Beiwert k Berücksichtigung findet, ergeben sich keine wesentlichen Abweichungen.

Für die Praxis hilfreich ist der direkte Hinweis auf die Deckenauflagertiefe, da dies von im Ziegelbau unerfahrenen Anwendern übersehen werden kann.

Das im Anhang A von EC6-3 angegebene vereinfachte Verfahren ist praktikabel anwendbar und wird aufgrund der einfachen Handhabung die Nachweisführung vereinfachen.

Der Übergang von den Nachweisen im Gebrauchsspannungsniveau auf die Nachweise im Teilsicherheitskonzept führt im vereinfachten Verfahren nur zu unwesentlich höherem Aufwand.

Beim genaueren Verfahren war auch bislang eine lastfallweise Schnittkraftermittlung notwendig. In der Praxis war für das genauere Verfahren die Verwendung von Rechenprogrammen üblich; hier wird man auch zukünftig die Nachweise mit Hilfe von Rechenprogrammen führen müssen. Die Klarstellung, dass die teilweise aufliegende Deckenplatte in der Nachweisführung zu berücksichtigen ist, ist zu begrüßen, da von den Programmherstellern die teilweise aufliegende Deckenplatte in der Regel nicht berücksichtigt wurde.

Der Übergang auf die Kraftgrößendarstellung führt zu unübersichtlichen Gleichungen für den Querkraftnachweis. Da die klaffende Fuge in der Formel dargestellt werden muss, wird auch für einfache Scheibenschubbeanspruchung ein aufwändiger Nachweis geführt werden.

4.2 Vergleichsrechnungen Ingenieurbüro Dr. Brauer

Vom *Brauer & Ehmke /15/* wurden zwei Praxisbeispiele nach dem Eurocodes 6, d.h. genauer benannt nach DIN EN 1996-1-1 und 1996-3 mit den zugehörigen nationalen Anhängen, und im Vergleich hierzu nach DIN 1053-1 bemessen.

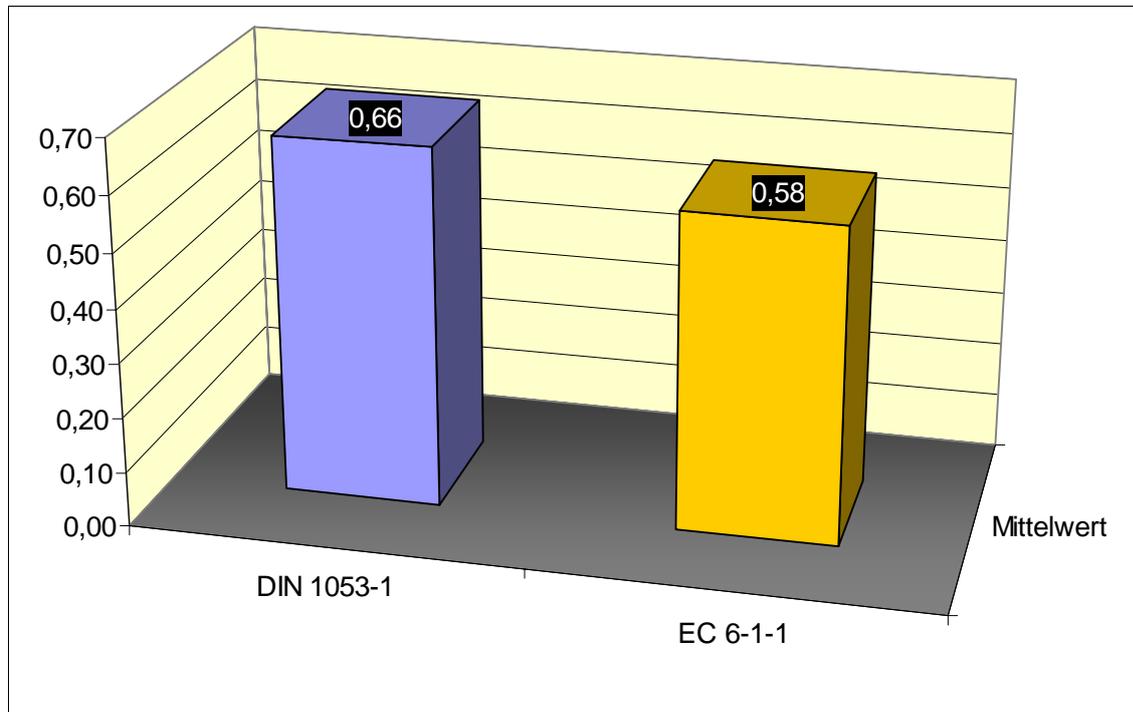


Bild 1: Vergleich der Mittelwerte des Auslastungsgrades aus den Normalkraft- und Schubtragfähigkeitsnachweisen der „genaueren“ Nachweise nach DIN 1053-1 und EC 6-1-1 bei Reihenhäuser aus Bimsmauerwerk bzw. Leichtbeton-Planelementen (*Brauer & Ehmke /15/*)

Bei der **ersten Vergleichsrechnung** wurden Reihenhäuser aus Bimsmauerwerk bzw. Leichtbeton-Planelementen mit dem genauen Nachweis nach DIN EN 1996-1-1/NA und nach DIN 1053-1:1996, Abschnitt 7, nachgewiesen. Die Deckenplatten lagen in diesem Beispiel vollständig auf den Außenwänden auf. In den nach dem EC 6-1-1 geführten Nachweisen zeigten sich in diesem Fallbeispiel an allen Nachweispunkten geringere Ausnutzungsgrade der Längsdrucktragfähigkeiten gegenüber der Bemessung nach DIN 1053-1 (siehe Bild 1).

Bei den Schubtragfähigkeiten zeigte sich jedoch, dass die Anwendung der EC 6-1-1 zu geringeren Tragfähigkeiten führt: Die Anwendung der Teilsicherheitsbeiwerte für den maßgebenden Lastfall min N mit $\gamma_g = 1,0$ mit $\gamma_q = 1,5$ führten zu einer zusätzli-

chen Vergrößerung der Exzentrizität und damit verbunden zu einer Reduzierung der überdrückten Wandlänge l_c (bzw. $l_{c,lin}$) führt. Der NA 6-1-1 gibt daher Korrekturwerte für die rechnerisch überdrückte Wandlänge l_{cal} an: $l_{cal} = 1,33 * l_c$ bzw. $l_{cal} = 1,125 * l$ (mit l = Wandlänge). Es ist daher unter Umständen mit einer Länge zu rechnen die bis zu 12,5% größer ist als die reale Wandlänge (*Brauer & Ehmke /15/*).

Dagegen konnte von *Brauer & Ehmke /15/* gezeigt werden, dass die Ermittlung der überdrückten Wandlänge l_c mit einer modifizierten Exzentrizität und einer aus den unterschiedlichen Sicherheiten der beiden Bemessungsverfahren hergeleiteten Anpassung des Reibbeiwertes μ zur Ermittlung der Haftscherfestigkeit zu dem gleichen Sicherheitsniveau führt wie nach DIN 1053-1 vorhanden ist. Es wird daher vorgeschlagen, dass z.B. durch zusätzliche Anmerkungen im deutschen Anhang anstatt des Wertes:

$$e = M_{Ed} / \min N_{Ed} \text{ die Exzentrizität } e_{mod} = M_{Ed} / (\gamma_g * \min N_{Ed})$$

verwendet werden kann und ebenfalls die Haftscherfestigkeit

$$f_{vlt} = f_{vko} + 0,4 * \sigma_d \text{ bzw. } f_{vlt} = f_{vko} + \mu * \sigma_d$$

anstatt mit $\mu = 0,40$ mit dem der Wert $\mu = \mu_{mod} = 0,45$ berechnet werden darf.

Bei der **zweiten Vergleichsrechnung** wurde ein Mehrfamilienhaus aus Ziegelmauerwerk mit dem „vereinfachten“ Nachweis nach DIN EN 1996-3/NA und nach DIN 1053-1, Abschnitt 6, nachgewiesen. Die Deckenplatten lagen in diesem Beispiel nur zum Teil auf den Außenwänden auf. In den nach dem EC 6 geführten Nachweisen zeigten sich in dieser Vergleichsrechnung gegenüber der bestehenden Norm insbesondere an den Wandkopf- und Wandfußpunkten der Außenwände unterschiedliche Ausnutzungsgrade der Längsdruck- und Schubtragfähigkeiten gegenüber dem Nachweis nach DIN 1053-1. Da eine Teilauflagerung nach DIN 1053-1 nicht explizit berücksichtigt werden kann wurde als rechnerisch angesetzte Wanddicke nur die Auflagertiefe der Deckenplatten herangezogen. Diese Annahme führte gegenüber dem EC 6 zu geringeren Traglasten, in einem Nachweisfall kam es sogar zur Überschreitung der Grenztragfähigkeit bei der Bemessung nach DIN 1053-1.

Die Differenzen in den Bemessungsergebnissen der Außenwände ergeben sich daher weitestgehend aus der unterschiedlichen Berücksichtigung der Teilauflagerung der Deckenplatte.

Die Berechnung zur Innenwand ergab nach beiden Bemessungsmethoden sehr ähnliche Ergebnisse, wobei nach dem EC 6-3 etwas höhere Traglasten gegenüber dem Nachweis nach DIN 1053-1 ermittelt wurden /15/.

Die Bemessungsergebnisse für Kelleraußenwände sind nach beiden Normenständen sehr ähnlich /15/.

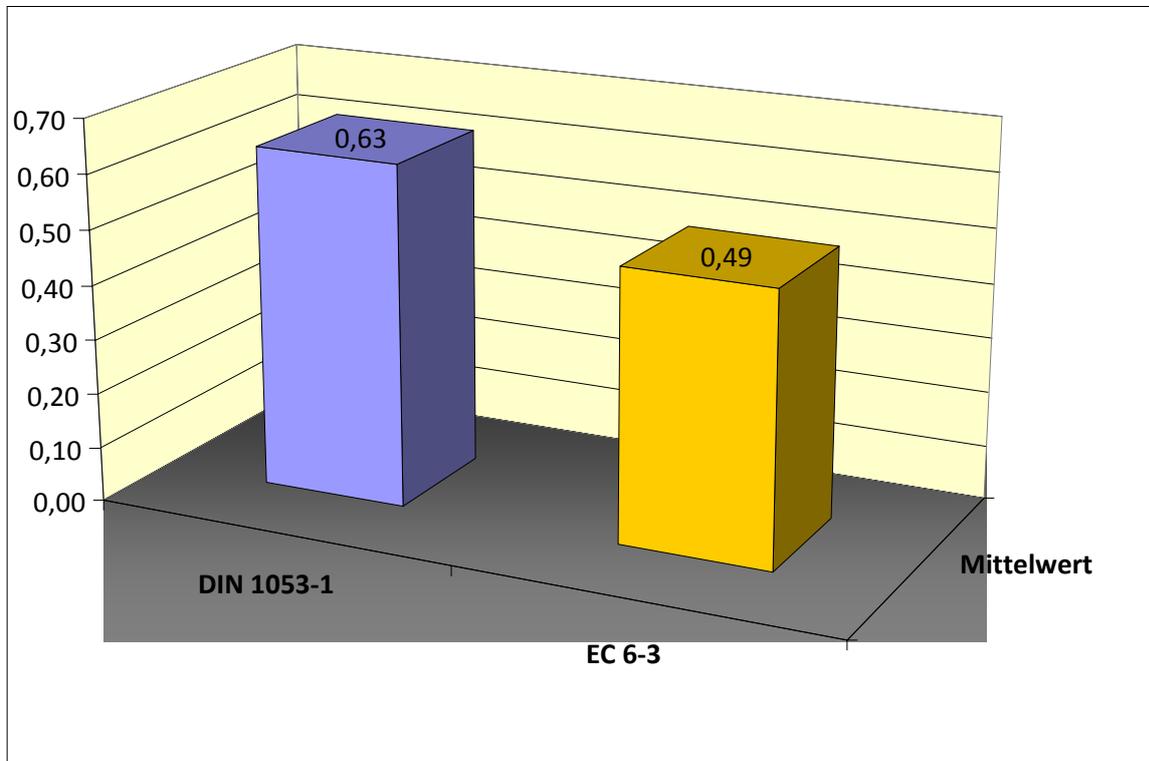


Bild 2: Vergleich der Mittelwerte des Auslastungsgrades auf Basis von Normalkrafttragfähigkeitsnachweisen in vereinfachten Verfahren nach DIN 1053-1 und EC 6-3 bei einem Mehrfamilienhaus in Ziegelbauweise (Brauer & Ehmke /15/)

4.3 Vergleichsrechnungen Ingenieurbüro Dr. Purtak /16/

Anhand ausgeführter Bauwerke wurden die Mauerwerksnachweise nach DIN 1053-1 (vereinfachtes und genaues Verfahren) und EC6 mit NA geführt. Zudem erfolgte eine Gegenüberstellung der Nachweisergebnisse anhand von Diagrammen sowie eine Bewertung der Anwenderfreundlichkeit und Handhabbarkeit.

Die Vorgehensweise war wie folgt gewählt worden: Die aufgestellte Statik enthielt Angaben zu den Lastannahmen und den Wandlasten aus FE-Positionen zur Deckenstatik. Zunächst wurden ebenenweise alle Wände mit dem vereinfachten Verfahren nach DIN1053-1 bzw. EC6-3 (auch Anhang A) nachgewiesen. Dies wurde auch dann in der Form durchgeführt, wenn die Anwendungsgrenzen nicht völlig eingehalten waren. Anhand dieser übersichtlichen Nachweisführung lassen sich die am stärksten ausgelasteten Wandpositionen finden, für welche die Nachweise nach den genaueren Verfahren (DIN 1053-1 und EC6-1) exemplarisch geführt werden.

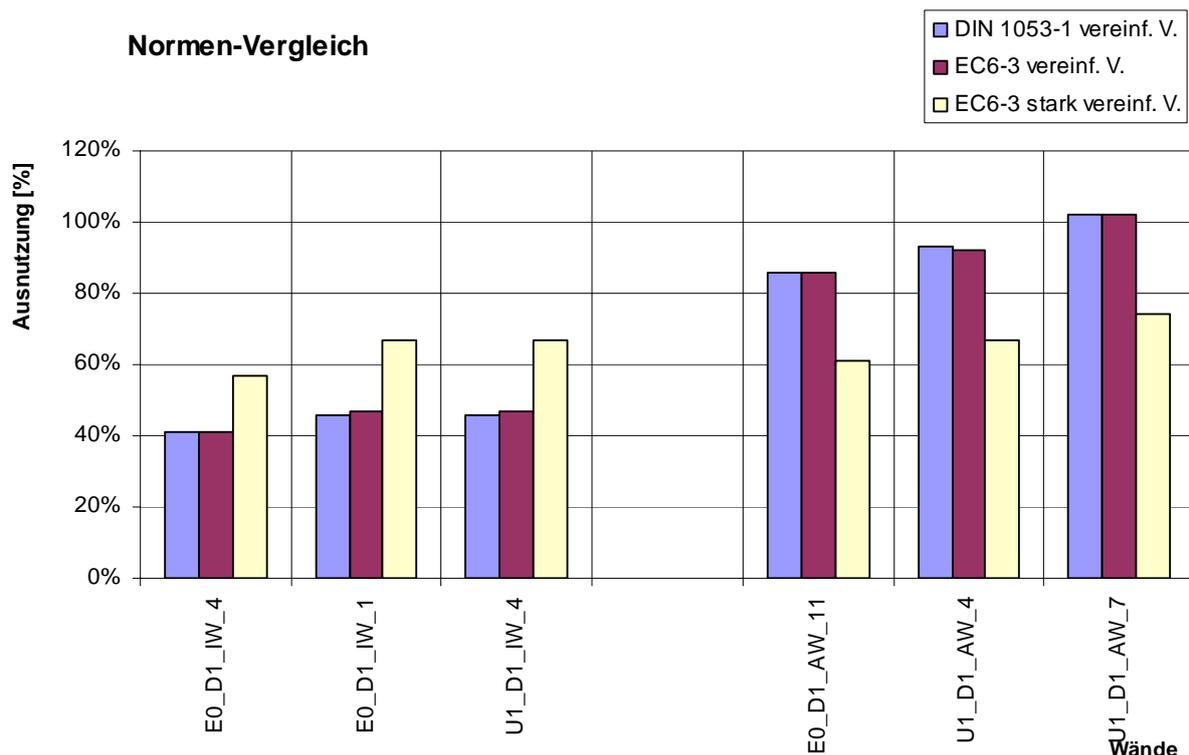


Bild 3: Vergleich der Auslastungsgrade auf Basis von Normalkrafttragfähigkeitsnachweisen in vereinfachten Verfahren nach DIN 1053-1 und EC 6-3 sowie EC6-3 Anhang A bei einem Einfamilienhaus in Ziegelbauweise; Innenwände links im Bild, Außenwände rechts; (Purtak & Hirsch /16/)

Einfamilienhaus in Ziegelmauerwerk

Der Vergleich wurde für die maßgebenden Wände in der Erdgeschoss-Ebene E0 und der Untergeschoss-Ebene U1 geführt.

Die Abweichungen zwischen den Vorschriften mit vereinfachtem Verfahren sind ausgeglichen (siehe Bild 3). Das Verfahren nach EC6-3 Anhang A führt bei Innenwänden zu den gewünschten größeren Ausnutzungsgraden.

Bei den Außenwänden sind die Ausnutzungsgrade bei teilweise aufliegender Deckenplatte gleichwertig, wenn neben DIN 1053-1 zusätzlich ein Abminderungsfaktor $k_{3.1}$ wie folgt berücksichtigt wird:

$$\begin{aligned} k_{3.1} &= a/d && \text{mit } a = \text{Auflagertiefe } \underline{\text{und}} \text{ mit } d = \text{Wanddicke} \\ k_{3.2} &= 1,7 - L/6 && \text{nach DIN 1053-1: } k_3 \\ k_3 &= k_{3.1} \cdot k_{3.2} && \text{multiplikative Verknüpfung der Faktoren} \end{aligned}$$

Bei Außenwänden (Endauflagern) sind die Ausnutzungsgrade nach EC6-3 Anhang A geringer (siehe Bild 3 rechts), weil bei teilweise aufliegender Deckenplatte nur die konstruktiven Randbedingungen zu berücksichtigen sind.

Des Weiteren gilt als belastete Querschnittsfläche am Wandkopf und Wandfuß bei allen Berechnungsvorschriften die Auflagertiefe a , welche bei DIN 1053-1 der Berechnung der Spannung bzw. bei EC6-1, EC6-3 und EC6-3 mit Anhang A der Traglast N_{Rd} zugrunde liegt.

Auswertung über die genaueren Berechnungsverfahren

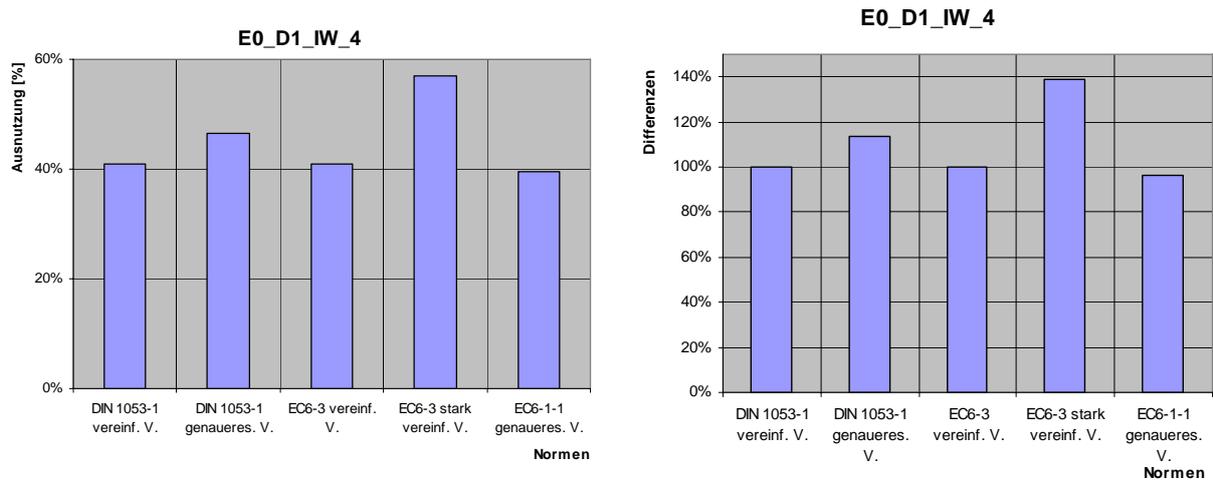


Bild 4: Tragfähigkeitsnachweise mit verschiedenen Verfahren nach DIN 1053-1 und EC6-1, EC 6-3 sowie EC6-3 Anhang A bei einer Innenwand eines Einfamilienhauses in Ziegelbauweise. Links: Ausnutzungsgrad; rechts: Differenz zum vereinfachten Verfahren nach DIN 1053-1, welches 100% entspricht; (*Purtak & Hirsch /16/*)

Wie Bild 4 zeigt, liegen die Ausnutzungen und Abweichungen beim Verfahren nach EC6-3 Anhang A erwartungsgemäß oberhalb der anderen Verfahren.

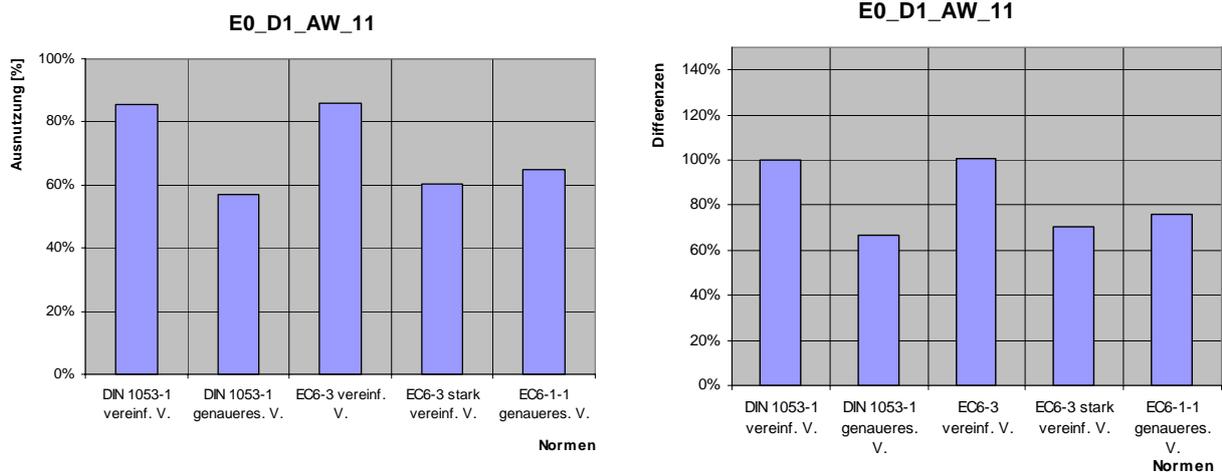


Bild 5: Tragfähigkeitsnachweise mit verschiedenen Verfahren nach DIN 1053-1 und EC6-1-1, EC 6-3 sowie EC6-3 Anhang A bei einer Außenwand eines Einfamilienhauses in Ziegelbauweise. Links: Ausnutzungsgrad. Rechts: Differenz zum vereinfachten Verfahren nach DIN 1053-1, welches 100% entspricht; (Purtak & Hirsch /16/)

Entgegen der Erwartung liegen die Ergebnisse nach EC6-3 Anhang A mit Ausnahme des genaueren Verfahrens nach DIN 1053-1 unterhalb der anderen Nachweismethoden (Bild 5). Dies begründet sich darin, dass nur die konstruktiven Randbedingungen zu berücksichtigen sind. Es findet also keine zusätzliche Abminderung der Traglast analog dem vereinfachten Verfahren nach EC6-3 statt. Somit sind die Ausnutzungsgrade für das stark vereinfachte Verfahren weit unterhalb des vereinfachten Verfahrens und auch unterhalb des genaueren Verfahrens nach EC6.

Pflegeheim in Kalksandstein-Mauerwerk

Der Vergleich wurde für die maßgebenden Wände in verschiedenen Ebenen E3, E1, E0 der aufgehenden Geschosse sowie und im Untergeschoss U1 geführt (*Purtak & Hirsch /16/*).

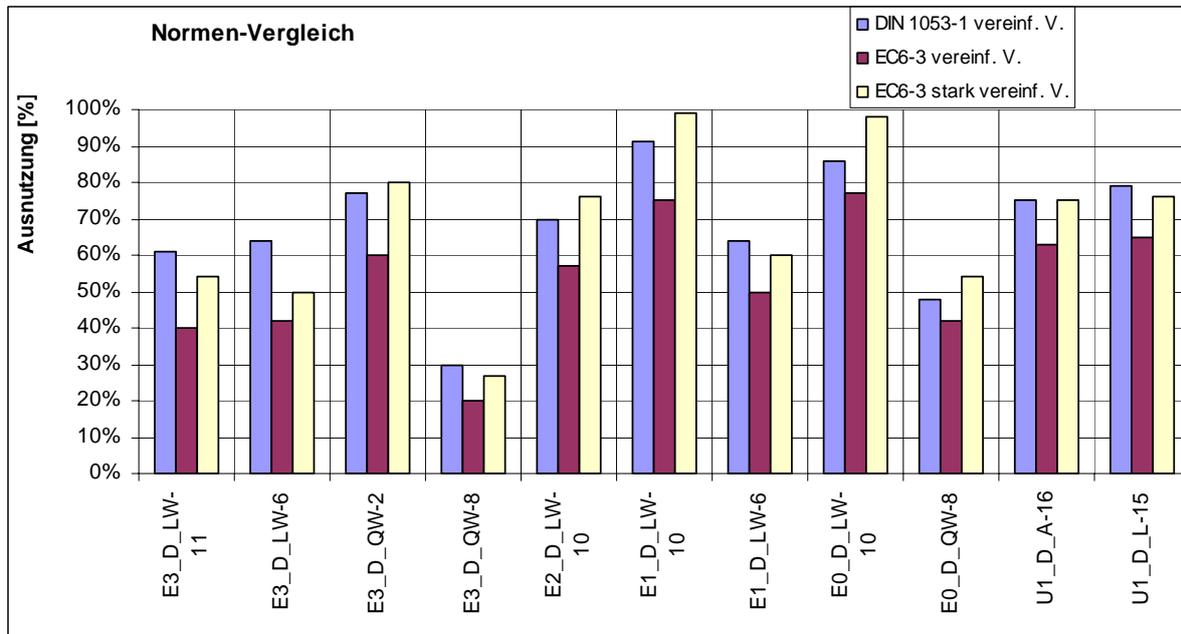


Bild 6: Tragfähigkeitsnachweise mit vereinfachten Verfahren nach DIN 1053-1 und EC 6-3 sowie EC6-3 Anhang A bei einer Außenwand eines Pflegeheims in KS-Bauweise. Links: Ausnutzungsgrad. Rechts: Differenz zum vereinfachten Verfahren nach DIN 1053-1, welches 100% entspricht; (*Purtak & Hirsch /16/*)

Die Abweichungen zwischen den Vorschriften (siehe Bild 6) wurden als sehr ausgeglichen bewertet /16/.

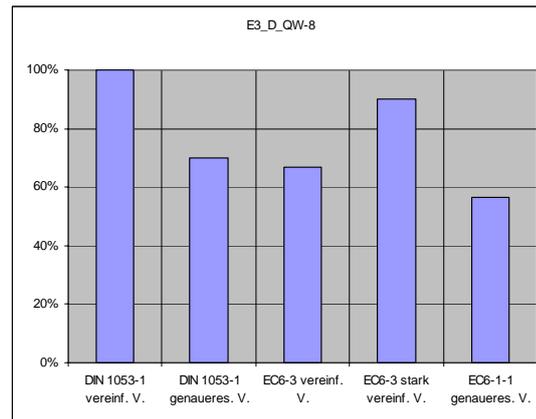
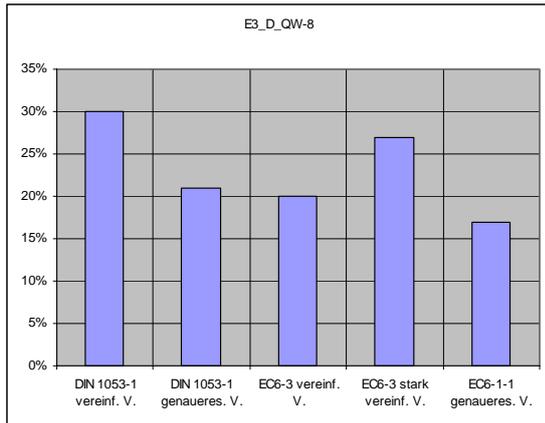


Bild 7: Tragfähigkeitsnachweise mit verschiedenen Verfahren nach DIN 1053-1 und EC6-1-1, EC 6-3 sowie EC6-3 Anhang A bei einer Querwand eines Pflegeheims in KS-Bauweise. Links: Ausnutzungsgrad. Rechts: Differenz zum vereinfachten Verfahren nach DIN 1053-1, welches 100% entspricht; (*Purtak & Hirsch /16/*)

Für eine Querwand (d.h. Wand E3_D_QW-8) wurde zusätzlich die Auswertung über die genaueren Berechnungsverfahren geführt. Die Ergebnisse sind in Bild 7 dargestellt.

4.4 Vergleichsrechnungen Ingenieurbüro Dr. Brehm /18/

Bei den Vergleichsrechnungen von Brehm & Brehm /18/ waren Mauerwerkspositionen von vier realen Projekte nach DIN EN 1996 plus NA neu bemessen worden. Dabei kamen die Verfahren zum Nachweis der Biegedruck- und Querkrafttragfähigkeit (Scheibenrichtung) nach DIN EN 1996-1-1/NA zum Einsatz. Die Ergebnisse wurden mit den Bemessungsergebnissen nach DIN 1053-1 verglichen und ausgewertet. Auch das Nachweisverfahren nach DIN EN 1996-3 und das vereinfachte Nachweisverfahren nach DIN 1053-1 waren nun Bestandteil der Untersuchungen.

Nachfolgend werden die zuvor abgeleiteten Ergebnisse vergleichend dargestellt (Bild 8).

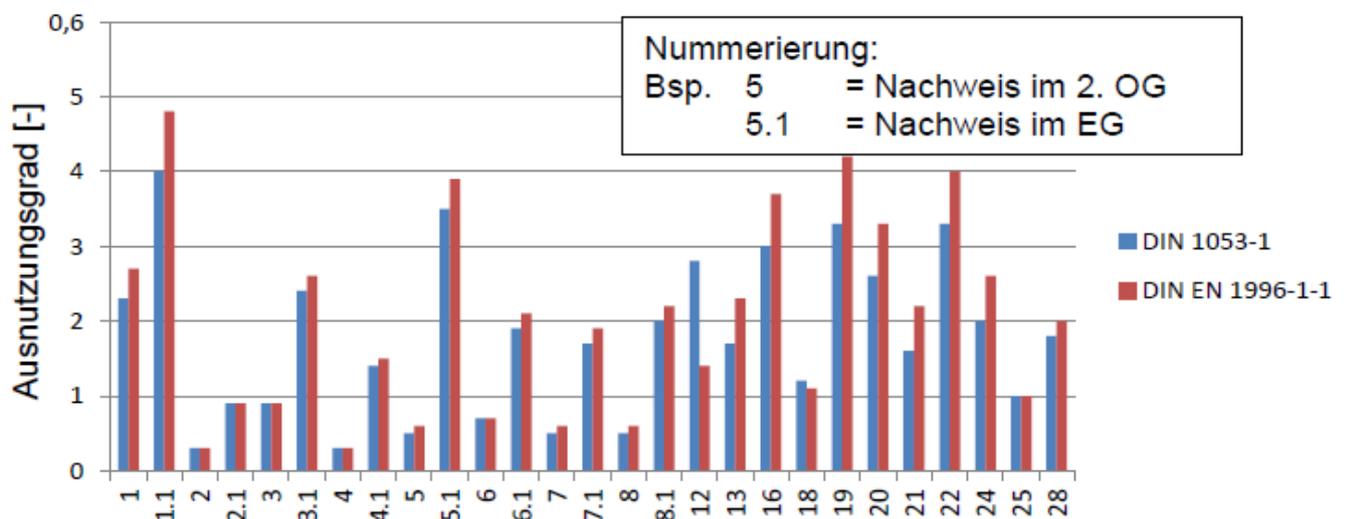


Bild 8: Vergleich der Ausnutzungsgrade von allen Projekten für das genauere Verfahren auf Querschnittsebene (Hinweis: Berücksichtigung der teilweise aufliegenden Deckenplatte bei der Schnittgrößenermittlung) /18/

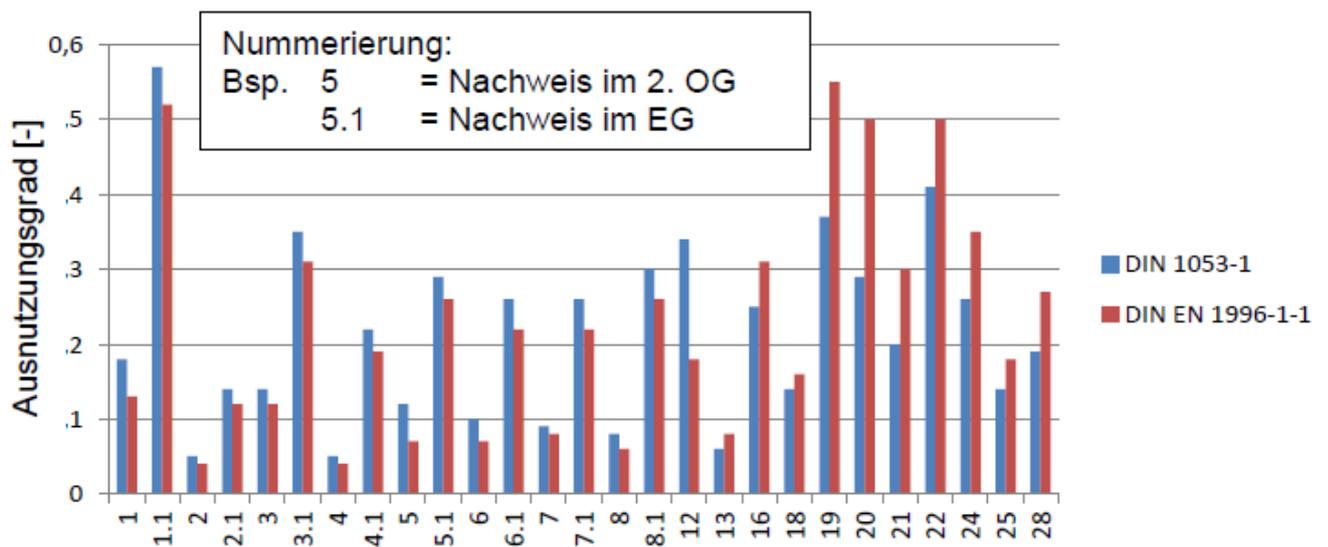


Bild 9: Vergleich der Ausnutzungsgrade von allen Projekten für das genauere Verfahren auf Systemebene, d.h. Knicken (Hinweis: Berücksichtigung der teilweise aufliegenden Deckenplatte bei der Schnittgrößenermittlung) /18/

Es zeigte sich, dass DIN EN 1996-1-1/NA im Wesentlichen zu etwas progressiveren Ergebnissen führt als DIN 1053-1. Einige Ausreißer bestehen zwar, aber auch nur bei Spezialfällen. Unterschiede zwischen den Steinarten bestehen nur geringfügig, da sich der Einfluss der Steinart - von der eventuell nur teilweise aufliegenden Deckenplatte bei Ziegelmauerwerk einmal abgesehen - größtenteils nur auf die Mauerwerksdruckfestigkeit beschränkt. Dies führt nur zu einer pauschalen Verschiebung der Ausnutzungsgrade nach oben oder unten, jedoch nicht zu einer Änderung der Tendenzen zwischen den Normen.

Weiterhin zeigt sich, dass das vereinfachte Verfahren nach DIN EN 1996-3 generell zu größeren Ausnutzungsgraden führt als das vereinfachte Verfahren nach DIN 1053-1 (siehe Bild 10). Nach Auffassung von *Brehm & Brehm* /18/ ergeben sich die Unterschiede vor allem durch 4 Punkte:

- a) das höhere Sicherheitsniveau aufgrund des Teilsicherheitskonzeptes,
- b) der etwas konservativeren Abminderungsfaktoren, insbesondere bei kleinen Ausmitten (Mindestausmitte nach DIN EN 1996-3),
- c) die teilweise unterschiedlichen Knicklängen,
- d) der Abminderung aufgrund teilweise aufliegender Deckenplatte.

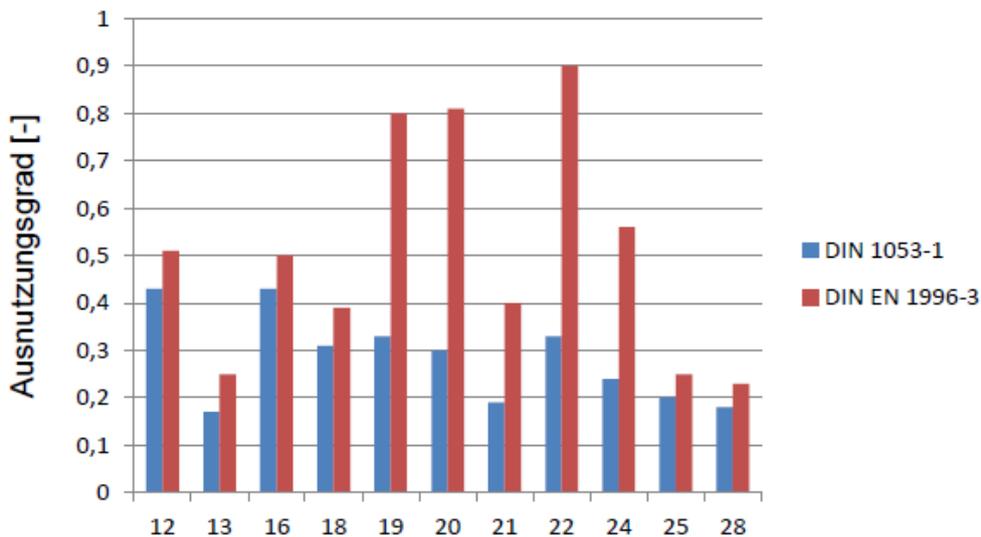


Bild 10: Vergleich der Ausnutzungsgrade für alle Projekte für die vereinfachten Verfahren /18/

Der große Unterschied zwischen den Ausnutzungsgraden der Positionen 19 bis 24 in Bild 10 ergibt sich durch die Berücksichtigung der teilweise aufliegenden Deckenplatte. Bei diesem Vergleich wurden die Verfahren nach DIN 1053-1 und DIN EN 1996-3/NA strikt angewendet, d.h. die Auswirkungen der teilweise aufliegenden Deckenplatte wurden nach DIN 1053-1 nicht berücksichtigt, im Gegensatz zu den Ergebnissen nach DIN EN 1996-3/NA.

Hinsichtlich der praktischen Anwendbarkeit von DIN EN 1996-3 sehen *Brehm & Brehm* /17/ dennoch keine Schwierigkeiten. Im Gegenteil, durch die Neuerungen sind einige Unklarheiten, die in der Praxis häufiger auftraten, wie z.B. die Frage nach der korrekten Berücksichtigung einer nur teilweise aufliegenden Deckenplatte, beseitigt worden.

Im Falle der hier untersuchten Projekte und Bauteile erweist sich DIN EN 1996 als anwendbar und praktikabel mit wenigen Einschränkungen. Diese betreffen im Wesentlichen die umständliche Handhabung der verschiedenen Dokumente sowie das statische Modell der Aussteifungsscheibe.

5 Bewertung der Anwenderfreundlichkeit und der praktischen Handhabbarkeit

5.1 Allgemein

Umstellungen in der Nachweisführung

Die Anwendung der neuen Bemessungsvorschriften erfordert gemäß *Brauer & Ehmke /15/* gegenüber der DIN 1053-1 einige Umstellungen in der Nachweisführung. Die Anwendung der Teilsicherheitsbeiwerte im Mauerwerksbau ist jedoch konsequent, da alle anderen Gewerke ebenfalls in den derzeit gültigen Normenfassungen mit diesem Sicherheitskonzept nachzuweisen sind und so ein einheitliches Sicherheitskonzept angewendet werden kann.

Die Nachweisverfahren nach DIN EN 1996-1-1 und DIN EN 1996-3 weisen sehr hohe Ähnlichkeiten mit den bekannten Nachweisverfahren nach DIN 1053-100 auf. Gegenüber der DIN 1053-1 sind dagegen allein schon wegen der Einführung des neuen Sicherheitskonzeptes mit Teilsicherheitsfaktoren und der damit verbundenen Ermittlung der Bemessungsschnittgrößen große Unterschiede im Berechnungsablauf zu sehen. Daher wird eine Einarbeitung in den EC 6 für diejenigen, die schon die Nachweisverfahren nach DIN 1053-100 angewendet haben, ohne hohen Aufwand möglich sein /15/. Prinzipiell ist mit der Einführung des Konzepts der Teilsicherheitsbeiwerte ein höherer Aufwand bei der Bestimmung der Bemessungsschnittgrößen zu erwarten. Von daher wird auch die Anwendung des EC 6 gegenüber der DIN 1053-1 einen höheren Aufwand darstellen. Bei den einzelnen Nachweisen ist der Bearbeitungsaufwand nach beiden Normengenerationen ähnlich zu bewerten.

Darstellungsarten der Druckfestigkeiten

Die im Nationalen Anhang zur DIN 1996-3 in Anhang D ausgewiesenen charakteristischen Druckfestigkeiten von Mauerwerk entsprechen den Werten, die sich anhand der Faktoren K , α und β aus dem Teil 1-1 (bzw. dem NA) für die jeweiligen Steinfestigkeits- und Mörtelkombinationen der verschiedenen Mauerwerksarten berechnen lassen. Es stellt sich daher die Frage, ob beide Darstellungsarten der Druckfestigkeiten erforderlich sind oder die Tabellen aus dem Teil 3 zur Bestimmung der charakteristischen Druckfestigkeiten von Mauerwerk ausreichend sind. Zumindest wären nach Meinung von *Brauer & Ehmke /15/* Hinweise sinnvoll, dass die im Teil 3 angegebenen Werte für f_k anhand der Parameter K , α und β aus dem Teil 1-1 ermittelt wurden und diese Werte daher für beide Berechnungsmethoden anwendbar sind.

Umfang der neuen Normgeneration größer

Der Umfang der neuen Normung hat nach *Purtak & Hirsch /16/* gegenüber der alten Vorschrift deutlich zugenommen. Der Anwender steht vor der Herausforderung, sich in die neue Vorschrift einzuarbeiten und den für ihn relevanten Inhalt heraus zu extrahieren, um wirtschaftlich arbeiten zu können. Hier zeigt sich, dass noch erhebliches Optimierungspotential insbesondere hinsichtlich der Übersichtlichkeit besteht. Dieses sollte bei der Erstellung eines praktisch nutzbaren Handbuches berücksichtigt werden.

Anwendungshinweise hilfreich

Anwendungshinweise zu den beiden Bemessungsnormen sind nach *Jäger et al. /14/* ebenso notwendig wie weitergehende Hilfestellungen zur Modellbildung insbesondere von Aussteifungswänden. In großen Teilen sind nunmehr Bemessungen auf dem bisherigen wirtschaftlichen Niveau der DIN 1053-1 annähernd durchgängig möglich. In Einzelfällen verbleiben gewisse Erhöhungen der Ausnutzungsgrade von ca. 10 - ca. 13 %, deren Ursachen geortet werden konnten. Toleranzen in der Zielgenauigkeit müssen jedoch zweifelsohne zugestanden werden.

Teilaufliegende Decke

Beim Biegenachweis nach dem vereinfachten Verfahren wird explizit das Verhältnis von Auflagertiefe zu Wanddicke benötigt. Im genaueren Verfahren wird ebenfalls auf die Beachtung der exzentrischen Lagerung der Deckenplatte hingewiesen. In der Praxis ist dieser Wert oftmals nicht bekannt, da insbesondere im üblichen Wohnungsbau oftmals erst von der ausführenden Firma entschieden wird, ob und welche Ausführungsvariante gewählt wird. Nach *Brehm & Brehm /18/* ergibt sich nun für den planenden Ingenieur folgendes Problem: ein Ansatz der kleinstmöglichen Auflagertiefe führt zu deutlich geringerer Tragfähigkeit der Wand, eine Vernachlässigung dieses Aspekts ist ein fachlicher Fehler und führt eventuell zu Haftungsproblemen. Eine Berechnung „auf der sicheren Seite“ kann zu größerer Dimensionierung der betroffenen Bauteile führen, was wiederum einen Wettbewerbsnachteil für die betroffenen Wandarten (im Wesentlichen Ziegelmauerwerk) mit sich bringt.

Umrechnungsfaktor zur Nutzung der bestehenden Zulassungen

Bei der Bemessung von großformatigem Mauerwerk ist nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (ABZ) vorzugehen, welche im Wesentlichen auf DIN 1053-1 verweisen. Eine Anwendung der Bemessungsmethoden nach DIN EN 1996 ist demnach erst bei novellierten ABZ möglich. Für die Übergangszeit erfordert dies entwe-

der die parallele Anwendung beider Normen oder die reine Anwendung von DIN 1053-1. Eine Möglichkeit der Anwendung der ABZ auch im Zusammenhang mit DIN EN 1996 (z.B. über einen Umrechnungsfaktor für die Mauerwerksdruckfestigkeit) kann hier Abhilfe leisten (*Brehm & Brehm /18/*).

Verwendung Spannungsblock möglich

Positiv nahmen die Brehm-Ingenieure /18/ die Tatsache auf, dass beim Biegedrucknachweis gemäß DIN EN 1996, wie auch schon in DIN 1053-100, ein Spannungsblock verwendet werden darf, anstelle einer linear-elastischen Spannungs-Dehnungsbeziehung und somit eine Unterscheidung zwischen gerissenem und ungerissenem Querschnitt bei der Spannungsermittlung entfällt.

5.2 Genaues Verfahren

Wände unter Druckbeanspruchung

Das Rechenverfahren nach DIN EN 1996-1-1, Abs. 6.1.2.2 ist nach *Hauer /13/* für die Handrechnung ungeeignet. Hier stellt sich im Vergleich zu DIN 1053-1 kein neuer Sachverhalt ein, da bereits das genauere Verfahren in der Praxis nur mit Rechnerunterstützung angewendet wurde.

Querkraftnachweise

Durch den Übergang auf Kraftgrößen muss die Fallunterscheidung für die Statik der klaffenden Fuge in die Nachweisgleichung aufgenommen werden. Hierdurch entstehen nach *Hauer /13/* schwer verständliche Formelapparate, deren Wirkweise für den Anwender sich nicht sofort erschließen lässt. Für den Anwender wäre es hilfreich, wenn man für die voll überdrückte Wandscheibe die Nachweisgleichungen zusätzlich angibt. Diese sind relativ kurz. Es ist dann für den häufig vorliegenden Fall der nicht klaffenden Aussteifungsscheibe eine einfachere Nachweisführung möglich. Ob Praktiker tatsächlich den Aufwand auf sich nehmen werden, umfangreiche undurchsichtige Nachweisformeln für den für die Gesamtstabilität des Bauwerks maßgeblichen Nachweis der Aussteifung zu führen, wird bezweifelt /13/. Für mehrgeschossige Wandscheiben $L > h$ ergibt aufgrund der neuen Definition von h (lichte Geschosshöhe statt wie bislang Gesamthöhe der Wandscheibe) generell der Faktor c zu 1,0 statt 1,5. Hieraus folgt eine um 50 % höhere Schubtragfähigkeit. Der genaue Querkraftnachweis ist rechentechnisch aufwändig. Anwender, die nicht über ein Rechenprogramm verfügen, werden bei der Handrechnung Schwierigkeiten haben, einen zuverlässigen Rechenwert zu erhalten.

Überbindemaß

Im deutschen Anhang A wird bei der Unterscheidung der Mindestlänge für das Überbindemaß die in der DIN 1053-1 vorgegebene Mindestlänge von 45 mm gefordert. Wenn man sich das Überbindemaß aus der Steinlänge ermittelt, zeigt es sich, dass nur für die heute kaum noch gebräuchlichen Normalformat- und Dünnsformatziegel (Bild 11) die Mindestlänge von 45 mm maßgeblich sein kann (*Hauer /13/*). Bei allen anderen Steinformaten, gerade auch die gebräuchlichen Steinformate ab 2 DF ist stets die 0,4-fache Steinhöhe maßgebend (siehe Tabelle 5).

Wenn das Überbindemaß auf 0,2-fache Steinhöhe reduziert wird, wirkt sich die in EC 6 und NA unterschiedliche Definition bis zur Steinhöhe 113 mm aus. Darüber ergeben sich identische Abmessungen (Tabelle 6). Die maßstäbliche Darstellung von Normalformatsteinen mit Überbindemaß 45 mm und 40 mm (Bild 12) zeigt, dass es nur schwer denkbar ist, ein Sicherheitsdefizit zu vermuten, zumal es sich um Steinformate handelt, die im heutigen Mauerwerksbau nahezu bedeutungslos sind. Es handelt sich bei der im NA vorgegebenen Mindestforderung von 45 mm um eine zusätzliche Regelung, die ohne weiteres entfallen kann. Vorteil für die Praxis wäre, dass die an verschiedenen Stellen enthaltenen NDP und NCI, bei denen die in EN 1996-1-1 und EN 1996-3 vorhandenen Mindestmaße von 40 mm auf Überbindemaß 45 mm korrigiert werden, entfallen könnten. Die Norm würd damit besser lesbar.

Tabelle 5: Geforderte Überbindemaße $l_{ol} = 0,4 h_{st}$ für Steinformate DF bis 24 DF
Hauer /13/

Steinformat	Steinhöhe	0,4 x Steinhöhe	EN 1996-1-1, Abschn. 8.1.4.1	EN 1996-1-1 NA, Abschn. 8.1.4.1
	mm	mm	mm	mm
DF	52	20,8	40	45
NF	71	28,4	40	45
2 DF	113	45,2	45,2	45,2
3 DF	238	95,2	95,2	95,2
5 DF	238	95,2	95,2	95,2
10 DF	238	95,2	95,2	95,2
12 DF	238	95,2	95,2	95,2
24 DF	238	95,2	95,2	95,2

Tabelle 6: Geforderte Überbindemaße $l_{ol} = 0,2 h_{st}$ für Steinformate DF bis 24 DF

Hauer /13/

Steinformat	Steinhöhe	0,2 x Steinhöhe	EN 1996-1-1, Abschn. 8.1.4.1	EN 1996-1-1 NA, Abschn. 8.1.4.1
	mm	mm	mm	mm
DF	52	10,4	40	45
NF	71	14,2	40	45
2 DF	113	22,6	40	45
3 DF	238	47,6	47,6	47,6
5 DF	238	47,6	47,6	47,6
10 DF	238	47,6	47,6	47,6
12 DF	238	47,6	47,6	47,6
24 DF	238	47,6	47,6	47,6

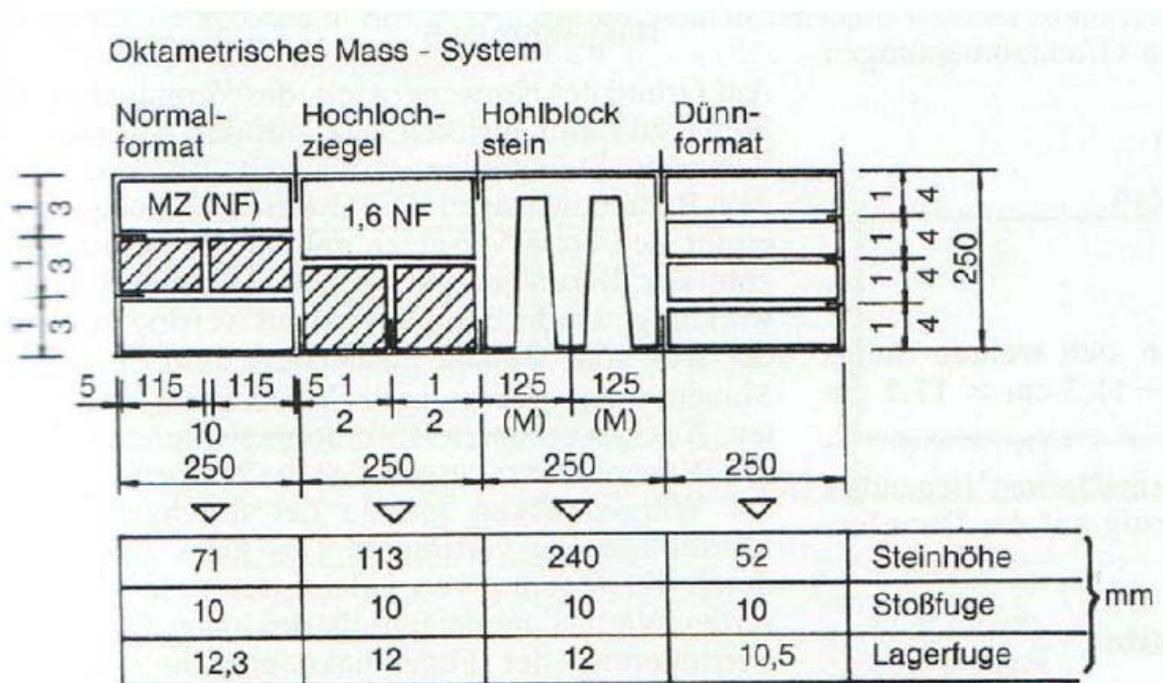


Bild 11: Steinformate im oktametrischen Maßsystem /13 aus [18]/

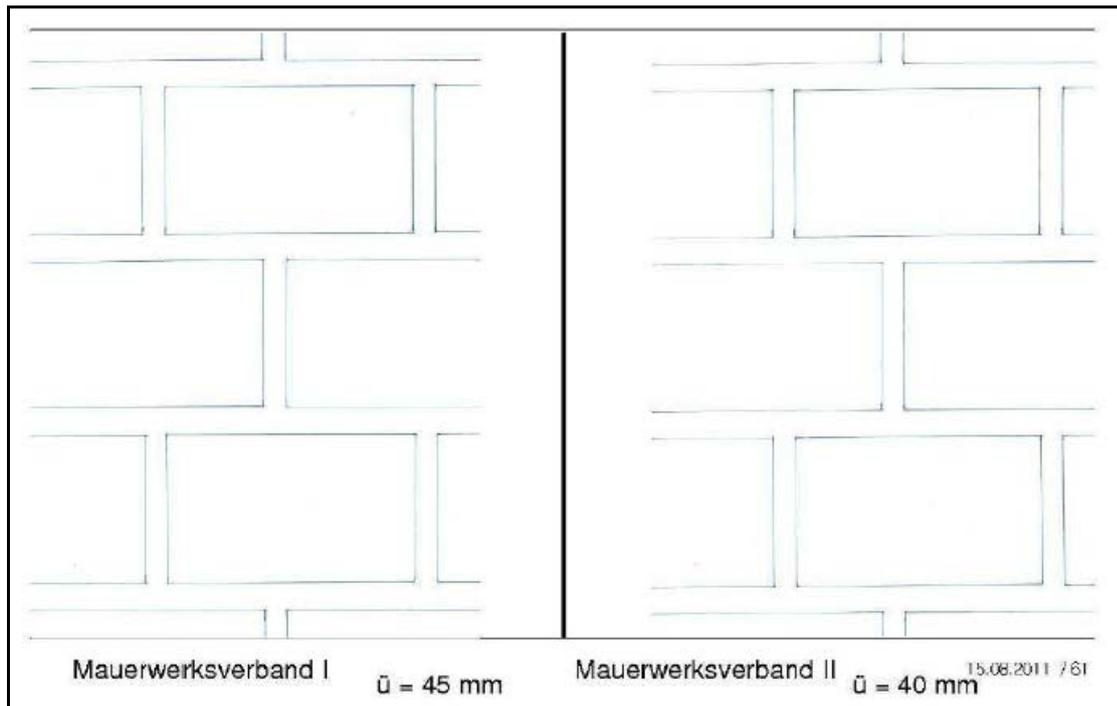


Bild 12: Maßstäbliche Darstellung von Überbindemaß $\bar{u}=45$ mm und $\bar{u}=40$ mm für Normalformatmauerwerk (*Hauer /13/*)

Abminderungsfaktoren für drei- und vierseitige Lagerung

Abminderungsfaktoren für drei und vierseitige Lagerung sind zu komplex und werden in der Praxis nicht angewendet (*Hauer /13/*). Diese speziellen Vorgaben sollte man in Anhang zusammenfassen, was den Normtext entschlackt.

Vereinfachte Ermittlung der Knotenmomente

Die vereinfachte Ermittlung der Knotenmomente nach DIN EN 1996-1-1/NA, Anhang NA-C ist einfach in der Anwendung und auch leicht z.B. mit einer Tabellenkalkulationssoftware programmierbar. Allerdings ergeben sich in den hier untersuchten Fällen geringere Wandendmomente als nach den im Vergleich durchgeführten Rahmenberechnungen. Im Besonderen ergibt die Anwendung des Korrekturfaktors η nach Ansicht von *Brauer & Ehmke /15/* oftmals zu geringe Momente.

Ermittlung der Bemessungsfestigkeit f_d aus f_k

Die Ermittlung der Bemessungsfestigkeit f_d aus f_k in Abschnitt 6.1.2.1 ist nicht eindeutig dokumentiert *Purtak & Hirsch /16/*:

- Es fehlt eine Gleichung zur Ermittlung von f_d , aus der einwandfrei hervorgeht, welche Faktoren neben dem Teilsicherheitsfaktor noch zu berücksichtigen sind und wie diese bestimmt werden.
- Es wird zwar auf die Abschnitte 2.4.1 und 3.6.1 verwiesen, allerdings ist dort

nicht die Abminderung für einen Lochanteil $> 35\%$ sowie der Dauerstandsbeiwert ζ erläutert.

- Diese beiden Faktoren sind umständlich in Textform untergebracht, wobei bei der Erläuterung zu f_d nicht hervorgeht, dass weitere Faktoren überhaupt zu berücksichtigen wären. Hier ist demnach eine übersichtliche kompakte Zusammenfassung inklusive Formel wünschenswert.

Ermittlung der Endkriechzahl

Tabelle NA.17 sollte dahingehend ergänzt werden /16/, dass über die Endkriechzahl die Grenزشlankheit eigentlich für bestimmte Kombinationen Mauersteinart/Mauermörtelart festgelegt ist. Im gegenwärtigen Zustand können Missverständnisse bzw. Fehlinterpretationen auftreten, dass die Endkriechzahl, trotz ihrer eigentlichen Materialabhängigkeit, anhand der vorliegenden Schlankheit gewählt wird, um die Zusatzausmitte infolge Kriechen bestimmen zu können.

Teilweise aufliegende Deckenplatte

Gemäß 5.5.1.1 (NA.5) ist die planmäßig ausmittige Lasteinleitung bei teilweise aufliegenden Deckenplatten bei der Schnittgrößenermittlung zu berücksichtigen. Wenn die Nachweise gemäß 6.1.2.2 (NA.4) an Wandkopf und Wandfuss mit der ideellen Wanddicke $t = a$ geführt werden, dürfen die Zusatzmomente infolge planmäßiger Lastausmitte nach Verständnis von *Purtak & Hirsch /16/* vernachlässigt werden.

Teilflächenpressung

Bei der Untersuchung des Nachweises auf Teilflächenpressung sind in DIN EN 1996-1-1 Bilder enthalten, die die Lastausbreitung unterhalb der Einzellast darstellen. Dabei fällt auf (*Brehm und Brehm /18/*), dass eine einseitige Lastausbreitung unter einem Winkel von 60° neben Öffnungen angesetzt werden darf. Dies ist nicht einleuchtend, da das Gleichgewicht nicht mehr eingehalten wäre, es sei denn, die entstehende Querkraftbeanspruchung kann in den Lagerfugen aufgenommen werden. Folglich sollte ein Hinweis auf diesen Nachweis in der Norm enthalten sein.

Ermittlung der Mauerwerksdruckfestigkeit

Die Ermittlung der Mauerwerksdruckfestigkeit in DIN EN 1996-1-1/NA ist deutlich komplizierter als noch in DIN 1053-1 (*Brehm & Brehm /18/*). Auch die Begrifflichkeiten sind unklar (Was genau ist eine „umgerechnete mittlere Mindestdruckfestigkeit“?). In Anbetracht der Tatsache, dass Mauerwerk nur in seltenen Fällen statisch voll ausgelastet wird, ist eine vereinfachte Regelung wünschenswert. Die Tabellen in DIN EN 1996-3 kommen dieser schon nahe.

5.3 Vereinfachtes Verfahren

Anwendungsfreundlichkeit gegeben

Das Vereinfachte Verfahren ist nach *Hauer /13/* auch weiterhin anwendungsfreundlich, da der Umfang der Regelungen übersichtlich ist. Die Zahlenwerte für f_k sind im Anhang vorgegeben, so dass zügig nachweise erstellt werden können. Über die mittlerweile im NA dargestellte vereinfachte Ermittlung der Schnittgröße N_{Ed} mit $1,40 \cdot (N_{Gk} + N_{Qk})$ wird der wesentliche Mehraufwand bei der Zusammenstellung der Kombinationsregeln für die Schnittgrößen vermieden.

Querkraftnachweis für Scheibenschub

Für einen Querkraftnachweis für Scheibenschub sind alle Parameter im Einzelnen zu ermitteln. Dass im vereinfachten Verfahren kein Querkraftnachweis möglich ist, wird zukünftig bei der Bearbeitung von Mauerwerksbauteilen zu Mehraufwand führen */13/*, sobald nicht sichergestellt ist, dass man auf entsprechende Nachweise gänzlich verzichten kann.

Vereinfachter Schubnachweises wünschenswert

Der ersatzlose Entfall des bisherigen Schubnachweises im vereinfachten Verfahren ist für die Praxis nicht hilfreich (*Hauer /13/*). Im genaueren Rechenverfahren wird unter Ausnutzung von allen Stellschrauben versucht, ein möglichst großer Wert für die Querkrafttragfähigkeit der Praxis anzubieten. In vielen Anwendungsfällen ist jedoch – gerade bei langen Schubwänden - eine geringe Schubaussnutzung vorhanden und es wäre hilfreich mit einem vereinfachten Verfahren sich zu vergewissern, dass gewisse Anwendungsgrenzen nicht überschritten sind.

Abminderungsfaktoren für die Knicklänge

Der Abminderungsfaktor für die Knicklänge im vereinfachten Verfahren ist zur Zeit im Regelfall 0,75. In einem Einspruch wurden die bisherigen Abminderungsfaktoren in Abhängigkeit der Wanddicken wieder in den nationalen Anhang eingebracht. Hier wird empfohlen (*Hauer /13/*), diese deutlicher als zur Zeit vorhanden vorzugeben. Wenn man schreibt „vereinfacht darf verwendet werden“ bedeutet dies, dass man die in der Norm DIN EN 1996-1-1 und DIN EN 1996-3 vorgegebenen Werte verwenden darf.

Maßgeblicher Wandabschnitt

Es sollte deutlich darauf hingewiesen werden, dass mit der Fläche A in der Nachweisgleichung des vereinfachten Verfahrens nur die Querschnittsfläche des maßgeblichen Wandabschnittes gemeint sein kann */13/*. Während in EN 1996-1-1 auf die Wanddicke t bezogen wird und damit sofort die aufnehmbare Längskraft in kN/m bezogen auf die Wandlänge dargeboten ist, wird in EN 1996-3 didaktisch fehlerhaft die

Fläche A angegeben. Eine in Bezug auf die Wandlängen zentrische Auflagerpressung ist jedoch im Mauerwerksbau der Sonderfall. Der Regelfall ist ein über die Wandlänge ungleichmäßiger Lasteintrag. Von daher ist zu empfehlen, dass auch im vereinfachten Verfahren stets in den Nachweisgleichungen die Wanddicke t statt der Querschnittsfläche A Verwendung findet.

Teilauflagerung von Deckenplatten

Die Berücksichtigung von Teilauflagerungen der Deckenplatten ist im EC 6-3, (d.h. im vereinfachten Nachweis) enthalten. Nach DIN 1053-1 gab es im vereinfachten Verfahren nur die Möglichkeit, bei einer Teilauflagerung als Wanddicke die Auflagertiefe der Deckenplatte anzunehmen. Gegenüber den Nachweisen nach EC 6-3 führt diese vereinfachte Annahme jedoch zu signifikant geringeren Tragfähigkeiten (*Brauer & Ehmke /15/*). Bei der Anwendung des EC 6-3 hat der Tragwerksplaner daher eine höhere Sicherheit in der Anwendung und den Bemessungsergebnissen als nach „alter“ Norm.

Vertikaler Tragwiderstand einer Wand – Abminderungsfaktor

Der Abminderungsfaktor Φ_1 nach DIN EN 1996-3/NA beinhaltet neben der Abhängigkeit von der Deckenstützweite nun auch noch eine Abhängigkeit von der Mauerwerksdruckfestigkeit. Dies wurde von den Brehm-Ingenieuren als unnötige Erschwernis aufgefasst /18/.

5.4 Stark vereinfachtes Verfahren

Teilweise aufliegende Deckenplatten

Das stark vereinfachte Verfahren ist ein einfach handhabbares Nachweisverfahren, welches bei teilweise aufliegenden Decken jedoch kleinere Ausnutzungsgrade ergibt als das vereinfachte Verfahren nach EC6-3 bzw. das genauere Verfahren nach EC6-1-1. Diesbezüglich sollte die Abminderung der Traglast modifiziert werden (*Purtak & Hirsch /16/*).

Es sollte überprüft werden, ob tatsächlich für teilweise aufliegendes Mauerwerk ein gesonderter Wert c_A angegeben werden muss (*Hauer /13/*).

6 Zusammenfassung

In diesem Forschungsvorhaben zum Mauerwerksbau wurde auf der Basis der nationalen Anhänge zum Eurocode 6 eine Anwendungserprobung durchgeführt. Die Vergleichsrechnungen zwischen bestehender Norm DIN 1053 und der zukünftigen EC 6-Serie wurden von fünf Ingenieurbüros durchgeführt. Vier Ingenieurbüros führten die Vergleichsrechnungen an bereits bestehenden Gebäuden durch, bei denen die Bauteile normal belastet waren. Ein Ingenieurbüro führte Vergleichsrechnungen an hoch ausgelasteten Bauteilen aus verschiedenen Stein-Mörtel-Kombinationen an drei verschiedenen Gebäudetypen (Einfamilienhaus, Reihenhaushaus, Mehrfamilienhaus) durch. Ein anderes Ingenieurbüro führte darüber hinaus spezielle Nachweise durch, die nur in Sonderfällen zum Einsatz kommen.

Im Gesamtergebnis kann festgehalten werden, dass die Unterschiede von alter Norm zu neuer Norm nicht gravierend sind. Die Vergleichsrechnungen der Ingenieurbüros haben gezeigt, dass der Eurocode 6 mit zugehörigen deutschen Anhängen absolut anwendbar ist. Einer bauaufsichtlichen Einführung der neuen europäischen Normengeneration stimmen alle Forscher zu.

Berlin, den 25.04.2012

Dr. Ronald Rast

Dr. Christoph Alfes