

# Zusammenfassung



## Forschungsbericht

**Änderungs- und Ergänzungsvorschläge zu den vereinfachten Berechnungsverfahren für Mauerwerk nach prEN 1996-3 - Folgeprojekt**

**Bearbeitung:**

**BGS Ingenieursozietät, Hannover**

**Dr.-Ing. Helmut Reeh**

**Dipl.-Ing. Andreas Schlundt**

**Hannover, März 2005**

## Zusammenfassung

Mit der vorliegenden Forschungsarbeit wurde der Forschungsbericht zum gleichen Thema vom November 2002 fortgesetzt und ergänzt. Damals wurden bereits verschiedene Änderungsvorschläge zu den in Eurocode 6 Teil 3 (prEN 1996-3) geregelten vereinfachten Berechnungsverfahren für unbewehrtes Mauerwerk erarbeitet und wissenschaftlich abgesichert, die als deutsche Stellungnahmen in die europäische Normungsarbeit eingeflossen sind. Die Untersuchungen auf der Grundlage der Vornorm DIN V ENV 1996-3 von Oktober 2000 hatten zudem gezeigt, dass die einzelnen Berechnungsverfahren auch mit den bei Abschluss des Forschungsvorhabens im damals aktuellen Entwurf der Norm von September 2002 enthalten Änderungen und Ergänzungen, hinsichtlich in einiger Detailpunkten noch genauer zu überprüfen waren.

Auf dieser Grundlage wurden in diesem Folgeprojekt einzelne Aspekte der vereinfachten Berechnungsverfahren im Hinblick auf sicherheitstechnische Belange bei der Planung, Ausführung und Bemessung des Mauerwerks nach Eurocode 6 Teil 3 (10th Draft prEN 1996-3:2004-06) abschließend überprüft. Es wurde untersucht, ob die vereinfachten Regelungen gegenüber den genaueren Berechnungsverfahren im zwischenzeitlich ebenfalls überarbeiteten Teil 1-1 der Norm (prEN 1996-1-1:2003-03, stage "formal vote" - CEN/TC 250/SC 6, N 0271) auf der sicheren Seite liegen und in welchen Fällen noch Sicherheitslücken auch gegenüber den bisher gültigen Regelungen in DIN 1053-1 vorhanden sind. Gleichzeitig wurde aber auch geprüft, dass sich die einzelnen Regelungen in wirtschaftlicher Hinsicht nicht nachteilig auf bisher in Deutschland geltende Festlegungen auswirken.

Nach einer kurzen Zusammenstellung der Bemessungsgrundlagen wurde zunächst die vereinfachte Berechnung vertikal belasteter Wände aufgezeigt, erläutert und anhand von Bemessungsbeispielen die Übereinstimmung mit einer vereinfachten Bemessung nach DIN 1053-1 gezeigt. Anschließend wurden die nachfolgend genannten Teilaspekte der vereinfachten Berechnung nach Eurocode 6 Teil 3 detailliert im Hinblick auf sicherheitstechnische Belange untersucht.

1. Erweiterung der zulässigen Wandhöhe im Erdgeschoss auf 4 m bei einer Gebäudehöhe von mindestens 7 m.

2. Nachweis am Wand-Decken-Knoten einer Außenwand im Zwischengeschoss im Hinblick auf die zulässige Deckenstützweite und die zulässige Auflast in Abhängigkeit des Abminderungsfaktors und des Teilsicherheitsbeiwertes für Mauerwerk.
3. Nachweis am Wand-Decken-Knoten einer Außenwand im obersten Geschoss im Hinblick auf die zulässige Deckenstützweite und die zulässige Auflast in Abhängigkeit des Abminderungsfaktors und des Teilsicherheitsbeiwertes für Mauerwerk.
4. Aussteifung und Gebäudestabilität bei Gebäuden mit bis zu drei Geschossen - Wandscheiben ohne Nachweis der Windbelastung.

Im Folgenden sind die durchgeführten Untersuchungen und die daraus resultierenden Ergebnisse zusammengefasst.

1. *Erweiterung der zulässigen Wandhöhe im Erdgeschoss auf 4,0 m*

Es wurde rechnerisch gezeigt, dass die bei der genaueren Berechnung nach prEN 1996-1-1 anzusetzende Ausmitte einer 4,0 m hohen Erdgeschosswand – innerhalb der Anwendungsbedingungen der vereinfachten Berechnung nach prEN 1996-3 und mit der für diese Wandhöhe geforderten Mindestauflast aus einem Geschoss – kleiner ist, als die bei einer 3,20 m hohen Wand eines eingeschossigen Gebäudes. Damit liegt die Berechnung einer 4,0 m hohen Erdgeschosswand mit mindestens einem Obergeschoss gegenüber dem Nachweis einer 3,20 m hohen Wand ohne Obergeschoss hinsichtlich der bei der vereinfachten Berechnung nicht explizit berücksichtigten Parameter (Wind, ungewollte Ausmitte) auf der sicheren Seite. Die vereinfachte Berechnung nach prEN 1996-3 liegt somit auch für 4,0 m hohe Erdgeschosswände mit der Auflast aus mindestens einem Obergeschoss gegenüber der genaueren Berechnung nach prEN 1996-1-1 auf der sicheren Seite.

2. *Nachweis am Wand-Decken-Knoten einer Außenwand im Zwischengeschoss*

Anhand einer umfangreichen Parameterstudie unter Berücksichtigung aller maßgebenden Einflussgrößen wurde die vereinfachte Berechnung am Wand-Decken-Knoten nach prEN 1996-3 mit der genaueren Berechnung nach prEN 1996-1-1 verglichen. Es wurde auf der Grundlage von umfassenden Grenzbetrachtungen für alle denkbaren Fälle ein Vergleich der zulässigen vertikalen Belastung in Abhängigkeit der zulässigen Deckenstützweite angestellt, um zu überprüfen, ob die vereinfachte

Berechnung gegenüber der genaueren Berechnung im Rahmen der zulässigen Anwendungsbedingungen in jedem Fall auf der sicheren Seite liegt. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Mit dem in Deutschland vorgesehenen Teilsicherheitsbeiwert für den Baustoff  $\gamma_M = 1,7$  liegt die vereinfachte Berechnung am Wand-Decken-Knoten einer Außenwand im Zwischengeschoss gegenüber einer genaueren Berechnung nach prEN 1996-1-1 fast immer auf der sicheren Seite. Nur in Ausnahmefällen sind bei sehr kleinen charakteristischen Druckfestigkeiten geringfügig günstigere Ergebnisse - Abweichung gegenüber der genaueren Berechnung  $\leq 4\%$  - im Hinblick auf die zulässige Deckenstützweite möglich. Da die Deckenstützweite für diese kleinen Festigkeiten aber nach prEN 1996-3 auf 6 m begrenzt ist und bisher nach DIN 1053-1 bei vergleichbaren Bemessungsergebnissen ebenfalls bis zu 6 m große Deckenstützweiten im vereinfachten Berechnungsverfahren erlaubt waren, ist die in Ausnahmefällen gegenüber prEN 1996-1-1 geringfügig günstigere Bemessung nach prEN 1996-3 nicht als Sicherheitslücke anzusehen.
- Zwischen der beim genaueren Nachweis nach prEN 1996-1-1 mindestens erforderlichen Auflast und der größten nach prEN 1996-1-1, Anhang C, mit dem Spannungsblock nachweisbaren Auflast ist bei größeren Deckenstützweiten eine Nachweislücke vorhanden. Diese Nachweislücke war bisher in DIN 1053-1 nicht vorhanden, da die Ausmitte bei  $e > d/3$  in der Berechnung zu  $d/3$  gesetzt werden durfte. Diese Regelung ist in prEN 1996-1-1 nicht mehr enthalten. Hier darf lediglich bei Ausmitten  $e > 0,45 \cdot d$  der Nachweis mit dem Spannungsblock angewendet werden. In den Bereichen mit einer Nachweislücke nach prEN 1996-1-1 können Wände jedoch vereinfacht nach prEN 1996-3 nachgewiesen werden, da bei diesem Nachweis wie bisher im vereinfachten Berechnungsverfahren nach DIN 1053-1 nur die maximal zulässige Auflast nachzuweisen ist. Eine Sicherheitslücke bei der vereinfachten Berechnung ist hierdurch aber aus deutscher Sicht im Hinblick auf die bisherige Regelung in DIN 1053-1 in statischer Hinsicht nicht erkennbar. Es sollte daher zu prEN 1996-1-1 überprüft werden, ob die gegenüber den bisherigen Regelungen in Deutschland neu eingeführte Beschränkung beim genaueren Nachweis tatsächlich notwendig ist oder ob konstruktive Festlegungen wie in DIN 1053-1 ausreichend sind. Unabhängig hiervon müsste im Rahmen der Erstellung des

nationalen Anhangs zu prEN 1996-3 überprüft werden, ob ggf. ein Hinweis auf das Auftreten von Rissen (Gebrauchstauglichkeit) bei Ausmitten  $e > d/3$  erforderlich ist.

- In anderen Ländern, in denen ein größerer Teilsicherheitsbeiwert für den Baustoff als in Deutschland mit  $\gamma_M = 1,7$  vorgesehen ist, liegt die vereinfachte Berechnung nach prEN 1996-3 erst ab einer charakteristischen Mauerwerksdruckfestigkeit von  $f_k = 10,0 \text{ N/mm}^2$  in jedem Fall gegenüber prEN 1996-1-1 auf der sicheren Seite. Bei kleineren Festigkeiten und in beiden Normteilen gleichen Teilsicherheitsbeiwerten ( $\gamma_M > 1,7$ ) sind teilweise erheblich größere Deckenstützweiten vereinfacht nach prEN 1996-3 nachweisbar, als mit der genaueren Berechnung nach prEN 1996-1-1 nachgewiesen werden können. Daher müsste bei Wahl eines größeren Teilsicherheitsbeiwertes als  $\gamma_M = 1,7$  im nationalen Anhang des entsprechenden Mitgliedslandes ein größerer Teilsicherheitsbeiwert für prEN 1996-3 eingeführt werden als für prEN 1996-1-1. Anderenfalls müssten die Gleichungen (4.1a) bis (4.1c) in prEN 1996-3 zur Bestimmung der zulässigen Deckenstützweite noch dahingehend geändert werden, dass der Teilsicherheitsbeiwert für das Material entsprechend berücksichtigt wird. Aus deutscher Sicht ist eine Änderung von prEN 1996-3 diesbezüglich aber nicht erforderlich. Die vereinfachte Berechnung wurde für den Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M = 1,7$  optimiert und muss auch nach einer ggf. noch vorzunehmenden Änderung der Gl. (4.1a) bis (4.1c) mit  $\gamma_M = 1,7$  die gleichen Ergebnisse liefern.
- Gemäß Gl. (4.1a) in prEN 1996-3 darf bei Wänden mit nur geringen Auflasten die Deckenstützweite auch bei Endauflagern unabhängig von der Wanddicke bis zu 7 m betragen. Hiermit soll der Regelung in prEN 1996-1-1 Rechnung getragen werden, dass bei geringen Auflasten und großen Exzentrizitäten der vereinfachte Nachweis mit Hilfe des Spannungsblocks nach Annex C in Teil 1-1 ohne Berücksichtigung der Deckenstützweite möglich ist. Die derzeit noch in prEN 1996-3 enthaltene Gleichung mit einem Faktor  $k = 0,2$  für Steine der Gruppe 1 liegt hierbei allerdings nicht auf der sicheren Seite gegenüber prEN 1996-1-1. Entsprechend den Regelungen in prEN 1996-1-1, Anhang C, zum Ansatz des Spannungsblocks auf einer Länge von  $0,1 \cdot t$  für alle Steingruppen, muss auch in prEN 1996-3 für alle Steingruppen der Faktor  $k = 0,1$  gelten. Um die genannte Sicherheitslücke auszuschließen, muss Gl. (4.1a) in prEN 1996-3 diesbezüglich noch geändert werden.

Es ist auch von deutscher Seite beantragt, diese Änderung noch in die Norm aufzunehmen.

### 3. *Nachweis am Wand-Decken-Knoten einer Außenwand im obersten Geschoss*

Anhand einer ergänzenden Parameterstudie unter Berücksichtigung der gleichen maßgebenden Einflussgrößen wie im Zwischengeschoss wurde auch die vereinfachte Berechnung am Wand-Decken-Knoten im obersten Geschoss nach prEN 1996-3 mit der genaueren Berechnung nach prEN 1996-1-1 verglichen. Auch für diesen Nachweis wurde überprüft, ob die vereinfachte Berechnung gegenüber der genaueren Berechnung im Rahmen der zulässigen Anwendungsbedingungen in jedem Fall auf der sicheren Seite liegt. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Mit dem in Deutschland vorgesehenen Teilsicherheitsbeiwert für den Baustoff  $\gamma_M = 1,7$  liegt die vereinfachte Berechnung am Wand-Decken-Knoten einer Außenwand auch im obersten Geschoss gegenüber einer genaueren Berechnung nach prEN 1996-1-1 fast immer auf der sicheren Seite. Nur in Ausnahmefällen sind bei sehr kleinen charakteristischen Druckfestigkeiten im Hinblick auf die zulässige Deckenstützweite geringfügig günstigere Ergebnisse (Abweichung gegenüber der genaueren Berechnung im ungünstigsten Fall  $\leq 7,5\%$ ) möglich. Diese nur in Ausnahmefällen vorhandene Abweichung ist am obersten Wand-Decken-Knoten aber nicht als Sicherheitslücke anzusehen, da bei den geringen Lasten im obersten Geschoss auch nach prEN 1996-1-1 der vereinfachte Nachweis mit dem Spannungsblock nach Anhang C unabhängig von der Deckenstützweite immer möglich ist und zudem nach DIN 1053-1 bei vergleichbaren Bemessungsergebnissen bisher ebenfalls generell bis zu 6 m große Deckenstützweiten im vereinfachten Berechnungsverfahren erlaubt waren.
- Der in prEN 1996-3 mit  $\phi_s = 0,5$  – dies würde  $k_3 = 0,67$  nach DIN 1053-1 entsprechen – festgelegte konstante Abminderungsfaktor im obersten Geschoss liegt im Hinblick auf die größte zulässige vertikale Belastung gegenüber einer genaueren Berechnung nach prEN 1996-1-1 auf der sicheren Seite. Zudem wird die größte zulässige Belastung aufgrund der geringen tatsächlichen Belastung im obersten Geschoss im Rahmen der Anwendungsbedingungen der vereinfachten Berechnung nicht maßgebend.

- Analog zum Nachweis am Zwischenwandknoten ist auch beim Nachweis am obersten Wand-Decken-Knoten erkennbar, dass im nationalen Anhang der Mitgliedsländer, in denen ein größerer Teilsicherheitsbeiwert für den Baustoff als in Deutschland mit  $\gamma_M = 1,7$  vorgesehen ist, ein noch größerer Teilsicherheitsbeiwert für prEN 1996-3 eingeführt werden muss als für prEN 1996-1-1, wenn die Gleichungen (4.1a) bis (4.1c) in prEN 1996-3 nicht noch in Abhängigkeit des Teilsicherheitsbeiwertes korrigiert werden. Anderenfalls liegt die vereinfachte Berechnung nach prEN 1996-3 hinsichtlich der nachweisbaren Deckenstützweite nicht in jedem Fall auf der sicheren Seite gegenüber der genaueren Berechnung nach prEN 1996-1-1. Aus deutscher Sicht – mit  $\gamma_M = 1,7$  für die gesamte Normenreihe – ist eine Änderung von prEN 1996-3 diesbezüglich aber nicht erforderlich, da auch nach einer Änderung der Gleichungen die Berechnungsergebnisse mit  $\gamma_M = 1,7$  die gleichen wie vorher sein müssen.

#### 4. *Aussteifung und Gebädestabilität bei Gebäuden mit bis zu drei Geschossen*

Anhand von Beispielberechnungen mit üblichen Grundrissen und Mauerwerk mittlerer Festigkeit wurden die Anwendungsgrenzen des vereinfachten Berechnungsverfahrens in prEN 1996-3, Anhang A, überprüft. Die berechneten Beispiele zeigen, dass die Berechnungsergebnisse des vereinfachten Aussteifungsnachweises in prEN 1996-3 für Gebäude mit bis zu drei Geschossen weit auf der sicheren Seite liegen. Die Aussteifung vieler Gebäude, die mit einer genauen Berechnung problemlos nachgewiesen werden können, ist mit dem in prEN 1996-3 enthaltenen Berechnungsverfahren nicht nachweisbar. Eine Sicherheitslücke ist bei diesem Berechnungsverfahren daher nicht erkennbar.

Der in prEN 1996-3 enthaltene vereinfachte Nachweis der Gebäudeaussteifung ist aber nur als erster, wenn auch wichtiger Schritt im Hinblick auf einen insgesamt befriedigenden vereinfachten Aussteifungsnachweis anzusehen, da viele übliche Gebäude mit dieser Berechnung nicht nachgewiesen werden können und daher aufwändig mit einer genauen Aussteifungsberechnung nachzuweisen wären. Die nach DIN 1053-1 noch geltende Regelung, dass bei Einhaltung sehr allgemein gehaltener Bedingungen auf einen rechnerischen Nachweis der räumlichen Aussteifung generell verzichtet werden kann, ist in der Normenreihe EN 1996 nicht mehr enthalten. Die neueste Fassung von prEN 1996-3 enthält aber eine Anmerkung, dass ein verein-



fachtes Berechnungsverfahren zum Nachweis der Aussteifung und Gebäudestabilität im nationalen Anhang angegeben werden darf. Hierdurch erhält jedes Land die Möglichkeit, den vereinfachten Nachweis der Gebäudestabilität unter Berücksichtigung der jeweils typischen Gepflogenheiten durch Angabe eines Rechenverfahrens national zu regeln. Ein rein verbaler Nachweis wie in DIN 1053-1, 6.4, erscheint jedoch nicht mehr möglich.

Die genannten Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen sind direkt in die Mitarbeit an der laufenden Normung von Eurocode 6 Teil 3 eingeflossen. Einige Ergebnisse sind durch ergänzende Regelungen im aktuellen Stand der Norm bereits berücksichtigt worden, andere sind noch Gegenstand der Diskussion im Rahmen der laufenden Schlussbearbeitung von EN 1996-3.

Hannover, März 2005