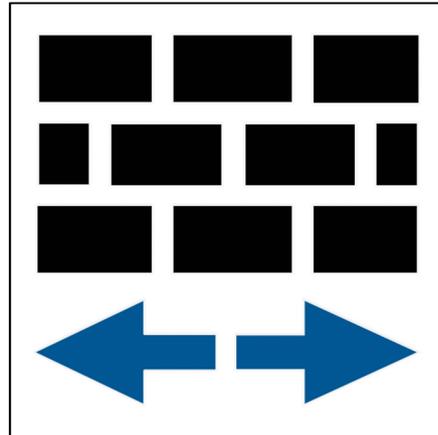


MINEA



Erdbebennachweis von Mauerwerksbauten

Programmbeschreibung

© MINEA ab Version: 3

Copyright (C)
Alle Rechte vorbehalten.

URL: <http://www.minea-design.com>

Inhalt

I	Allgemeine Programmbeschreibung	2
II	Hilfe – DIN EN Nachweisverfahren	8
III	Hilfe – DIN Nachweisverfahren	129



I Allgemeine Programmbeschreibung

1.	Allgemeine Programmbeschreibung.....	3
1.1	DIN EN Nachweisverfahren	4
1.2	DIN Nachweisverfahren.....	6



1. Allgemeine Programmbeschreibung

Die Software MINEA ermöglicht es dem Tragwerksplaner die Standsicherheitsnachweise von Mauerwerksbauten und Mauerwerksbauten in Mischbauweise unter Vertikal- und Horizontallasten aus Erdbeben und Wind schnell und effektiv durchzuführen. Durch eine integrierte Datenbankstruktur können alle Mauerwerksmaterialien inkl. Zulassungsprodukten sowie Betonmaterialien in der Berechnung verwendet werden. Die Berechnung erfolgt in MINEA, je nach Anforderungen des konkreten Objektes, anhand einer zwei- oder dreidimensionalen linearen Modellierung des Tragwerks.

Mit der Software können wandausgesteifte Tragwerke des üblichen Wohn- und Mehrfamilienhausbaus, sowie Büro- und Geschäftsgebäude mit Stahlbetondecken oder vergleichbaren Deckenkonstruktionen berechnet werden. Aufgrund der vollständigen Automatisierung der Modellbildung und der Nachweisführung ist die Anwendung derzeit auf bis zu acht Vollgeschossen und maximal 100 Schubwänden pro Geschoss beschränkt. Es stehen, je nach Lizenzierung, folgende Nachweisverfahren zur Verfügung:

- DIN EN 1998-1/NA-DE – Vereinfachter Nachweis
- DIN EN 1998-1/NA-DE – DIN EN 1996-1-1/NA-DE (2D)
- DIN EN 1998-1/NA-DE – DIN EN 1996-1-1/NA-DE (3D)

- DIN 4149 – Vereinfachter Nachweis
- DIN 4149 – DIN 1053-1 (2D)
- DIN 4149 – DIN 1053-100 (2D)
- DIN 4149 – DIN 1053-100 (3D)

Informationen zu den Nachweisverfahren auf Grundlage der in Deutschland umgesetzten europäischen Normengeneration DIN EN finden sich im **Abschnitt II** dieses Dokumentes. In **Abschnitt III** werden die Nachweisverfahren auf Grundlage der DIN Normen beschrieben. In jedem Abschnitt wird der allgemeine Aufbau des Programms, der Aufbau der einzelnen Menüpunkte und die Eingabe der Gebäude vorgestellt. Darüber hinaus werden die theoretischen Grundlagen und die praktische Anwendung anhand von Beispielen beschrieben.

Ein Wechsel zwischen den unterschiedlichen Nachweisverfahren, auch Normenübergreifend, ist jederzeit möglich. Dabei werden die eingegebenen Daten, so weit möglich, übernommen.

1.1 DIN EN Nachweisverfahren

Im Rahmen der DIN EN Nachweise stehen dem Anwender drei mögliche Nachweisverfahren zur Verfügung.

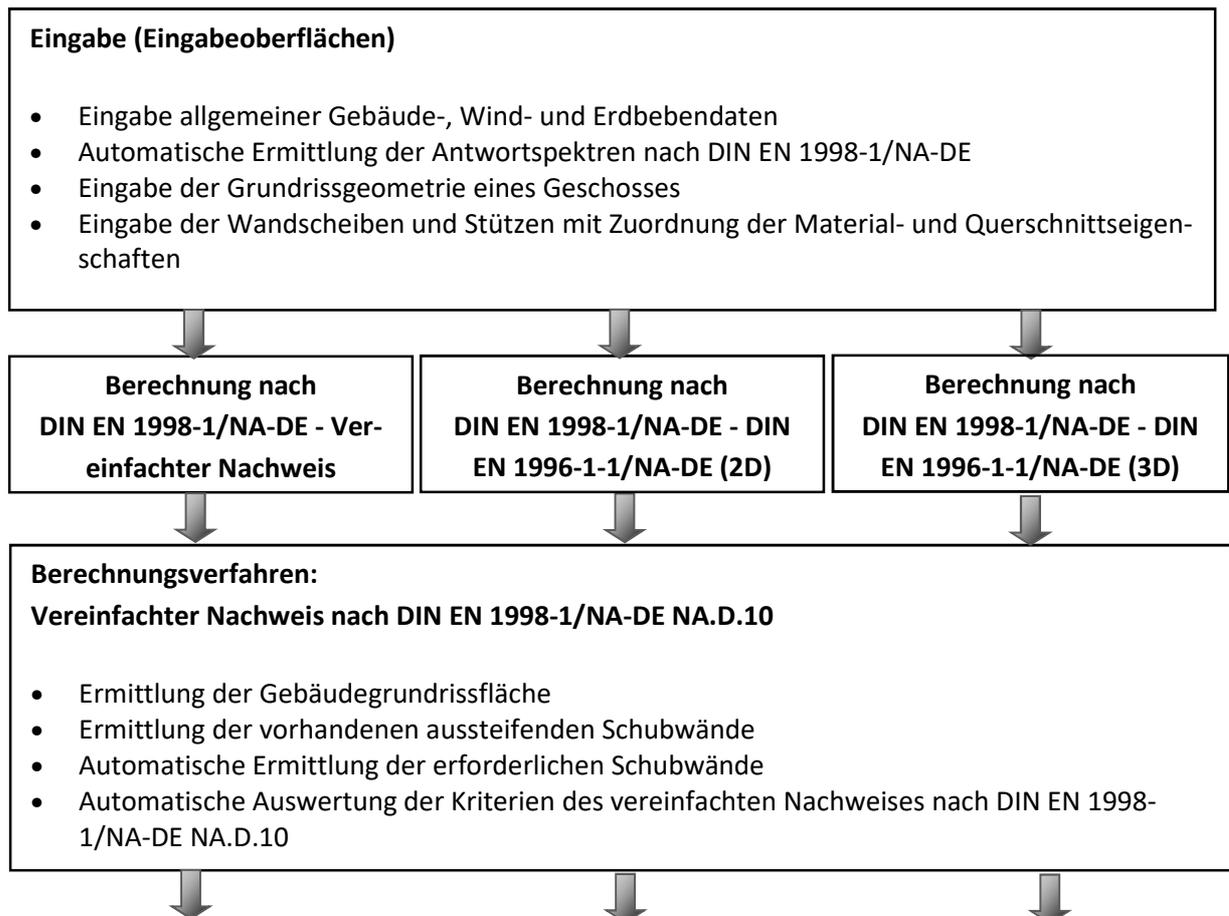
Erstens der Nachweis über die konstruktiven Regeln ohne expliziten rechnerischen Nachweis (Vereinfachter Nachweis), der rechnerische Nachweis nach dem vereinfachten Antwortspektrenverfahren und der rechnerische Nachweis nach dem multimodalen Antwortspektrenverfahren.

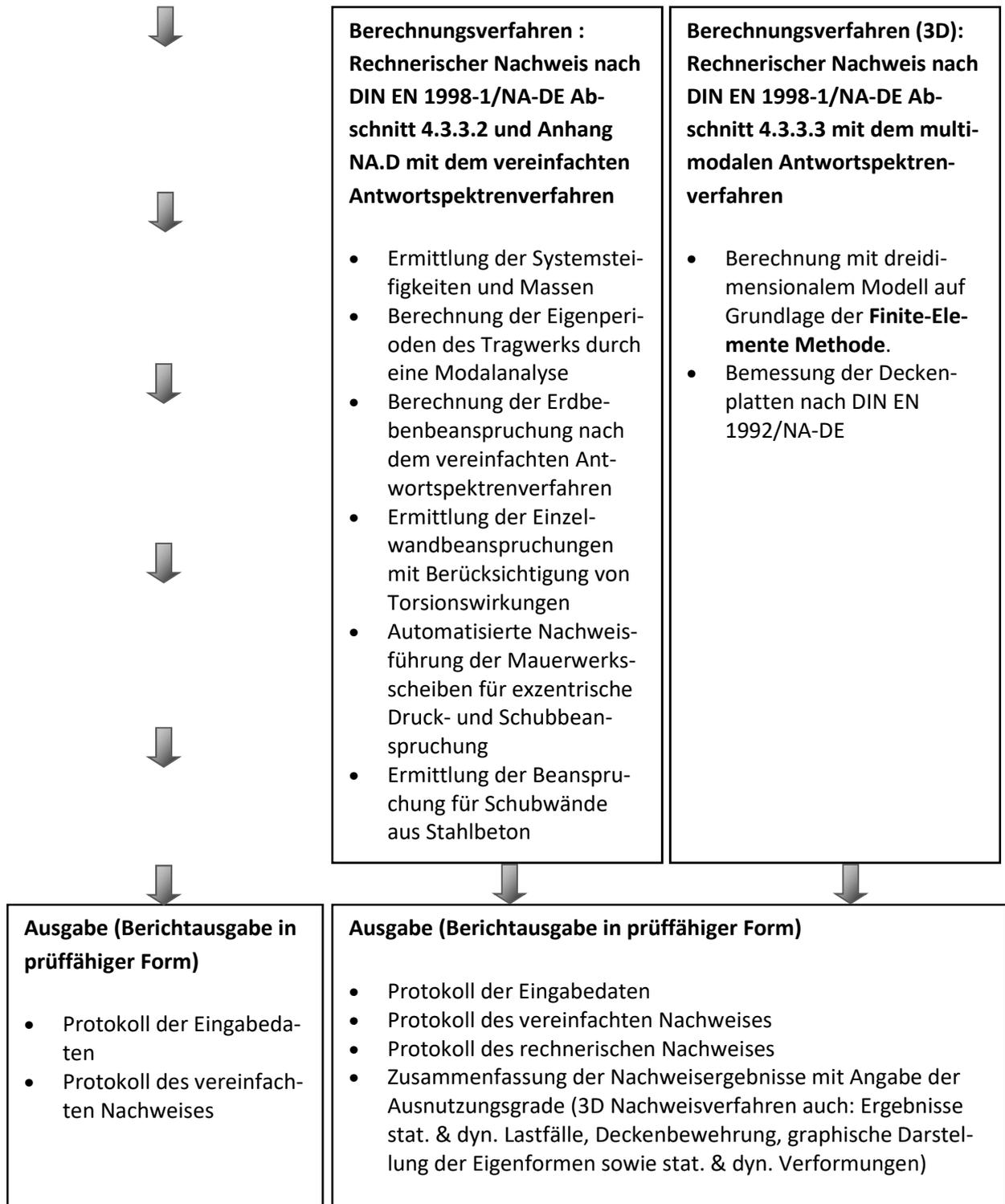
Der rechnerische Nachweis unterstützt auch den Nachweis von Tragwerken in Mischbauweise, d.h. mit Aussteifungselementen aus Stahlbeton.



Die Version MINEA ermittelt die Beanspruchungsgrößen aller Aussteifungselemente und führt alle Nachweise der Aussteifungselemente aus Mauerwerk automatisiert durch. Die Bemessung der Stahlbetonbauteile muss gesondert mit den von MINEA ermittelten Beanspruchungsgrößen geführt werden.

Das Programm besteht aus folgenden Programmteilen:





Die Anzeige und das Umschalten der einzelnen installierten Nachweisverfahren erfolgt über die Dropdown-Liste im linken Bereich des Eingabefensters.

Je nach verwendetem Nachweisverfahren können sich die Programmfenster, sowie die benötigten Eingaben unterscheiden.

1.2 DIN Nachweisverfahren

Im Rahmen der DIN Nachweise stehen dem Anwender drei mögliche Nachweisverfahren zur Verfügung.

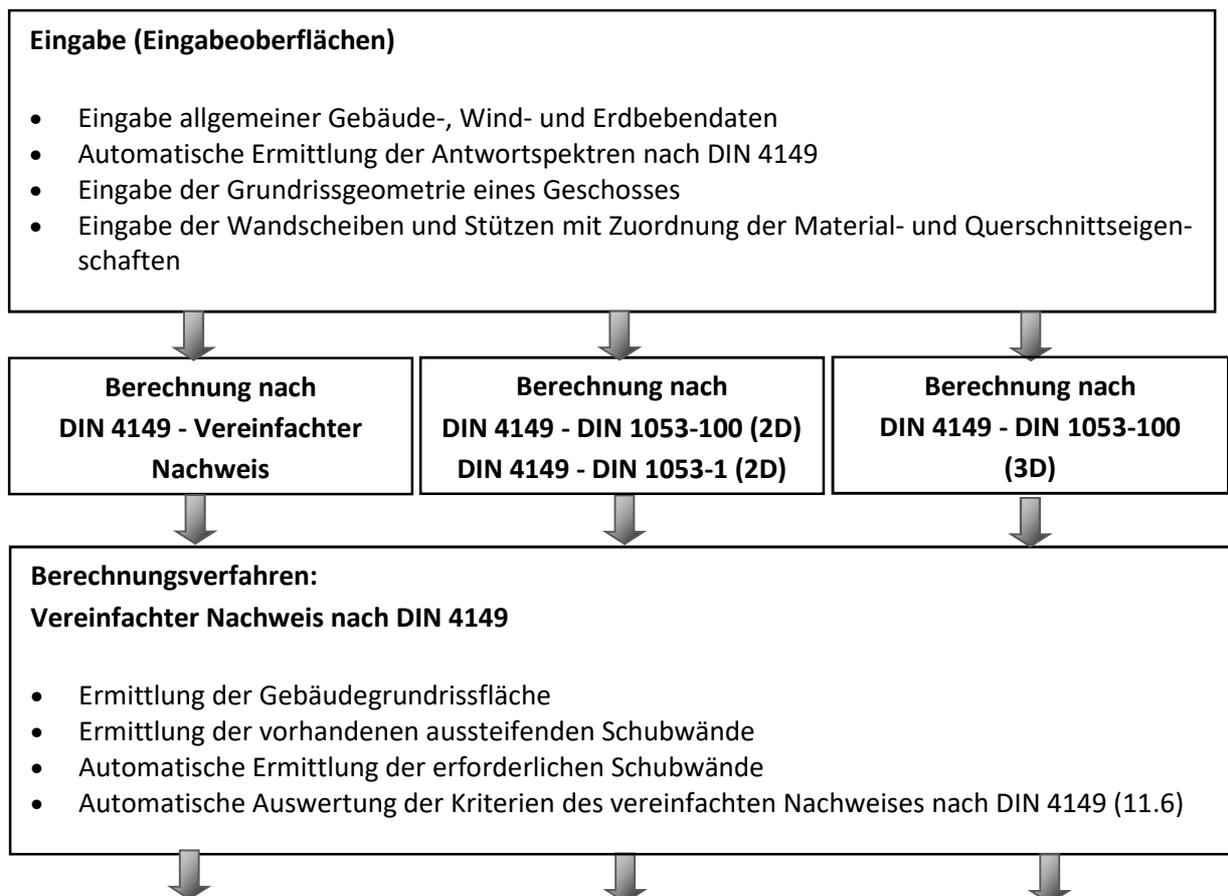
Erstens der Nachweis über die konstruktiven Regeln ohne expliziten rechnerischen Nachweis (Vereinfachter Nachweis) nach DIN 4149 Abschn. 11.6, zweitens der rechnerische Nachweis nach DIN 4149 (2005) in Kombination mit der DIN 1053-100 (2007) oder DIN 1053-1 (1996) und drittens der rechnerische Nachweis nach DIN 4149 (2005) in Kombination mit der DIN 1053-1 (1996).

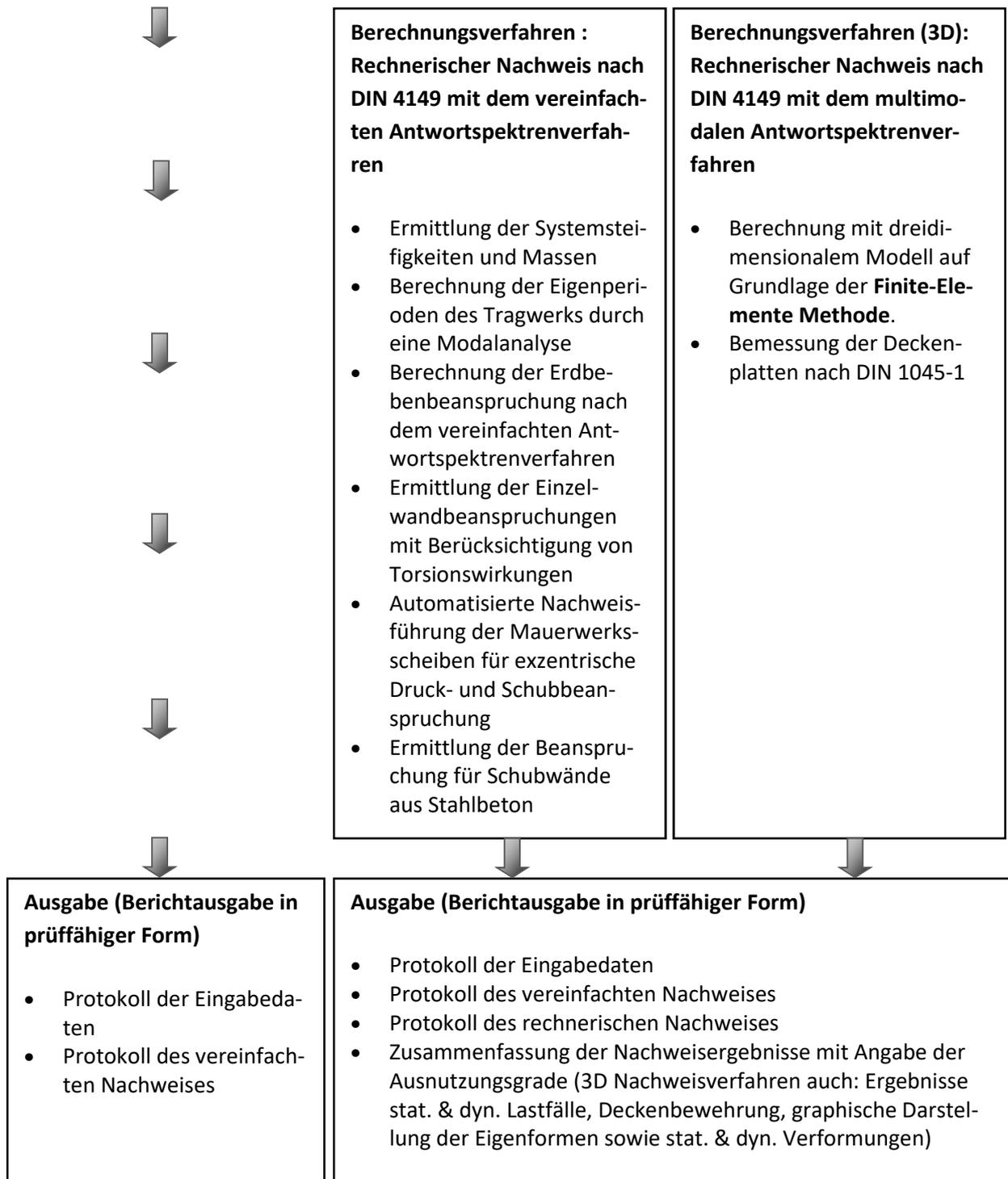
Der rechnerische Nachweis erfolgt nach dem Antwortspektrenverfahren und unterstützt auch den Nachweis von Tragwerken in Mischbauweise, d.h. mit Aussteifungselementen aus Stahlbeton.



Die Version MINEA ermittelt die Beanspruchungsgrößen aller Aussteifungselemente und führt alle Nachweise der Aussteifungselemente aus Mauerwerk automatisiert durch. Die Bemessung der Stahlbetonbauteile muss gesondert mit den von MINEA ermittelten Beanspruchungsgrößen geführt werden.

Das Programm besteht aus folgenden Programmteilen:





Die Anzeige und das Umschalten der einzelnen installierten Nachweisverfahren erfolgt über die Dropdown-Liste im linken Bereich des Eingabefensters.

Je nach verwendetem Nachweisverfahren können sich die Programmfenster, sowie die benötigten Eingaben unterscheiden.



II MINEA – Hilfe für DIN EN Nachweisverfahren

1.	Menü	12
1.1	Menü Datei	12
1.1.1	Neu	12
1.1.2	Öffnen.....	12
1.1.3	Speichern.....	12
1.1.4	Speichern unter... ..	12
1.1.5	Einstellungen... ..	12
1.1.6	Beenden.....	14
1.1.7	Projektliste.....	14
1.2	Menü Ansicht	15
1.2.1	Zoom.....	15
1.2.2	Zoom Toolbar anzeigen	15
1.2.3	Maus Toolbar anzeigen	15
1.2.4	Darstellungsparameter.....	16
1.2.5	Wandkoordinatenfenster.....	16
1.2.6	Stützenkoordinatenfenster	16
1.2.7	Zeichenhintergrund.....	17
1.2.8	3D-Ansicht	18
1.3	Menü Nachweis.....	19
1.3.1	Nachweiseinstellungen.....	19
1.3.2	Systemoptimierung (nur im 3D Nachweis aktiv).....	19
1.3.2.1	Ziehe Punkte auf Raster	20
1.3.2.2	Optimierung der Eingabegenauigkeit.....	20
1.3.2.3	Ziehe Wandendpunkte auf Außenpolygonstücke (gerade Wände).....	21
1.3.2.4	Wände verbinden.....	21
1.3.2.5	Manuelle Netzoptimierung	22
1.3.3	Nachweis starten.....	24
1.3.4	Ergebnisse und Bericht.....	24
1.3.5	Ergebnisse exportieren (nur im 3D Nachweis aktiv)	25
1.3.6	Ergebnisse importieren	25
1.4	Menü ?.....	25
1.4.1	Hilfe	25



1.4.2	Lizenzinfo.....	25
1.4.3	Auf Updates prüfen.....	25
1.4.4	Über.....	25
2.	Gebäudemodellierung.....	26
2.1	Eingabeoberfläche.....	26
2.2	Gebäude und Lastdaten.....	26
2.2.1	Gebäude.....	27
2.2.2	Erdbebendaten.....	28
2.2.3	Winddaten.....	30
2.2.3.1	2D Nachweisverfahren.....	30
2.2.3.2	3D Nachweisverfahren.....	30
2.2.4	Netz-Parameter (nur im 3D Nachweis aktiv).....	30
2.2.4.1	Elementlänge.....	30
2.2.4.2	Wand-zu-Wand-Kopplung.....	30
2.2.4.3	Wand-zu-Decke-Kopplung.....	31
2.2.5	Berechnungs-Parameter (nur im 3D Nachweis aktiv).....	31
2.2.5.1	Anzahl der Eigenfrequenzen / Anzahl der Kontrollfrequenzen.....	31
2.2.5.2	Überlagerungsregel.....	31
2.2.5.3	Zufällige Torsionseffekte.....	32
2.2.5.4	Exzentrizitäten aus Vertikallasten.....	32
2.3	Modell und Materialdaten.....	33
2.3.1	Stockwerk.....	33
2.3.2	Wandscheiben.....	33
2.3.2.1	Eingabe der Wände über die Tastatur.....	35
2.3.2.2	Eingabe der Wände per Maus.....	36
2.3.3	Stützen.....	38
2.3.3.1	Eingabe der Stützen über die Tastatur.....	38
2.3.3.2	Eingabe der Stützen per Maus.....	39
2.3.4	Decken.....	39
3.	Nachweis.....	45
3.1	DIN EN 1998-1/NA-DE – Vereinfachter Nachweis.....	45
3.1.1	Nachweis.....	45
3.1.2	Ergebnisausgabe.....	46
3.2	DIN EN 1998-1/NA-DE – DIN EN 1996-1-1/NA-DE (2D).....	47
3.2.1	Nachweiseinstellungen.....	47



MINEA – Hilfe für DIN EN Nachweisverfahren	10
3.2.2 Nachweis	48
3.2.3 Ergebnisausgabe.....	49
3.3 DIN EN 1998-1/NA-DE – DIN EN 1996-1-1/NA-DE (3D).....	49
3.3.1 Nachweiseinstellungen.....	49
3.3.2 Nachweis	50
3.3.3 Ergebnisausgabe.....	51
4. Theorie.....	52
4.1 Erdbebeneinwirkung	52
4.2 DIN EN 1998-1 - Vereinfachter Nachweis.....	55
4.2.1 Nachweis	55
4.2.1.1 Baustoffe und Ausführung nach DIN EN 1998-1 Abschnitt 9.2.....	55
4.2.1.2 Auslegungskriterien und Konstruktionsregeln nach DIN EN 1998-1 Abschnitt 9.5 ..	56
4.2.1.3 Regeln nach DIN EN 1998-1 Abschnitt 9.7.2	58
4.3 DIN EN 1998-1 in Kombination mit der DIN EN 1996-1-1 (2D)	60
4.3.1 Regelmäßigkeitskriterien.....	60
4.3.1.1 Regelmäßigkeit im Aufriss	60
4.3.1.2 Regelmäßigkeit im Grundriss	60
4.3.2 Tragwerksmodell	61
4.3.3 Beanspruchung.....	64
4.3.3.1 Erdbeben	64
4.3.3.1.1 Modalanalyse	64
4.3.3.1.2 Gesamterdbebenkraft	64
4.3.3.1.3 Torsionswirkungen	65
4.3.3.1.4 Kombination der Einwirkungen.....	67
4.3.3.2 Wind	68
4.3.4 Nachweis	68
4.3.4.1 Schlankheit	69
4.3.4.2 Normalkraftnachweis (Wandfuß).....	69
4.3.4.3 Normalkraftnachweis (Wandmitte)	70
4.3.4.4 Querkraftnachweis (Wandfuß).....	71
4.3.4.5 Querkraftnachweis (Wandmitte)	73
4.3.4.6 Randdehnungsnachweis.....	74
5. Beispiele	76
5.1 DIN EN 1998-1 - Vereinfachter Nachweis.....	76
5.1.1 Systembeschreibung	76



5.1.2	Eingabedaten.....	77
5.1.2.1	Eingabe der Norm und Gebäudedaten	77
5.1.2.2	Eingabe der Erdbebendaten.....	77
5.1.2.3	Eingabe der Geometriedaten	77
5.1.2.4	Eingabe der Wandeigenschaften.....	78
5.1.3	Durchführung des vereinfachten Nachweises	79
5.1.4	Ausgabe des Berichts.....	80
5.2	DIN EN 1998-1 in Kombination mit der DIN EN 1996-1-1 (2D)	86
5.2.1	Systembeschreibung	86
5.2.2	Eingabedaten.....	86
5.2.2.1	Eingabe der Norm und Gebäudedaten	86
5.2.2.2	Eingabe der Erdbebendaten.....	86
5.2.2.3	Eingabe der Geometriedaten	87
5.2.2.4	Eingabe der Wandeigenschaften.....	88
5.2.2.5	Eingabe der Decken-/Dacheigenschaften	89
5.2.3	Durchführung des rechnerischen Nachweises.....	89
5.2.3.1	Nachweiseinstellungen.....	89
5.2.3.2	Nachweisführung.....	90
5.2.4	Ausgabe des Berichts.....	92
5.3	DIN EN 1998-1 in Kombination mit der DIN EN 1996-1-1 (3D)	103
5.3.1	Systembeschreibung	103
5.3.2	Eingabedaten.....	103
5.3.2.1	Eingabe der Norm und Gebäudedaten	103
5.3.2.2	Eingabe der Erdbebendaten.....	103
5.3.2.3	Eingabe der Netz- und Berechnungsparameter.....	104
5.3.2.4	Eingabe der Geometriedaten	104
5.3.2.5	Eingabe der Wandeigenschaften.....	105
5.3.2.6	Eingabe der Decken-/Dacheigenschaften	106
5.3.3	Durchführung des rechnerischen Nachweises.....	107
5.3.3.1	Nachweiseinstellungen.....	107
5.3.3.2	Nachweisführung.....	107
5.3.4	Ausgabe des Berichts.....	111
6.	Literatur.....	129

1. Menü

Über das Menü können Grundfunktionen aufgerufen werden. Dieses gliedert sich in **Datei**, **Ansicht**, **Nachweis** und **?**, welche im Folgenden detailliert vorgestellt werden.

1.1 Menü Datei

Unter dem Menüpunkt **Datei** finden sich die Punkte **Neu**, **Öffnen...**, **Speichern**, **Speichern unter...**, **Einstellungen...** und **Beenden** sowie eine Liste mit den zuletzt bearbeiteten Projekten.



Abbildung 1: Menü Datei

1.1.1 Neu

Der Menüpunkt **Neu** (Strg + N) erstellt ein neues Projekt. Falls bisher eingegebene Daten nicht gesichert sind, erscheint eine Speicher-Abfrage.

1.1.2 Öffnen...

Der Menüpunkt **Öffnen...** (Strg + O) öffnet einen Dateidialog, in dem ein zuvor gespeichertes Projekt ausgewählt und geöffnet werden kann. Auch hierbei erscheint eine Speicher-Abfrage, falls nicht gesicherte Daten existieren.

1.1.3 Speichern

Der Menüpunkt **Speichern** speichert die aktuelle Datei. Sofern die Datei noch nicht gespeichert wurde, öffnet sich einen Dateidialog, in dem ein Speicherort und ein Dateiname für das aktuelle Projekt ausgewählt werden können

1.1.4 Speichern unter...

Der Menüpunkt **Speichern unter...** öffnet einen Dateidialog, in dem ein Speicherort und ein Dateiname für das aktuelle Projekt ausgewählt werden können. Anschließend wird das Projekt unter dem eingegebenen Dateinamen gespeichert.

1.1.5 Einstellungen...

Der Menüpunkt **Einstellungen...** öffnet das Dialogfenster Einstellungen, in dem die drei Registerkarten **Bericht**, **Farbauswahl** und **Allg. Farbeinstellungen** angezeigt werden können.

In der Registerkarte **Bericht** werden Daten eingegeben, die später in der Kopfzeile und Fußzeile des Berichts abgebildet werden. Zusätzlich kann über den Button in der Zeile **Bilddatei für Kopfzeile** ein Dateidialog geöffnet werden, in dem eine Bilddatei (z.B. Firmenlogo) der Kopfzeile zugewiesen wird.

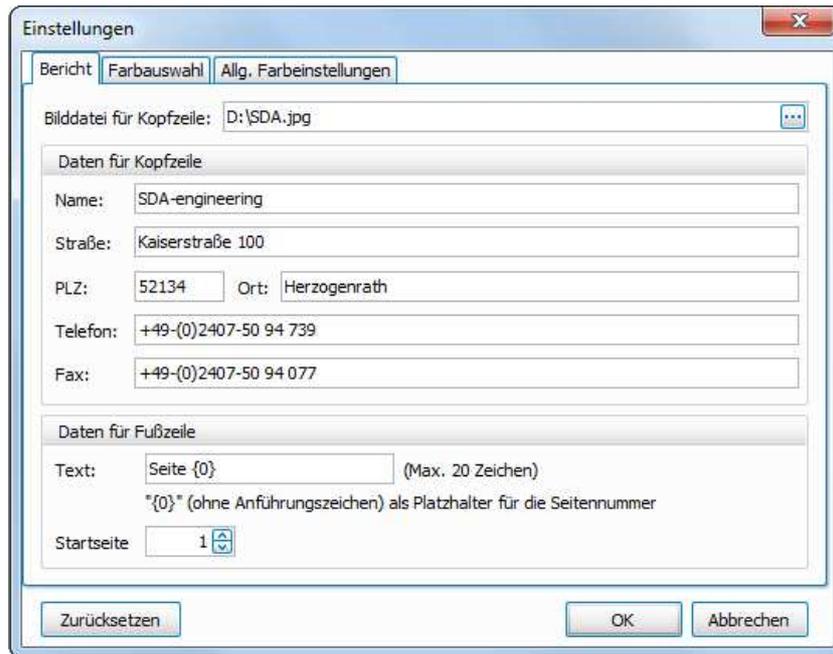


Abbildung 2: Dialogfenster Einstellungen - Bericht

In dem Kasten **Daten für Fußzeile** kann ein beliebiger Text für die Fußzeile angegeben werden. Um eine fortlaufende Seitennummer einzufügen, sind die Zeichen {0} als Platzhalter zu verwenden. Die Nummer der ersten Seite des Berichts kann unter **Startseite** definiert werden. Die Fußzeile wird mit einer waagerechten Linie abgetrennt. Wird das Eingabefeld für das Seitennummernformat leer gelassen, wird keine Fußzeile, also auch keine Linie angezeigt.

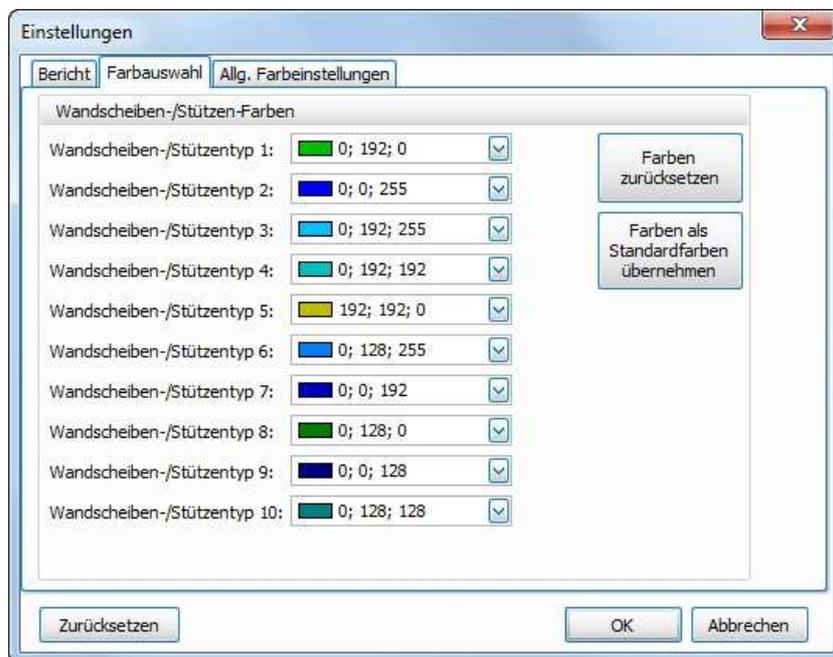


Abbildung 3: Dialogfenster Einstellungen - Farbauswahl

In der Registerkarte **Farbauswahl** können die Farbeinstellungen von 10 Wänden und Stützen vorgenommen werden. Bei der Verwendung von mehr als 10 Materialien erhält das 11. Wand- bzw. Stützenmaterial dieselbe Farbe wie das erste Material. In den Auswahllisten sind 48 Farben voreingestellt. Weitere 16 Farben können individuell hinzugefügt werden. Durch Rechtsklick auf die letzten Farbfelder

können benutzerdefinierte Farben festgelegt werden. Über die Buttons **Farben zurücksetzen** und **Farben als Standardfarben übernehmen** können die Farbeinstellungen auf die Standardwerte zurückgesetzt bzw. als Standardwerte definiert werden.

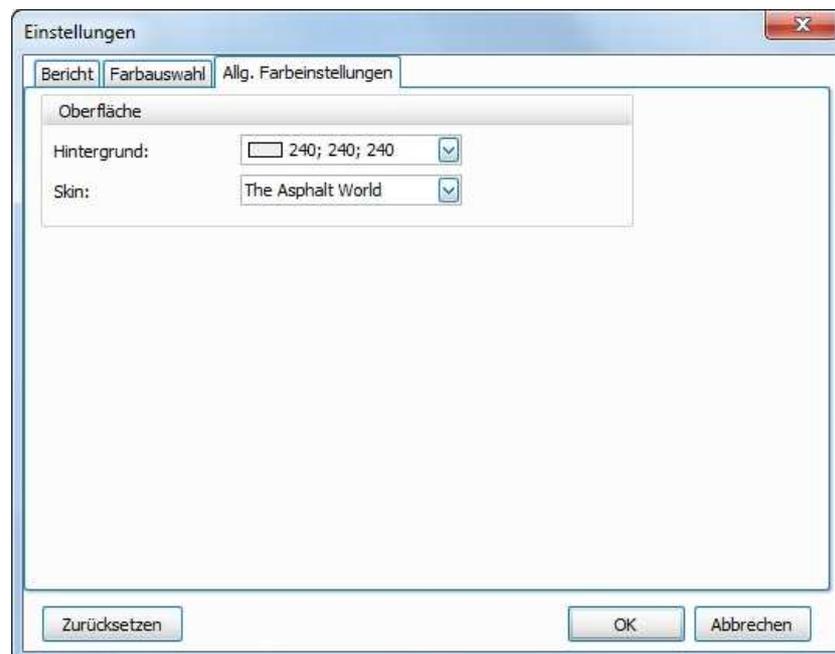


Abbildung 4: Dialogfenster Einstellungen – Allg. Farbeinstellungen

In der Registerkarte **Allg. Farbeinstellungen** können Farben für den Zeichnungshintergrund und die Darstellung der Programmfenster eingestellt werden. Für die Darstellung der Programmfenster stehen verschiedene Farbschemen zur Verfügung.

Alle Einstellungen werden beim Drücken des Buttons **OK** automatisch gespeichert und beim Programmstart wieder geladen. So besteht die Möglichkeit, durch einmaliges Festlegen der Einstellungen für verschiedene Projekte ein einheitliches Berichtslayout zu erreichen.

1.1.6 Beenden

Der Menüpunkt **Beenden** schließt das Programm MINEA. Falls Änderungen an dem aktuellen Projekt nicht gespeichert wurden, erscheint eine entsprechende Abfrage.

1.1.7 Projektliste

Das Menü enthält für den Schnellzugriff eine Liste mit den zuletzt bearbeiteten Projekten. Diese Liste kann über **<Liste löschen>** entfernt werden.

1.2 Menü Ansicht

Über das Menü Ansicht werden Eingabehilfen zur Systemeingabe aktiviert sowie Übersichtsfenster über den eingegebenen Grundriss dargestellt.

1.2.1 Zoom

Unter dem Menüpunkt Ansicht kann unter dem Eintrag **Zoom** zwischen vier Funktionen gewählt werden: **Vergrößern**, **Verkleinern**, **Zurücksetzen** und **Best Fit**.

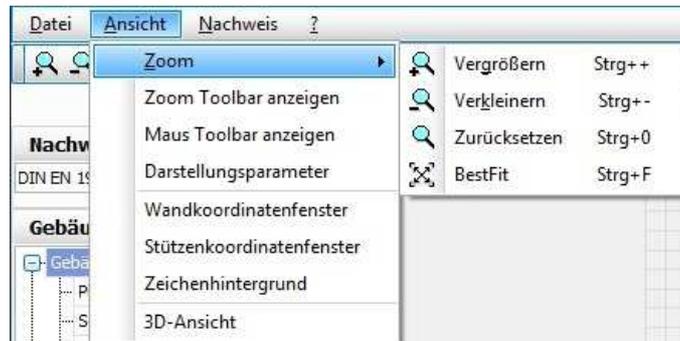


Abbildung 5: Menüoptionen Zoom



Alle Zoom-Funktionen stehen auch über folgende Hotkeys zur Verfügung:

Vergrößern:	Strg ++
Verkleinern:	Strg +-
Zurücksetzen:	Strg + 0
BestFit:	Strg + F

1.2.2 Zoom Toolbar anzeigen

Alternativ zum Vergrößern oder Verkleinern der Ansicht über den Menüpunkt **Zoom**, können über **Zoom Toolbar anzeigen** alle Funktionen über die grafische Oberfläche benutzt werden.



Abbildung 6: Zoom Toolbar

Die Lupe mit Plus-Zeichen vergrößert die Grundrissansicht (Hineinzoomen), die Lupe mit Minus-Zeichen verkleinert die Ansicht (Herauszoomen). Der Button **Zurücksetzen** setzt die Vergrößerung wieder auf den Standardwert zurück. Der Button **BestFit** gibt den Grundriss optimal unter Ausnutzung des gesamten Zeichenbereiches wieder. Die Toolbar ist mit der Maus frei verschiebbar.

1.2.3 Maus Toolbar anzeigen

Die Maus Symbolleiste enthält Funktionen zur Eingabe des Grundrisses und der Decke per Maus. Ist die Symbolleiste Maus nicht sichtbar, kann sie unter dem Menüpunkt **Maus Toolbar anzeigen** geöffnet werden.

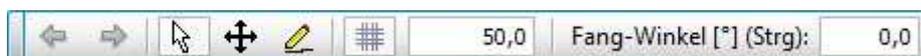


Abbildung 7: Maus Toolbar

Die Funktionen der in Abbildung 7 dargestellten Toolbar von links nach rechts: einen Schritt rückgängig machen (Strg + Z); einen Schritt wiederholen, Maus aktivieren, Verschiebmodus des Zeichenbereichs aktivieren, Wand-/Stützen-/Deckeneingabe per Maus aktivieren, Raster aktivieren, Fang-Winkel und Fang-Länge. Diese Funktionen sind in Abschnitt 2.3.2 genau erklärt.

1.2.4 Darstellungsmparameter

In dem Menü **Ansicht** kann über den Menüpunkt **Darstellungsmparameter** die Ansicht im Zeichenbereich gesteuert werden. Dazu gehört die Möglichkeit, dass die Eckpunkte von Rand- und Öffnungspolygonen angezeigt werden können. Außerdem können die Start- und Endpunkte sowie die Wandachsen dargestellt werden. Im 3D Nachweisverfahren ist es auch möglich, dass jeweils unter dem gerade bearbeiteten Stockwerk liegende Stockwerk zur besseren Orientierung gleichzeitig anzeigen zu lassen.

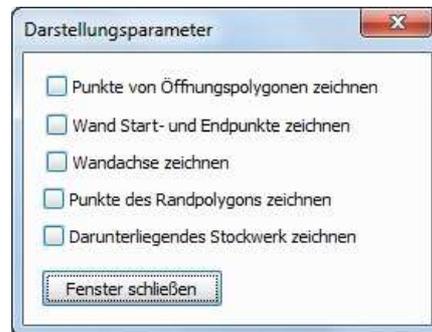


Abbildung 8: Darstellungsmparameter

1.2.5 Wandkoordinatenfenster

Beim Programmstart erscheint das Fenster **Wandscheiben**. Dieses Fenster zeigt eine Übersicht der eingegebenen Wandscheiben. Es beinhaltet die Nummer der Wandscheiben, die zugehörigen Koordinaten, die Länge sowie den zugewiesenen Wandscheibentyp. Die angezeigten Werte dienen der Kontrolle der Eingabe und können in diesem Fenster nicht modifiziert werden. Dies erfolgt ausschließlich in der Registerkarte Wandscheibe im unteren Teil des Hauptfensters. Detaillierte Informationen werden in Abschnitt 2.3.2 vorgestellt.

Wird das Koordinatenfenster geschlossen, so kann es unter dem Menüpunkt **Wandkoordinatenfenster** wieder angezeigt werden.

Nr.	X1	Y1	X2	Y2	Länge	Typ
w1	8,8	8,8	8,8	1127,2	1118,4	Trennwand
w2	8,8	1121,0	111,0	1121,0	102,2	Außenwand
w3	450,0	1121,0	561,0	1121,0	111,0	Außenwand
w4	561,0	1121,0	561,0	541,2	579,8	Außenwand
w5	561,0	390,2	561,0	15,0	375,2	Außenwand
w6	8,8	15,0	103,7	15,0	94,9	Außenwand
w7	204,7	15,0	328,7	15,0	124,0	Außenwand
w8	479,7	15,0	561,0	15,0	81,3	Außenwand
w9	17,5	354,5	217,5	354,5	200,0	Innenwand
w10	17,5	678,5	217,5	678,5	200,0	Innenwand

Abbildung 9: Wandkoordinatenfenster

1.2.6 Stützenkoordinatenfenster

Das Fenster **Stützen** zeigt eine Übersicht der eingegebenen Stützen. Es beinhaltet die Nummer der Stütze, die zugehörigen Koordinaten sowie den zugewiesenen Stützentyp. Die angezeigten Werte dienen der Kontrolle der Eingabe und können in diesem Fenster nicht modifiziert werden. Dies erfolgt ausschließlich in der Registerkarte **Stützen** im unteren Teil des Hauptfensters.

Wird das Koordinatenfenster geschlossen, so kann es unter dem Menüpunkt **Stützenkoordinatenfenster** wieder angezeigt werden.

Nr.	X	Y	Typ
s1	350,0	950,0	Stützentyp 1
s2	150,0	850,0	Stützentyp 1
s3	400,0	650,0	Stützentyp 1

Abbildung 10: Stützenkoordinatenfenster

1.2.7 Zeichenhintergrund

Das Dialogfenster **Zeichenhintergrund** öffnet über den Button **Bild laden** einen Dateidialog in dem ein zuvor gespeichertes Bild ausgewählt und als Hintergrundbild geladen werden kann. Das Bild wird im Zeichenbereich dargestellt. Mit dem Button **Reset** kann das Bild wieder gelöscht werden.

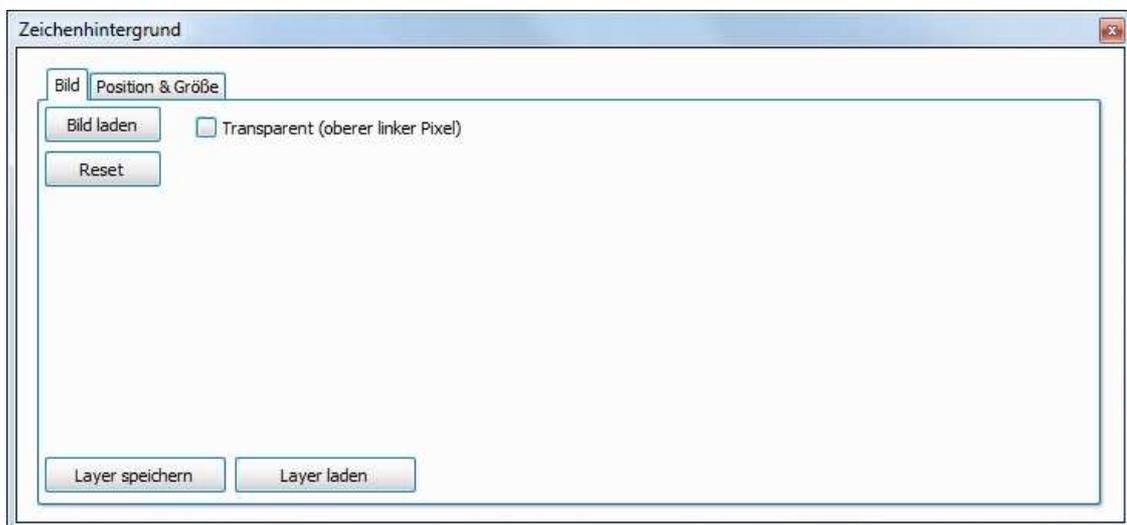


Abbildung 11: Zeichenhintergrund - Bild

In der Registerkarte **Position & Größe** werden Lage, Größe und Skalierung festgelegt. Wird das Koordinatenfenster geschlossen, so kann es unter dem Menüpunkt **Zeichenhintergrund** wieder angezeigt werden.

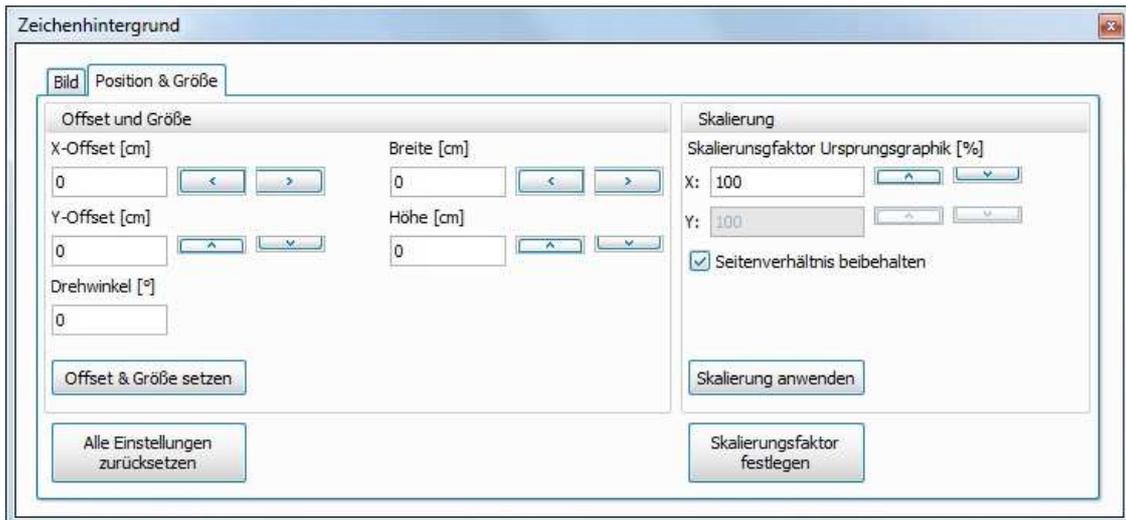


Abbildung 12: Zeichenhintergrund - Position & Größe

1.2.8 3D-Ansicht

Über den Menüpunkt **3D-Ansicht** wird ein dreidimensionales Modell des Gebäudes erzeugt, das einen Überblick über die Gesamtstruktur gibt. Die einzelnen Element, Wände, Stützen, Decken und Etagen können einzeln angezeigt und kontrolliert werden.

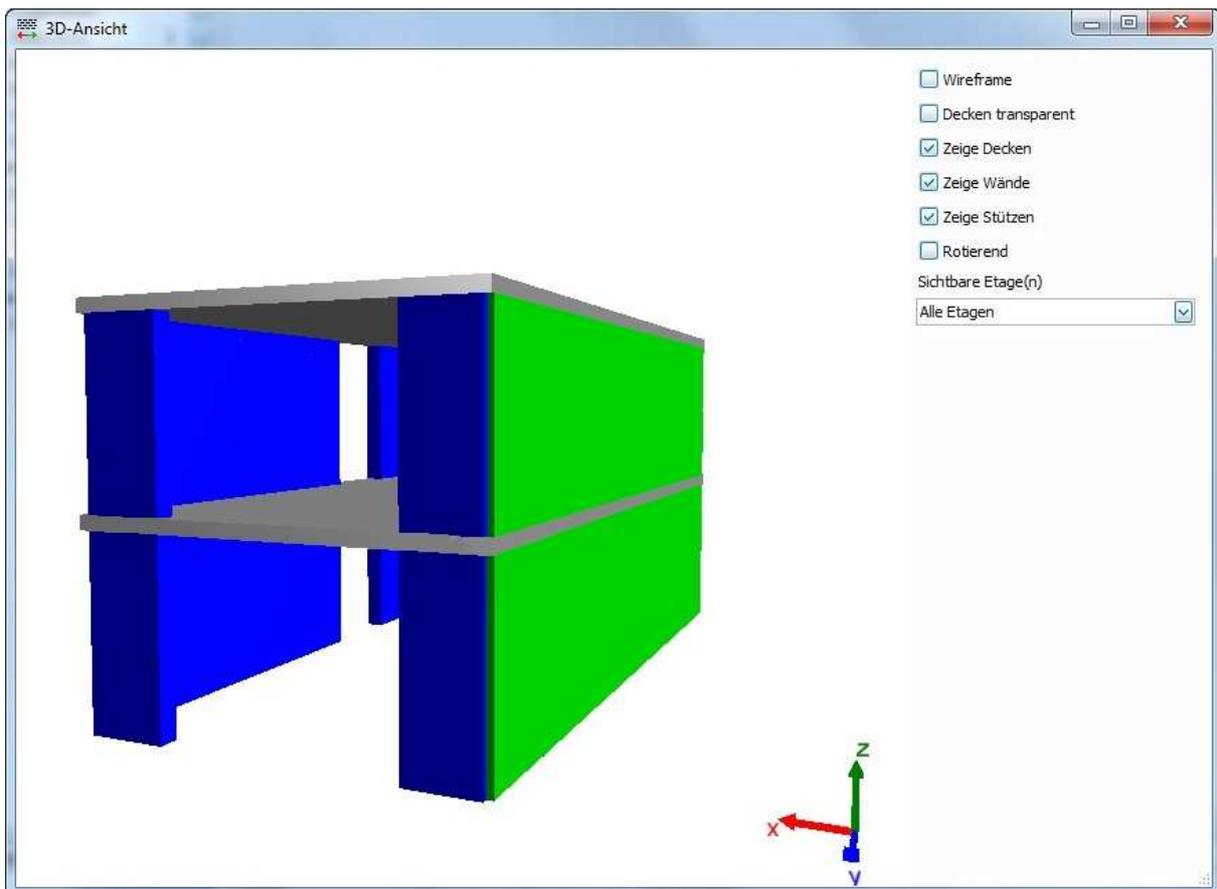


Abbildung 13: 3D-Ansicht

1.3 Menü Nachweis

Über das Menü **Nachweis** werden für jeden Nachweis die spezifischen Einstellungen getätigt, der Nachweis gestartet sowie die Ergebnisse und der Bericht dargestellt.

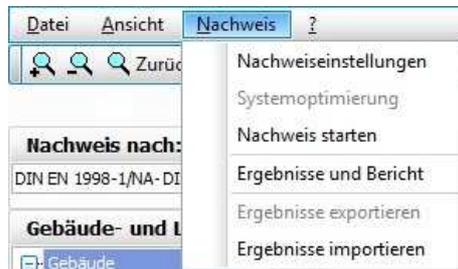


Abbildung 14: Menü Nachweis

1.3.1 Nachweiseinstellungen

Über den Menüpunkt **Nachweiseinstellungen** können die allgemeinen Einstellungen für den Nachweis modifiziert werden. Detaillierte Informationen zu den Einstellungen der einzelnen Berechnungsverfahren und Nachweisverfahren finden sich in den jeweiligen Abschnitten.

1.3.2 Systemoptimierung (nur im 3D Nachweis aktiv)

Der Menüpunkt **Systemoptimierung** steht ausschließlich im 3D Nachweis zur Verfügung und kann die eingegebene Geometrie für die automatische Vernetzung des Finite-Elemente-Netzes optimieren.

Neben Werkzeugen zur **automatischen Systemoptimierung** steht im Falle von unregelmäßigen Bauwerken mit unterschiedlichen Stockwerksgeometrien zudem ein Menü zur **manuellen Netzoptimierung** zur Verfügung, in dem Zwangspunkte für die automatische Vernetzung definiert werden können.

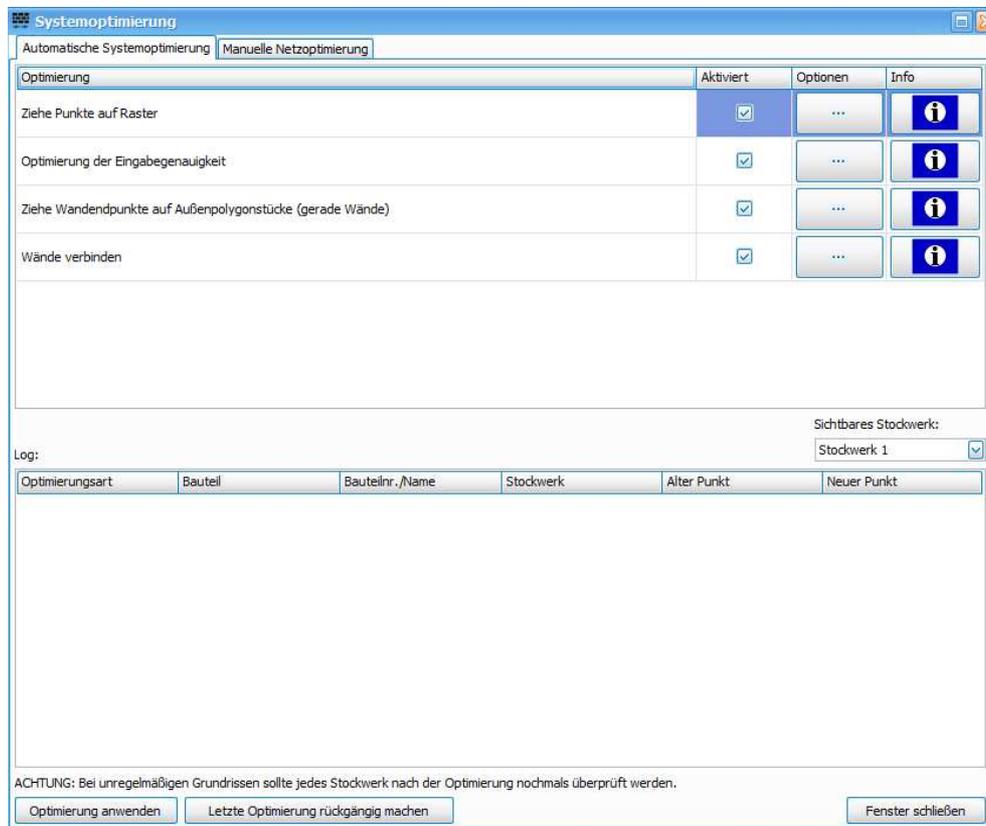


Abbildung 15: Systemoptimierung

1.3.2.1 Ziehe Punkte auf Raster

Bei der Optimierung **Ziehe Punkte auf Raster** werden alle Punkte (Wandpunkte, Stützen, Öffnungen und Außenpolygon), die noch nicht auf dem gewählten Raster liegen, auf den nächstgelegenen Rasterpunkt gezogen. So können Ungenauigkeiten bei der Eingabe ausgeglichen werden. Die Länge von Wänden kann sich dadurch ändern.

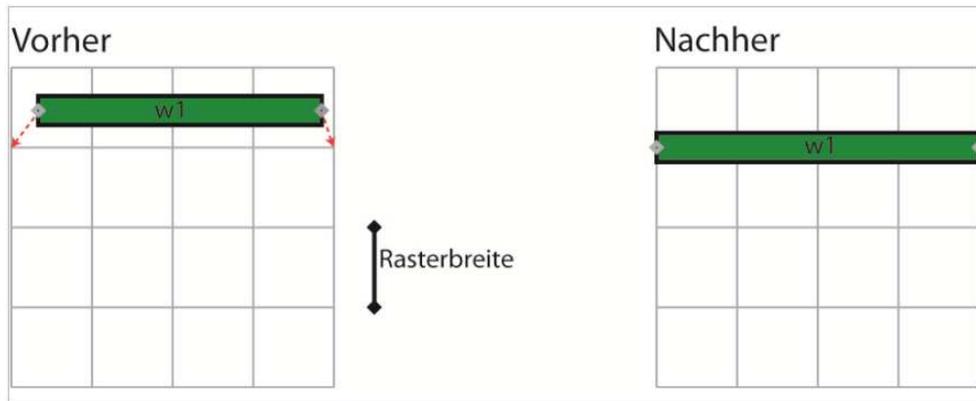


Abbildung 16: Ziehe Punkte auf Raster-Optimierung

1.3.2.2 Optimierung der Eingabegenauigkeit

Um eine optimale Vernetzung zu erzielen, sollten die Achsen der Wände genau auf den Kanten des Öffnungs- bzw. Außenpolygons. Des Weiteren ist es erforderlich, dass die Eckpunkte von schrägen Wänden, die auf der Kante eines Öffnungs- oder des Außenpolygons liegen, im Polygon enthalten sind.

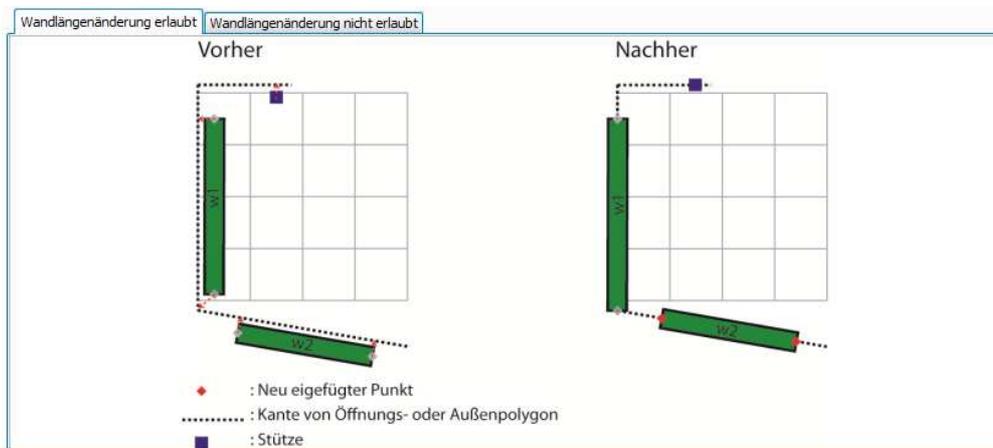


Abbildung 17: Optimierung der Eingabegenauigkeit

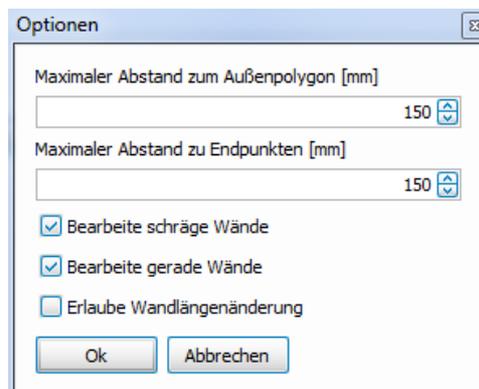


Abbildung 18: Optionen Optimierung der Eingabegenauigkeit

Die **Optimierung der Eingabegenauigkeit** verschiebt Wände, die sich in der Nähe (festgelegt durch **Maximaler Abstand zum Außenpolygon**) eines Öffnungs- oder des Außenpolygons befinden, auf das Polygon. Ist ein Wandpunkt in der Nähe (festgelegt durch **Maximaler Abstand zu Endpunkten**) eines Punktes des Polygons, wird der Wandpunkt auf diesen verschoben, sofern **Erlaube Wandlängenänderung** aktiviert ist.

Wird eine schräge Wand auf ein Polygon verschoben, so werden außerdem Endpunkte der Wand in das Polygon eingefügt.

1.3.2.3 Ziehe Wandendpunkte auf Außenpolygonstücke (gerade Wände)

Mit der Optimierung **Ziehe Wandendpunkte auf Außenpolygonstücke** können senkrechte und waagerechte Wände, von denen sich ein Endpunkt in der Nähe (festgelegt durch **Maximaler Abstand**) eines Außenpolygons befindet, auf das Außenpolygon verschoben werden.

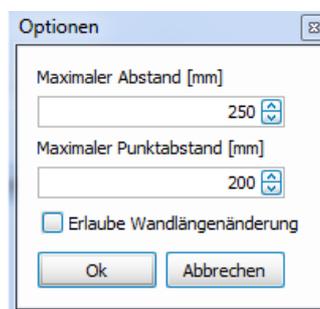


Abbildung 19: Optionen Ziehe Wandendpunkte auf Außenpolygonstücke

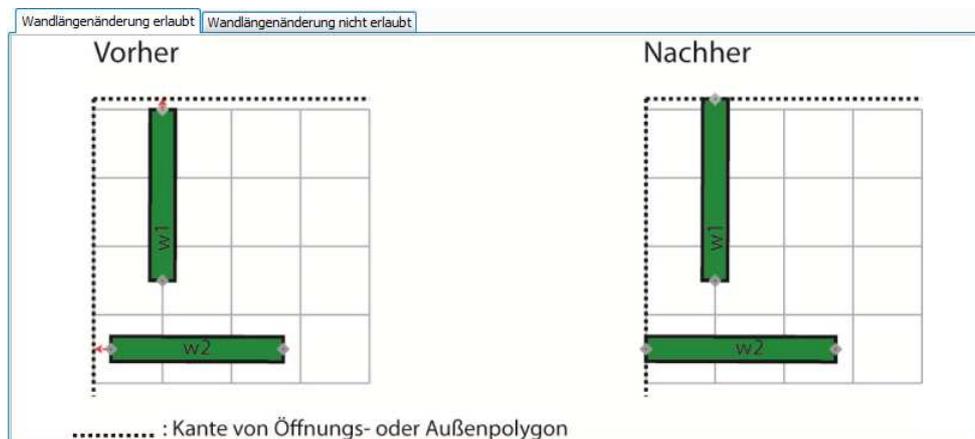


Abbildung 20: Ziehe Wandendpunkte auf Außenpolygonstücke

Ist **Erlaube Wandlängenänderung** aktiviert, wird der entsprechende Punkt auf das Außenpolygon verschoben.

Ansonsten wird die ganze Wand in Richtung des Außenpolygons verschoben. Sollte sich der zweite Wandpunkt in der Nähe einer anderen Wand (festgelegt durch **Maximaler Punktabstand**) befinden, so wird die Wand nicht verschoben.

1.3.2.4 Wände verbinden

Bei der Optimierung Wände verbinden werden senkrechte oder waagerechte Wände, die sich sehr nah (festgelegt durch **Maximaler Abstand**) an einer anderen Wand befinden, mit dieser verbunden.

Ist **Richtung** auf x-Richtung gesetzt, werden nur Wände, die parallel zur x-Achse verlaufen, bearbeitet. Ist y-Richtung gewählt, werden nur Wände parallel zur y-Achse bearbeitet. Daher kann es notwendig sein, die Optimierung zweimal anzuwenden.

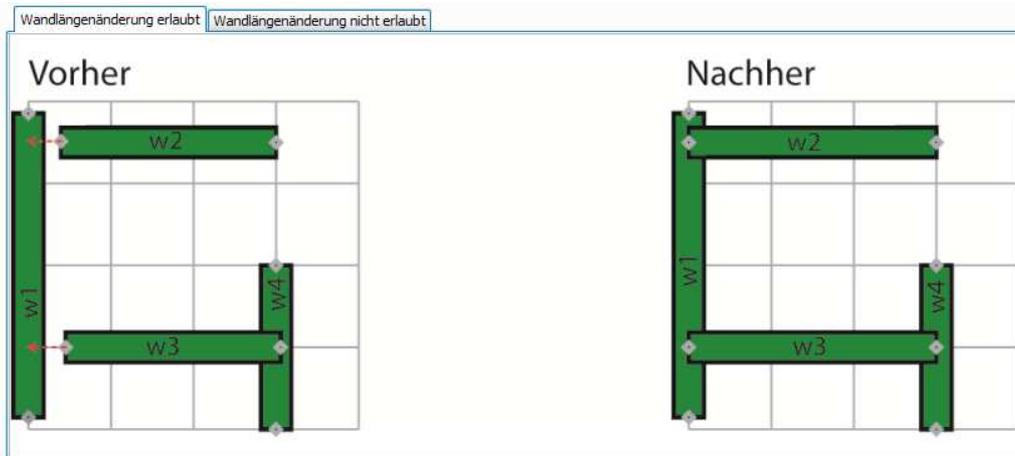


Abbildung 21: Wände verbinden



Abbildung 22: Optionen Wände verbinden

Der Schalter **Erlaube Wandlängenänderung** beeinflusst die Art der Verschiebung. Ist er gesetzt, wird der Punkt der Wand, der sich nah an einer anderen Wand befindet, auf die Wand verschoben – der andere Punkt bleibt unverändert. Somit ändert sich die Länge der Wand.

Ist die Option nicht gesetzt, wird auch der zweite Punkt um den gleichen Wert wie der erste verschoben.

1.3.2.5 Manuelle Netzoptimierung

Im Rahmen der **manuellen Netzoptimierung** können Wandzwischenpunkte auf Wandscheiben festgelegt werden, die bei der automatischen Vernetzung als Zwangspunkte berücksichtigt werden. So können z.B. bei schrägen Wandachsen Wandendpunkte von übereinanderstehenden, aber unterschiedlich langen Wandscheiben berücksichtigt werden.

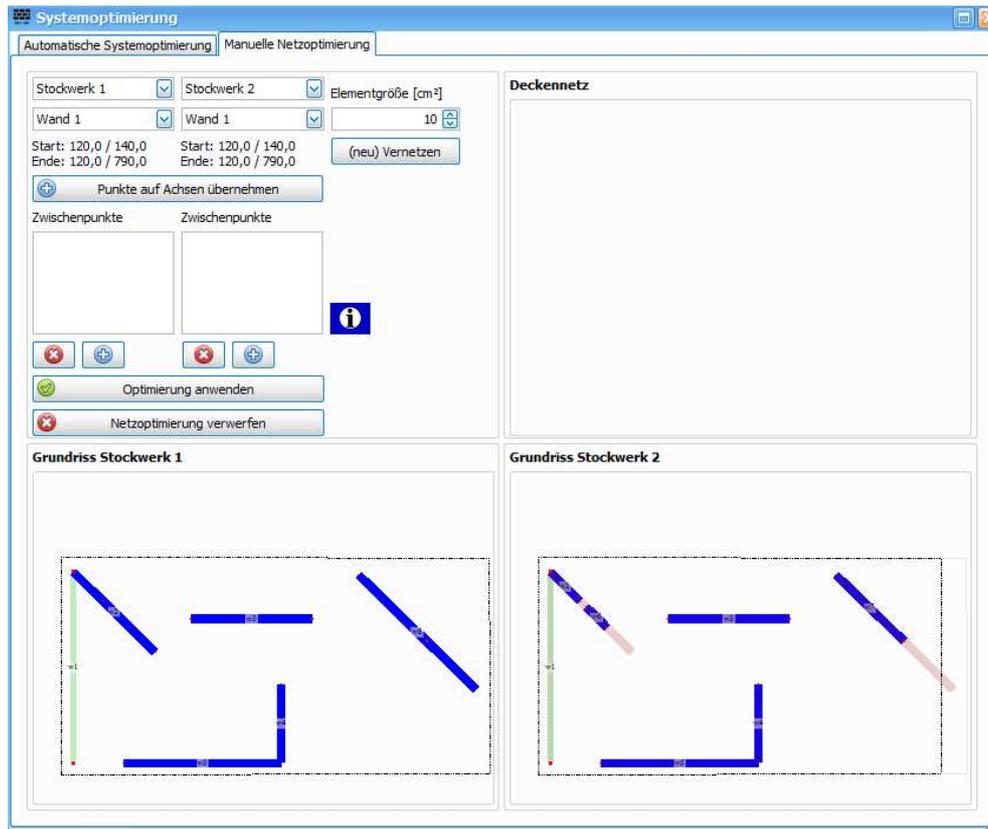


Abbildung 23: Manuelle Netzoptimierung

Über den Button **(neu) Vernetzen** wird das Deckennetz über dem links ausgewählten Stockwerk vernetzt und im Fenster oben rechts angezeigt – ggf. kleine Elemente werden (in Abhängigkeit der eingestellten Elementgröße) rot markiert. Dies deutet auf zu eng beieinanderliegende Zwangspunkte bei der Vernetzung hin. Bei zu kleinen Elementen kann es zu Problemen bei der Berechnung kommen.

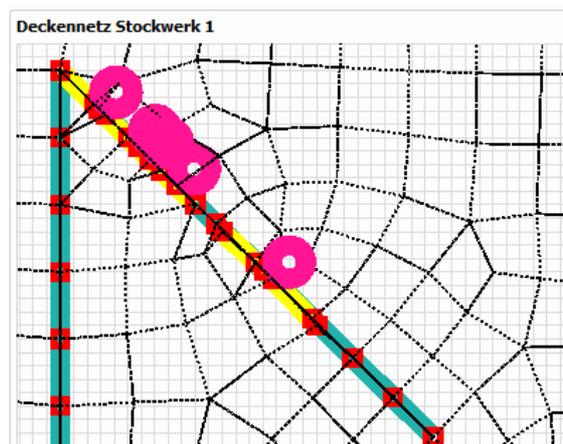


Abbildung 24: Darstellung des Deckennetzes mit markierten „kleinen“ Elementen

Für die manuelle Netzoptimierung im Bereich der Wand W2 im Stockwerk 1 bzw. der darüber liegenden Wände W2 und W6 im Stockwerk 2 werden nun auf der Wand W2 im Stockwerk 1 Zwischenpunkte definiert. Dies kann zum einen automatisch über den Button **Punkte auf Achsen übernehmen** geschehen. Dazu müssen zwei in einem Achsbereich liegende Wandscheiben aus unterschiedlichen Stockwerken ausgewählt sein und es werden automatisch alle Punkte der rechts ausgewählten Wand als

Zwischenpunkte auf der links ausgewählten Wand definiert werden. Alternativ können über den Button Zwischenpunkte manuell definiert werden. Es wird hierbei automatisch überprüft, ob der eingegebene Punkt unter Berücksichtigung einer Toleranzabweichung auf der bezogenen Wandachse liegt. Der maximal mögliche senkrechte Abstand eines Zwischenpunktes zur Wandachse ist auf 5 cm begrenzt. Bei der automatischen Definition der Zwischenpunkte über die Funktion **Punkte auf Achsen übernehmen** wird dies ebenfalls überprüft.

Über den Button können einzeln ausgewählte Zwischenpunkte auch wieder gelöscht werden. Alle definierten Zwischenpunkte eines Modells können über den Button **Netzoptimierung verwerfen** gelöscht werden.

In Abbildung 25 sind im Fenster unten links u.a. die definierten Wandzwischenpunkte auf der Wand W2 in Stockwerk 1 dargestellt, welche die Wandendpunkte der Wandscheiben W2 und W6 im Stockwerk 2 darstellen.

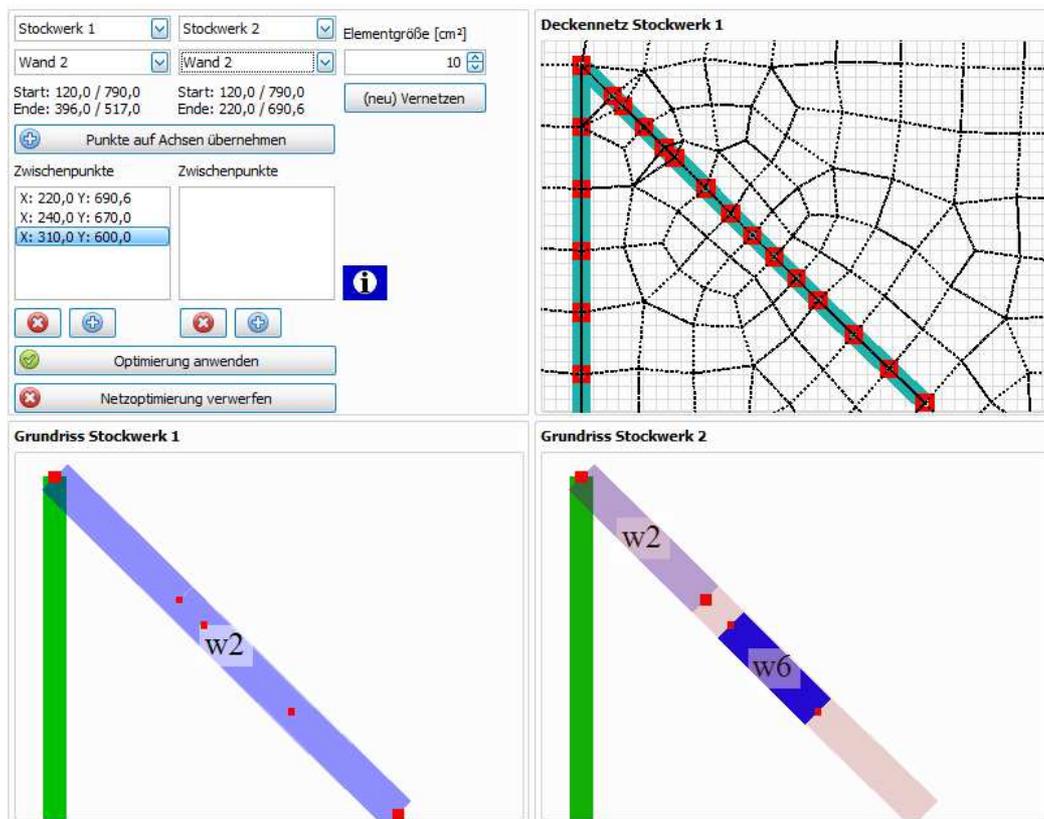


Abbildung 25: Manuelle Netzoptimierung inkl. Wandzwischenpunkte Wand W2 in Stockwerk 1

1.3.3 Nachweis starten

Der Menüpunkt **Nachweis starten** startet den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit des Mauerwerksgebäudes für den Lastfall Erdbeben bzw. Wind. Weitere Informationen hierzu finden sich in Kapitel 3.

1.3.4 Ergebnisse und Bericht

Der Menüpunkt **Ergebnisse und Bericht** öffnet direkt das Ergebnisfenster, falls der Nachweis bereits berechnet wurde. Andernfalls erscheint der Hinweis, dass keine Ergebnisse verfügbar sind.

1.3.5 Ergebnisse exportieren (nur im 3D Nachweis aktiv)

Der Menüpunkt **Ergebnisse exportieren** ermöglicht bei einer Berechnung mit dem 3D Nachweis das Speichern der Ergebnisse.

1.3.6 Ergebnisse importieren

Über den Menüpunkt **Ergebnisse importieren** können zuvor exportierte Ergebnisse dargestellt werden.

1.4 Menü ?

Das Menü ? enthält die Hilfe sowie Versionsinformationen.



Abbildung 26: Menü ?

1.4.1 Hilfe

Der Menüpunkt **Hilfe** zeigt diese Hilfedatei an.

1.4.2 Lizenzinfo

Der Menüpunkt **Lizenzinfo** zeigt ein Dialogfenster mit Informationen über die Nachweismöglichkeiten des Programms und die vorhandene Lizenz an.

1.4.3 Auf Updates prüfen

Der Menüpunkt **Auf Updates prüfen** zeigt an, ob eine aktuellere Version von MINEA verfügbar ist. Durch Aktivierung des Kontrollkästchens, wird bei jedem Programmstart automatisch überprüft, ob eine aktuellere Version vorhanden ist.

1.4.4 Über...

Der Menüpunkt **Über...** zeigt ein Dialogfenster mit Informationen über die Version sowie die installierte Nachweisverfahren des Programms MINEA an.

2. Gebäudemodellierung

Die Modellierung des Gebäudes erfolgt in Abhängigkeit des Nachweisverfahrens. Daher unterscheiden sich die Programmfenster und Eingabemöglichkeiten in Abhängigkeit des gewählten Nachweisverfahrens. Im Folgenden werden die Eingaben detailliert vorgestellt und es wird auf die Unterschiede eingegangen.

2.1 Eingabeoberfläche

Die Eingabe sämtlicher Daten erfolgt über eine benutzerfreundliche, grafische Oberfläche. In untenstehender Abbildung ist das Hauptfenster dargestellt, das beim Programmstart erscheint. Unterhalb der Menüleiste ist dieses in drei Bereiche aufgeteilt. Der größte Teil des Fensters wird von dem Zeichenbereich ① eingenommen. Links davon befindet sich der Eingabebereich ② für allgemeine Gebäude- und Erdbebendaten sowie für Windlasten. Unterhalb davon erfolgt die Eingabe der Stockwerksdaten ③, die aus den drei Registerkarten Wandscheiben, Stützen und Decke besteht.

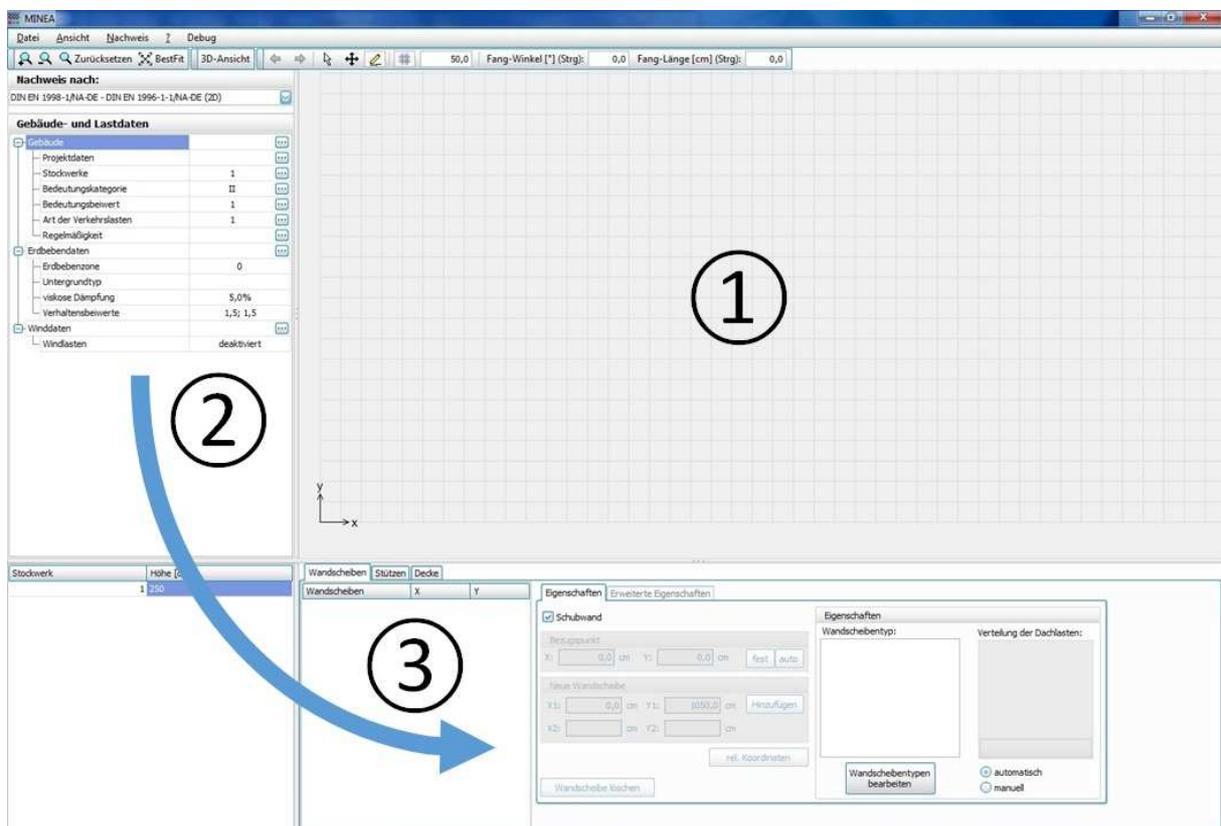


Abbildung 27: Eingabeoberfläche

Vor Beginn der Eingabe muss aus der Dropdown-Liste im linken Bereich das gewünschte Nachweisverfahren ausgewählt werden. Der generelle Eingabeablauf ist symbolisch durch den blauen Pfeil gekennzeichnet und wird in der folgenden Beschreibung chronologisch dargestellt. Je nach gewähltem Verfahren können sich die Programmfenster, sowie die benötigten Eingaben unterscheiden.

2.2 Gebäude und Lastdaten

Im linken Bereich erfolgt die Angabe allgemeiner Gebäude und Lastdaten. Die Eingaben sind zum Teil abhängig vom gewählten Nachweisverfahren, da mit zunehmendem Modellierungsniveau detailliertere Angaben erforderlich sind. Im Folgenden werden alle Eingaben vorgestellt und daraufhin gewiesen, welches Verfahren welche Angaben erfordert.

2.2.1 Gebäude

Ein Klick auf den zugehörigen Button zu **Gebäude** öffnet das Dialogfenster Projektdaten, in dem allgemeine Daten zum Projekt eingegeben werden können. Mit **OK** wird das Dialogfenster geschlossen und es werden die übrigen Eingabezeilen **Stockwerke**, **Bedeutungskategorie**, **Bedeutungsbeiwert**, **Art der Verkehrslasten** und **Regelmäßigkeit** in diesem Bereich aufgeklappt.

Abbildung 28: Projektdaten

Durch Klick auf den entsprechenden Button zu **Stockwerke** öffnet sich das Dialogfenster Stockwerkanzahl, in dem die Anzahl der Stockwerke (maximal 8 Stockwerke) einzugeben ist.

nur im 3D Nachweisverfahren

Abbildung 29: Stockwerkanzahl

Im 3D Nachweisverfahren gibt es bei der Definition der Stockwerkanzahl zusätzlich die Möglichkeit, einen Haken **Alle Stockwerke gleich** zu (de-)aktivieren. Je nach Einstellung können so variable Grundrissdaten sowie Stockwerkhöhen für jedes Stockwerk eingegeben werden bzw. es werden für jedes Stockwerk die gleichen Geometrieangaben übernommen.

Der Button  in der Zeile **Bedeutungskategorie** öffnet ein Dialogfenster zur Auswahl der Bedeutungskategorie nach DIN EN 1998-1/NA, Tabelle NA.6. Damit wird der Bedeutungsfaktor γ_I festgelegt. Als Standardwert ist die Kategorie II vorgewählt ($\gamma_I = 1,0$).

Über den Button  in der Zeile **Bedeutungsbeiwert** wird ein Dialogfenster zur Bestimmung des Bedeutungsbeiwertes geöffnet.

Über den Button  in der Zeile **Art der Verkehrslasten** wird ein Dialogfenster zur Auswahl der Art der veränderlichen Einwirkung gemäß DIN EN 1998-1/NA Tabelle NA.5 geöffnet. Voreingestellt sind Nutzlasten der Kategorie A – C einschließlich Nutzlasten der Kategorien T und Z.

Über den Button  in der Zeile **Regelmäßigkeit** wird ein Dialogfenster zur Überprüfung der Regelmäßigkeitskriterien geöffnet. Da die Kriterien i.d.R. für Mauerwerksbauten als erfüllt betrachtet werden können, werden als Voreinstellung alle Kriterien als erfüllt gesetzt. Diese Abfrage erscheint nur in dem Nachweisverfahren „DIN EN 1998-1/NA-DE – DIN EN 1996-1-1/NA-DE (2D)“, da diese Kriterien hier zur Überprüfung der Anwendbarkeit des vereinfachten Antwortspektrumverfahrens und der Kombination der Erdbebenrichtungen herangezogen werden.

2.2.2 Erdbebendaten

Die standortspezifische Erdbebeneinwirkung wird in dem Dialogfenster **Erdbebendaten** definiert. Hier werden Erdbebenzone, Untergrund- und Baugrundklasse des Gebäudes, sowie die Verhaltensbeiwerte q_x und q_y definiert. Die Auswahl der Erdbebenzone und Untergrundklasse kann entweder direkt über die Angabe einer Erdbebenzone, einer Untergrundklasse und einer Baugrundklasse oder über die Auswahl des Gebäudestandortes erfolgen. Für letztere Möglichkeit ist eine Datenbank mit Werten der betroffenen Gebiete in Deutschland in das Programm eingebunden.

Die Auswahl des Standortes beginnt immer mit dem Bundesland und schränkt dann das gewählte Gebiet weiter ein, bis hinunter zur Gemarkung. Sobald nur noch eine Erdbebenzone oder eine Untergrundklasse in dem Gebiet vorhanden ist, wird diese automatisch ausgewählt. Sind noch mehrere Möglichkeiten vorhanden, so muss die richtige Untergrundklasse oder Erdbebenzone über das entsprechende Auswahlfeld gewählt werden.



Zu beachten ist, dass die Erdbebenzonen und Untergrundklassen auf Grundlage der Ergebnisse der DIBt-Forschungsvorhaben ZP 52-5-3.96-1136/04 und ZP 52-5-3.96.1-1185/05 bestimmt werden. Die Zuordnung der Erdbebenzonen- und Untergrundklassen kann Abweichungen gegenüber den aktuellen Kartenwerken der einzelnen Bundesländer aufweisen, so dass keine Gewähr für die Richtigkeit übernommen werden kann. Die länderspezifischen Festlegungen sind bei der Auswahl zu beachten!



Für den Fall, dass in der Datenbank keine Informationen über Erdbebenzone bzw. Untergrundklasse einzelner Gemarkungen vorliegen, wird auf die Karten der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen der einzelnen Bundesländer verwiesen.



Für die viskose Dämpfung wird ein Standardwert von 5 % vorgegeben, der für Mauerwerk zutreffend ist. Abweichungen von diesem Regelwert sind nur in begründeten Ausnahmefällen möglich

Die Auswahl der Baugrundklasse erfolgt in Abhängigkeit der gewählten Untergrundklasse. Nach DIN EN 1998-1/NA werden die möglichen Kombinationen der beiden Klassen angeboten. Je nachdem, welcher Wert in einem der beiden Auswahlfelder gewählt wurde, werden die Möglichkeiten im jeweils anderen Feld gemäß dieser Kombinationen eingeschränkt.

Sind sowohl Erdbebenzone als auch Untergrundklasse und Baugrundklasse gewählt, wird das elastische Antwortspektrum in Abhängigkeit der gewählten Werte angezeigt.

Der Button **Ortsauswahl neu beginnen** setzt alle eingegebenen Werte zurück.

Alternativ ist auch die Eingabe eines freien Spektrums möglich. Dies steht in allen Nachweisverfahren, außer bei „DIN EN 1998-1/NA-DE – Vereinfachter Nachweis“ zur Verfügung.

Die Definition eines freien Spektrums ist zum einen über die manuelle Eingabe von Punkten ($T[s]/S_e(T)[m/s^2]$) möglich. Alternativ können auch Wertepaare direkt in das Datenfeld kopiert werden (bspw. aus Excel).

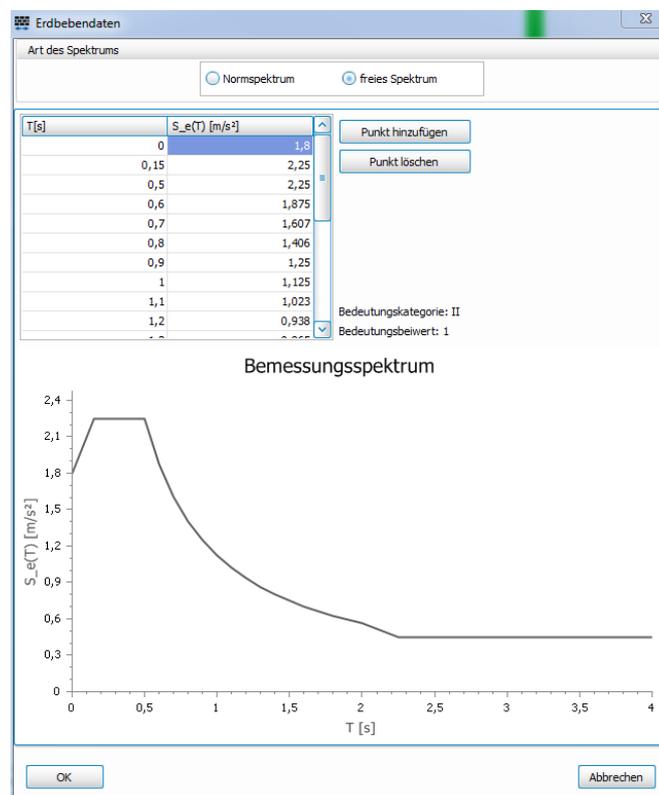


Abbildung 30: Eingabefesnter Freies Spektrum

Wurde das Dialogfenster **Erdbebendaten** durch Drücken auf den Button **OK** geschlossen, werden die eingegebenen Werte in den entsprechenden Zeilen des linken Hauptmenüs angezeigt.

2.2.3 Winddaten

2.2.3.1 2D Nachweisverfahren

Die standortspezifischen Windlasten werden in dem Dialogfenster **Winddaten** definiert. Die Eingabe der Lasten erfolgt stockwerksweise und richtungsabhängig. Neben der Lastdefinition ist auch die Eingabe des Lastangriffspunktes erforderlich. Hierbei sind absolute Koordinaten zu verwenden.

Mit einem Klick auf **OK** werden die Daten übernommen und in den entsprechenden Zeilen des Hauptmenüs angezeigt.

2.2.3.2 3D Nachweisverfahren

Im Rahmen der dreidimensionalen Berechnung werden die **Winddaten** ebenfalls stockwerksweise und richtungsabhängig eingegeben. Die eingegebenen Lasten werden über die Deckenfläche verschmiert je Geschoss und Richtung aufgebracht. Die Resultierende je Richtung greift somit im Flächenschwerpunkt der Deckenfläche an.

Über die Definition eines Torsionsfaktors können Torsionseinflüsse für jede Richtung separat erfasst werden. Mit dem eingegebenen Faktor werden die infolge Wind auftretenden Einwirkungen erhöht.

2.2.4 Netz-Parameter (nur im 3D Nachweis aktiv)

In dem Dialogfenster **Netz-Parameter** werden die Parameter für die Netzgenerierung festgelegt. Dabei können die Elementlänge, die Wand-zu-Wand-Kopplung sowie die Wand-zu-Decke-Kopplung jeweils über Auswahllisten festgelegt werden.



Abbildung 31: Netzparameter

2.2.4.1 Elementlänge

Die Elementlänge kann zwischen 10 und 200 cm eingestellt werden und steuert die Feinheit des Finite-Elemente-Netzes. Entsprechend kann damit auch die Rechengenauigkeit sowie die Rechendauer reguliert werden. Für jede Wandscheibe werden jedoch, unabhängig von der eingestellten Elementlänge, immer mindestens 4 Elemente in Wandlängsrichtung und 5 Elemente über die Wandhöhe modelliert.



Die definierte Elementlänge ist die maximale Elementlänge für die Vernetzung von Wänden und Decken. Bei der Vernetzung können sich auch abweichend kleinere Elementlängen ergeben.

2.2.4.2 Wand-zu-Wand-Kopplung

Mit der Einstellung Wand-Zu-Wand-Kopplung wird die Kopplung der Elemente entlang der vertikalen Fuge zweier angrenzender Wandscheiben definiert. Diese kann als entkoppelt, gelenkig oder biegesteif gesetzt werden. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen exemplarisch Verformungsfiguren bei einem

Modell mit entkoppelten Wandscheiben, bei dem sich zwei angrenzende Wandscheiben unabhängig voneinander bewegen können, und einem mit gelenkig gekoppelten Wandscheiben.

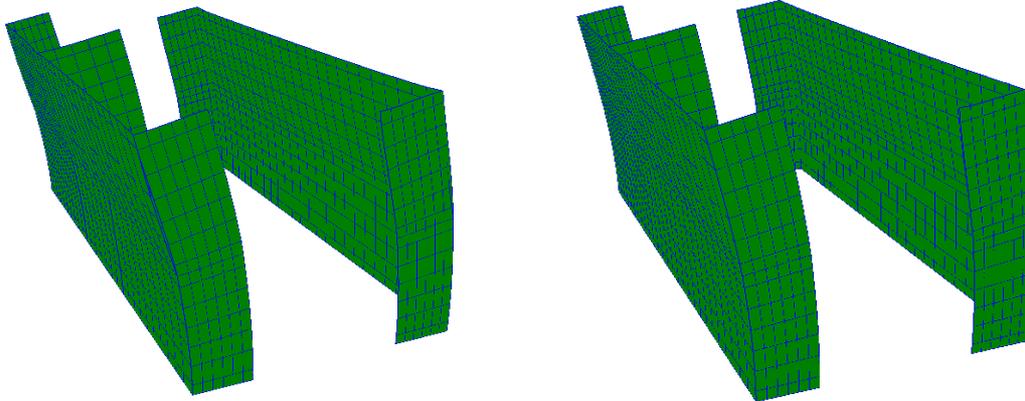


Abbildung 32: Verformungsfiguren Wände entkoppelt (links) und gelenkig (rechts)

Im Falle gelenkig (oder biegesteif) gekoppelter Wände ist zu beachten, dass die Übertragung aller in der Kopplungsfuge berechneten Schubkräfte (und Biegemomente) im Nachlauf separat nachgewiesen werden muss.

2.2.4.3 Wand-zu-Decke-Kopplung

Mit der Einstellung Wand-Zu-Decke-Kopplung wird die Kopplung der Elemente entlang der horizontalen Fuge zwischen Wand- und Deckenelementen definiert. Es stehen die Einstellungen gelenkig oder biegesteif zur Verfügung. Die Kopplungsoption bezieht sich immer auf die Kopplung einzelner Knoten der Elemente, so dass bei beiden Kopplungsoptionen Biegemomente zwischen Wandscheiben und Decke übertragen werden. Es ist zu beachten, dass im Falle einer Kopplung zwischen Wand- und Deckenelementen die übertragenden Biegemomente in der Decke nachgewiesen werden müssen.

2.2.5 Berechnungs-Parameter (nur im 3D Nachweis aktiv)

In einem weiteren Dialogfenster werden die **Berechnungs-Parameter** eingestellt.

2.2.5.1 Anzahl der Eigenfrequenzen / Anzahl der Kontrollfrequenzen

Die Anzahl der Eigenfrequenzen (NEIR) sowie der Kontrollfrequenzen (NEIK) wird jeweils über ein Eingabefeld definiert.



Zur Verbesserung der Konvergenz wird mit NEIR + NEIK Eigenvektoren iteriert. Hierbei gelten folgende Bedingungen:

NEIR \geq 1
NEIK \geq 8
NEIR + NEIK \leq 300

In den Berechnungsergebnissen ist zu prüfen, ob mit der gewählten Anzahl von Eigenfrequenzen die nach Norm geforderte modale Masse aktiviert wurde.

2.2.5.2 Überlagerungsregel

In MINEA erfolgt die Überlagerung der modalen Schnittgrößen nach der SRSS-Regel (square root of the sum of the squares mode combination method).

2.2.5.3 Zufällige Torsionseffekte

Über die Aktivierung eines Hakens kann festgelegt werden, dass zufällige Torsionseffekte bei der Berechnung berücksichtigt werden sollen. Die Berechnung der zufälligen Torsionseffekte erfolgt nach Abschnitt 4.3.2(1) der DIN EN 1998-1:

$$e_{ai} = \pm 0,05 \cdot L_i$$

2.2.5.4 Exzentrizitäten aus Vertikallasten

Im Rahmen der Berechnung eines Gebäudemodells mittels der Finite-Elemente Methode können aus den dreidimensionalen Verformungszuständen unter vertikaler Beanspruchung durch Eigengewicht und vertikale Verkehrslasten Biegemomente und Schubkräfte in den Wandscheiben entstehen. Dies ist durch die gegebenenfalls exzentrisch angreifenden Vertikalkräfte zu begründen.

Mit einem Schalter kann gesteuert werden, ob diese Exzentrizitäten aus Vertikallasten berücksichtigt werden sollen oder nicht. Wenn der Haken eingeschaltet ist, werden die aus den in Längsrichtung der Wand exzentrisch angreifenden Normalkräften resultierenden Querkräfte und Momente ausgegeben und sowohl in der LFK ständig + vorübergehend als auch in der Erdbebenkombination berücksichtigt und mit den Einwirkungen aus den Erdbebenlasten sowie den Windlasten überlagert. Sofern der Haken nicht gesetzt ist, werden ausschließlich die Normalkräfte aus den vertikalen Lasten (Eigengewicht, vertikale Verkehrslasten) berücksichtigt und überlagert.

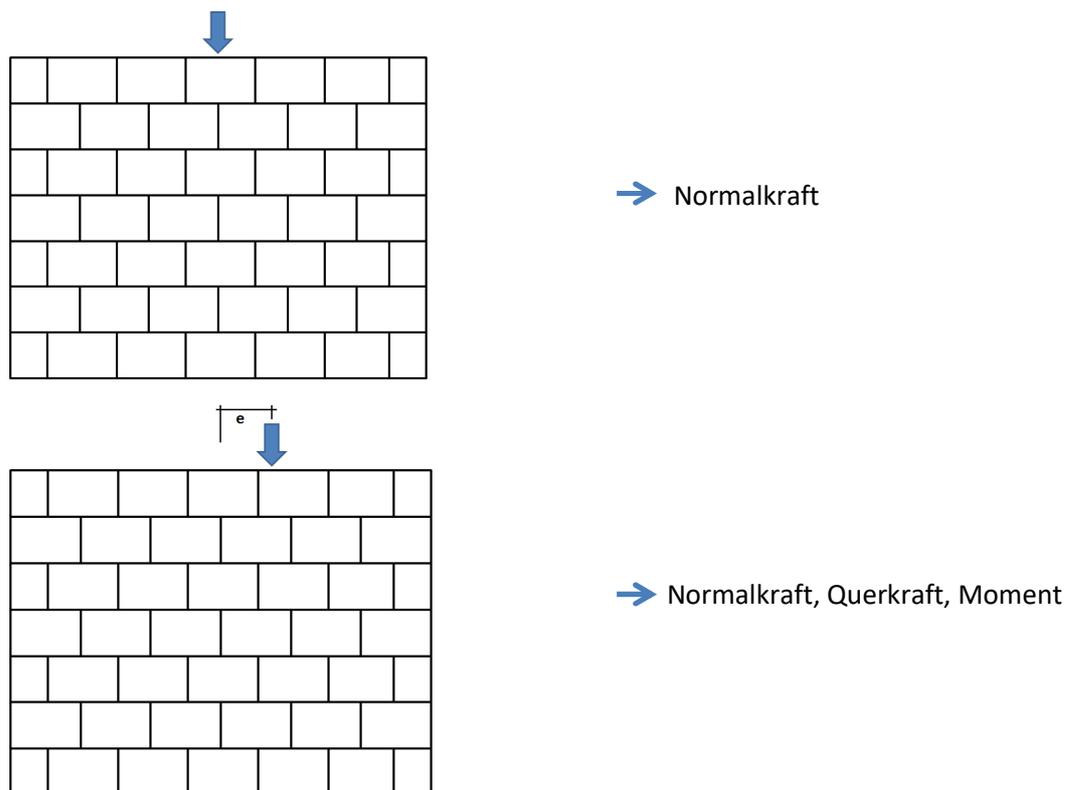


Abbildung 33: Normalkrafteinwirkung auf einzelne Wände ohne und mit Lastexzentrizität aus Vertikallasten



Aus Vertikallasten ergeben sich im 3D-Modell zusätzliche Schnittgrößen aus Lastexzentrizitäten. Diese werden bei 2D-Berechnungen in der Regel vernachlässigt. Bei Aktivierung werden die zusätzlichen Schnittgrößen berücksichtigt.

2.3 Modell und Materialdaten

Die Stockwerksdaten werden im unteren Teil des Hauptfensters eingegeben. Die Eingabe umfasst sowohl die Eingabe der Geometrie als auch der Materialparameter. Dazu gehört die Eingabe der Stockwerkshöhe und der einzelnen Elemente (Wandscheibe, Stütze, Decke), welche auf den Registerkarten im unteren rechten Bereich eingegeben werden.

2.3.1 Stockwerk

Je nach Eingabe der Stockwerkanzahl unter **Gebäudedaten** wird im linken unteren Bereich eine entsprechende Anzahl von Stockwerkszeilen angezeigt, denen in der rechten Spalte eine Höhe zugewiesen werden kann.



Eine variable Eingabe der Stockwerksgeometrie je Geschoss ist nur in der 3D Berechnung vorgesehen. Gebäude mit mehreren Geschossen haben in der 2D Berechnung grundsätzlich die gleiche Stockwerksgeometrie und Höhe.

Im 3D Nachweisverfahren können, sofern der Haken unter **Alle Stockwerke gleich** (s. a. 2.2.1) deaktiviert ist, unterschiedliche Stockwerkshöhen eingegeben werden.

Die Eingaben der weiteren Geometriedaten der Wände, Stützen und Decken können dann jeweils für das im Eingabebereich der Stockwerkshöhen markierte Geschoss (s. Abbildung 34) separat durchgeführt werden.

Stockwerk	Höhe [cm]
1	280
2	280

Abbildung 34: Eingabe Stockwerkshöhen

Für den Fall, dass der Haken **Alle Stockwerke gleich** aktiviert ist, gelten auch im 3D Nachweisverfahren für alle Stockwerke dieselbe Höhe sowie dieselben Grundrissdaten.

2.3.2 Wandscheiben

Wird erstmals ein Stockwerk ausgewählt, so wird die Registerkarte **Wandscheiben** angezeigt. Bevor die erste Wandscheibe eingegeben wird, empfiehlt es sich die verschiedenen Wandscheibentypen für die jeweiligen Wände einzugeben.



Abbildung 35: Registerkarte Wandscheiben

Durch Klick auf den Button **Wandscheibentypen bearbeiten** öffnet sich das Fenster **Eigenschaften verwalten**.

Mit **Typ anlegen** bzw. **Typ löschen** wird die Liste der Wandscheibentypen verwaltet. In der Auswahlliste **Materialart** stehen verschiedene Optionen zur Verfügung, für die unterschiedliche Materialeigenschaften definiert werden können. Mit dem Button **als St.-Typ speichern** kann die aktuelle Materialkonfiguration als Standardtyp lokal auf dem Computer abgespeichert werden. Alle vorhandenen Standardtypen werden links unten in der Box **Standardtypen** angezeigt, von wo aus sie jederzeit wieder geladen werden können. Der Button **St.-Typ löschen** entfernt den aktivierten Standardtyp.

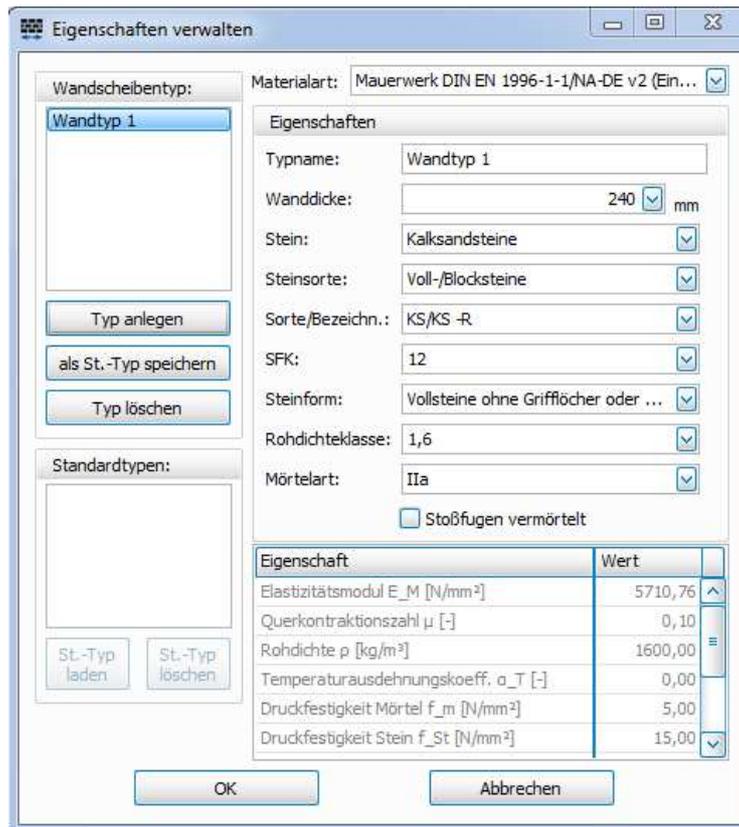


Abbildung 36: Wandeigenschaften

Als Materialarten stehen Mauerwerk nach DIN EN 1996-1-1/NA (Einsteinmauerwerk), beliebiges Mauerwerk, vereinfachtes Mauerwerk (nur im vereinfachten Nachweisverfahren) und Stahlbeton (nach DIN EN 1992 oder beliebig) zur Verfügung. Ersteres ergibt sich nach DIN EN 1996-1-1/NA Tabelle NA.4 bis NA.10. Handelt es sich bei dem Mauerwerk um Elementmauerwerk (ergibt sich aus der ausgewählten Steinsorte), so müssen bei den Eigenschaften zusätzlich noch Angaben zum planmäßigen Überbindemaß l_{ol}/h_u , zur Elementhöhe h_u und zur Elementlänge l_u bei den Eigenschaften eingegeben werden. Bei Wahl eines beliebigen Mauerwerks müssen alle erforderlichen Materialeigenschaften direkt eingegeben werden. Dieses ist beim Nachweisverfahren „DIN EN 1998-1/NA-DE – Vereinfachter Nachweis“ nur in reduzierter Form erforderlich (Mauerwerk vereinfacht). Zusätzlich können noch Wände aus Stahlbeton nach DIN EN 1992 bzw. Stahlbeton beliebig definiert werden.

In dem Bereich **Verteilung der Dachlasten** kann im Nachweisverfahren „DIN EN 1998-1/NA-DE – DIN EN 1996-1-1/NA-DE (2D)“ festgelegt werden, ob die in der Registerkarte eingegebenen Dachlasten automatisch oder manuell auf die vorhandenen Wände verteilt werden sollen. Die Aufteilung erfolgt prozentual.

Zu jeder Wand können auch noch die **Erweiterten Eigenschaften** definiert werden. Durch Aktivierung einer Wand (entweder im Zeichenbereich oder im linken Bereich der Registerkarte Wandscheibe) können zu dieser die Eigenschaften bezüglich der haltenden Wände und der planmäßigen Ausmitte am Wandkopf, in Wandmitte und am Wandfuß in Plattenrichtung eingegeben werden.

Die Eingabe der Wandkoordinaten sollte in der Regel (aber unter Beachtung der konstruktiven Ausführung) mit den Achsmaßen als Kombination aus Wandlänge und Wanddicke erfolgen. Der Benutzer sollte die in nachfolgender Abbildung angegebenen konstruktiven Ausführungen bei der Eingabe der Wandkoordinaten berücksichtigen.

<u>Systemmaße</u>	<u>Im Verband gemauert</u>	<u>Als Stumpfstoß ausgeführt</u>

Abbildung 37: Konstruktive Ausführung von Mauerwerk

Die eingegebenen Wandscheiben werden im Zeichenbereich dargestellt. Die Anzeige ist maßstabsgetreu und für die verschiedenen, verwendeten Mauerwerkseigenschaften werden unterschiedliche Farben verwendet. Die Farbgebung erfolgt nicht nach einer festen farblichen Zuordnung, sondern in der Reihenfolge, in der die verwendeten Mauerwerkseigenschaften ausgewählt wurden. Die Farbgebung kann im Menü unter **Datei, Einstellungen**, Registerkarte **Farbauswahl** vorgegeben werden. Die Dicke der Wandscheibe wird über die Strichstärke dargestellt.

Für die Eingabe der Wandscheiben werden dem Benutzer verschiedene Möglichkeiten angeboten. Eine direkte Eingabe mittels globalen oder relativen Koordinaten über die Tastatur oder grafisch interaktiv mit der Maus. Es ist jederzeit möglich, zwischen diesen Eingabemöglichkeiten zu wechseln.



Die Eingabe der Wände kann entweder über die Tastatur oder per Maus erfolgen. Dabei muss beachtet werden, dass nur positive Koordinaten zugelassen sind und maximal 100 Wände eingegeben werden können.

2.3.2.1 Eingabe der Wände über die Tastatur

Die Eingabe der Wände kann über die Tastatur erfolgen. Dazu muss der **Auswahlmodus** aktiviert sein. Dabei muss beachtet werden, dass nur positive Koordinaten zugelassen sind und maximal 100 Wände eingegeben werden können. Werden negative Koordinaten eingegeben, so erscheinen ein entsprechender Hinweis und die Möglichkeit, den gesamten Grundriss zu verschieben.



In den Eingabefeldern im Kasten **Neue Wandscheibe** werden für die Wandscheibe der Anfangs- und Endpunkt eingegeben. Alle Koordinatenwerte werden in [cm] angegeben, wobei der Anfangspunkt durch das Wertepaar **(X1, Y1)**, der Endpunkt durch das Wertepaar **(X2, Y2)** bestimmt ist. Durch **Hinzufügen** wird eine neue Wandscheibe angelegt.

Zum Ändern des Wandscheibentyps muss die jeweilige Wand in der linken Box **Wandscheiben** aktiviert werden. Durch Klick auf den gewünschten Wandscheibentyp in der rechten Box **Eigenschaften** wird der Wand der Wandscheibentyp zugewiesen. Zudem kann der Wandscheibentyp durch **Rechtsklick → Material zuweisen** auf die entsprechende Wand im Zeichenbereich angepasst werden. Hierzu muss der **Auswahlmodus**  aktiviert sein.

Die Eingabe der Koordinaten kann auf zwei Arten erfolgen:

1. Die Koordinaten werden über das globale, kartesische Koordinatensystem eingegeben. Der Ursprung des Koordinatensystems befindet sich unten links im Zeichenfeld. Diese Möglichkeit ist standardmäßig eingestellt.
2. Durch Aktivieren des Buttons **rel. Koordinaten** können die Wände über ein Relativ-Koordinatensystem eingegeben werden. Es stehen zwei Varianten der Bezugspunktwahl zur Verfügung, **fest** bzw. **auto**. Durch **fest** wird das Bezugskoordinatensystem auf die eingegebene Position gesetzt, durch **auto** springt das Koordinatensystem jeweils zum Endpunkt der gerade erstellten Wandscheibe.



Mit der Tabulator-Taste kann zwischen den Eingabefeldern gewechselt werden (SHIFT + Tabulator um zurück zu springen). Nach Eingabe einer Wandscheibe springt der Cursor automatisch wieder in das Feld **X1**.

Die Wandkoordinaten können jederzeit in der linken Box **Wandscheiben** angepasst werden.

2.3.2.2 Eingabe der Wände per Maus

MINEA bietet die Möglichkeit einer grafischen Eingabe des Grundrisses per Maus. Dazu muss der Button **Zeichenmodus aktivieren**  aktiviert sein. Während des Zeichnens erscheinen neben dem Mauszeiger die aktuellen Koordinaten im globalen Koordinatensystem. Durch Klicken der linken Maustaste wird der Startpunkt der Wand festgelegt, durch einen weiteren Klick mit der linken Maustaste wird der Endpunkt der Wand gesetzt, der gleichzeitig Startpunkt der nächsten Wand ist. Dies bietet die Möglichkeit, mehrere Wände hintereinander zu zeichnen. Mit der rechten Maustaste oder Esc wird dieser Vorgang abgebrochen.

Durch **Raster aktivieren**  erscheint ein Gitter aus Hilfslinien. Der Abstand der Gitterlinien kann im benachbarten Feld in [cm] angegeben werden. Ist das Raster aktiviert, fängt der Cursor die Schnittpunkte der horizontalen und vertikalen Linien.



Zusätzlich kann noch eine weitere Fangfunktion aktiviert werden. Es kann ein **Fang-Winkel [°]** und eine **Fang-Länge [cm]** vorgegeben werden. Wird die STRG-Taste bei der Eingabe gedrückt gehalten, dann rastet der Cursor bei der Eingabe der Wände im eingegebenen Winkel ein. Ist z.B. ein Winkel von 30° vorgegeben, so rastet der Cursor bei 0°, 30°, 60° usw. ein. Falls im Feld **Fang-Länge [cm]** ein Wert eingetragen ist, rastet der Cursor bei gedrückt gehaltener STRG-Taste unabhängig von dem ausgewählten Fangwinkel jeweils bei einem Vielfachen der eingetragenen Länge ein. **Fang-Länge [cm]** und **Fang-Winkel [°]** werden durch Drücken der STRG-Taste gleichzeitig aktiviert. Soll nur eine Funktion aktiviert werden, so muss im anderen Feld der Wert Null eingetragen sein.



Während der Button **Zeichenmodus aktivieren**  aktiviert ist, ist es nur möglich, Wände per Maus einzugeben. Durch Aktivierung des Buttons  erfolgt der Wechsel zur Koordinateneingabe, wie in Abschnitt 2.3.2.1 beschrieben.

Bei aktiviertem **Auswahlmodus**  kann mit der Maus ein Rechteck aufgezogen und somit mehrere Wände gleichzeitig ausgewählt werden. Durch Drücken des Buttons **Wandscheibe löschen** im unteren Bereich der Registerkarte **Wandscheibe** werden die aktuell ausgewählten Wandscheiben gelöscht. Gleiches kann mit **Rechtsklick → Löschen** auf die entsprechende Wandscheibe bzw. durch Auswählen der Wandscheibe und Drücken des Knopfes „Entfernen“ auf der Tastatur erreicht werden.



Dieses Kontextmenü (Rechtsklick) steht im Zeichenmodus  nicht zur Verfügung.

Länge und Position der Wandscheiben können im **Auswahlmodus**  auch per Drag & Drop angepasst werden. Dies wird durch die roten Quadrate an den Endpunkten der ausgewählten Wandscheibe angezeigt.

Zum Verschieben eines einzelnen Endpunktes muss der Cursor genau über dem Punkt platziert werden (Cursor wird als Kreuz dargestellt). Zum Verschieben der ganzen Wand kann der Cursor beliebig auf der Wand platziert werden (Cursor wird als Hand dargestellt).

Ausgewählte Wandscheiben können mit den bekannten Tastaturkürzeln Strg + c und Strg + v kopiert werden und mit den Pfeiltasten verschoben werden (Strg + Pfeiltasten für kleine Verschiebungen).

Alle Wandscheiben werden in dem Fenster **Wandscheiben** (Abschnitt 1.2.5) sowie in einer Liste am linken Rand der Registerkarte angezeigt. Die aktuell ausgewählte Wandscheibe wird in der Liste und im Zeichenbereich farblich hervorgehoben. Mehrere Wände der Liste im linken Rand der Registerkarte können wie gewohnt durch gedrückt Halten der Umschalttaste (Shift) bzw. der STRG-Taste ausgewählt werden.

Die Wandkoordinaten können jederzeit über die grafische Oberfläche angepasst werden, wenn die Registerkarte **Wandscheiben** aktiviert ist.

2.3.3 Stützen

Die Registerkarte **Stützen** dient der Eingabe von Stützen im Grundriss. Auch hier empfiehlt sich, vor Eingabe der ersten Stütze die vorhandenen Stütztypen festzulegen. Durch Klick auf den Button **Stütztypen bearbeiten** öffnet sich das Fenster **Eigenschaften verwalten**.

Mit **Typ hinzufügen** bzw. **Typ löschen** wird die Liste der Stütztypen verwaltet. In der Auswahlliste Materialart stehen für die Stützen Stahlbeton, Mauerwerk und Stahl zur Verfügung. Die Handhabung des Auswahl Fensters entspricht der Auswahl in der Registerkarte **Wandscheiben** (Abschnitt 2.3.2).

Mit dem Button **als St.-Typ speichern** kann die aktuelle Materialkonfiguration als Standardtyp lokal auf dem Computer abgespeichert werden. Alle vorhandenen Standardtypen werden links unten in der Box **Standardtypen** angezeigt, von wo aus sie jederzeit wieder geladen werden können. Der Button **St.-Typ löschen** entfernt den aktivierten Standardtyp.



Die Eingabe der Stützen kann entweder über die Tastatur oder per Maus erfolgen. Dabei muss beachtet werden, dass nur positive Koordinaten zugelassen sind und maximal 100 Wände eingegeben werden können.

2.3.3.1 Eingabe der Stützen über die Tastatur

In den Eingabefeldern in der Box **Neue Stütze** werden die Koordinaten der Stützen eingegeben (Schwerpunkt). Alle Koordinatenwerte werden in [cm] angegeben. Durch Klick auf den Button **Hinzufügen** wird eine neue Stütze mit dem ausgewählten Stütztyp hinzugefügt.

Zum Ändern des Stütztyps muss die jeweilige Stütze in der linken Box **Stützen** aktiviert werden. Durch Klick auf den gewünschten Stütztyp in der rechten Box **Eigenschaften** wird der Stütze ein neuer Stütztyp zugewiesen. Zudem kann der Stütztyp durch **Rechtsklick → Material zuweisen** auf die entsprechende Stütze in dem Zeichenfeld angepasst werden.



Dieses Kontextmenü (Rechtsklick) steht im Zeichenmodus  nicht zur Verfügung.

Die Eingabe der Koordinaten kann auf zwei Arten erfolgen:

1. Die Koordinaten werden über das globale, kartesische Koordinatensystem eingegeben. Der Ursprung des Koordinatensystems liegt unten links im Zeichenfeld. Diese Möglichkeit ist standardmäßig eingestellt.
2. Durch Aktivieren des Buttons **rel. Koordinaten** können die Stützen über ein Relativ-Koordinatensystem eingegeben werden. Es stehen zwei Varianten der Bezugspunktwahl zur Verfügung, **fest** bzw. **auto**. Durch **fest** wird das Bezugskoordinatensystem auf die eingegebene Position gesetzt, durch **auto** springt das Koordinatensystem jeweils zum Endpunkt der gerade erstellten Stütze.



Mit der Tabulator-Taste kann zwischen den Eingabefeldern gewechselt werden (SHIFT + Tabulator um zurück zu springen). Nach Eingabe einer Stütze springt der Cursor automatisch wieder in das Feld **X1**.



Die Stützenkoordinaten können jederzeit in der linken Box **Stützen** angepasst werden.

2.3.3.2 Eingabe der Stützen per Maus

MINEA bietet die Möglichkeit einer grafischen Eingabe der Stützen per Maus. Dazu muss der Button **Zeichenmodus aktivieren**  aktiviert sein. Während des Zeichnens erscheinen neben dem Mauszeiger die aktuellen Koordinaten im globalen Koordinatensystem. Durch Klicken der linken Maustaste wird der Schwerpunkt der Stütze festgelegt.

Durch Klick auf den Button **Raster aktivieren**  erscheint ein Gitter aus Hilfslinien. Der Abstand der Gitterlinien kann im benachbarten Feld in [cm] angegeben werden. Ist das Raster aktiviert, fängt der Cursor die Schnittpunkte der horizontalen und vertikalen Linien.



Während der Button **Zeichenmodus aktivieren**  aktiviert ist, ist es nur möglich, Stützen per Maus einzugeben. Durch Deaktivieren des Buttons erfolgt der Wechsel zur Koordinateneingabe.

Bei aktiviertem **Auswahlmodus**  kann mit der Maus ein Rechteck aufgezogen und somit mehrere Stützen gleichzeitig ausgewählt werden. Durch Drücken des Buttons **Stütze löschen** im unteren Bereich der Registerkarte **Stütze** wird die aktuell ausgewählte Stütze gelöscht. Gleiches kann mit **Rechtsklick** → **Löschen** auf die entsprechende Stütze bzw. durch Auswählen der Stütze und Drücken des Knopfes „Entfernen“ auf der Tastatur erreicht werden.



Dieses Kontextmenü (Rechtsklick) steht im Zeichenmodus  nicht zur Verfügung.

Die Positionen der Stützen können im **Auswahlmodus**  auch per Drag & Drop angepasst werden. Zum Verschieben der Stütze muss der Cursor über der ausgewählten Stütze platziert werden (Cursor wird als Hand dargestellt).

Ausgewählte Stützen können mit den bekannten Tastaturkürzeln Strg + C und Strg + V kopiert werden und mit den Pfeiltasten verschoben werden (Strg + Pfeiltasten für kleine Verschiebungen).

Alle Stützen werden in dem Fenster **Stützen** (Abschnitt 1.2.6) sowie in einer Liste am linken Rand der Registerkarte angezeigt. Die aktuell ausgewählte Stütze wird in der Liste und im Zeichenbereich farblich hervorgehoben. Mehrere Stützen der Liste im linken Rand der Registerkarte können wie gewohnt durch gedrückt Halten der Umschalttaste (Shift) bzw. der STRG-Taste ausgewählt werden.

2.3.4 Decken

Die Registerkarte **Decke** dient der Eingabe der Deckendaten, die das ausgewählte Stockwerk nach oben abschließt. Zu diesen Daten gehören das Deckenrandpolygon sowie Polygone von eventuell vorhandenen Öffnungen. Zusätzlich werden die Deckenlasten und die Lasten aus dem Dach in dieser Registerkarte definiert.

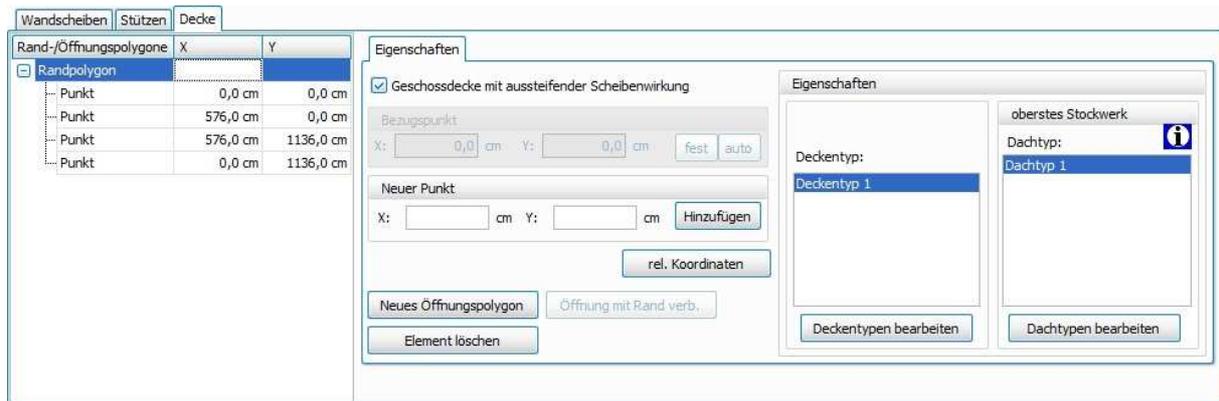


Abbildung 38: Registerkarte Decke



Bevor die Deckenpolygone eingegeben werden können, muss der Benutzer bestätigen, dass es sich um eine Decke mit aussteifender Scheibenwirkung handelt. Diese Bedingung ist nach DIN EN 1998-1 Grundvoraussetzung für den vereinfachten und rechnerischen Nachweis.

Vor Eingabe der Deckenplatte empfiehlt es sich die vorhandenen Deckentypen zu definieren. Durch Klick auf den Button **Deckentypen bearbeiten** öffnet sich das Fenster **Eigenschaften verwalten**.

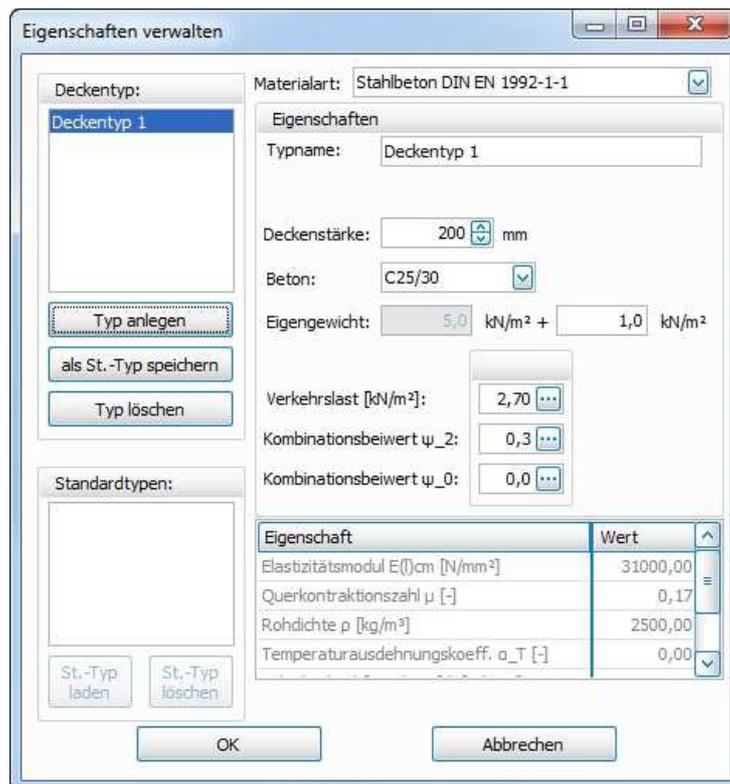


Abbildung 39: Eigenschaften der Decke

Mit **Typ anlegen** bzw. **Typ löschen** wird die Liste der Deckentypen verwaltet. In der Auswahlliste Materialart stehen zwei verschiedene Optionen für Stahlbeton zur Verfügung: **Stahlbeton DIN EN 1992-1-1** bei der die Materialeigenschaften automatisch gemäß DIN EN 1992-1-1 definiert werden und **Stahlbeton beliebig** bei der alle Materialeigenschaften manuell eingegeben werden können.

Weitere ständige Lasten (z.B. Ausbaulasten) können in einem separaten Feld auf das automatisch aus Deckendicke und Rohdichte ermittelte Eigengewicht aufgeschlagen werden.

Mit dem Button **als St.-Typ speichern** kann die aktuelle Materialkonfiguration als Standardtyp lokal auf dem Computer abgespeichert werden. Alle vorhandenen Standardtypen werden links unten in der Box **Standardtypen** angezeigt, von wo aus sie jederzeit wieder geladen werden können. Der Button **St.-Typ löschen** entfernt den aktivierten Standardtyp.

Durch Klick auf den Button im Feld **Verkehrslast** öffnet sich das nebenstehende Fenster mit der Tabellen 6.1DE aus DIN EN 1991-1-1/NA, in dem die vorhandenen Verkehrslasten ausgewählt werden können. Alternativ kann die Verkehrslast direkt eingegeben werden.

Verkehrslasten nach DIN EN 1991-1-1/NA 2010-12, Tabelle 6.1

Kategorie	Nutzung	Beispiele	kN/m ²	<input type="radio"/>
A1	Spitzböden	Für Wohnzwecke nicht geeigneter, aber zugänglicher Dachraum bis 1,80 m lichter Höhe.	1,0	<input type="radio"/>
A2	Wohn- und Aufenthaltsräume	Decken mit ausreichender Querverteilung der Lasten. Räume und Flure in Wohngebäuden, Bettenräume in Krankenhäusern, Hotelzimmer einschl. zugehöriger Küchen und Bäder.	1,5	<input type="radio"/>
A3		wie A2, aber ohne ausreichende Querverteilung der Lasten.	2,0	<input type="radio"/>
B1	Büroflächen, Arbeitsflächen, Flure	Flure in Bürogebäuden, Büroflächen, Arztpraxen ohne schweres Gerät, Stationsräume, Aufenthaltsräume einschl. der Flure, Kleinviehställe.	2,0	<input type="radio"/>
B2		Flure und Küchen in Krankenhäusern, Hotels, Altenheimen, Flure in Internaten usw.; Behandlungsräume in Krankenhäusern, einschl. Operationsräume ohne schweres Gerät; Kellerräume in Wohngebäuden.	3,0	<input type="radio"/>
B3		Alle Bsp. von B1 u. B2, jedoch mit schwerem Gerät.	5,0	<input type="radio"/>
C1	Räume, Versammlungsräume und Flächen, die der Ansammlung von Personen dienen können (mit Ausnahmen von unter A, B, D und L festgelegten Kategorien)	Flächen mit Tischen; z.B. Kindertagesstätten, Kinderkrippen, Schulräume, Cafés, Restaurants, Speisesäle, Lesesäle, Empfangsräume, Lehrerzimmer.	3,0	<input type="radio"/>
C2		Flächen mit fester Bestuhlung; z.B. Flächen in Kirchen, Theatern oder Kinos, Kongresssäle, Hörsäle, Wartesäle.	4,0	<input type="radio"/>
C3		Frei begehbare Flächen; z.B. Museumsflächen, Ausstellungsflächen, Eingangsbereiche in öffentlichen Gebäuden, Hotels, nicht befahrbare Hofkellerdecken, sowie die zur Nutzungskategorie C1 bis C3 gehörigen Flure.	5,0	<input type="radio"/>
C4		Sport- und Spielflächen; z.B. Tanzsäle, Sporthallen, Gymnastik- und Kraftsporträume, Bühnen.	5,0	<input type="radio"/>
C5		Flächen für große Menschenansammlungen; z.B. in Gebäuden wie Konzertsäle, Terrassen und Eingangsbereiche sowie Tribünen mit fester Bestuhlung.	5,0	<input type="radio"/>
C6		Flächen mit regelmäßiger Nutzung durch erhebliche Menschenansammlungen, Tribünen ohne feste Bestuhlung.	7,5	<input type="radio"/>
D1	Verkaufsräume	Flächen von Verkaufsräumen bis 50 m ² Grundfläche in Wohn-, Büro und vergleichbaren Gebäuden.	2,0	<input type="radio"/>
D2		Flächen in Einzelhandelsgeschäften und Warenhäusern.	5,0	<input type="radio"/>
D3		Flächen wie D2, jedoch mit erhöhten Einzellasten infolge hoher Lageregale.	5,0	<input type="radio"/>

OK Abbrechen

Abbildung 40: Verkehrslasten

Analog dazu wird durch Klick auf den Button im Feld **Kombinationsbeiwert ψ_0** bzw. **Kombinationsbeiwert ψ_2** das nebenstehende Fenster mit den Kombinationsbeiwerten für Decken nach DIN EN 1990/NA, in dem der entsprechende Kombinationsbeiwert für veränderliche Einwirkungen ψ_0 und der Beiwert für quasi-ständige Werte der veränderlichen Einwirkung ψ_2 ausgewählt werden kann. Abweichend von dieser Norm wird nach DIN EN 1998-1/NA NDP zu 4.3.4(2)P ein Kombinationsbeiwert $\psi_2 = 0,5$ für Schneelasten zur Ermittlung der wirksamen Masse zur Berechnung der Erdbebenlasten angegeben.

Kombinationsbeiwerte für Decken nach DIN EN 1990/NA 2010-12, Tabelle NA.A.1.1

Einwirkung	Beiwert ψ_0	
Kategorie A - Wohn- und Aufenthaltsräume	0,7	<input type="radio"/>
Kategorie B - Büros	0,7	<input type="radio"/>
Kategorie C - Versammlungsräume	0,7	<input type="radio"/>
Kategorie D - Verkaufsräume	0,7	<input type="radio"/>
Kategorie E - Lagerräume	1,0	<input type="radio"/>
Kategorie F - Verkehrsflächen, Fahrzeuglast ≤ 30 kN	0,7	<input type="radio"/>
Kategorie G - Verkehrsflächen, 30 kN \leq Fahrzeuglast ≤ 160 kN	0,7	<input type="radio"/>
Kategorie H - Dächer ausgenommen Schneelasten	0	<input checked="" type="radio"/>
Kategorie H - Dächer Schneelasten Orte bis zu NN + 1000m	0,5	<input type="radio"/>
Kategorie H - Dächer Schneelasten Orte über NN + 1000m	0,7	<input type="radio"/>

OK Abbrechen

Abbildung 41: Kombinationsbeiwert ψ_0

Kombinationsbeiwerte für Decken nach DIN EN 1990/NA 2010-12, Tabelle NA.A.1.1

Einwirkung	Beiwert ψ_2	
Kategorie A - Wohn- und Aufenthaltsräume	0,3	<input checked="" type="radio"/>
Kategorie B - Büros	0,3	<input type="radio"/>
Kategorie C - Versammlungsräume	0,6	<input type="radio"/>
Kategorie D - Verkaufsräume	0,6	<input type="radio"/>
Kategorie E - Lagerräume	0,8	<input type="radio"/>
Kategorie F - Verkehrsflächen, Fahrzeuglast ≤ 30 kN	0,6	<input type="radio"/>
Kategorie G - Verkehrsflächen, 30 kN \leq Fahrzeuglast ≤ 160 kN	0,3	<input type="radio"/>
Kategorie H - Dächer ausgenommen Schneelasten	0	<input type="radio"/>
Kategorie H - Dächer Schneelasten (gemäß DIN EN 1998-1/NA-DE)	0,5	<input type="radio"/>

OK Abbrechen

Abbildung 42: Kombinationsbeiwert ψ_2

Die Lasten des obersten Geschosses sind gesondert einzugeben. Durch Klick auf den Button Dachtypen bearbeiten wird das Fenster **Eigenschaften verwalten** geöffnet.

Die Definition des Dachtyps umfasst wie bei der Eingabe der Deckentypen die Eingabe des Eigengewichts und der Verkehrslasten für die oberste Decke. Zusätzlich ist es notwendig auch das Eigengewicht des Daches in dem Eingabefeld **Eigengewicht Dach** als auf die Deckengrundrissfläche bezogene

verteilte Belastung einzugeben. Weiterhin kann in den zu Verkehrslast(en) → 2(Dach) gehörigen Eingabefeldern die Verkehrslast des Daches mit dem zugehörigen Kombinationsbeiwert eingegeben werden. Auch die Verkehrslast ist wieder auf die Deckengrundrissfläche bezogen. Die eingegebenen Lasten für Eigengewicht und Verkehr des Daches werden gemäß den Angaben in der Registerkarte Wandscheiben (Kapitel 2.3.2) auf die einzelnen Schubwände verteilt.

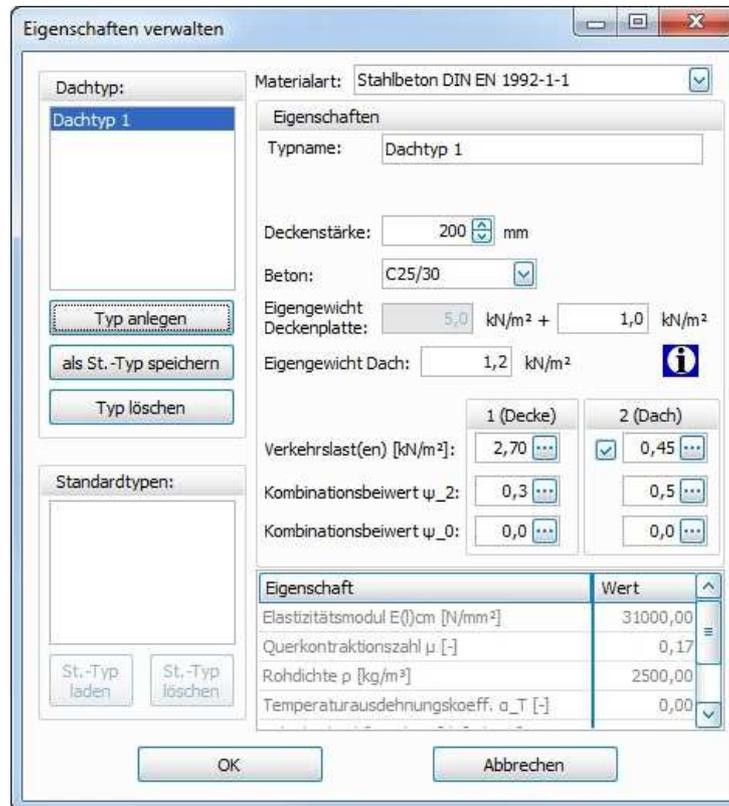


Abbildung 43: Eigenschaften des Daches

Die Koordinateneingabe eines Rand- bzw. Öffnungspolygons kann über die Tastatur oder per Maus erfolgen. Jedes Polygon muss für sich als geschlossener Polygonzug eingegeben werden. Die Eingabe der Polygonkoordinaten erfolgt durch Umfahren der jeweiligen Fläche im oder gegen den Uhrzeigersinn. Das Polygon wird durch die gestrichelte Linie automatisch geschlossen, so dass eine doppelte Eingabe des Start- und Endpunktes unnötig ist.

Die Eckpunkte der Decke können im Auswahlmodus  durch Eingabe der entsprechenden Koordinaten in den Spalten X und Y festgelegt und durch Drücken des Buttons **Hinzufügen** dem Polygon zugeordnet werden. Analog zur Eingabe der Wandscheiben und Stützen erfolgt die Eingabe der Eckpunkte im globalen Koordinatensystem oder über einen Bezugspunkt mit Hilfe von relativen Koordinaten.

Die Eingabe des Polygons kann auch per Maus erfolgen. Dazu muss der Zeichenmodus  aktiviert werden. Mit der linken Maustaste werden neue Punkte zum Polygon hinzugefügt; mit der rechten Maustaste wird das Polygon fertig gestellt. Die Eingabe kann auch mit Hilfe des Rasters, Fang-Länge oder Fang-Winkel erfolgen. (siehe Kapitel 2.3.2.2).

Öffnungspolygone können durch Drücken des Buttons **Neues Öffnungspolygon** erzeugt werden. Die Eingabe erfolgt analog zur Eingabe des Randpolygons.



Ist eine Kante des Öffnungspolygons deckungsgleich mit dem Randpolygon, so können beide Elemente über **Öffnung mit Rand verbinden** zu einem Randpolygon zusammengefasst werden.

Zu einem ausgewählten Polygon können Punkte hinzugefügt werden. Dazu ist in der Polygonliste ein Polygon auszuwählen und die neuen Koordinaten einzugeben. Die Koordinaten werden dem Polygon immer hinter dem markierten Punkt in der linken Box hinzugefügt.

Die Koordinaten der Punkte können jederzeit in der linken Box Decke angepasst werden. Bei aktiviertem Auswahlmodus  können die Punkte auch per Drag & Drop angepasst werden. Dazu muss das jeweilige Polygon aktiviert werden. Die zugehörigen Polygonpunkte (dargestellt als rote Quadrate) können dann per Maus verschoben werden.

Durch Drücken des Buttons Element löschen wird je nach Auswahl in der linken Box Rand-/Öffnungspolygone entweder der aktuell ausgewählte Punkt eines Polygons oder das Gesamtpolygon gelöscht.

3. Nachweis

In diesem Kapitel werden für die vier Nachweisverfahren die Optionen bei der Nachweisführung sowie die Ergebnisse und Ergebnisdokumentation vorgestellt.

3.1 DIN EN 1998-1/NA-DE – Vereinfachter Nachweis

Ein expliziter Sicherheitsnachweis ist für einfache Mauerwerksbauten nicht erforderlich. Gebäude können in diese Kategorie eingestuft werden, wenn sie die Kriterien nach DIN EN 1998/1 Abschnitt 9.2, 9.5 und 9.7.2 genügen.

3.1.1 Nachweis

Der „vereinfachte“ Nachweis überprüft die Einhaltung der konstruktiven Regeln des Gebäudes gemäß DIN EN 1998/1 Abschnitt 9.7.1. Die überprüften Punkte werden der Reihe nach in dem Dialogfenster aufgeführt. Da manche konstruktive Regeln aus den eingegebenen Daten nicht automatisch überprüft werden können, erfolgt die Abfrage interaktiv. Die Fragen können mit **Ja** oder **Nein** beantwortet werden. Eingehaltene Bedingungen erhalten den Status **OK**, nicht eingehaltene Bedingungen bekommen den Status **FEHLGESCHLAGEN**. Zusätzlich kann jeder Abfrage ein Kommentar zugewiesen werden, der im Bericht mit aufgeführt wird.

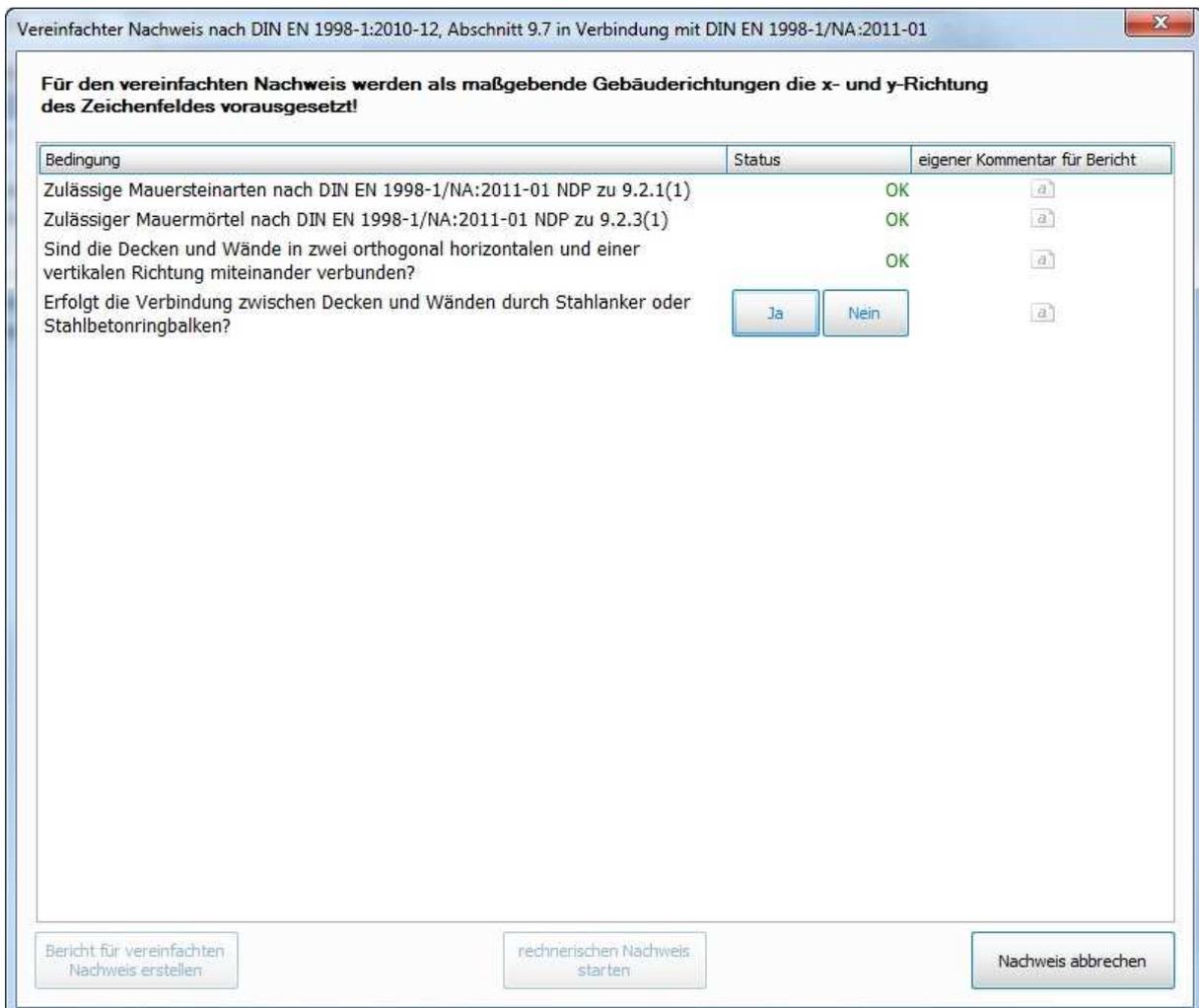


Abbildung 44: Interaktive Kontrolle der konstruktiven Regeln

Wenn das Gebäude den Anforderungen nach DIN EN 1998-1/NA Tabelle NA.12 Fußnote e) ($B \leq 7$ m, $L \leq 12$ m, zwei parallele Wände in beiden orthogonalen Richtung mit einer Mindestlänge von 40% der Bauwerkslänge) entspricht, kommt zusätzlich die Abfrage, ob es sich um ein Reihenhaus handelt.

Die konstruktiven Regeln umfassen auch Anforderungen an die effektive Dicke t_{ef} und die Schlankheit h_{ef}/t_{ef} der Mauerwerksscheiben. Die Knicklänge h_{ef} wird nach DIN EN 1996-1-1 Abschnitt 5.5.1.2 und DIN EN 1996-1-1/NA NCI zu Abschnitt 5.5.1.2 bestimmt (s. Kapitel 4.2.1.2). Die Fragen können mit Hilfe des Hinweises beantwortet werden. Über **Hinweis** öffnet sich ein Dialogfenster, das zu jeder Wand die Daten bereitstellt. Die Berechnung der Schlankheit erfolgt dabei unter Berücksichtigung des Verfahrens, das in den Nachweiseinstellungen gewählt wurde, welches in Kapitel 4.2.1.2 beschrieben ist.

3.1.2 Ergebnisausgabe

Das Ergebnis der Überprüfung aller Bedingungen (Notwendigkeit eines expliziten Sicherheitsnachweises) wird ebenfalls in dem Fenster angegeben. Anschließend kann zur Programmeingabe zurückgekehrt werden oder es kann über den Button **Bericht zusammenstellen** der Bericht für den vereinfachten Nachweis individuell zusammengestellt und geöffnet werden.

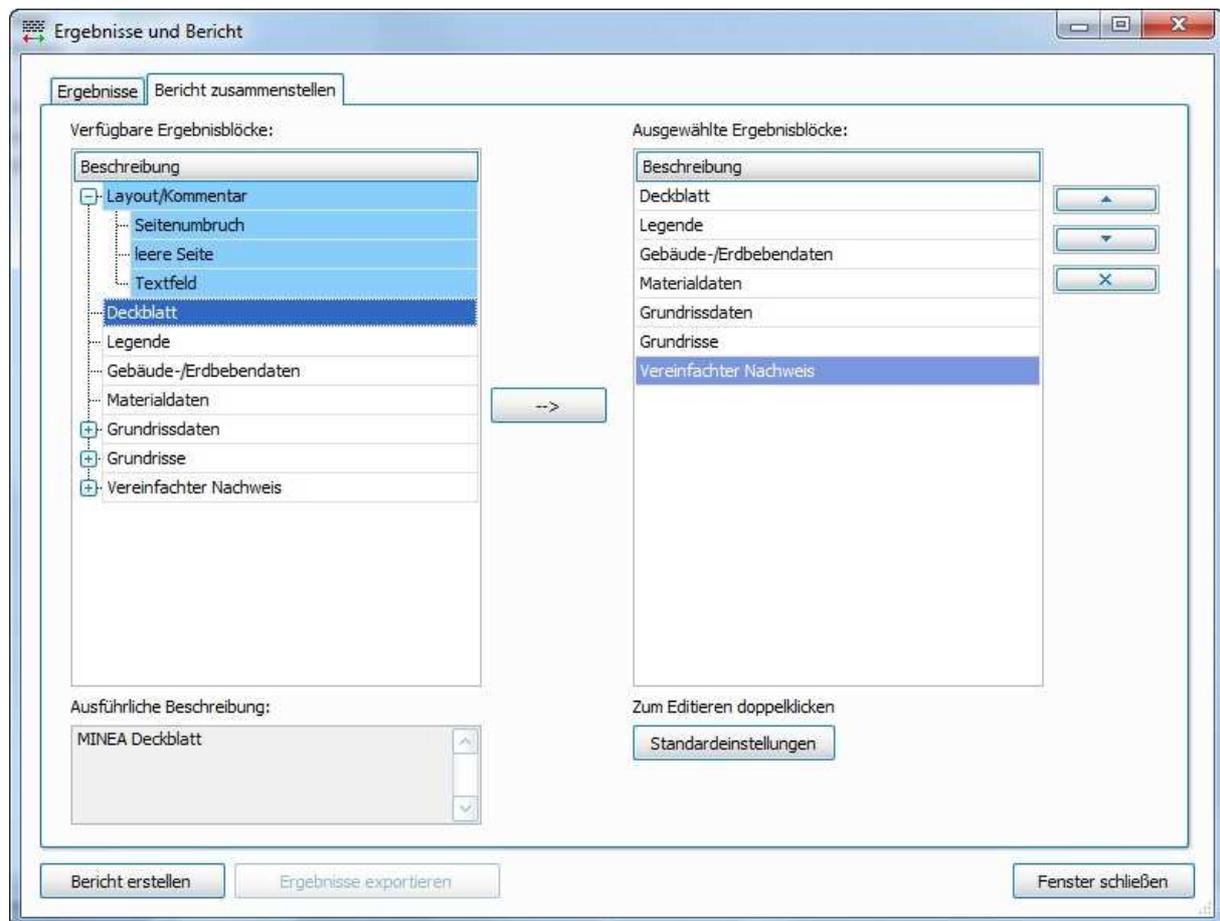


Abbildung 45: Zusammenstellung des Berichtes

Im linken Bereich des Fensters sind alle verfügbaren Ergebnisblöcke und Layout/Kommentaroptionen aufgelistet. Diese können über  dem Bericht hinzugefügt werden oder es können die Standardeinstellungen gewählt werden. Die aktuelle Zusammenstellung des Berichtes ist im rechten Bereich dargestellt. Durch  können einzelne Ergebnisblöcke entfernt und über  und  kann die Reihenfolge der Berichtsböcke geändert werden. Der Inhalt hinzugefügter Textfelder kann

durch einen Doppelklick editiert werden. Abschließend kann der Bericht über **Bericht erstellen** angezeigt werden.

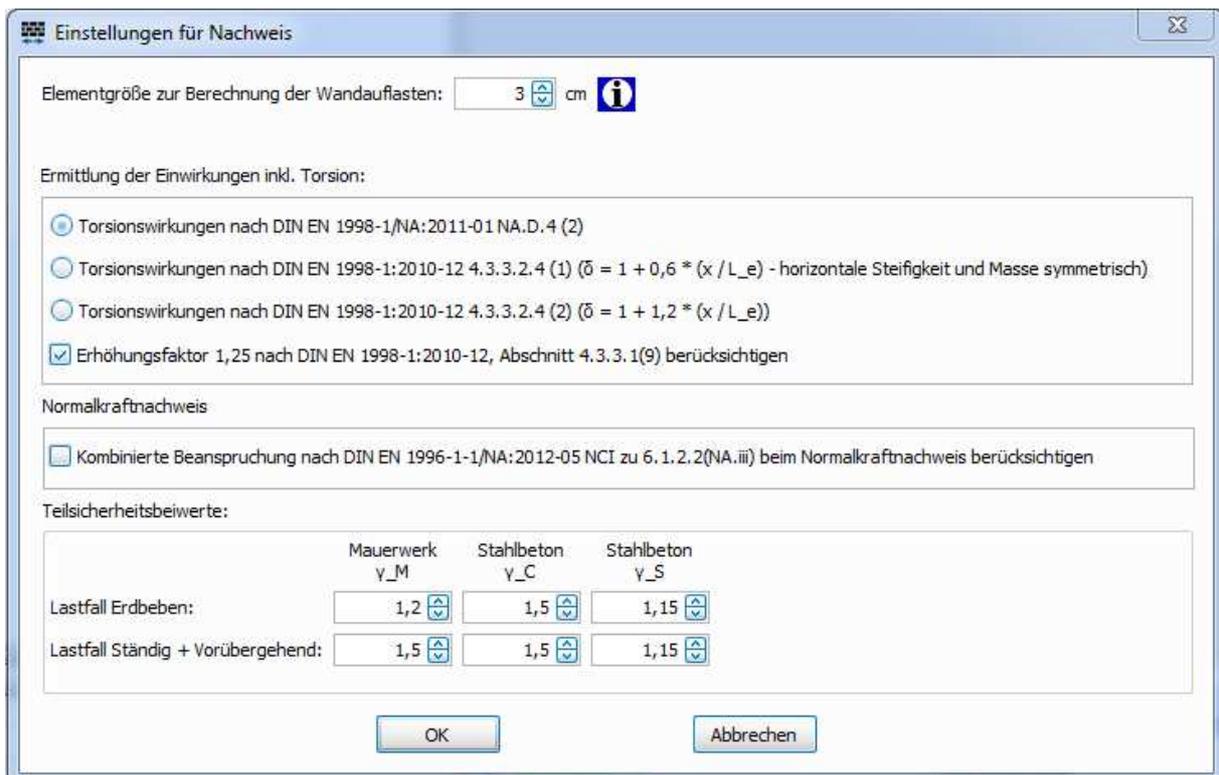
3.2 DIN EN 1998-1/NA-DE – DIN EN 1996-1-1/NA-DE (2D)

Der Nachweis der Mauerwerkswände erfolgt nach DIN EN 1998-1 und der DIN EN 1998-1/NA in Kombination mit der DIN EN 1996-1-1 und der DIN EN 1996-1-1/NA. Nach den Normen stehen unterschiedliche Möglichkeiten zur Ermittlung der Einwirkungen und der Nachweisführung zur Verfügung, die in den Nachweiseinstellungen individuell festgelegt und in der Ergebnisausgabe evaluiert und beurteilt werden können.

3.2.1 Nachweiseinstellungen

Unter dem Menüpunkt Nachweiseinstellungen (s. Abschnitt 1.3.1) erfolgt die Wahl hinsichtlich der Vertikal- und Horizontallastermittlung sowie der Nachweisführung:

- Vertikallastermittlung
- Horizontallastermittlung
- Nachweis: Normalkraftnachweis
- Nachweis: Teilsicherheitsbeiwerte



Elementgröße zur Berechnung der Wandaufasten: 3 cm

Ermittlung der Einwirkungen inkl. Torsion:

- Torsionswirkungen nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 NA.D.4 (2)
- Torsionswirkungen nach DIN EN 1998-1:2010-12 4.3.3.2.4 (1) ($\delta = 1 + 0,6 * (x / L_e)$ - horizontale Steifigkeit und Masse symmetrisch)
- Torsionswirkungen nach DIN EN 1998-1:2010-12 4.3.3.2.4 (2) ($\delta = 1 + 1,2 * (x / L_e)$)
- Erhöhungsfaktor 1,25 nach DIN EN 1998-1:2010-12, Abschnitt 4.3.3.1(9) berücksichtigen

Normalkraftnachweis

- Kombinierte Beanspruchung nach DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05 NCI zu 6.1.2.2(NA.iii) beim Normalkraftnachweis berücksichtigen

Teilsicherheitsbeiwerte:

	Mauerwerk γ_M	Stahlbeton γ_C	Stahlbeton γ_S
Lastfall Erdbeben:	1,2	1,5	1,15
Lastfall Ständig + Vorübergehend:	1,5	1,5	1,15

OK Abbrechen

Abbildung 46: Nachweiseinstellungen im Nachweisverfahren "DIN EN 1998-1/NA - DIN EN 1996-1-1 (2D)"

Die Elementgröße zur Ermittlung der Wandaufasten steuert die Genauigkeit der Lastermittlung. Je kleiner der Wert gewählt wird, desto genauer ist die Berechnung. Die empfohlene Elementgröße liegt zwischen 3 und 10 cm. Die daraus resultierenden Lasteinzugsflächen können grafisch vor der Ergebnisausgabe kontrolliert werden.

Die Ermittlung der Horizontalkräfte kann über den zweiten Block gesteuert werden. Es stehen drei Ansätze zur Berücksichtigung von Torsionswirkungen (s. Kapitel 4.3.3.1.3) zur Verfügung. Zudem ist es

möglich, die Erhöhung der Erdbebeneinwirkung nach DIN EN 1998-1 4.3.3.1(9) bei stark regelmäßigen Grundrissen nicht zu berücksichtigen.

Für die Normkraftnachweise am Wandkopf und in Wandmitte kann die Berücksichtigung der kombinierten Beanspruchung nach DIN EN 1996-1-1/NA NCI zu 6.1.2.2(NA.iii) eingestellt werden.

Die manuelle Eingabe der Teilsicherheitsbeiwerte für die einzelnen Lastfälle erfolgt ebenfalls im Menü Nachweiseinstellungen.



Die Nachweiseinstellungen werden global festgelegt und werden nicht mit den einzelnen Projekten abgespeichert.

3.2.2 Nachweis

Der Nachweis wird über den Menüpunkt **Nachweis starten** (s. Kapitel 1.3.3) gestartet. Anschließend öffnet sich ein Fenster mit einer Übersicht der Ergebnisse.

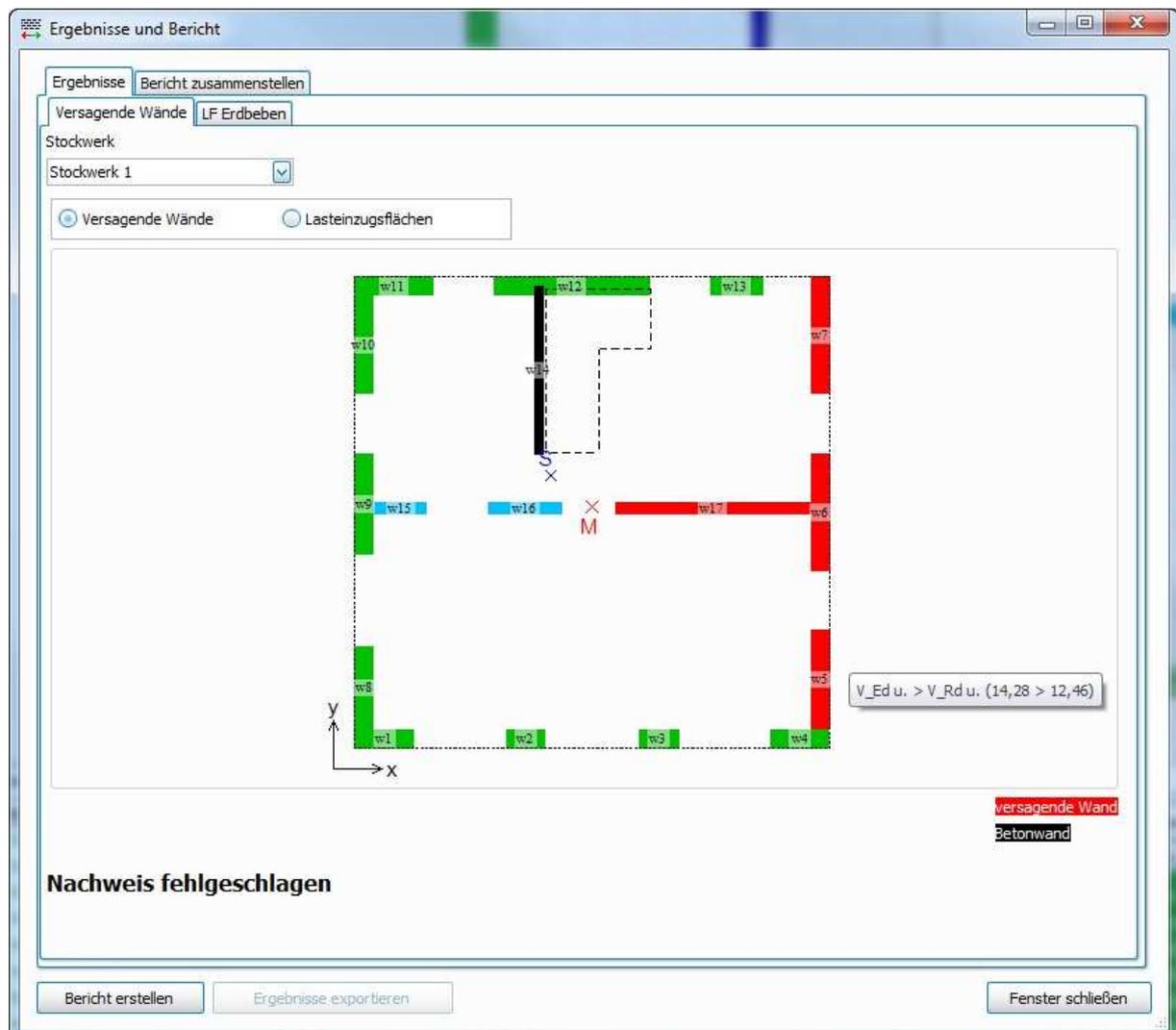


Abbildung 47: Ergebnisse und Bericht im Nachweisverfahren "DIN EN 1998-1/NA - DIN EN 1996-1-1/NA - 2D"

Der Reiter **Versagende Wände** gibt eine Übersicht über die versagenden Wände und die Vertikalbelastung der Wandscheiben. Über den Punkt **Lasteinzugsflächen** werden diese dargestellt und können

grafisch beurteilt und kontrolliert werden. Der Punkt **Versagende Wände** liefert einen Überblick über die Nachweise der einzelnen Stockwerke. Versagende Mauerwerkswände sind in Rot dargestellt. Eine detailliertere Darstellung der Ergebnisse wird auf den Reitern **LF Erdbeben** und **LF Ständig und Vorübergehend (maßgebende Kombination)** gegeben. Auf diesen Reitern wird für jede Mauerwerkswand die Einwirkung dem Widerstand gegenüber gestellt. Dies ermöglicht eine schnelle Beurteilung des Gebäudes.

3.2.3 Ergebnisausgabe

In dem Fenster Ergebnisse und Bericht können weiterhin die Ergebnisse übersichtlich zusammengestellt werden. Durch einen modularen Aufbau der Berichtsausgabe kann dieser den jeweiligen Anforderungen leicht angepasst werden (s. Kapitel 3.1.2).

3.3 DIN EN 1998-1/NA-DE – DIN EN 1996-1-1/NA-DE (3D)

3.3.1 Nachweiseinstellungen

Unter dem Menüpunkt Nachweiseinstellungen (s. Abschnitt 1.3.1) erfolgt die Wahl des Pfades für temporäre Berechnungsdateien sowie der Nachweisführung:

- Pfad für temporäre Berechnungsdateien
- Nachweis: Normalkraftnachweis
- Nachweis: Teilsicherheitsbeiwerte



Als Ordner für die temporäre Berechnungsdatei ist unbedingt ein NEUER Ordner auf der lokalen Festplatte anzulegen. ALLE Dateien in dem Ordner, auch programm-fremde, werden im Zuge der Berechnung gelöscht.

	Mauerwerk y _M	Stahlbeton y _C	Stahlbeton y _S
Lastfall Erdbeben:	1,2	1,5	1,15
Lastfall Ständig + Vorübergehend:	1,5	1,5	1,15

Abbildung 48: Nachweiseinstellungen im Nachweisverfahren "DIN EN 1998-1/NA - DIN EN 1996-1-1 (3D)"

3.3.2 Nachweis

Der Nachweis wird über den Menüpunkt **Nachweis starten** (s. Kapitel 1.3.3) gestartet. Anschließend öffnet sich ein Fenster mit einer Übersicht der Ergebnisse.

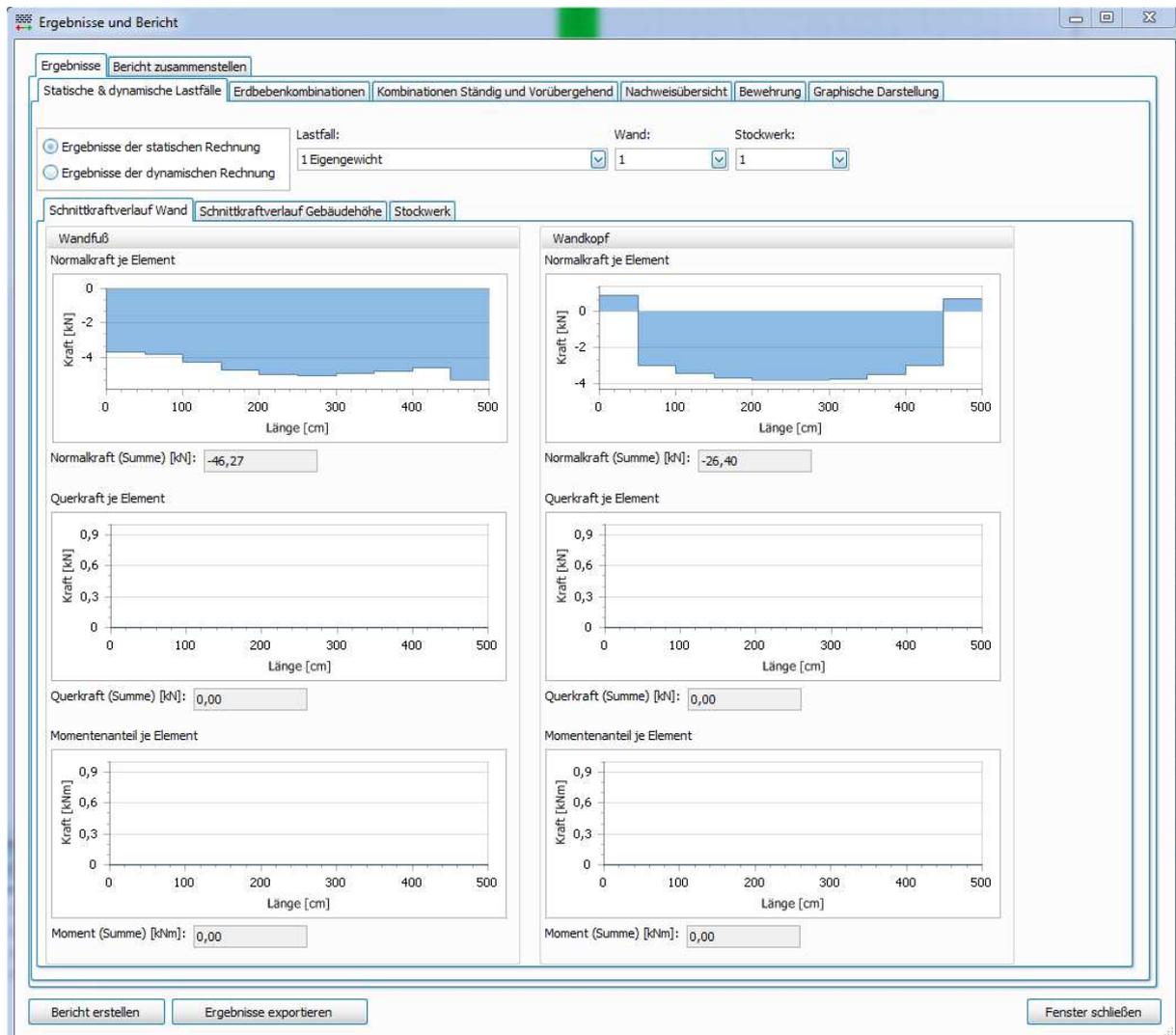


Abbildung 49: Ergebnisse und Bericht im Nachweisverfahren "DIN EN 1998-1/NA - DIN EN 1996-1-1/NA - 3D"

Unter dem Reiter **Statische und dynamische Ergebnisse** können die Schnittgrößen je Wandscheibe abgelesen werden, jeweils getrennt nach Ergebnissen der statischen und Ergebnissen der dynamischen Berechnung. Dabei sind unter dem Reiter **Schnittkraftverlauf Wand** sämtliche Schnittgrößen über die Wandlänge, jeweils für den Wandkopf und den Wandfuß dargestellt. Unter einem weiteren Reiter **Schnittkraftverlauf Gebäudehöhe** sind die Verläufe von Normalkraft, Querkraft und Moment über die Gebäudehöhe aufgeführt. Informationen über die Ergebnisse für ein gesamtes Stockwerk sind unter dem Reiter **Stockwerk** aufgelistet.

Unter den Reitern **Erdbebenkombination** sowie **Kombinationen ständig und vorübergehend** sind jeweils die ausführlichen Ergebnisse dargestellt, in einer grafischen Übersicht **Versagende Wände** sowie in Tabellenform mit einer Auflistung der numerischen Nachweisergebnisse (s.a. 3.2.2).

Der Reiter **Nachweisübersicht** liefert eine grafische Übersicht mit den versagenden Wänden, in die die Ergebnisse aller Nachweise einfließen.



Unter dem Punkt **Bewehrung** sind die erforderlichen Biegebewehrungsmengen der Decken grafisch dargestellt.

Der letzte Reiter **Graphische Darstellung** zeigt zunächst unter dem Punkt **Eigenformen** die berechneten Eigenformen in einer dreidimensionalen Grafik. Durch Scrollen mit der Maus kann die Grafik herangezoomt oder kleiner dargestellt werden. Durch Halten der linken Maustaste auf der Grafik kann die Grafik beliebig rotiert werden. Unter dem Reiter **Eigenfrequenzen** sind die Eigenfrequenzen in tabellarischer Form aufgeführt. Über das Feld **Zeige Deckennetz** lässt sich eine Grafik mit dem Deckennetz öffnen. Der letzte Reiter **Verformungen** zeigt grafisch die Verformungsfiguren an. Auch hier kann die Grafik mittels Scrollen oder Halten der linken Maustaste bewegt werden. Über eine Farbskala können auch die numerischen Werte der Verformungen in jede Richtung abgelesen werden.

3.3.3 Ergebnisausgabe

In dem Fenster Ergebnisse und Bericht können weiterhin die Ergebnisse übersichtlich zusammengestellt werden. Durch einen modularen Aufbau der Berichtsausgabe kann dieser den jeweiligen Anforderungen leicht angepasst werden (s. Kapitel 3.1.2).

4. Theorie

Dieses Kapitel umfasst die theoretischen Grundlagen und normativen Verweise. Erst wird die Erdbebeneinwirkung vorgestellt und dann die Nachweise getrennt nach den einzelnen Verfahren.

4.1 Erdbebeneinwirkung

Die seismische Einwirkung wird durch ein Bemessungsspektrum nach DIN EN 1998-1/NA beschrieben, das auf Grundlage einer Erdbebenzonierung (Zonen 0 bis 3), der am Standort vorliegenden geologischen Untergrundklasse (Klassen R, S, T) und der Baugrundklasse (A, B, C) aufgestellt wird (siehe nachstehende Abbildung).

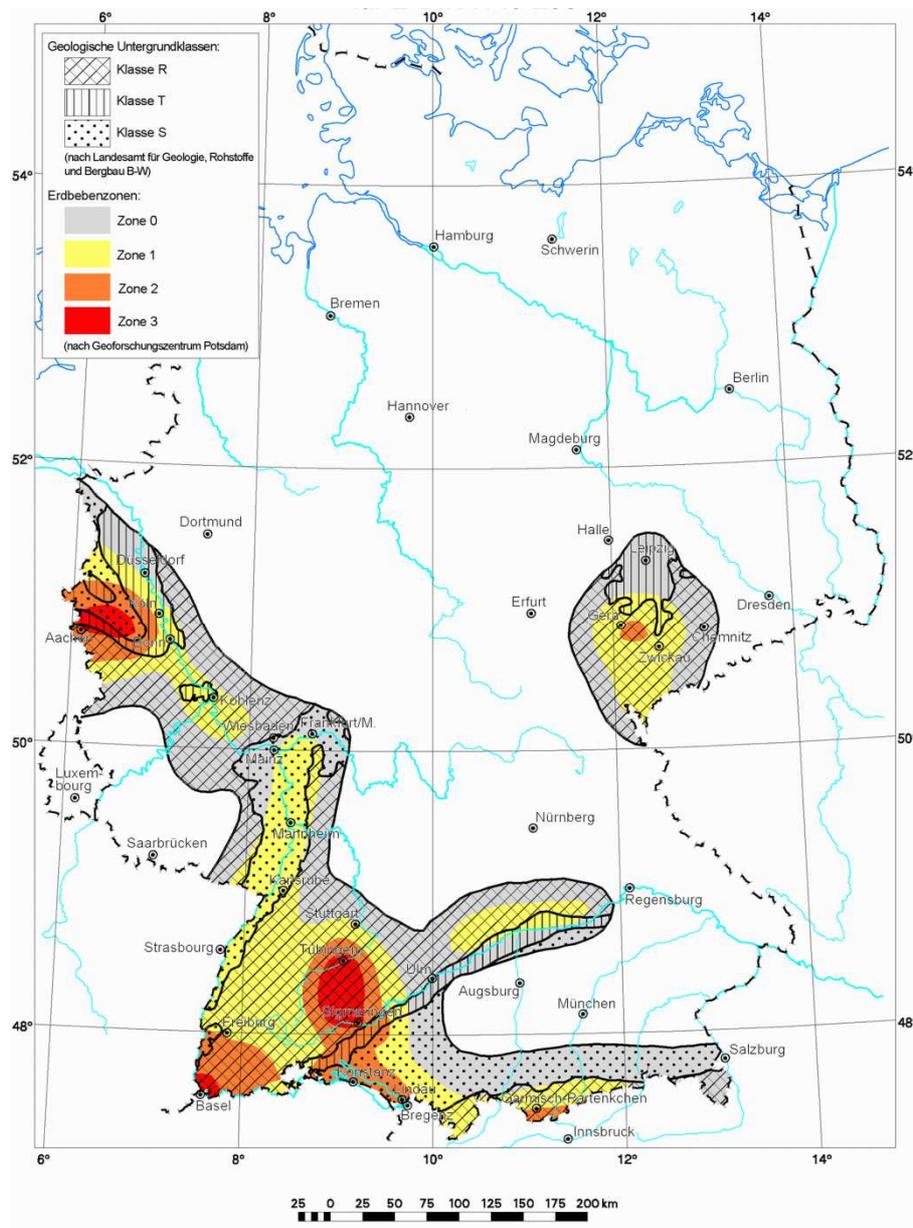


Abbildung 50: Erdbebenzonen und Untergrundklassen in Deutschland

Das horizontale Bemessungsspektrum ist nach DIN EN 1998-1/NA Abschnitt NDP zu 3.2.2.5(4)P (NA.4.3) definiert. Dem Spektrum liegt eine Referenz-Wiederkehrperiode von 475 Jahren zugrunde. Dies entspricht einer Wahrscheinlichkeit des Auftretens oder Überschreitens von 10 %

innerhalb von 50 Jahren. Der Verlauf des Bemessungsspektrums wird durch vier Bereiche gegeben:

$$\text{Bereich I: } T_A \leq T \leq T_B \quad S_d(T) = a_{gR} \cdot \gamma_1 \cdot S \cdot \left(1 + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - 1 \right) \right)$$

$$\text{Bereich II: } T_B \leq T \leq T_C \quad S_d(T) = a_{gR} \cdot \gamma_1 \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}$$

$$\text{Bereich III: } T_C \leq T \leq T_D \quad S_d(T) = a_{gR} \cdot \gamma_1 \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C}{T}$$

$$\text{Bereich IV: } T_D \leq T \quad S_d(T) = a_{gR} \cdot \gamma_1 \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2}$$

$S_d(T)$ Ordinate des Bemessungsspektrums in Abhängigkeit der Periode T

a_{gR} der Referenz-Spitzenwert der Bodenbeschleunigung nach DIN EN 1998-1/NA Tabelle NA.3

γ_1 Bedeutungsbeiwert nach DIN EN 1998-1/NA Tabelle NA.6

T_i Kontrollperioden des Antwortspektrum nach DIN EN 1998-1/NA Tabelle NA.4 ($i = A, B, C, D$)

S Untergrundparameter

q Verhaltensbeiwert

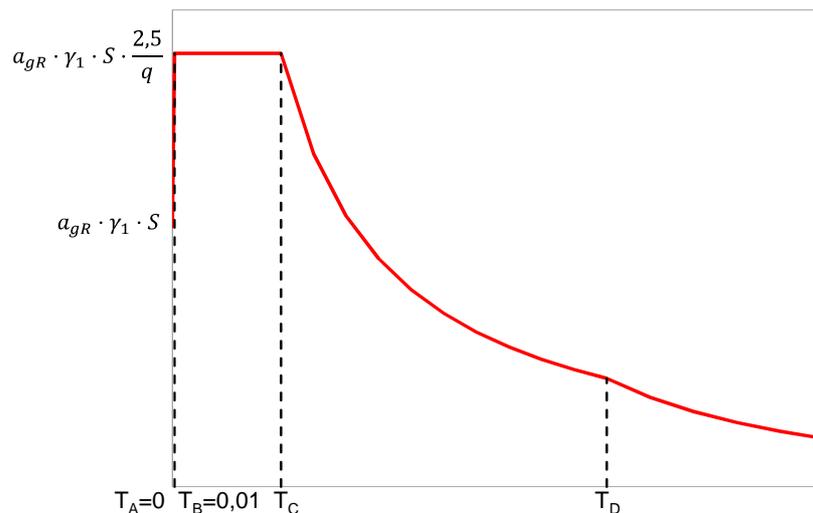


Abbildung 51: Bemessungsspektrum

Bei der in Abhängigkeit von der Erdbebenzone definierten Bodenbeschleunigung a_{gR} handelt es sich um eine effektive Bodenbeschleunigung, die einen nominellen Wert zur Charakterisierung der Auswirkung eines Erdbebens in Bezug auf die üblichen Bauwerksfrequenzen darstellt. Effektive Bodenbeschleunigungen sind im Regelfall kleiner als maximale Bodenbeschleunigungen und eine direkte Umrechnung dieser Werte ist nur näherungsweise möglich (Meskouris et al., 2007).

Tabelle 1: Zuordnung der Bodenbeschleunigung zu den Erdbebenzonen nach DIN EN 1998-1/NA Tabelle NA.3

Erdbebenzone	Intensitätsintervall	Referenz-Spitzenwert der Bodenbeschleunigung a_{gR} [m/s ²]
0	$6,0 \leq I < 6,5$	-
1	$6,5 \leq I < 7,0$	0,4
2	$7,0 \leq I < 7,5$	0,6
3	$7,5 \leq I$	0,8

Die Bedeutung eines Bauwerks wird durch die Zuordnung zu einer der Bedeutungskategorien I-IV berücksichtigt. Jeder Kategorie ist ein Bedeutungsbeiwert γ_1 zugeordnet, mit dem das Spektrum linear skaliert wird. Damit erfolgt die seismische Bemessung für Bauwerke mit höherer Bedeutung mit erhöhten Erdbebenlasten.

Tabelle 2: Bedeutungskategorien und Bedeutungsbeiwerte nach DIN EN 1998-1/NA Tabelle NA.6

Bedeutungskategorie	Bauwerke	Bedeutungsbeiwert γ_1
I	Bauwerke ohne Bedeutung für den Schutz der Allgemeinheit, mit geringem Personenverkehr (z.B. Scheunen, Kulturgewächshäuser, usw.).	0,8
II	Bauwerke, die nicht zu den anderen Kategorien gehören (z.B. kleinere Wohn- und Bürogebäude, Werkstätten, usw.).	1,0
III	Bauwerke, von deren Versagen bei Erdbeben eine große Zahl von Personen betroffen ist (z.B. große Wohnanlagen, Schulen, Versammlungsräume, Kaufhäuser, usw.).	1,2
IV	Bauwerke, deren Unversehrtheit im Erdbebenfall von hoher Bedeutung für den Schutz der Allgemeinheit ist (z.B. Krankenhäuser, wichtige Einrichtungen des Katastrophenschutzes, der Feuerwehr und der Sicherheitskräfte, usw.).	1,4

Die Kontrollperioden T_A , T_B , T_C und T_D sowie der Bodenparameter S sind in der DIN EN 1998-1/NA in Abhängigkeit der geologischen Untergrund- und Baugrundklasse tabelliert. Die Kontrollperiode T_A ist auf 0 s festgelegt und die Periode T_B wird nach DIN EN 1998-1/NA NDP zu 3.2.2.5(4)P (NA.4.4) beim Bemessungsspektrum zu 0,01 s gesetzt.

Tabelle 3: Bodenparameter und Kontrollperioden nach DIN EN 1998-1/NA Tabelle NA.4

Untergrundverhältnis	S	T_B	T_C	T_D
	[-]	[s]	[s]	[s]
A-R	1,00	0,05	0,20	2,0
B-R	1,25	0,05	0,25	2,0
C-R	1,50	0,05	0,30	2,0
B-T	1,00	0,1	0,30	2,0
C-T	1,25	0,1	0,40	2,0
C-S	0,75	0,1	0,50	2,0

Die Verhaltensbeiwerte q für Mauerwerk sind in Abhängigkeit der Mauerwerksart und des Geometrieverhältnisses h/l in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt. Bei der Berechnung des h/l Verhältnisses ist h die lichte Geschosshöhe und l die zugehörige Wandlänge. Bei Werten von h/l zwischen 1 und 1,6 darf linear interpoliert werden. Maßgebend ist in jeder Richtung die längste Wand in der betrachteten Gebäuderichtung. Der Verhaltensbeiwert von Bauwerken, die im Aufriss nicht regelmäßig sind, sollte um 20% abgemindert werden, wobei keine Abminderung auf Werte kleiner als 1,5 nötig ist.

Tabelle 4: Verhaltensbeiwert q nach DIN EN 1998-1/NA Tabelle NA.9

Mauerwerksart	Wandgeometrie	
	$h/l^a \leq 1$	$h/l \geq 1,6$
Unbewehrtes Mauerwerk ^{b,c}	1,5	2,0
Eingefasstes Mauerwerk	2,0	2,5

^a h/l bezeichnet das Verhältnis der lichten Geschosshöhe zur Länge der längsten Wand in der betrachteten Gebäuderichtung.

^b Die Verwendung von Verhaltensbeiwerten $q > 1,5$ ist nur zulässig, wenn bei der Bemessungssituation infolge Erdbeben die mittlere Normalspannung in den entsprechenden Wänden 15% der charakteristischen Mauerwerksdruckfestigkeit f_k nach DIN EN 1996-1-1 nicht überschreitet.

^c Die Tragwerksmodellierung darf nach DIN EN 1996-1-1 erfolgen.



Standardmäßig verwendet MINEA unabhängig von den Geometrieverhältnissen einen q -Beiwert von 1,5. Dieser kann in den beiden horizontalen Richtungen unter „Erdbebendaten“ variiert werden.

Das Bemessungsspektrum wird von MINEA basierend auf den Angaben automatisch generiert. Die Eingaben können direkt oder ortsbezogen erfolgen. Alternativ bietet MINEA bei allen Nachweisverfahren außer dem Verfahren „DIN EN 1998-1/NA-DE – Vereinfachter Nachweis“ die Möglichkeit ein freies Spektrum zu definieren. Das eingegebene Spektrum wird direkt bei der Bemessung berücksichtigt.

4.2 DIN EN 1998-1 - Vereinfachter Nachweis

Für „einfache Mauerwerksbauten“ ist nach DIN EN 1998-1 9.7.1 ein expliziter Sicherheitsnachweis nicht erforderlich, sofern die Anforderungen an das Material nach 9.2, Auslegungskriterien und Konstruktionsregeln nach 9.5 sowie weitere Regeln nach 9.7.2 eingehalten sind.

4.2.1 Nachweis

Die Anforderungen der Norm werden in dem Nachweisverfahren „DIN EN 1998-1/NA-DE – Vereinfachter Nachweis“ interaktiv überprüft. Sofern es möglich ist, wird die Erfüllung der Anforderungen von MINEA automatisch überprüft. Als maßgebende orthogonale Richtungen werden dabei die x- und y-Richtung der Zeichenebene verwendet.

4.2.1.1 Baustoffe und Ausführung nach DIN EN 1998-1 Abschnitt 9.2

Die Anforderung an die Baustoffe und Ausführung sind in der nachfolgenden Tabelle zusammen gestellt.

Tabelle 5: Baustoffe und Ausführung nach DIN EN 1998-1:2010-12/NA:2011-01 Abschnitt 9.2

Absatz	Konstruktionsregel	Erfüllt
1(1)	Mauersteine nach DIN EN 771-1, DIN EN 771-2, DIN EN 771-3, DIN EN 771-4, sofern diese nach den entsprechenden Anwendungsnormen DIN V 105-6, DIN V 20000-401, -402, -403, -404 oder Mauersteine, die nach einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geeignet sind, oder zusätzlich folgende Anforderungen erfüllen: Mauerziegel nach DIN V 105-100, Kalksandsteine nach DIN V 106, Betonsteine nach DIN V 18151-100, DIN V 18152-100 oder DIN V 18153-100, Porenbetonsteine nach DIN V 4165-100.	✓/✗
3(1)	Mauermörtel nach DIN EN 998-2 in Verbindung mit DIN V 20000-412:2004-03 oder nach DIN V 18580	✓/✗
4(1)	In den Erdbebenzonen 1 bis 3 dürfen alle Klassen der Stoßfugenausführung verwendet werden.	✓/✗

4.2.1.2 Auslegungskriterien und Konstruktionsregeln nach DIN EN 1998-1 Abschnitt 9.5

Die Anforderungen an die Auslegungskriterien und Konstruktionsregeln sind in der nachfolgenden Tabelle zusammen gestellt.

Tabelle 6: Auslegungskriterien und Konstruktionsregeln nach DIN EN 1998-1:2010-12/NA:2011-01 Abschnitt 9.5

Absatz	Konstruktionsregel	Erfüllt
(1)	Hochbauten aus Mauerwerk müssen aus Decken und Wänden bestehen, die in zwei orthogonalen horizontalen und einer vertikalen Richtung miteinander verbunden sind	✓/✗
(2)	Die Verbindung zwischen Decken und Wänden muss durch Stahlanker oder Stahlbetonringbalken erfolgen	✓/✗
(3)	Jeder Deckentyp darf verwendet werden, vorausgesetzt, die allgemeinen Kontinuitätsanforderungen und eine wirksame Scheibenwirkung sind sichergestellt.	✓/✗
(4)	Schubwände müssen in mindestens zwei orthogonalen Richtungen vorgesehen sein.	✓/✗
(5) a)	Die effektive Dicke von Schubwänden t_{ef} darf nicht geringer als ein Mindestwert $t_{ef,min}$ (115 mm in Erdbebenzone 1, 150 mm bzw. 115 mm bei einem Verhältnis $h_{ef}/t_{ef} \leq 15$ in Erdbebenzone 2 und 175 mm in Erdbebenzone 3) sein: $t_{ef} \geq t_{ef,min}$	✓/✗
(5) b)	Die Schlankheit der Wände, als das Verhältnis der effektiven Knicklänge der Wand zu ihrer effektiven Dicke, darf einen Höchstwert (27 in Erdbebenzone 1, 18 in Erdbebenzone 2 und 15 in Erdbebenzone 3) nicht überschreiten: $\frac{h_{ef}}{t_{ef}}$	✓/✗
(5) c)	Das Verhältnis der Wandlänge zur größten lichten Höhe h von an dieser Wand angrenzenden Öffnungen darf nicht geringer sein als ein Mindestwert (0,27 für alle Erdbebenzonen): $\frac{l}{h} \leq 0,27$	✓/✗

Die effektive Dicke t_{ef} entspricht bei einschaligen Wänden, zweischaligen Wänden ohne Luftschicht, Wänden mit Randstreifenvermörtelung der Lagerfugen sowie verfüllten zweischaligen Wänden der vorhandenen Wanddicke. Bei zweischaligen Wänden, deren Schalen mit Mauerankern verbunden sind, entspricht die effektive Dicke der tatsächlichen Dicke der tragenden Schale. Die effektive Wanddicke aussteifender Wände, die mit Pfeilern kraftschlüssig verbunden sind, kann nach DIN EN 1996-1-1 durch eine Erhöhung der tatsächlichen Dicke erfolgen. Dies bleibt bei MINEA unberücksichtigt.

Zur Beurteilung der Schlankheit (Verhältnis der effektiven Knicklänge zur effektiven Dicke) bietet MINEA als Entscheidungshilfe eine tabellarische Übersicht dieser Werte ohne Berücksichtigung der Wandschwächung durch Schlitze oder Aussparungen. Die dafür erforderliche Ermittlung der Knicklänge erfolgt nach DIN EN 1996-1-1 Abschnitt 5.5.1.2 in Verbindung mit DIN EN 1996-1-1/NA NCI zu Abschnitt 5.5.1.2.

Nach 1996-1-1 Abschnitt 5.5.1.2 bestimmt sich die Knicklänge h_{ef} zu:

$$h_{ef} = \rho_n \cdot h$$

mit der lichten Geschosshöhe h (hier der eingegebenen Stockwerkshöhe) und dem Abminderungsfaktor ρ_n je nach Halterung der auszusteienden Wand. Für die gehaltene Wand sowie die haltenden Wände gelten die Anforderungen nach DIN EN 1996-1-1 Abschnitt 5.5.1.2.

Die Berechnung der Abminderungsfaktoren ρ_n erfolgt nach DIN EN 1996-1-1 Abschnitt 5.5.1.2 in Verbindung mit DIN EN 1996-1-1/NA NCI zu 5.5.1.2.

Für flächig aufgelagerte Massivdecken beträgt der Faktor ρ_2 0,75 für planmäßige Ausmitten $e \leq t/6$ und 1,0 für $e \geq t/3$; Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden. Eine Abminderung mit dem Faktor ρ_2 ist jedoch nur zulässig, wenn bei einer Wanddicke < 125 mm die Auflagertiefe ≥ 100 mm ist bzw. bei einer Wanddicke ≥ 125 mm die Auflagertiefe $\geq 2/3 t$ ist. Die Einhaltung dieser Auflagertiefen wird in MINEA vorausgesetzt.

Bei Wänden, die am Wandkopf und Wandfuß und an einem vertikalen Rand gehalten sind, beträgt der Abminderungsfaktor ρ_3 :

$$\rho_3 = \frac{1}{1 + \left(\alpha_3 \cdot \frac{\rho_2 \cdot h}{3 \cdot l'}\right)^2} \cdot \rho_2 \geq 0,3$$

Bei Wänden, die am Wandkopf und Wandfuß und zwei vertikalen Rändern gehalten sind, beträgt der Abminderungsfaktor ρ_4 :

$$\rho_4 = \frac{1}{1 + \left(\frac{\rho_2 \cdot h}{l}\right)^2} \cdot \rho_2 \quad \text{für } \alpha_4 \cdot \frac{h}{l} \leq 1,0$$

$$\rho_4 = \frac{0,5 \cdot l}{h} \quad \text{für } \alpha_4 \cdot \frac{h}{l} > 1,0$$

Dabei ist hier jeweils l bzw. l' die Länge der Wand zwischen den aussteifenden Wänden oder einem Ende und h die eingegebene Geschosshöhe. Ausgehend von den Eingangsdaten (haltende Wände) ermittelt MINEA den kritischen Wandabschnitt und berechnet für diesen die Knicklänge der Wand.

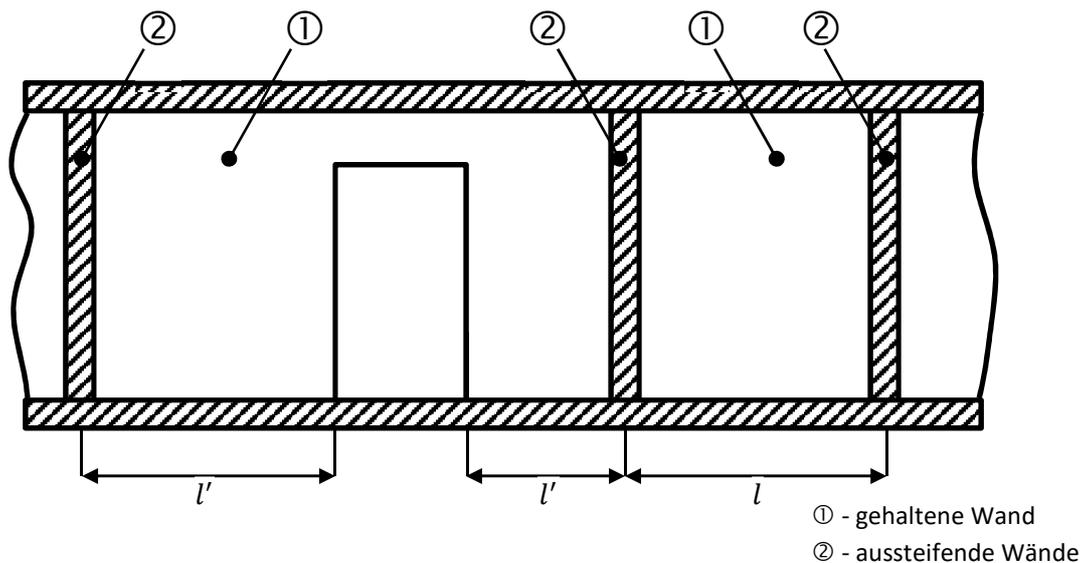


Abbildung 52: Wandlänge 3- und 4-seitig gehaltener Wände

Die der Berechnung zugrunde liegende Länge ergibt sich aus dem Schnittpunkt der gehaltenen Wand und den haltenden Wänden. Für die in Abbildung 53 dargestellte gehaltene Wand wird mit den Längen

l_1 und l_2 überprüft, ob die drei- oder vierseitige Halterung maßgebend ist. Nur die maßgebende Halterung wird in MINEA angegeben. Werden bei Festlegung der haltenden Wände angegeben, die zu weit entfernt oder parallel angeordnet sind, so wird auf der sicheren Seite eine 2-seitige Halterung angenommen.

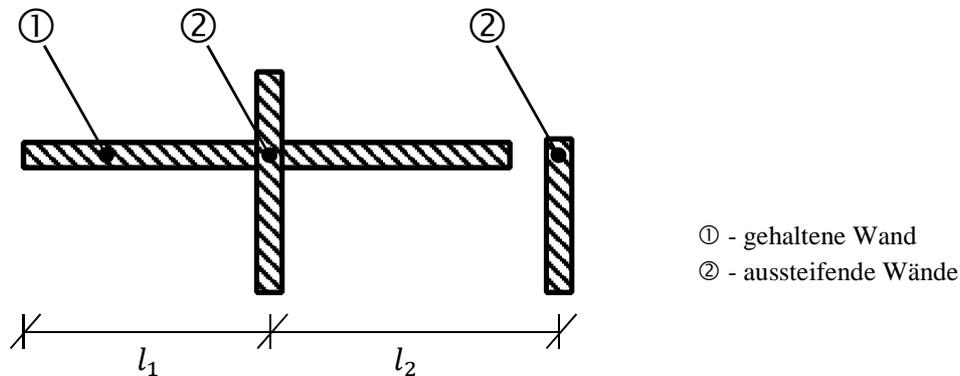


Abbildung 53: Definition der untersuchten Wandlängen

Die Faktoren α_3 und α_4 sind zu 1,0 zu setzen und für Elementmauerwerk mit einem planmäßigen Überbindemaß $0,2 \leq l_{ol}/h_u < 0,4$ der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen. Zwischenwerte werden hier linear interpoliert.

Tabelle 7: Anpassungsfaktoren α_3 und α_4 nach DIN EN 1996-1-1/NA Tabelle NA.16

Steingeometrie h_u/l_u	0,5	0,625	1	2
3-seitige Lagerung α_3	1,0	0,90	0,83	0,75
4-seitige Lagerung α_4	1,0	0,75	0,67	0,60

4.2.1.3 Regeln nach DIN EN 1998-1 Abschnitt 9.7.2

Die Anforderungen an das Bauwerk und die Schubwände nach DIN EN 1998-1 sind in der nachfolgenden Tabelle zusammen gefasst.

Tabelle 8: Regeln nach DIN EN 1998-1:2010-12/NA:2011-01 Abschnitt 9.7.2

Absatz	Konstruktionsregel	Erfüllt
(1)	Anforderungen an die Schubwandquerschnittsflächen nach DIN EN 1998-1/NA Tabelle NA.12	✓/✗
(2) a)	Der Grundriss ist annähernd rechteckig.	✓/✗
(2) b)	Das Verhältnis zwischen der Länge der kürzeren und der Länge der längeren Seite im Grundriss sollte nicht kleiner sein als 0,25.	✓/✗
(2) c)	Die Fläche der projizierten Abweichungen von der Rechteckform sollte nicht größer als 15% der gesamten Gebäudegrundrissfläche oberhalb der betrachteten Ebene sein.	✓/✗
(3) a)	Das Gebäude ist durch Schubwände ausgesteift, die im Grundriss nahezu symmetrisch in zwei orthogonalen Richtungen angeordnet sind.	✓/✗
(3) b) (4)	Mindestens 2 parallele Wände sollten in zwei orthogonalen Richtungen angeordnet sein, wobei die Länge jeder Wand größer ist als 30% der Bauwerkslänge in der betrachteten Richtung. Die geforderte Wandlänge kann sich auch als Summe der Längen von durch Öffnungen getrennten Schubwänden in einer Achse ergeben. In diesem Fall sollte mindestens eine Schubwand in jeder Richtung eine Länge aufweisen, die mindestens dem doppelten Mindestwert entspricht.	✓/✗

(3) c)	Für die Wände in mindestens einer Richtung sollte der Abstand zwischen diesen Wänden größer als 75% der Gebäudelänge in der anderen Richtung sein.	✓/✗
(3) d)	Mindestens 75% der Vertikallasten sollten von den Schubwänden getragen sein.	✓/✗
(3) e)	Schubwände sollten über alle Geschosse von der Gründung bis zum Dach durchgehen.	✓/✗
(5)	Zwischen aufeinanderfolgenden Geschossen sollte der Massenunterschied kleiner als 20% sein. Zwischen aufeinander folgenden Geschossen sollte der Unterschied der horizontalen Querschnittsflächen von Schubwänden in beiden orthogonalen horizontalen Richtungen kleiner als 30% sein.	✓/✗
(6)	Für unbewehrte Mauerwerksbauten sollten die Schubwände in einer Richtung mit Wänden in der dazu orthogonalen Richtung in einem maximalen Abstand von 7 m verbunden werden.	✓/✗

Kann der Punkt (3) b) und c) nicht mit einzelnen Schubwänden erfüllt werden, so wird überprüft, ob Wände in einer Achse die Anforderungen erfüllen. Zur Ermittlung von zusammengesetzten Schubwänden wird nicht nur die Profilmittellinie herangezogen, sondern auch leicht versetzte Wände entsprechend Abbildung 54 zugelassen.



Abbildung 54: Geometrie von Wänden in einer Achse

Über diese Abschnitte hinaus überprüft MINEA, ob die Mindestwanddicke unbewehrter tragender Mauerwerkswände nach DIN EN 1998-1/NA NDP zu 9.3(2) von 115 mm eingehalten ist. Weiterhin wird überprüft, ob die Bedeutungskategorie und die maximale Anzahl von Vollgeschossen nach dem informativen Anhang der DIN EN 1998-1/NA Tabelle NA.D.2 eingehalten sind.

Tabelle 9: Bedeutungskategorie und zulässige Anzahl der Vollgeschosse nach DIN EN 1998-1/NA Tabelle NA.D.2

Erdbebenzone	Bedeutungskategorie	Maximale Anzahl von Vollgeschossen
1	I bis III	4
2	I und II	3
3	I und II	2

Sind alle Anforderungen an die Mauerwerkswände und an das Gebäude erfüllt, so ist nach Norm ein rechnerischer Nachweis nicht erforderlich. Es ist zu ergänzen, dass dieser vereinfachte Nachweis auf Erfahrungswerten basiert und deshalb in einigen Fällen erbracht werden kann, in denen ein linearer rechnerischer Nachweis auf Grund der konservativen Vorgaben für den Verhaltensbeiwert q nicht mehr gelingt.

4.3 DIN EN 1998-1 in Kombination mit der DIN EN 1996-1-1 (2D)

Die Modellierung und Bemessung des Mauerwerksgebäudes erfolgt in Abhängigkeit der Grund- und Aufrissgestaltung. Sofern das Gebäude die Regelmäßigkeitskriterien im Grundriss erfüllt, kann es durch zwei ebene Modelle abgebildet werden. Erfüllt es auch noch die Regelmäßigkeitskriterien im Aufriss, kann die Erdbebenbeanspruchung mit dem vereinfachten Antwortspektrumverfahren berechnet werden. Haben höhere Schwingformen einen wesentlichen Einfluss auf das Schwingungsverhalten, müssen diese bei der Einwirkung berücksichtigt werden. Das multimodale Antwortspektrumverfahren ist bei MINEA nur bei dem Nachweisverfahren „DIN EN 1998-1\NA-DE – DIN EN 1996-1-1\NA-DE (3D)“ verfügbar.



MINEA verwendet in dem Nachweisverfahren „DIN EN 1998-1\NA-DE – DIN EN 1996-1-1\NA-DE (2D)“ ausschließlich das vereinfachte Antwortspektrumverfahren. Untersucht werden die Hauptrichtungen, d.h. die x- und y-Richtung wie im Zeichenbereich von MINEA abgebildet.

4.3.1 Regelmäßigkeitskriterien

Voraussetzung für die Anwendbarkeit dieses Nachweisverfahrens ist die Erfüllung der Regelmäßigkeitskriterien im Grund- und Aufriss.

4.3.1.1 Regelmäßigkeit im Aufriss

Für Schubwandausgesteifte Gebäude ergeben sich die in der nachfolgenden Tabelle dargestellten Anforderung an die Regelmäßigkeit im Aufriss nach DIN EN 1998-1 Abschnitt 4.2.3.3.

Tabelle 10: Regelmäßigkeit im Aufriss nach DIN EN 1998-1:2010-12 4.2.3.3

Absatz	Konstruktionsregel	Erfüllt
(2)	Alle horizontalen Aussteifungssysteme wie Kerne oder tragende Wände müssen ohne Unterbrechung von ihren Gründungen bis zur Oberkante des Gebäudes verlaufen	✓/✗
(3)	Die Horizontalsteifigkeit als auch die Masse der einzelnen Geschosse müssen konstant sein oder allmählich ohne sprunghafte Änderungen vom Fundament bis zur Spitze eines Gebäudes abnehmen	✓/✗
(5)	Rücksprünge müssen die Bedingungen nach DIN EN 1998-1:2010-12 4.2.3.3(5) erfüllen	✓/✗

Erfüllt das Gebäude alle Regelmäßigkeitskriterien im Aufriss und ist die Grundschiwingzeit darüber hinaus kleiner gleich 2 s und kleiner gleich $4 \cdot T_C$, wobei T_C die Kontrollperiode des Antwortspektrums ist, so ist das vereinfachte Antwortspektrumverfahren nach DIN EN 1998-1 Abschnitt 4.3.3.2 anwendbar.

4.3.1.2 Regelmäßigkeit im Grundriss

Erfüllt das Gebäude weiterhin die Regelmäßigkeitskriterien im Grundriss, kann das Gebäude durch zwei ebene Modelle in den beiden horizontalen Hauptrichtungen abgebildet werden. Die Kriterien sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 11: Regelmäßigkeit im Grundriss nach DIN EN 1998-1:2010-12 4.2.3.2

Absatz	Konstruktionsregel	Erfüllt
(2)	Hinsichtlich der Verteilung der horizontalen Steifigkeit und der Masse ist das Bauwerk im Grundriss ungefähr symmetrisch bezüglich zweier rechtwinklig zueinander stehender Achsen.	✓/✗

(3)	Die Grundrissform ist kompakt, d.h. jedes Stockwerk kann durch ein konvexes Polygon umrissen werden. Vorhandene Rücksprünge beeinträchtigen die Steifigkeit der Decke in ihrer Ebene nicht und die Fläche zwischen dem Umriss es Stockwerks und einem konvexen Polygon als Umhüllende des Stockwerks überschreitet die Stockwerksfläche um weniger als 5%	✓/✗
(4)	Die Steifigkeit der Decke in ihrer Ebene ist im Vergleich zur Horizontalsteifigkeit der vertikalen tragenden Bauteile ausreichend groß, so dass die Verformung der Decke sich nur unwesentlich auf die Verteilung der Kräfte an die vertikalen tragenden Bauteile auswirkt.	✓/✗
(5)	Die Schlankheit des Gebäudes L_{max}/L_{min} des Gebäudes im Grundriss darf nicht größer als 4 sein, wobei L_{max} und L_{min} jeweils die senkrecht zueinander gemessene größte und kleinste Gebäudeabmessung im Grundriss darstellt: $\lambda = \frac{L_{max}}{L_{min}} \leq 4$	✓/✗
(6)	Für jede Berechnungsrichtung müssen die tatsächliche Ausmitte e_0 und der Torsionsradius r die beiden folgenden Bedingungen erfüllen: $e_{0x} \leq 0,3 \cdot r_x$ und $r_x \geq l_s$ $e_{0y} \leq 0,3 \cdot r_y$ und $r_y \geq l_s$	✓/✗

Auch wenn nicht alle Regelmäßigkeitskriterien im Grundriss erfüllt sind, dürfen linear-elastische Berechnungen an zwei ebenen Modellen durchgeführt werden, wenn die besonderen Regelmäßigkeitskriterien erfüllt sind. Diese sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 12: Besondere Regelmäßigkeitsbedingungen nach DIN EN 1998-1:2010-12 4.3.3.1(8)

Absatz	Konstruktionsregel	Erfüllt
a)	Das Bauwerk besitzt gut verteilte und relativ starre Fassadenteile und Trennwände	✓/✗
b)	Die Höhe des Bauwerks überschreitet 10 m nicht	✓/✗
c)	Die Steifigkeit der Decken in ihrer Ebene ist im Vergleich zur horizontalen Steifigkeit der vertikalen tragenden Bauteile ausreichend groß, so dass eine starre Deckenwirkung angenommen werden kann	✓/✗
d)	Die Mittelpunkte der horizontalen Steifigkeit und Masse liegen näherungsweise auf einer vertikalen graten und für beide horizontalen Berechnungsrichtungen gilt: $r_x^2 > l_s^2 + e_{0x}^2$ $r_y^2 > l_s^2 + e_{0y}^2$	✓/✗

Sind alle Punkte bis auf Punkt d) der Tabelle 12 erfüllt, so kann das Gebäude trotzdem durch zwei ebene Modelle abgebildet werden, wenn die Erdbebeneinwirkung um 25% erhöht wird.

MINEA überprüft automatisch, ob die Kriterien der Regelmäßigkeit erfüllt sind und das vereinfachte Antwortspektrumverfahren anhand von zwei ebenen Modellen zulässig ist.

4.3.2 Tragwerksmodell

Das Nachweisverfahren „DIN EN 1998-1\NA-DE – DIN EN 1996-1-1\NA-DE (2D)“ verwendet ebene Berechnungsmodelle. Die dazu erforderlichen Materialeigenschaften ergeben sich für Mauerwerk nach DIN EN 1996-1-1 Abschnitt 3.6.1 und 3.7.2 in Kombination mit DIN EN 1996-1-1/NA NDP zu Abschnitt 3.6.1 und 3.7.2. Für alle anderen Materialien können die Daten direkt der Eingabe entnommen werden.

Bei der Generierung des Tragwerksmodells zur Aufnahme der horizontalen Lasten werden alle Wände berücksichtigt, die als Schubwände deklariert sind und die den Mindestanforderungen nach DIN EN 1998-1/NA Tabelle NA.10 genügen.

Tabelle 13: Mindestanforderungen an aussteifende Wände (Schubwände) nach DIN EN 1998-1/NA Tabelle NA.10

Erdbebenzone	h_{ef}/t_{ef}	t_{ef}	l/h
1	Nach DIN EN 1996-1-1		$\geq 0,27$
2	≤ 18	$\geq 150^a$	$\geq 0,27$
3	≤ 15	≥ 175	$\geq 0,27$
h_{ef}	Knicklänge nach DIN EN 1996-1-1		
t_{ef}	Wanddicke		
l	Wandlänge		
^a	Wände der Wanddicke ≥ 115 mm dürfen zusätzlich berücksichtigt werden, wenn $h_{ef}/t_{ef} \leq 15$ ist		

Sind ausschließlich Wände in x- und y-Richtung vorhanden, ergeben sich die Systemsteifigkeiten durch Summation der Wandsteifigkeiten in diesen Richtungen.

$$k_x = \sum k_{x,i} = \sum E \cdot I_{E,x}$$

$$k_y = \sum k_{y,i} = \sum E \cdot I_{E,y}$$

Die Berücksichtigung der Schubverformungen kann nach Müller und Keintzel für dreiecksförmige Belastungen vereinfachend über die Reduzierung der Wandträgheitsmomente I_E erfolgen:

$$I_E = \frac{I}{1 + \frac{3,64 \cdot E \cdot I}{h^2 \cdot G \cdot A}}$$

Dabei ist I das Wandträgheitsmoment, h die Wandhöhe, E der Elastizitätsmodul, G der Schubmodul und A die Wandfläche. Nach DIN EN 1996-1-1 Abschnitt 3.7.3(1) ergibt sich der Schubmodul von Mauerwerk zu 40% des Elastizitätsmoduls. Für Stahlbeton ergibt sich unter Annahme linear-elastischen, isotropen Materials und mit $\nu = 0,2$ für ungerissenen Beton nach DIN EN 1992-1-1 das Verhältnis $E/G = 2,4$.

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)} = \frac{1}{2,4} \cdot E$$

Liegen Aussteifungselemente in beliebiger Richtung vor, so ist die Aufteilung unter Berücksichtigung der Ausrichtung der schrägen Wände vorzunehmen. Hier bietet sich eine matrizielle Formulierung an. Basierend auf einem „Pseudo 3D Modell“ wird die Quersteifigkeitsmatrix jedes aussteifenden Elements auf den horizontalen Freiheitsgrad entlang der Wandebene kondensiert. Nachfolgend wird die Aufstellung der Gesamtsteifigkeitsmatrix gezeigt.

Es wird davon ausgegangen, dass alle aussteifenden Wandelemente gebäudehoch ausgeführt sind. Da Stockwerksdecken mit aussteifender Scheibenwirkung vorliegen, müssen nur die horizontalen Verschiebungen u_x , u_y des Massenschwerpunktes M sowie die Rotation ϑ der Stockwerksdecke um die z-Achse als aktive Freiheitsgrade berücksichtigt werden.

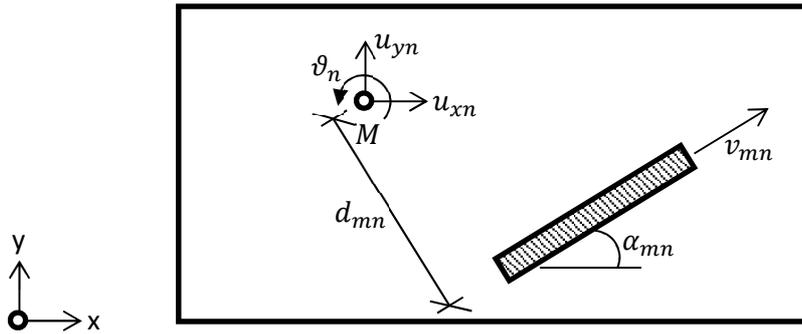


Abbildung 55: Freiheitsgrade der Wand m des Stockwerks n

Die in der Abbildung dargestellte Einzelwand besitzt den Hebelarm d_{mn} (bezogen auf den Massenschwerpunkt) und den Winkel α_{mn} (positiv gegen den Uhrzeigersinn, bezogen auf die x-Achse). Die Wandverschiebung v_{mn} kann als Funktion der Stockwerksverschiebungen u_{xn} , u_{yn} und der Rotation ϑ_n des Stockwerks n ausgedrückt werden:

$$v_{mn} = (\cos \alpha_{mn} \quad \sin \alpha_{mn} \quad d_{mn}) \begin{pmatrix} u_{xn} \\ u_{yn} \\ \vartheta_n \end{pmatrix}$$

Die Transformationsmatrix \underline{A}_m errechnet sich mit der quadratischen Einheitsmatrix \underline{I} der Dimension n und der Diagonalmatrix der Abstände bezogen auf die Massenmittelpunkte $\text{diag}[d_{mn}]$ zu:

$$\underline{A}_m = [\cos \alpha_{mn} \underline{I} \quad \sin \alpha_{mn} \underline{I} \quad \text{diag}[d_{mn}]]$$

Mit der Transformationsmatrix \underline{A}_m und dem Vektor der Verformungen der Massenschwerpunkte \underline{U} mit

$$\underline{U}^T = (u_{x1} \quad u_{x2} \quad \dots \quad u_{xn} \quad u_{y1} \quad u_{y2} \quad \dots \quad u_{yn} \quad \vartheta_1 \quad \vartheta_2 \quad \dots \quad \vartheta_n)$$

ergibt sich über

$$\underline{V}_m = \underline{A}_m \underline{U}$$

der Vektor \underline{V}_m der Horizontalverschiebungen der Scheiben mit

$$\underline{V}_m^T = (v_{m1} \quad v_{m2} \quad \dots \quad v_{mn})$$

Im globalen x-y-Koordinatensystem ergibt sich die $(3n, 3m)$ -Steifigkeitsmatrix $\tilde{\underline{K}}_m$ für die Wand m aus der kondensierten Steifigkeitsmatrix \underline{K}_m zu

$$\tilde{\underline{K}}_m = \underline{A}_m^T \underline{K}_m \underline{A}_m$$

Die Steifigkeitsmatrix des Aussteifungssystems kann als Summe der Einzelwandsteifigkeiten formuliert werden:

$$\tilde{\underline{K}}_{ges} = \sum \tilde{\underline{K}}_m$$

Über die bekannte Beziehung

$$\underline{P} = \tilde{\underline{K}}_{ges} \underline{U}$$



können die Verformungen \underline{U} aus dem Kraftvektor \underline{P} berechnet und letztlich auf die Einzelwände transformiert werden.

Die matrizielle Formulierung liefert für orthogonal angeordnete Wände dieselbe Belastung, wie die zuerst vorgestellte Methode.

4.3.3 Beanspruchung

Die Beanspruchungen der Einzelwände werden im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die Bemessungssituation Erdbeben ermittelt. Zusätzlich werden noch im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die ständige oder vorübergehende Bemessungssituation und im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit für die charakteristische Bemessungssituation die Einwirkungen ermittelt, wenn Windbeanspruchungen in MINEA eingegeben wurden.

4.3.3.1 Erdbeben

Zur Ermittlung der horizontalen Beanspruchung infolge Erdbeben werden die Eigenfrequenzen des Tragwerks und mit dem Bemessungsspektrum die Gesamterdbebenkräfte in den beiden Hauptrichtungen bestimmt.

4.3.3.1.1 Modalanalyse

Die Modalanalyse erfolgt für beide horizontalen Hauptrichtungen an einem Mehrmassenschwinger. Die Berechnung erfolgt nach DIN EN 1998-1 Abschnitt 3.2.4 (2)P unter Berücksichtigung der Massen entsprechend aller Gewichtskräfte, die in der folgenden Kombination von Einwirkungen auftreten:

$$\sum G_{k,j} \oplus \sum \psi_{E,i} \cdot Q_{k,i}$$

Der Kombinationsbeiwert $\psi_{E,i}$ berücksichtigt die Wahrscheinlichkeit, dass die Lasten $\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$ während des Erdbebens nicht überall im Bauwerk vorhanden sind. Der Beiwert ergibt sich nach DIN EN 1998-1 Abschnitt 4.2.4(2)P zu

$$\psi_{E,i} = \varphi \cdot \psi_{2,i}$$

Die Werte von $\psi_{2,i}$ sind in der DIN EN 1990/NA gegeben. Abweichend von dieser Norm wird nach DIN EN 1998-1/NA Abschnitt NDP zu 4.2.4(2)P bei der Ermittlung der wirksamen Massen Schneelasten mit dem Kombinationsbeiwert $\psi_2 = 0,5$ angesetzt. Werte für den Beiwert φ sind in der DIN EN 1998-1/NA Tabelle NA.5 zu finden und in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 14: Beiwerte für φ nach DIN EN 1998-1/NA Tabelle NA.5

Art der veränderlichen Einwirkung nach DIN EN 1991-1-1/NA	Lage im Gebäude	φ
Nutzlasten der Kategorien A-C einschließlich der Nutzlasten der Kategorien T und Z	Oberstes Geschoss	1,0
	Andere Geschosse	0,7
Nutzlasten der Kategorien D-F einschließlich der Nutzlasten der Kategorien T und Z	Alle Geschosse	1,0

4.3.3.1.2 Gesamterdbebenkraft

Die Bestimmung der Gesamterdbebenkraft F_b erfolgt nach DIN EN 1998-1 Abschnitt 4.3.3.2.2(1)P:

$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda$$



Dabei ist $S_d(T_1)$ die Ordinate des Bemessungsspektrums bei der Periode T_1 , m die Gesamtmasse, die auch der Berechnung der Eigenfrequenzen zugrunde liegt, und λ ein Korrekturbeiwert, der die effektive modale Masse berücksichtigt. Der Korrekturbeiwert ist 0,85, wenn die Periode $T_1 \leq 2 \cdot T_C$ ist und das Bauwerk mehr als zwei Stockwerke hat; in allen anderen Fällen ist der Korrekturbeiwert 1,0.

Der Gesamtfundamentalschub wird nach DIN EN 1998-1 Abschnitt 4.3.3.2.3(3) massen- und höhenproportional verteilt, indem an den beiden ebenen Modellen horizontale Kräfte F_i an allen Stockwerken angebracht werden:

$$F_i = F_b \cdot \frac{z_i \cdot m_i}{\sum z_j \cdot m_j}$$

Dabei sind m_i bzw. m_j die Stockwerksmassen und z_i bzw. z_j die Höhe der Massen über der Ebene, in der die Erdbebeneinwirkung angreift. Dies entspricht in MINEA der Unterkante des Erdgeschosses.

4.3.3.1.3 Torsionswirkungen

Die DIN EN 1998-1 bietet mehrere Möglichkeiten zur Berücksichtigung von Torsionswirkungen. MINEA unterstützt drei Möglichkeiten, die in den Nachweiseinstellungen festgelegt werden:

- Torsionswirkungen nach DIN EN 1998-1:2010-12 4.3.3.2.4(1)
- Torsionswirkungen nach DIN EN 1998-1:2010-12 4.3.3.2.4(2)
- Torsionswirkungen nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 NA.D.4(2)

Die erste Möglichkeit kann dann angewendet werden, wenn die horizontale Steifigkeit und die Masse im Grundriss symmetrisch verteilt sind. Die zufälligen Torsionswirkungen können vereinfacht durch eine Erhöhung der Beanspruchungen in den lastabtragenden Bauteilen mit dem Faktor δ berücksichtigt werden:

$$\delta = 1 + 0,6 \cdot \frac{x}{L_e}$$

wobei x der Abstand des betrachteten Bauteils vom Massenmittelpunkt des Gebäudes im Grundriss, gemessen senkrecht zur Richtung der betrachteten Erdbebenwirkung, und L_e der Abstand zwischen den beiden äußersten Bauteilen, die horizontale Lasten abtragen, gemessen senkrecht zur Richtung der betrachteten Erdbebenwirkung ist.

Die zweite Möglichkeit gilt für Grundrisse, die unter Verwendung von zwei ebenen Modellen berechnet werden. Zufällige Torsionswirkungen können hier ebenfalls durch den Faktor δ erfasst werden, wenn der Faktor 0,6 auf 1,2 erhöht wird.

In beiden Fällen kann das Verfahren in MINEA nur angewendet werden, wenn Wände ausschließlich in x- und y-Richtung vorhanden sind. Die prozentuale Belastung des Aussteifungselementes i ergibt sich zu:

$$s_i = \frac{k_i}{k} \cdot \delta$$

Die dritte Möglichkeit ist die genaueste und aufwändigste nach dem informativen Anhang D der DIN EN 1998-1/NA. Hierbei werden die tatsächliche Exzentrizität e_0 , die zufällige Exzentrizität e_1 und die zusätzliche Exzentrizität e_2 berücksichtigt und getrennt für beide Richtungen die anzusetzenden Exzentrizitäten ermittelt:

$$e_{min} = 0,5 \cdot e_0 - e_1$$

$$e_{max} = e_0 + e_1 + e_2$$

Die tatsächliche Exzentrizität ergibt sich aus dem Abstand zwischen Massenschwerpunkt und Steifigkeitsmittelpunkt.

Die zufällige Exzentrizität ermittelt sich in beiden Richtungen zu

$$e_1 = 0,05 \cdot L_i$$

Die zusätzliche Exzentrizität berücksichtigt die dynamische Wirkung von gleichzeitigen Translations- und Torsionsschwingungen:

$$e_2 = 0,1 \cdot (L + B) \cdot \sqrt{\frac{10 \cdot e_0}{L}} \leq 0,1 \cdot (L + B)$$

Weist das Gebäude eine gute Torsionsaussteifung auf, so kann die zusätzliche Exzentrizität auch folgendermaßen bestimmt werden

$$e_2 = \frac{1}{2 \cdot e_0} \cdot \left(l_s^2 - e_0^2 - r^2 + \sqrt{(l_s^2 + e_0^2 - r^2)^2 + 4 \cdot e_0^2 \cdot r^2} \right)$$

Dabei ist l_s der Trägheitsradius und r das Trägheitsmoment in x- bzw. y-Richtung. Das Quadrat des Trägheitsradius ergibt sich für rechteckige Grundrisse zu:

$$l_s^2 = \frac{L^2 + B^2}{12}$$

Dabei ergibt sich das Quadrat des Torsionsradius zu

$$r^2 = \frac{\sum_j I_j r_j^2 + \sum_k I_k r_k^2}{\sum_j I_j} \quad \text{bzw.} \quad r_{y|x}^2 = \frac{k_T}{k_{x|y}}$$

I_j sind die Trägheitsmomente der in der betrachteten Richtung liegenden Aussteifungselemente und I_k der senkrecht dazu liegenden Aussteifungselemente; r_j bzw. r_k sind die Abstände zwischen Steifigkeitsmittelpunkt und dem jeweiligen Aussteifungselementen.

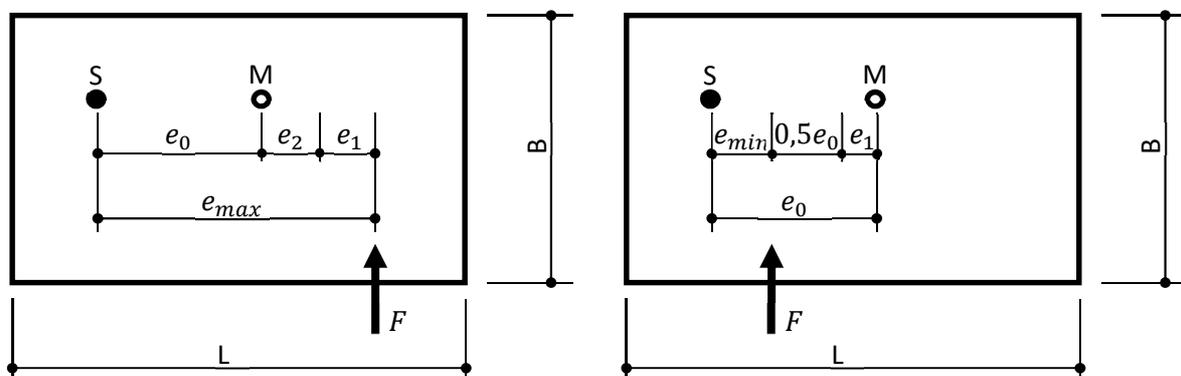


Abbildung 56: Ansatz der Exzentrizitäten

Damit lassen sich die Exzentrizitäten e_{min} und e_{max} ermitteln. Zur Bestimmung der Beanspruchung der einzelnen Schubwände, werden Verteilungszahlen bestimmt, die einen prozentualen Anteil der insgesamt vom Geschoss aufzunehmenden horizontalen Erdbebenersatzlast F darstellt. Die Verteilungszahlen für die Aussteifungselemente in den Richtungen parallel (Index i) und senkrecht (Index j) zur Belastungsrichtung ergeben sich zu:

$$s_i = \frac{k_i}{k} \cdot \left(1 \pm \frac{k \cdot r_i \cdot e}{k_T} \right)$$

$$s_j = \frac{k_j \cdot r_j \cdot e}{k_T}$$

Das Vorzeichen in dem Klammerausdruck wird positiv angesetzt, wenn Wandposition und Lastangriffspunkt auf der gleichen Seite des Steifigkeitsmittelpunktes liegen. Im anderen Fall ist das negative Vorzeichen zu wählen. Für die Variable e werden e_{min} oder e_{max} so eingesetzt, dass sich für jedes Aussteifungselement die maßgebenden Verteilungszahlen ergeben.

4.3.3.1.4 Kombination der Einwirkungen

Die Kombination der Erdbebeneinwirkungen erfolgt anhand DIN EN 1998-1 Abschnitt 4.3.3.5.1. Bei wandausgesteiften Systemen, die die Regelmäßigkeitskriterien im Grundriss erfüllen, kann davon ausgegangen werden, dass die Erdbebeneinwirkung getrennt und ohne Kombination der beiden senkrecht zueinander stehenden horizontalen Hauptachsen eines Bauwerks angreift. In allen anderen Fällen erfolgt die Kombination in dem Nachweisverfahren „DIN EN 1998-1 – DIN EN 1996-1-1 (2D)“ nach DIN EN 1998-1 Abschnitt 4.3.3.5.1(3):

$$E_{Edx} \oplus 0,3 \cdot E_{Edy}$$

$$0,3 \cdot E_{Edx} \oplus E_{Edy}$$

Daraus ergibt sich der Bemessungswert der Erdbebeneinwirkung A_{Ed} . Der Nachweis erfolgt mit der Kombination der Einwirkungen für die Bemessungssituation bei Erdbeben nach DIN EN 1990 Abschnitt 6.4.3.4(2):

$$E_{dAE} = \sum G_{k,j} \oplus P_k \oplus A_{Ed} \oplus \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

$G_{k,j}$ charakteristischer Wert der ständigen Einwirkung j

P_k charakteristischer Wert der Vorspannung

A_{Ed} Bemessungswert der Einwirkung infolge Erdbeben ($A_{Ed} = \gamma_I \cdot A_{Ek} = 1,0 \cdot A_{Ek}$)

γ_I Wichtungsfaktor für Erdbeben ($\gamma_I = 1,0$ nach DIN EN 1998-1/NA NCI NA.D.8(1)a))

$\psi_{2,i}$ Kombinationsbeiwert für die veränderliche Einwirkung i nach DIN EN 1990/NA

$Q_{k,i}$ Charakteristischer Wert der veränderlichen Einwirkung i

Die Ermittlung der Normalkräfte erfolgt über Lastezugsflächen. Dabei werden alle Elemente berücksichtigt, die vertikale Lasten abtragen. Dazu gehören Schubwände sowie Wände und Stützen, die nur vertikale Lasten abtragen.

4.3.3.2 Wind

Die Ermittlung der Belastung infolge Wind erfolgt mit der eingegebenen resultierenden Beanspruchung. Für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation ergibt sich die Kombination der Einwirkungen nach DIN EN 1990 Abschnitt 6.4.3.2

$$E_d = \sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_P \cdot P_k \oplus \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$\gamma_{G,j}$	Teilsicherheitsbeiwert der ständigen Einwirkung $G_{k,j}$
$G_{k,j}$	charakteristischer Wert der ständigen Einwirkung j
γ_P	Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen aus Vorspannen
P_k	charakteristischer Wert der Vorspannung
$\gamma_{Q,1}$	Teilsicherheitsbeiwert der veränderlichen Leiteinwirkung $Q_{k,1}$
$Q_{k,1}$	charakteristischer Wert der veränderlichen Leiteinwirkung
$\gamma_{Q,i}$	Teilsicherheitsbeiwert für eine veränderliche Einwirkung $Q_{k,i}$
$\psi_{0,i}$	Kombinationsbeiwert der veränderlichen Einwirkung $Q_{k,i}$
$Q_{k,i}$	charakteristischer Wert der veränderlichen Einwirkung i

MINEA untersucht multiple Kombinationen zur Ermittlung der maßgebenden Beanspruchung jeder Wand. Dabei wird die ständige Belastung, die veränderliche Belastung der Zwischendecken, die veränderliche Belastung des Daches und die Windbelastung sowohl als günstig als auch als ungünstig wirkend angesetzt. Außerdem werden unterschiedliche veränderliche Lasten als Leiteinwirkung gesetzt.

Für die charakteristische Bemessungssituation ergibt sich die Kombination der Einwirkungen nach DIN EN 1990 Abschnitt 6.5.3(2)a):

$$E_d = \sum G_{k,j} \oplus P_k \oplus Q_{k,1} \oplus \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$G_{k,j}$	charakteristischer Wert der ständigen Einwirkung j
P_k	charakteristischer Wert der Vorspannung
$Q_{k,1}$	Charakteristischer Wert der veränderlichen Leiteinwirkung
$\psi_{0,i}$	Kombinationsbeiwert für die veränderliche Einwirkung i nach DIN EN 1990/NA
$Q_{k,i}$	Charakteristischer Wert der veränderlichen Einwirkung i

Für diese Bemessungssituation ergeben sich unter Berücksichtigung unterschiedlicher Leiteinwirkungen 2 bzw. 3 Kombinationen.

4.3.4 Nachweis

MINEA überprüft sowohl die Schlankheit als auch die Normal- und Querkrafttragfähigkeit im Grenzzustand der Tragfähigkeit und die Randdehnung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit. Die Kontrolle der Schlankheit erfolgt mit der Knicklänge. Die Standsicherheitsnachweise werden nach DIN EN 1996-1-1:2010-12 6.1 und 6.2 in Verbindung mit DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05 NCI zu 6.1 und 6.2 geführt.

Bei den Normalkraftnachweisen bietet MINEA darüber hinaus noch die Möglichkeit, die kombinierte Beanspruchung aus Biegung um die starke und schwache Achse nach DIN EN 1996-1-1/NA NCI zu 6.1.2.2(NA.iii) sowohl am Wandfuß als auch in Wandmitte zu berücksichtigen.

Im Folgenden werden die Nachweiskonzepte für die Ermittlung der Schlankheit, den Normalkraftnachweis am Wandfuß und in Wandmitte, den Querkraftnachweis und den Randdehnungsnachweis vorgestellt.

4.3.4.1 Schlankheit

Die Ermittlung der Schlankheit und Vergleich mit der zulässigen Schlankheit erfolgt analog zu dem in Abschnitt 4.2.1 vorgestellten Vorgehen.

4.3.4.2 Normalkraftnachweis (Wandfuß)

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit muss der Bemessungswert der angreifenden Last N_{Ed} einer vertikal belasteten Wand kleiner oder gleich dem Bemessungswert des Tragwiderstandes N_{Rd} sein:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

Der Tragwiderstand N_{Rd} bestimmt sich zu:

$$N_{Rd} = \phi \cdot t \cdot l \cdot f_d = \phi \cdot t \cdot l \cdot \frac{\zeta \cdot f_k}{\gamma_M}$$

ϕ	Abminderungsfaktor am Wandfuß zur Berücksichtigung der Schlankheit und Lastausmitte
t	Wanddicke
l	Wandlänge
f_d	Bemessungsdruckfestigkeit des Mauerwerks
f_k	charakteristische Druckfestigkeit des Mauerwerks nach DIN EN 1996-1-1/NA NDP zu 3.6.1.2
ζ	Faktor zur Berücksichtigung von Langzeiteinflüssen; 0,85 für dauernde Beanspruchungen, 1,0 für kurzzeitige Beanspruchung
γ_M	Teilsicherheitsbeiwert

Der Teilsicherheitsbeiwert γ_M beträgt nach DIN EN 1998-1/NA NDP zu 9.6(3) im Lastfall Erdbeben 1,2; nach DIN EN 1996-1-1/NA Tabelle NA.1 für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation beträgt der Faktor 1,5. Diese Werte sind in MINEA voreingestellt und können über die Nachweiseinstellungen angepasst und variiert werden. Die Bemessungsdruckfestigkeit des Mauerwerks wird bei Wandquerschnitten kleiner als 0,1 m² mit dem Faktor $(0,7 + 3 \cdot A)$ reduziert, wobei A die belastete Bruttoquerschnittsfläche ist. Eine Reduktion für Wandquerschnitte aus getrennten Steinen mit einem Lochanteil >35% nach DIN EN 1996-1-1/NA NCI zu 6.1.2.1 Absatz (3) wird in MINEA nicht berücksichtigt.

Der Widerstand ermittelt sich mit dem Abminderungsfaktor in Scheibenrichtung nach DIN EN 1996-1-1/NA NCI u 6.1.2.2(NA.3):

$$\phi = 1 - 2 \cdot \frac{e_W}{l} = 1 - 2 \cdot \frac{M_{Ed}}{N_{Ed} \cdot l}$$

M_{Ed}	Bemessungswert des in Wandlängsrichtung einwirkenden Momentes
N_{Ed}	Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft
l	Wandlänge

Bei kombinierter Beanspruchung nach DIN EN 1996-1-1/NA NCI zu 6.1.2.2 (NA.iii) berechnet sich der Abminderungsfaktor durch Multiplikation des Abminderungsfaktors in Scheibenrichtung und senkrecht dazu. Letzterer bestimmt sich zu:

$$\phi = 1 - 2 \cdot \frac{e_i}{t}$$

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{he} + e_{init} \geq 0,05 \cdot t$$

M_{id}	Bemessungswert des Biegemomentes, resultierend aus der Exzentrizität der Deckenauflegerkraft am Wandfuß
N_{id}	Bemessungswert der am Fuß der Wand wirkenden Vertikalkraft
e_{he}	die Ausmitte am Fuß der Wand infolge horizontalen Lasten (z.B. Wind), sofern vorhanden
e_{init}	ungewollte Ausmitte; nach DIN EN 1996-1-1\NA NCI zu 6.1.2.2 darf die Ausmitte zu 0 gesetzt werden
t	Dicke der Wand

Die Summe aus $M_{id}/N_{id} + e_{he}$ wird in MINEA direkt für jede Wandscheibe bei den „Erweiterten Eigenschaften“ jeder Wand eingegeben.

4.3.4.3 Normalkraftnachweis (Wandmitte)

Der Normalkraftnachweis in Wandmitte erfolgt analog zu dem Nachweis am Wandfuß mit:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

Der Widerstand N_{Rd} ergibt sich in Wandmitte zu

$$N_{Rd} = \phi_m \cdot t \cdot l \cdot f_d = \phi_m \cdot t \cdot l \cdot \frac{\zeta \cdot f_k}{\gamma_M}$$

Der Nachweis des Normalkraftwiderstandes in Wandmitte erfolgt mit dem Abminderungsfaktor ϕ_m nach DIN EN 1996-1-1/NA NCI Anhang NA.G:

$$\phi_m = 1,14 \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e_{mk}}{t_{ef}} \right) - 0,024 \cdot \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \leq 1 - 2 \cdot \frac{e_{mk}}{t_{ef}}$$

$$e_{mk} = e_m + e_k = \frac{M_{md}}{N_{md}} + e_{hm} + e_{init} + e_k \geq 0,05 \cdot t$$

M_{md}	Bemessungswert des größten Momentes in halber Wandhöhe, resultierend aus den Momenten am Kopf und Fuß einer Wand, einschließlich der Biegemomente aus allen andern ausmittig angreifenden Lasten (z.B. Wandschränke)
N_{md}	Bemessungswert der Vertikallast in halber Wandhöhe einschließlich aller anderen ausmittigen Lasten (z.B. Wandschränke)
e_{hm}	die Ausmitte in halber Wandhöhe infolge horizontaler Lasten (z.B. Wind)
e_{init}	ungewollte Ausmitte mit $h_{ef}/450$
e_k	Ausmitte infolge Kriechen

$$e_k = 0,002 \cdot \phi_\infty \cdot \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \cdot \sqrt{t \cdot e_m}$$

ϕ_∞	Endkriechwert
h_{ef}	Knicklänge



t_{ef} effektive Wanddicke
 t Wanddicke

Die Wanddicke t und die effektive Wanddicke t_{ef} werden in MINEA gleich der eingegebenen Wanddicke gesetzt. Die effektive Dicke t_{ef} entspricht bei einschaligen Wänden, zweischaligen Wänden ohne Luftschicht, Wänden mit Randstreifenvermörtelung der Lagerfugen sowie verfüllten zweischaligen Wänden der vorhandenen Wanddicke. Bei zweischaligen Wänden, deren Schalen mit Mauerankern verbunden sind, entspricht die effektive Dicke der tatsächlichen Dicke der tragenden Schale. Die effektive Wanddicke aussteifender Wände, die mit Pfeilern kraftschlüssig verbunden sind, kann nach DIN EN 1996-1-1 durch eine Erhöhung der tatsächlichen Dicke erfolgen. Dies bleibt bei MINEA unberücksichtigt.

Die Endkriechwerte können DIN EN 1996-1-1/NA Tabelle NA.13 entnommen werden. Für Wände mit einer maximalen Schlankheit λ_c darf die Ausmitte infolge Kriechens e_k zu Null gesetzt werden. Bei normativ nicht geregelten Kombinationen erfolgt in MINEA keine Vernachlässigung der Ausmitte infolge Kriechens.

Tabelle 15: Endkriechzahl und Grenزشlankheit nach DIN EN 1996-1-1/NA Tabelle NA.13 und Tabelle NA.17

Mauersteinart	Mörtelart	Endkriechwert ϕ_∞	Grenزشlankheit λ_c
Mauerziegel	Normalmörtel	1,0	15
	Leichtmörtel	2,0	10
Kalksandsteine	Normalmörtel	1,5	12
	Leichtmörtel		
Betonsteine	Normalmörtel	1,0	15
Leichtbetonsteine	Normalmörtel	2,0	10
	Leichtmörtel		
Porenbetonsteine	Dünnbettmörtel	0,5	20

Bei kombinierter Beanspruchung nach DIN EN 1996-1-1/NA NCI zu 6.1.2.2(NA.iii) berechnet sich der Abminderungsfaktor durch Multiplikation des Abminderungsfaktors in Scheibenrichtung und senkrecht dazu. Ersterer bestimmt sich zu:

$$\phi_m = 1 - 2 \cdot \frac{e_W}{l} = 1 - 2 \cdot \frac{M_{Ed}}{N_{Ed} \cdot l}$$

M_{Ed} Bemessungswert des in Wandlängsrichtung einwirkenden Momentes in Wandmitte

N_{Ed} Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft in Wandmitte

l Wandlänge

4.3.4.4 Querkraftnachweis (Wandfuß)

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit muss der Bemessungswert der aufgetragenen Schubkraft V_{Ed} kleiner oder gleich dem Bemessungswert der Schubtragfähigkeit V_{Rd} sein:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

Der Bemessungswert der Schubtragfähigkeit ergibt sich nach DIN EN 1996-1-1/NA NCI zu Abschnitt 6.2(12)

$$V_{Rd} = f_{vd} \cdot l_{cal} \cdot \frac{t}{c} = \frac{f_{vk}}{\gamma_M} \cdot l_{cal} \cdot \frac{t}{c}$$

f_{vd}	Bemessungswert der Schubfestigkeit
f_{vk}	charakteristische Schubfestigkeit
γ_M	Teilsicherheitsbeiwert
l_{cal}	rechnerische Wandlänge. Für den Nachweis von Wandscheiben unter Windbeanspruchung gilt: $l_{cal} = 1,125 \cdot l$ bzw. $l_{cal} = 1,333 \cdot l_{c,lin}$. Der kleinere Wert ist maßgebend. In allen anderen Fällen ist $l_{cal} = l$ bzw. $l_{c,lin}$.
c	Schubspannungsverteilungsfaktor (Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden) $c = 1,0$ für $h/l \leq 1$ $c = 1,5$ für $h/l \geq 2$
h	lichte Höhe der Wand
l	Länge der Wandscheibe
t	Dicke der Wandscheibe

Der Teilsicherheitsbeiwert γ_M beträgt nach DIN EN 1998-1/NA NDP zu 9.6(3) im Lastfall Erdbeben 1,2; nach DIN EN 1996-1-1/NA Tabelle NA.1 für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation beträgt der Faktor 1,5. Diese Werte sind in MINEA voreingestellt und können über die Nachweiseinstellungen angepasst und variiert werden.

Die anzusetzende, überdrückte Länge der Wandscheibe $l_{c,lin}$ berechnet sich zu:

$$l_{c,lin} = \frac{3}{2} \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e_W}{l}\right) \cdot l \leq l$$

e_W	Ausmitte am Wandfuß mit $e_W = M_{Ed}/N_{Ed}$
M_{Ed}	Bemessungswert des in Scheibenrichtung wirkenden Momentes
N_{Ed}	Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft
l	Wandlänge

Die charakteristische Schubfestigkeit f_{vk} des Mauerwerks ergibt sich nach DIN EN 1996-1-1/NA NDP zu 3.6.2(3) als Minimum folgender Ausdrücke:

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_D \leq f_{vlt} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{vlt1} = f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_{Dd} \\ f_{vlt2} = 0,45 \cdot f_{bt,cal} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_{Dd}}{f_{bt,cal}}} \end{array} \right.$$

f_{vk0}	charakteristische Haftscherfestigkeit ohne Auflast nach DIN EN 1996-1-1/NA Tabelle NA.11; bei unvermörtelten Stoßfugen sind die Werte nach DIN EN 1996-1-1/NA NDP zu 3.6.2(4) zu halbieren
σ_D	Bemessungsdruckspannung rechtwinklig zur Schubkraft in der betrachteten Querschnittsebene des Bauteils unter der entsprechenden Lastkombination als Mittelwert der Vertikalspannungen im überdrückten Bereich, der den Schubwiderstand sicherstellt
f_{vlt}	Grenzwert der charakteristischen Schubfestigkeit
σ_{Dd}	Bemessungswert der zugehörigen Druckspannung an der Stelle der maximalen Schubspannungen (für Rechteckquerschnitte gilt $\sigma_{Dd} = N_{Ed}/A$, wobei A der überdrückte Querschnitt

ist; σ_{Dd} entspricht σ_D)

$f_{bt,cal}$ rechnerische Steinzugfestigkeit

Die rechnerische Steinzugfestigkeit kann in Abhängigkeit der Steindruckfestigkeit f_{st} angenommen werden zu:

$$f_{bt,cal} = 0,020 \cdot f_{st} \quad \text{für Hohlblocksteine}$$

$$f_{bt,cal} = 0,026 \cdot f_{st} \quad \text{für Hochlochsteine und Steine mit Grifflöchern oder Griffaschen}$$

$$f_{bt,cal} = 0,032 \cdot f_{st} \quad \text{für Vollsteine ohne Grifflöcher oder Griffaschen}$$

$$f_{bt,cal} = \frac{0,082}{1,25} \cdot \frac{f_{st}}{0,7 + \left(\frac{f_{st}}{25}\right)^{0,5}} \quad \text{für Porenbetonplansteine (Länge ≥ 498 mm, Höhe ≥ 248 mm)}$$

Bei Elementmauerwerk mit Dünnbettmörtel und planmäßigen Überbindemaßen $l_{ol}/h_u < 0,4$ sowie hoher Normalkraftbeanspruchung ist die Querkrafttragfähigkeit am Wandfuß infolge Schubdruckversagens ebenfalls begrenzt durch:

$$V_{Rdl} = \frac{1}{\gamma_M \cdot c} \cdot (f_k \cdot t \cdot l_c - \gamma_M \cdot N_{Ed}) \cdot \frac{l_{ol}}{h_u}$$

γ_M Teilsicherheitsbeiwert

c Schubspannungsverteilungsfaktor (Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden)

$$c = 1,0 \quad \text{für } h/l \leq 1$$

$$c = 1,5 \quad \text{für } h/l \geq 2$$

f_k charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit

t Wanddicke

l_c anzusetzende, überdrückte Länge der Wandscheibe

N_{Ed} Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft

l_{ol} Überbindemaß

h_u Höhe des Elementes

Die anzusetzende überdrückte Wandlänge l_c bestimmt sich hier zu:

$$l_c = \left(1 - 2 \cdot \frac{e_W}{l}\right) \cdot l$$

e_W Ausmitte am Wandfuß

M_{Ed} Bemessungswert des in Scheibenrichtung wirkenden Momentes

N_{Ed} Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft

l Wandlänge

4.3.4.5 Querkraftnachweis (Wandmitte)

Bei den Querkraftnachweisen wird bei Elementmauerwerk mit unvermörtelten Stoßfugen und Verwendung von Steinen mit einem Seitenverhältnis von $h_u > l_u$ in Wandmitte zusätzlich der Nachweis des Fugenversagens durch Klaffen der Lagerfuge in halber Wandhöhe geführt.

Der Widerstand gegenüber Fugenversagen durch Klaffen der Lagerfugen in halber Wandhöhe ergibt sich nach DIN EN 1006-1-1/NA NCI zu 6.2 (NA.14) zu:

$$V_{Rdl} = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{\gamma_M} \cdot \left(\frac{l_u}{h_u} + \frac{l_u}{h} \right) \cdot N_{Ed}$$

γ_M	Teilsicherheitsbeiwert
h_u	Höhe des Elementes
l_u	Länge des Elementes
h	lichte Höhe der Wand
N_{Ed}	Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft

4.3.4.6 Randdehnungsnachweis

Wenn die Ausmitte $e > l/6$ ist, muss nach DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05 NCI zu 7.2 (10) im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit unter der charakteristischen Bemessungssituation die Randdehnung überprüft werden. Dabei muss für die rechnerische Randdehnung ϵ_R gelten:

$$\epsilon_R \leq 10^{-4}$$

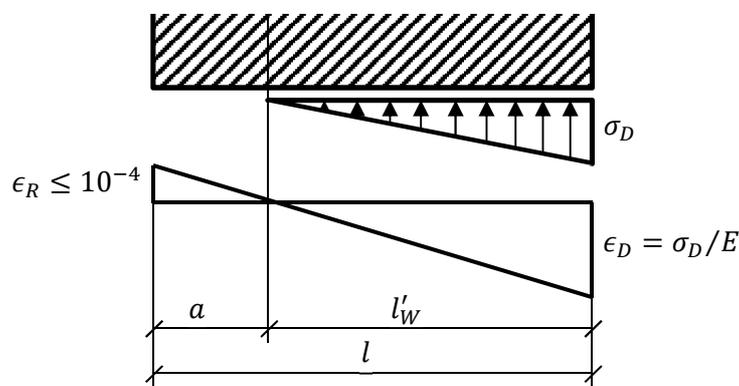


Abbildung 57: Begrenzung der Randdehnung

Die rechnerische Randdehnung ergibt sich zu:

$$\epsilon_R = \epsilon_D \cdot \frac{(l - l'_W)}{l'_W} = \frac{\sigma_D}{E} \cdot \frac{(l - l'_W)}{l'_W} = \frac{2 \cdot N_{Ed}}{l'_W \cdot t \cdot E} \cdot \frac{(l - l'_W)}{l'_W}$$

ϵ_D	rechnerische Randstauchung
l	Wandlänge
l'_W	überdrückte Wandlänge
σ_D	Kantenpressung auf Basis eines linear-elastischen Stoffgesetzes
N_{Ed}	Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft
t	Wanddicke
E	Elastizitätsmodul

Die überdrückte Wandlänge wird angenommen zu:

$$l'_W = \frac{3}{2} \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e_W}{l} \right) \cdot l \leq l$$

e_W	Ausmitte am Wandfuß mit $e_W = M_{Ed}/N_{Ed}$
M_{Ed}	Bemessungswert des in Scheibenrichtung wirkenden Momentes
N_{Ed}	Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft
l	Wandlänge



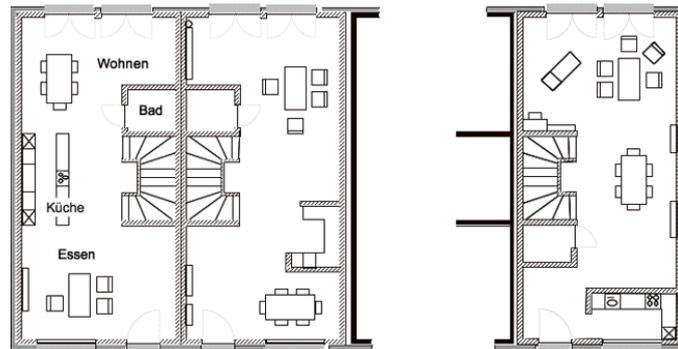
Nach Norm darf hierbei ein Elastizitätsmodul für Mauerwerk von $E = 1000 \cdot f_k$ angenommen. MINEA greift auf diese Möglichkeit nur zurück, falls der Nachweis anderweitig nicht erbracht werden kann.

5. Beispiele

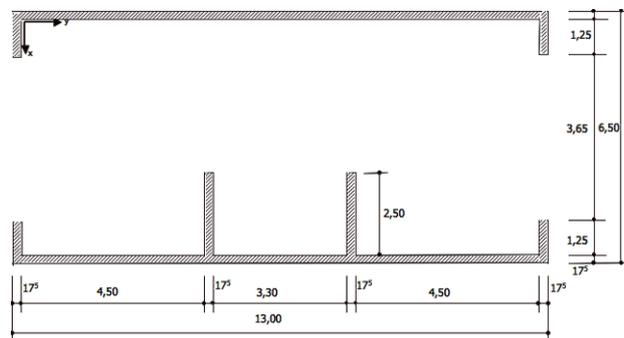
5.1 DIN EN 1998-1 - Vereinfachter Nachweis

5.1.1 Systembeschreibung

Der Ablauf des vereinfachten Nachweises gemäß DIN EN 1998 mit allen nötigen Eingaben wird im Folgenden anhand eines einfachen Beispiels demonstriert. Gewählt wurde das in nebenstehender Abbildung im Grundriss dargestellte Reihenhaus. Das Gebäude wird mit insgesamt 2 Vollgeschossen mit einer Geschosshöhe von $h = 2,50$ m errichtet.



Die verwendete Mauerwerksart ist Kalksandstein. Die aussteifenden Mauerwerkswände sind mit der zugehörigen Bemaßung in nachfolgender Abbildung dargestellt.



5.1.2 Eingabedaten

Die Eingabe gliedert sich in drei Arbeitsschritte. Im ersten Schritt werden die Gebäudedaten, im zweiten Schritt die Erdbebendaten und zuletzt die Geometriedaten definiert. Im Folgenden werden die Eingabedaten in einer sinnvollen Eingabereihenfolge aufgelistet.



Für den Vereinfachten Nachweis sind nur die Angaben zur Wanddicke und Steifigkeitsklasse erforderlich. Alle weiteren Angaben sind optional und erleichtern nur einen Wechsel der Nachweisverfahren.

5.1.2.1 Eingabe der Norm und Gebäudedaten

- Norm: DIN EN 1198-1/NA-DE
- Bedeutungskategorie: Gewöhnliche Bauten (Kategorie II)
- Stockwerke: 2 Stockwerke mit $h = 250$ cm

5.1.2.2 Eingabe der Erdbebendaten

Definition des elastischen Antwortspektrums durch Benutzung der Datenbank für die Erdbebenzonen in Deutschland:

- Bundesland: Baden-Württemberg (BW)
- Kreis: Stuttgart
- Gemeinde: Stuttgart
- Gemarkung: Stuttgart-Ost
- Baugrundklasse: C

Alternative Definition des elastischen Antwortspektrums durch direkte Eingabe der standortspezifischen Kennwerte:

- Erdbebenzone: I
- Untergrundklasse: R
- Baugrundklasse: C

5.1.2.3 Eingabe der Geometriedaten

Im ersten Schritt, der Eingabe der Geometriedaten, werden die Koordinaten, die Wanddicken und die Steindruckfestigkeitsklasse der Wandscheiben definiert. Für den vereinfachten Nachweis wird hier als Material Kalksandstein Mauerwerk nach DIN EN 1996-1 ausgewählt

Bei der Eingabe der Geometriedaten ist insbesondere auf die konstruktive Ausführung der Mauerwerksstöße zu achten. In diesem Fall wird davon ausgegangen, dass die kürzeren Wände stumpf an die Längswände angeschlossen wurden. Es ergeben sich folgende tabellarisch zusammengefasste Eingabewerte:

Nr.	X1	Y1	X2	Y2	Länge	Typ
w1	17,5	8,8	142,5	8,8	125,0	Wandtyp 1
w2	507,5	8,8	632,5	8,8	125,0	Wandtyp 1
w3	8,8	0,0	8,8	1300,0	1300,0	Wandtyp 1
w4	641,2	0,0	641,2	1300,0	1300,0	Wandtyp 1
w5	17,5	1291,2	142,5	1291,2	125,0	Wandtyp 1
w6	507,5	1291,2	632,5	1291,2	125,0	Wandtyp 1
w7	382,5	476,2	632,5	476,2	250,0	Wandtyp 1
w8	382,5	823,8	632,5	823,8	250,0	Wandtyp 1

Die Geschosdecke erfüllt die Kriterien einer „Geschosdecke mit aussteifender Scheibenwirkung“. Die aussteifende Deckenscheibe wird über ein Randpolygon und ein Öffnungspolygon im Bereich des Treppenhauses definiert. Die Koordinaten der beiden rechteckigen Polygonzüge werden über jeweils vier Eckpunkte wie folgt definiert:

Wandscheiben		Stützen	Decke
Rand-/Öffnungspolygone		X	Y
Randpolygon			
Punkt		0,0 cm	0,0 cm
Punkt		0,0 cm	1300,0 cm
Punkt		650,0 cm	1300,0 cm
Punkt		650,0 cm	0,0 cm

5.1.2.4 Eingabe der Wandeigenschaften

Wie in Abschnitt 2.3.2 beschrieben, öffnet sich durch Klick auf den Button **Wandscheibentypen bearbeiten** das dargestellte Eingabefenster. Die Eingaben wurden wie folgt definiert:

The dialog box 'Eigenschaften verwalten' shows the configuration for 'Wandtyp 1'. The material is set to 'Mauerwerk vereinfacht'. The wall thickness is 175 mm and the SFK is 12. The properties table is as follows:

Eigenschaft	Wert
Elastizitätsmodul E_M [N/mm ²]	6635,00
Querkontraktionszahl μ [-]	0,10
Rohdichte ρ [kg/m ³]	2000,00
Temperaturausdehnungskoeff. α_T [-]	0,00



5.1.3 Durchführung des vereinfachten Nachweises

Im Rahmen des vereinfachten Nachweises sind einige grundlegende Bedingungen zu überprüfen und interaktiv nach dem Start des Nachweises einzugeben. Für dieses Beispiel werden folgende Annahmen getroffen:

- Es werden zulässige Mauersteinarten nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 NDP zu 9.2.1(1) sowie zulässige Mauermörtel nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 NDP zu 9.2.3(1) verwendet.
- Die Decken und Wände sind in zwei orthogonal horizontalen und einer vertikalen Richtung miteinander verbunden.
- Die Verbindung zwischen Decken und Wänden erfolgt durch Stahlanker oder Stahlbetonringbalken.
- Es sind Schubwände in mindestens zwei orthogonalen Richtungen vorgesehen.
- Die effektive Dicke von allen Schubwänden ist größer als der Mindestwert $t_{ef,min} = 115$ mm.
- Das Verhältnis der effektiven Knicklänge aller Wände zu ihrer effektiven Dicke ist kleiner als der Höchstwert von 27.
- Der Grundriss ist annähernd rechteckig.
- Die Fläche der projizierten Abweichungen von der Rechteckform in Prozent der gesamten Gebäudegrundrissfläche ist kleiner als 15 %.
- Das Gebäude ist durch Schubwände ausgesteift, die im Grundriss nahezu symmetrisch in zwei orthogonalen Richtungen angeordnet sind.
- Es werden mindestens 75 % der Vertikallasten von den Schubwänden getragen oder der überwiegende Teil der Vertikallasten von den Schubwänden in den beiden orthogonalen Hauptrichtungen abgetragen.
- Der Massenunterschied aufeinanderfolgender Geschosse ist kleiner als 20 %.
- Die Schubwände in einer Richtung sind in einem maximalen Abstand von 7m in der dazu orthogonalen Richtung verbunden.



5.1.4 Ausgabe des Berichts

Nach Abschluss der interaktiven Eingabe erfolgt die Ausgabe des Berichts. Wesentliche Auszüge des Berichts sind für das gewählte Beispiel in einer verkleinerten Form auf den folgenden Seiten dargestellt. Der vereinfachte Nachweis kann für den vorliegenden Grundriss geführt werden.

SDA-engineering GmbH Kaiserstr. 100, TPK III-B 52134 Herzogenrath		Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740 Fax: +49 (0) 2407 / 5094077	
---	--	---	--

Gebäude- und Erdbebendaten

Eigenschaft	Wert
Erdbebenzone:	1
Bedeutungskategorie:	II
Bedeutungsbeiwert:	1
Viskose Dämpfung:	5,00%
Anzahl Stockwerke:	2
Höhe der Stockwerke h:	250,0 cm

Elastisches Antwortspektrum

Parameter des horizontalen Antwortspektrums				
Untergrundtyp	S	T _a	T _c	T _b
	[s]	[s]	[s]	[s]
C-R	1,50	0,05	0,30	2,00

Materialdaten

Wandscheibentypen:

Wandscheibentyp	Material	t	E _w /E _{cm}	μ	ρ	α _τ
		[mm]	[N/mm ²]	[-]	[kg/m ³]	[-]
Wandtyp 1	beliebig	175	6635,00	0,10	2000,00	0,00008

Wandscheibentyp	SFK
Wandtyp 1	12

Lizenziert für: SDA Seite 2



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Grundrissdaten für Stockwerk 1

Wandscheiben

Nr.	Wandscheibentyp	Lastabtrag*	t	l _w	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂
[-]	[-]	[-]	[mm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
w1	Wandtyp 1	v→h	175	125,0	17,5	8,8	142,5	8,8
w2	Wandtyp 1	v→h	175	125,0	507,5	8,8	632,5	8,8
w3	Wandtyp 1	v→h	175	1300,0	8,8	0,0	8,8	1300,0
w4	Wandtyp 1	v→h	175	1300,0	641,2	0,0	641,2	1300,0
w5	Wandtyp 1	v→h	175	125,0	17,5	1291,2	142,5	1291,2
w6	Wandtyp 1	v→h	175	125,0	507,5	1291,2	632,5	1291,2
w7	Wandtyp 1	v→h	175	250,0	382,5	-476,2	632,5	-476,2
w8	Wandtyp 1	v→h	175	250,0	382,5	823,8	632,5	823,8

*: v = Vertikaler Lastabtrag, h = Horizontaler Lastabtrag, v→h = Vertikaler und Horizontaler Lastabtrag

Decke

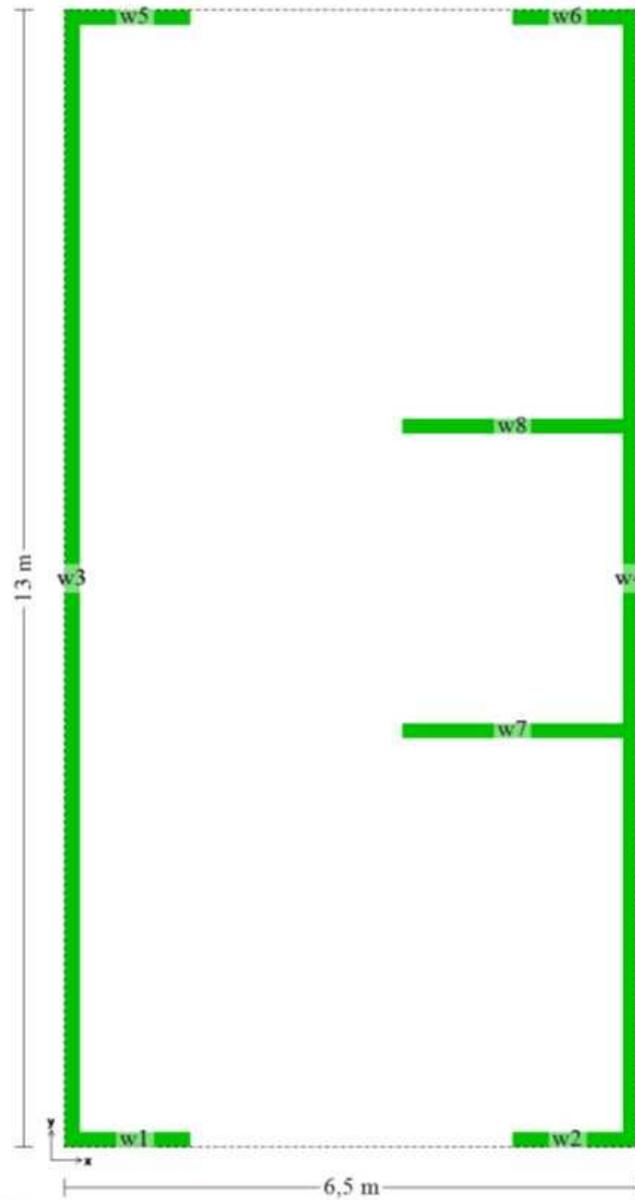
	Punktliste
	[cm]
Randpolygon	{X=0, Y=0}; {X=0, Y=1300}; {X=650, Y=1300}; {X=650, Y=0}
Stockwerksfläche	84,50 m ²



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Grundriss Stockwerk 1



Lizenziert für: SDA

Seite 4



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Vereinfachter Nachweis nach DIN EN 1998-1:2010-12 und DIN EN 1998-1/NA:2011-01 Abschnitt 9.7

Für den vereinfachten Nachweis wird vorausgesetzt, dass die maßgebenden Gebäuderichtungen der x- und y-Richtung des Zeichenfeldes entsprechen.

Sind die Konstruktionsregeln nach DIN EN 1998-1:2010-12/NA:2011-01 Abschnitt 9.2, 9.5 und 9.7.2 eingehalten, so kann das Gebäude als „einfacher Mauerwerksbau“ eingestuft werden und auf einen rechnerischen Nachweis verzichtet werden. Im Einzelnen sind dies folgende Kriterien:

	Baustoffe und Ausführung nach DIN EN 1998-1:2010-12/NA:2011-01 Abschnitt 9.2	
1 (1)	Mauersteine nach DIN EN 771-1, DIN EN 771-2, DIN EN 771-3, DIN EN 771-4, sofern diese nach den entsprechenden Anwendungsnormen DIN V 105-6, DIN V 20000-401, -402, -403, -404 oder Mauersteine, die nach einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geeignet sind, oder zusätzlich folgende Anforderungen erfüllen: Mauerziegel nach DIN V 105-100, Kalksandsteine nach DIN V 106, Betonsteine nach DIN V 18151-100, DIN V 18152-100 oder DIN V 18153-100, Porenbetonsteine nach DIN V 4165-100.	✔
3 (1)	Mauermörtel nach DIN EN 998-2 in Verbindung mit DIN V 20000-412:2004-03 oder nach DIN V 18580	✔
Auslegungskriterien und Konstruktionsregeln nach DIN EN 1998-1:2010-12/NA:2011-01 Abschnitt 9.5		
(1)	Hochbauten aus Mauerwerk müssen aus Decken und Wänden bestehen, die in zwei orthogonalen horizontalen und einer vertikalen Richtung miteinander verbunden sind	✔
(2)	Die Verbindung zwischen Decken und Wänden muss durch Stahlanker oder Stahlbetonringbalken erfolgen	✔
(3)	Jeder Deckentyp darf verwendet werden, vorausgesetzt, die allgemeinen Kontinuitätsanforderungen und eine wirksame Scheibenwirkung sind sichergestellt.	✔
(4)	Schubwände müssen in mindestens zwei orthogonalen Richtungen vorgesehen sein.	✔
(5) a	Die effektive Dicke von Schubwänden t_{ef} darf nicht geringer als ein Mindestwert $t_{ef,min} = 115 \text{ mm}$ nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 Tabelle NA.10 sein: Für alle Wände erfüllt.	✔
(5) b	Das Verhältnis der effektiven Knicklänge aller Wände zu ihrer effektiven Dicke darf einen Höchstwert von 27 nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 Tabelle NA.10 nicht überschreiten: Für alle Wände erfüllt.	✔
(5) c	Das Verhältnis der Wandlängen zur größten lichten Höhe h von an dieser Wand angrenzenden Öffnungen darf nicht geringer sein als der Mindestwert 0,27 nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 Tabelle NA.10: Für alle Wände erfüllt.	✔
Regeln für „einfache Mauerwerksbauten“ nach DIN EN 1998-1:2010-12/NA:2011-01 Abschnitt 9.7.2		
NA.D.2	Die Anzahl der Vollgeschosse über Gründungsniveau sowie die Bedeutungskategorie dürfen die in DIN EN 1998-1/NA:2011-01, Tabelle NA.D.2 angegebenen Werte nicht überschreiten. Vorhandene Vollgeschosse: $2 \leq 4$ (Erdbebenzone 1, Bedeutungskategorie II)	✔
NDP zu 9.3.2	Nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 beträgt die Mindestdicke unbewehrter tragender Mauerwerkswände 115 mm. Für alle Wände erfüllt.	✔



SDA-engineering GmbH Kaiserstr. 100, TPH III-B 52134 Herzogenrath		Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740 Fax: +49 (0) 2407 / 5094077
(1)	<p>Das Gebäude ist in beiden Gebäuderichtungen durch genügend lange Schubwände ausreichend auszusteuern. Hierfür sind jeweils die in Tabelle NA.12 angegebenen Mindestwerte für die auf die Geschossgrundrissfläche bezogene Schubwandquerschnittsfläche der aussteifenden Wände einzuhalten.</p> <p>Vorhanden: 2 Vollgeschosse Grundrissfläche je Geschoss: 84,50 m² Gesamtwandfläche: 1,75 m² (x-Richtung); 4,55 m² (y-Richtung)</p> <p>Erforderlich: x-Richtung: $a_{gR} \times S \times \gamma = 0,60 \leq 0,60 \times k \times k_r = 0,60$ → erf. Wandfläche = 2,0% der Geschossgrundrissfläche = 1,69 m² → 1,75 m² \geq 1,69 m²</p> <p>y-Richtung: $a_{gR} \times S \times \gamma = 0,60 \leq 0,60 \times k \times k_r = 1,20$ → erf. Wandfläche = 2,0% der Geschossgrundrissfläche = 1,69 m² → 4,55 m² \geq 1,69 m²</p>	
(2) a)	Der Gebäudegrundriss ist annähernd rechteckig.	
(2) b)	Das Verhältnis zwischen kürzerer Seite b und längerer Seite l des Bauwerks muss größer sein als 0,25. Vorhanden: $b/l = 0,500 \geq 0,25$	
(2) c)	Die Fläche der projizierten Abweichungen von der Rechteckform in Prozent der gesamten Gebäudegrundrissfläche oberhalb der betrachteten Ebene ist kleiner als 15%.	
(3) a)	Das Gebäude ist durch Schubwände ausgesteift, die im Grundriss nahezu symmetrisch in zwei orthogonalen Richtungen angeordnet sind.	
(3) b) c)(4)	<p>Mindestens zwei parallele Wände müssen jeweils in x- und y-Richtung angeordnet sein. Die Länge dieser Wände muss größer sein als 30% der Bauwerkslänge in der betrachteten Richtung. Außerdem muss der Abstand zwischen zwei der Wände in mindestens einer Richtung größer als 75% der Bauwerkslänge in der anderen Richtung sein.</p> <p>Mindestwerte für Wandlängen und Abstände: x-Richtung: Bauwerkslänge 6,500 m → Mindestlänge Wände in x-Richtung: 1,950 m → Mindestabstand Wände in y-Richtung: 4,875 m y-Richtung: Bauwerkslänge 13,000 m → Mindestlänge Wände in y-Richtung: 3,900 m → Mindestabstand Wände in x-Richtung: 9,750 m</p> <p>Vorhandene parallele lange Wände: x-Richtung: 2 Wände \geq 2 Wände größter Abstand: 3,476 m \leq 9,750 m y-Richtung: 2 Wände \geq 2 Wände größter Abstand: 6,324 m $>$ 4,875 m</p>	
(3) d)	Es werden mindestens 75% der Vertikallasten von den Schubwänden getragen oder der überwiegende Teil der Vertikallasten von den Schubwänden in den beiden orthogonalen Hauptrichtungen abgetragen.	
(3) e)	Schubwände sind über alle Geschosse durchgehend.	
(5) a)	Der Massenunterschied aufeinanderfolgender Geschosse muss kleiner als 20% sein.	
(5) b)	Zulässiger Unterschied der Schubwandflächen übereinanderliegender Geschosse. $0\% \leq 30\%$	
Lizenziert für: SDA		Seite 6



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

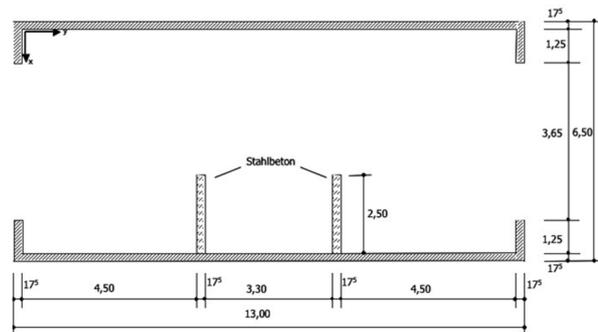
- | | | |
|-----|---|---|
| (6) | Die Schubwände in einer Richtung sind mit Wänden in der dazu orthogonalen Richtung in einem maximalen Abstand von 7m verbunden. |  |
|-----|---|---|

Ein rechnerischer Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit für den Lastfall Erdbeben ist somit nicht erforderlich, da alle Bedingungen erfüllt sind.

5.2 DIN EN 1998-1 in Kombination mit der DIN EN 1996-1-1 (2D)

5.2.1 Systembeschreibung

Der Programmablauf mit allen nötigen Eingaben wird im Folgenden anhand eines einfachen Beispiels in Mischbauweise demonstriert. Gewählt wurde das in nachfolgender Abbildung im Grundriss dargestellte Reihenhaus. Das Gebäude weist 2 Vollgeschosse mit einer Geschosshöhe von $h = 2,50$ m auf.



Die verwendete Mauerwerksart ist Kalksandstein. Zwei der Schubwände sind in Stahlbeton (C20/25) ausgeführt. Der Nachweis wird nach DIN EN 1998-1/NA-DE in Verbindung mit DIN EN1996-1-1/NA-DE durchgeführt.

5.2.2 Eingabedaten

Die Eingabe gliedert sich in drei Arbeitsschritte. Im ersten Schritt werden die Gebäudedaten, im zweiten Schritt die Erdbebendaten und zuletzt die Geometriedaten definiert.

5.2.2.1 Eingabe der Norm und Gebäudedaten

- Norm: DIN EN 1998-1/NA-DE in Verbindung mit DIN EN 1996-1-1/NA-DE
- Stockwerke: 2 Stockwerke mit $h = 250$ cm
- Bedeutungskategorie: Gewöhnliche Bauten (Kategorie II)
- Art der Verkehrslast: Nutzlasten und Verkehrslasten in sonstigen Gebäuden, alle Geschosse sind unabhängig voneinander genutzt
- Verhaltensbeiwerte: Verhaltensbeiwert q für x-Richtung und y-Richtung jeweils 1,5

5.2.2.2 Eingabe der Erdbebendaten

Definition des elastischen Antwortspektrums durch Benutzung der Datenbank für die Erdbebenzonen in Deutschland:

- Bundesland: Baden-Württemberg (BW)
- Kreis: Stuttgart
- Gemeinde: Stuttgart
- Gemarkung: Stuttgart-Ost
- Baugrundklasse: C

Alternative Definition des elastischen Antwortspektrums durch direkte Eingabe der standortspezifischen Kennwerte:

- Erdbebenzone: I



- Untergrundklasse: R
- Baugrundklasse: C

5.2.2.3 Eingabe der Geometriedaten

Im ersten Schritt, der Eingabe der Geometriedaten, werden die Koordinaten, die Wanddicken und die Steindruckfestigkeitsklasse der Wandscheiben definiert. Als Material wird Kalksandstein Mauerwerk nach DIN EN 1996-1-1 ausgewählt. Die Wandeigenschaften sind in Abschnitt 5.2.2.4 zusammengestellt. Bei der Eingabe der Geometriedaten ist insbesondere auf die konstruktive Ausführung der Mauerwerksstöße zu achten. In diesem Fall wird davon ausgegangen, dass die kürzeren Wände stumpf an die Längswände angeschlossen wurden. Es ergeben sich folgende tabellarisch zusammengefasste Eingabewerte:

Nr.	X1	Y1	X2	Y2	Länge	Typ
w1	17,5	8,8	142,5	8,8	125,0	Wandtyp 1
w2	507,5	8,8	632,5	8,8	125,0	Wandtyp 1
w3	8,8	0,0	8,8	1300,0	1300,0	Wandtyp 1
w4	641,2	0,0	641,2	1300,0	1300,0	Wandtyp 1
w5	17,5	1291,2	142,5	1291,2	125,0	Wandtyp 1
w6	507,5	1291,2	632,5	1291,2	125,0	Wandtyp 1
w7	382,5	476,2	632,5	476,2	250,0	Wandtyp 2
w8	382,5	823,8	632,5	823,8	250,0	Wandtyp 2

Die Geschosdecke erfüllt die Kriterien einer „Geschosdecke mit aussteifender Scheibenwirkung“. Die aussteifende Deckenscheibe wird über ein Randpolygon und ein Öffnungspolygon im Bereich des Treppenhauses definiert. Die Koordinaten der beiden rechteckigen Polygonzüge werden über jeweils vier Eckpunkte wie folgt definiert:

Wandscheiben		Stützen		Decke	
Rand-/Öffnungspolygone		X	Y		
- Randpolygon					
Punkt		0,0 cm	0,0 cm		
Punkt		0,0 cm	1300,0 cm		
Punkt		650,0 cm	1300,0 cm		
Punkt		650,0 cm	0,0 cm		

5.2.2.4 Eingabe der Wandeigenschaften

Wie in Abschnitt 2.3.2 beschrieben, öffnet sich durch Klick auf den Button **Wandscheibentypen bearbeiten** das in nebenstehender Abbildung dargestellte Eingabefenster. Die Eingaben wurden wie folgt definiert:

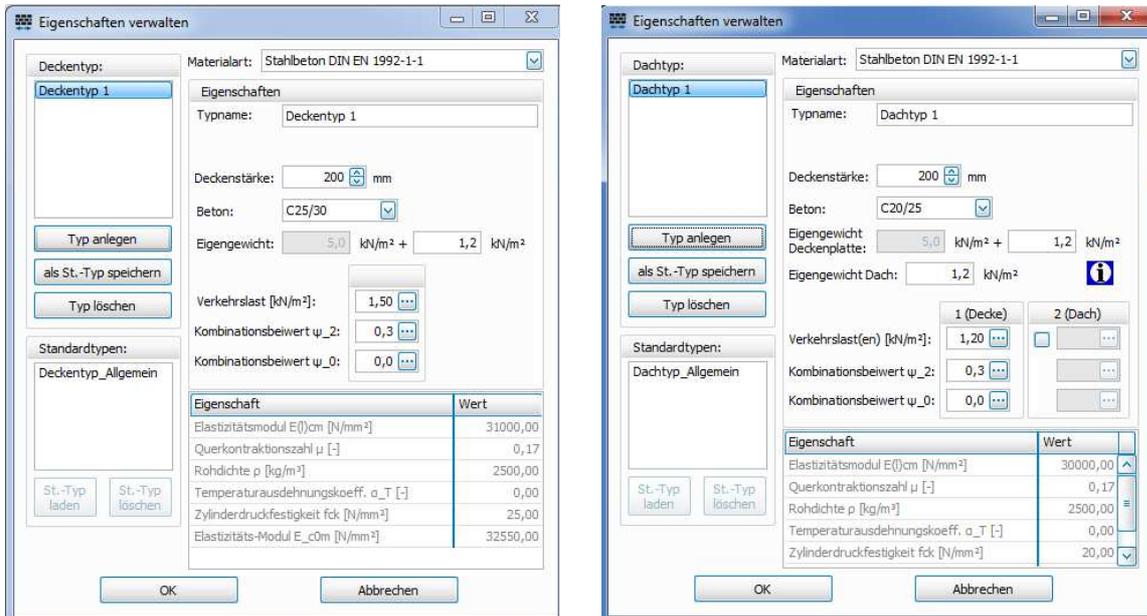
Eigenschaft	Wert
Elastizitätsmodul E_M [N/mm ²]	6632,64
Querkontraktionszahl μ [-]	0,10
Rohdichte ρ [kg/m ³]	2000,00
Temperaturausdehnungskoeff. α_T [-]	0,00
Druckfestigkeit Mörtel f_m [N/mm ²]	10,00
Druckfestigkeit Stein f_{St} [N/mm ²]	15,00

Die Eingabe der Stahlbetonwände erfolgt analog dazu unter Auswahl von Stahlbeton nach DIN EN 1992-1-1 als Materialart (vgl. untenstehende Abbildung).

Eigenschaft	Wert
Elastizitätsmodul $E(cm)$ [N/mm ²]	30000,00
Querkontraktionszahl μ [-]	0,17
Rohdichte ρ [kg/m ³]	2500,00
Temperaturausdehnungskoeff. α_T [-]	0,00
Zylinderdruckfestigkeit f_{ck} [N/mm ²]	20,00
Elastizitäts-Modul E_{c0m} [N/mm ²]	31500,00

5.2.2.5 Eingabe der Decken-/Dacheigenschaften

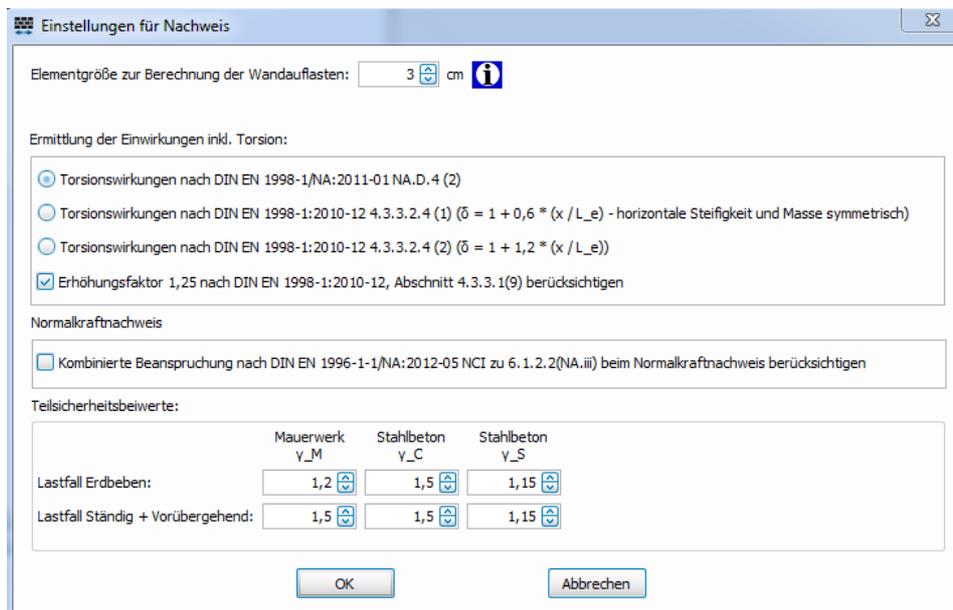
Wie in Kapitel 2.3.4 beschrieben, öffnet sich durch Klick auf den Button **Deckentypen bearbeiten** bzw. **Dachtypen bearbeiten** die in den nachfolgenden Abbildungen dargestellten Eingabefenster.



5.2.3 Durchführung des rechnerischen Nachweises

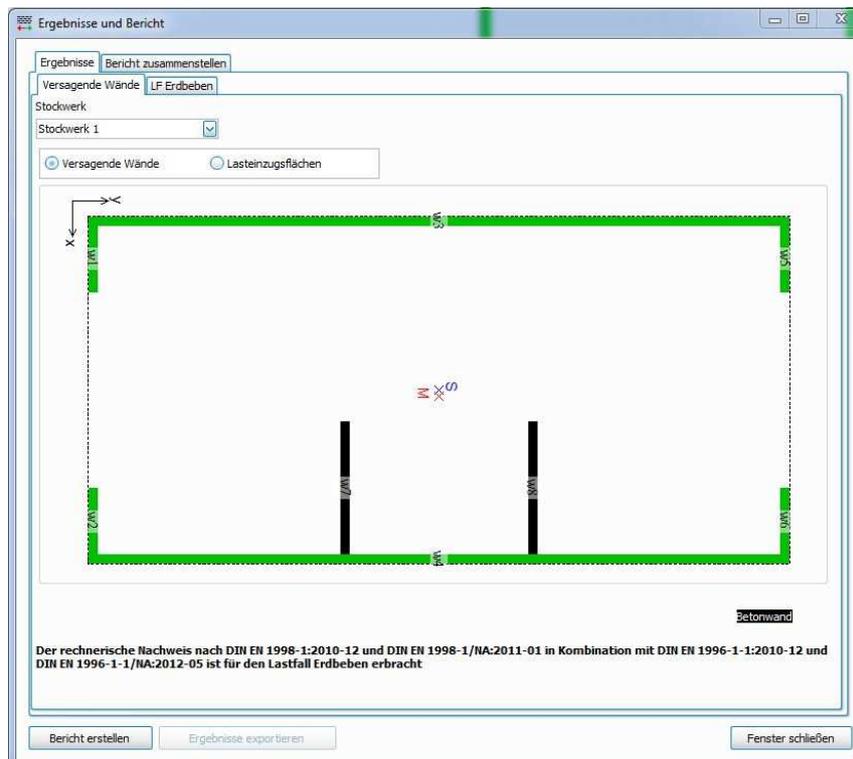
5.2.3.1 Nachweiseinstellungen

Bevor der Nachweis gestartet wird, erfolgt im Fenster Nachweiseinstellungen die Festlegung der Berechnungsparameter analog der Darstellung in der folgenden Abbildung.



5.2.3.2 Nachweisführung

Über den Menüpunkt **Nachweis starten** wird im Menü **Nachweis** direkt der rechnerische Nachweis gestartet. Nach Abschluss der Berechnung wird das dargestellte Fenster angezeigt.

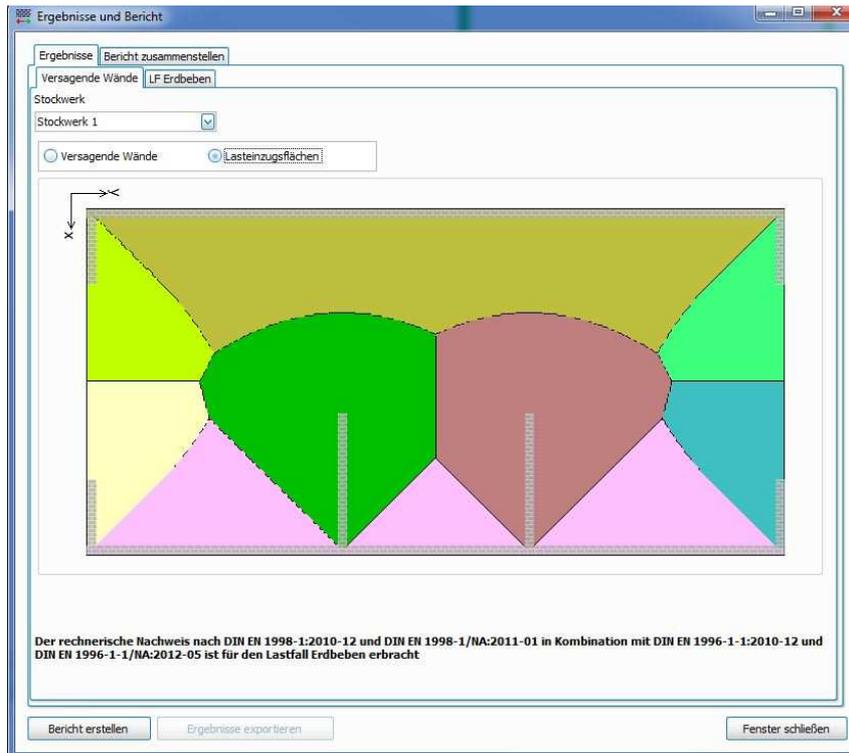


In diesem Fenster werden die Ergebnisse der Berechnung unter den Reitern **Versagende Wände** und **LF Erdbeben** dargestellt.

Unter dem Reiter **Versagende Wände** besteht die Möglichkeit zwischen den Ansichten **Versagende Wände** und **Lasteinzugsflächen** zu wechseln.

In der Ansicht **Versagende Wände** sind die versagenden Mauerwerkswände in Rot dargestellt. Liegen versagende Wände vor, so kann der Benutzer entscheiden, ob er den Bericht erzeugt oder das System nochmals modifiziert. In diesem Fall ist der Button **Fenster schließen** zu wählen.

In der Ansicht **Lasteinzugsflächen** können die von MINEA zur Auflastermittlung erzeugten Lasteinzugsflächen grafisch kontrolliert werden. Ist das Ergebnis nicht zufriedenstellend, kann die Elementgröße in den **Nachweiseinstellungen** (Menü **Nachweis**) angepasst werden.



Unter dem Reiter **LF Erdbeben** werden die numerischen Nachweisergebnisse je Stockwerk für jede Wandscheibe und jeden Nachweis angezeigt.

Wand	N_Rd [kN]	N_Ed [kN]	N_Ed / N_Rd [-]
Wand w1	942,94	88,96	0,09
Wand w2	942,51	88,85	0,09
Wand w3	11420,68	564,43	0,05
Wand w4	10361,97	444,97	0,04
Wand w5	940,96	88,43	0,09
Wand w6	941,59	88,60	0,09

5.2.4 Ausgabe des Berichts

Der Bericht ist für das gewählte Beispiel in einer verkleinerten Form auf den folgenden Seiten dargestellt. Der rechnerische Nachweis kann für den vorliegenden Grundriss geführt werden.

SDA-engineering GmbH
 Kaiserstr. 100, TPH III-B
 52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
 Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Gebäude- und Erdbebendaten

Eigenschaft	Wert
Erdbebenzone:	1
Bedeutungskategorie:	II
Bedeutungsbeiwert:	1
Art der Verkehrslasten:	Nutzlasten der Kategorie A-C einschließlich T und Z
Viskose Dämpfung:	5,00%
Anzahl Stockwerke:	2
Höhe der Stockwerke h:	250,0 cm
Verhaltensbeiwert q_x :	1,5
Verhaltensbeiwert q_y :	1,5

Elastisches Antwortspektrum

Parameter des horizontalen Antwortspektrums					
Untergrundtyp	S	T _a	T _c	T _D	a _{GR}
	[-]	[s]	[s]	[s]	[m/s ²]
C-R	1,50	0,05	0,30	2,00	0,40

Materialdaten

Wandscheibentypen:

Wandscheibentyp	Material	t	E _w /E _{cm}	μ	ρ	α _T
		[mm]	[N/mm ²]	[-]	[kg/m ³]	[-]
Wandtyp 1	Kalksandsteine DM	175	6632,64	0,10	2000,00	8E-06
Wandtyp 2	C20/25	175	30000,00	0,17	2500,00	1E-05

Wandscheibentyp	SFK	Stoßfugen vermörtelt	f _t	f _{ctm}	l ₀ /h ₀	h ₀	l ₁	f _{ct,eff}	φ ₀
			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[N/mm ²]	[-]
Wandtyp 1	12	Nein	6,98	0,22	-	-	-	0,48	1,50

Wandscheibentyp	f _{ct}
	[N/mm ²]
Wandtyp 2	20

Deckentypen:

Deckentyp	Material	t	E _{cm}	μ	ρ	α _T
		[mm]	[N/mm ²]	[-]	[kg/m ³]	[-]
Deckentyp 1	C25/30	200	31000,00	0,167	2500	1E-05

Lizenziert für: SDA
Seite 2



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Deckentyp	f_{ct}
	[N/mm ²]
Deckentyp 1	25

Dachtyp:

Dachtyp	Material	t	E_{con}	μ	ρ	α_T
		[mm]	[N/mm ²]	[-]	[kg/m ³]	[-]
Dachtyp 1	C20/25	200	30000,00	0,167	2500	1E-05

Dachtyp	f_{ct}
	[N/mm ²]
Dachtyp 1	20



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Grundrissdaten für Stockwerk 1

Wandscheiben

Nr.	Wandscheibentyp	Lastabtrag*	t	l _w	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂
[-]	[-]	[-]	[mm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
w1	Wandtyp 1	v→h	175	125,0	17,5	8,8	142,5	8,8
w2	Wandtyp 1	v→h	175	125,0	507,5	8,8	632,5	8,8
w3	Wandtyp 1	v→h	175	1300,0	8,8	0,0	8,8	1300,0
w4	Wandtyp 1	v→h	175	1300,0	641,2	0,0	641,2	1300,0
w5	Wandtyp 1	v→h	175	125,0	17,5	1291,2	142,5	1291,2
w6	Wandtyp 1	v→h	175	125,0	507,5	1291,2	632,5	1291,2
w7	Wandtyp 2	v→h	175	250,0	382,5	476,2	632,5	476,2
w8	Wandtyp 2	v→h	175	250,0	382,5	823,8	632,5	823,8

*: v = Vertikaler Lastabtrag, h = Horizontaler Lastabtrag, v→h = Vertikaler und Horizontaler Lastabtrag

Decke

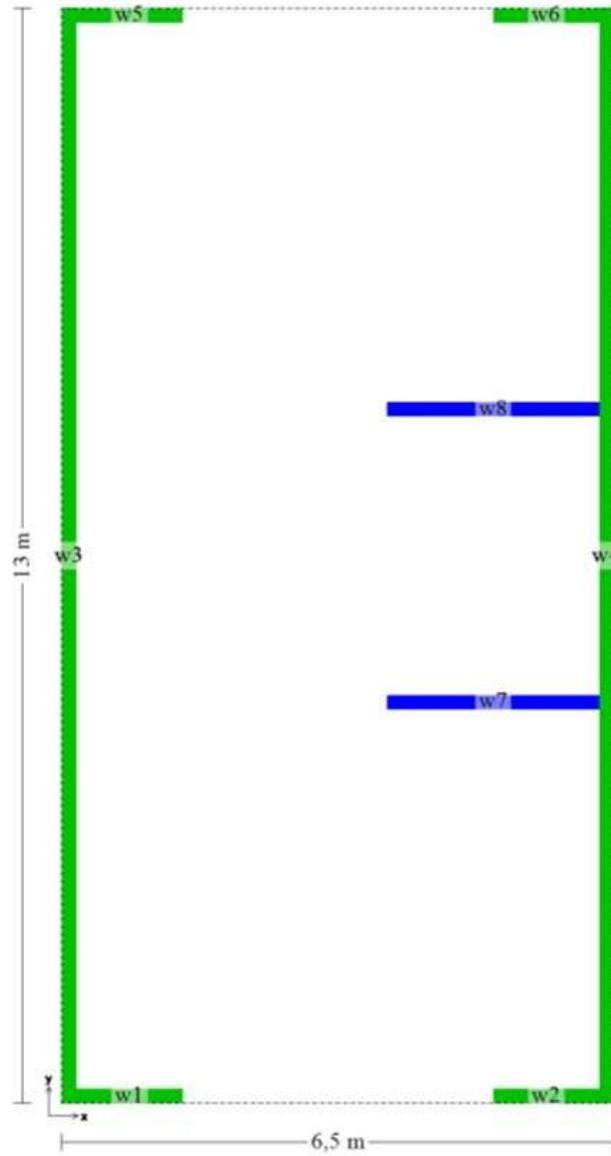
	Punktliste
	[cm]
Randpolygon	(X=0, Y=0); (X=0, Y=1300); (X=650, Y=1300); (X=650, Y=0)
Stockwerksfläche	84,50 m ²



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Grundriss Stockwerk 1



Lizenziert für: SDA

Seite 5

SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Harzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Lastverteilung Erdbebenlasten

Zusammenstellung der Stockwerksmassen

Decke	A ₀ [m ²]	g ₀ [kN/m ²]	q ₀₁ [kN/m ²]	ψ _{0,1} [-]	M ₀ [t]	φ [-]	M ₀ [t]
Decke 1	84,50	6,20	1,50	0,30	32,59	0,70	88,71
Decke 2	84,50	7,40	1,20	0,30	16,30	1,00	83,14

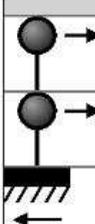
Ergebnisse der Modalanalyse

Richtung	T ₁ [s]	S _a [m/s ²]	λ [-]	Masse [t]	F _s * [kN]
x	0,1116	1,0000	1,00	171,85	214,81
y	0,0467	1,0000	1,00	171,85	214,81

* Das Gebäude erfüllt nicht Bedingung d) aus DIN EN 1998-1:2010-12 4.3.3.1(8). Für den Nachweis wurden daher nach DIN EN 1998-1:2010-12 4.3.3.1(9) alle Beanspruchungsgrößen mfolge Erdbebenwirkung mit 1,25 multipliziert.

Stockwerkskräfte aus massen- und höhenproportionaler Verteilung der Erdbebenlast

Stockwerk	Stockwerkskräfte	
	x-Richtung [kN]	y-Richtung [kN]
2	140,08	140,08
1	74,73	74,73
Σ	214,81	214,81



Massenschwerpunkt / Steifigkeitsmittelpunkt

Richtung	Massenschwerpunkt [m]	Steifigkeitsmittelpunkt [m]
x	3,366	3,250
y	6,500	6,500

Ausmitteln

	Tatsächliche(e ₀) [m]	Zufällige(e ₁) [m]	Zusätzliche(e ₂) [m]	e _{min} [m]	e _{max} [m]
x	0,116	0,325	0,824	-0,267	1,265
y	0,000	0,650	0,000	-0,650	0,650

Wandkennwerte und Festigkeiten

Wand	l _w [m]	t [m]	x _s [m]	y _s [m]	α [°]	I _w [m ⁴]	EI _w [kNm ²]
w1	1,25	0,175	0,80	0,09	0,00	0,03	180369,29
w2	1,25	0,175	5,70	0,09	0,00	0,03	180369,29
w3	13,00	0,175	0,09	6,50	90,00	5,23	34687486,87
w4	13,00	0,175	6,41	6,50	90,00	5,23	34687486,87
w5	1,25	0,175	0,80	12,91	0,00	0,03	180369,29
w6	1,25	0,175	5,70	12,91	0,00	0,03	180369,29
w7	2,50	0,175	5,08	4,76	0,00	0,19	5783365,06

SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

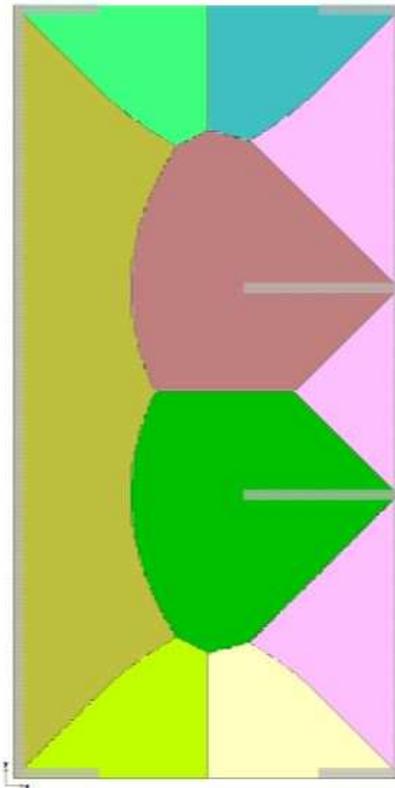
Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

w8 | 2,50 | 0,175 | 5,08 | 8,24 | 0,00 | 0,19 | 5783365,06

Schnittgrößen

Vertikale Lastfälle

Vertikale Lasteinzugsflächen



Statischer Lastfall am Wandfuß Stockwerk 1

Wandscheibe	vertikale Lastverteilung (Wandfuß)					
	Eigengewicht oberste Deckenplatte	Verkehrslast oberste Deckenplatte	Eigengewicht Dach	Eigengewicht Zwischendecken	Verkehrslasten Zwischendecken	Eigengewicht Wandscheiben
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
w1	29,04	5,62	5,62	29,04	7,03	21,46
w2	28,99	5,61	5,61	28,99	7,01	21,46
w3	146,83	28,42	28,42	146,83	35,52	223,18
w4	95,43	18,47	18,47	95,43	23,09	223,18
w5	28,82	5,58	5,58	28,82	6,97	21,46
w6	28,89	5,59	5,59	28,89	6,99	21,46

Lizenziert für: SDA

Seite 7



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Harzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

w7	82,99	16,06	16,06	82,99	20,08	53,65
w8	82,92	16,05	16,05	82,92	20,06	53,65

Statischer Lastfall am Wandfuß Stockwerk 2

vertikale Lastverteilung (Wandfuß)				
Wandscheibe	Eigengewicht oberste Deckenplatte [kN]	Verkehrslast oberste Deckenplatte [kN]	Eigengewicht Dach [kN]	Eigengewicht Wandscheiben [kN]
w1	29,04	5,62	5,62	10,73
w2	28,99	5,61	5,61	10,73
w3	146,83	28,42	28,42	111,59
w4	95,45	18,47	18,47	111,59
w5	28,82	5,58	5,58	10,73
w6	28,88	5,59	5,59	10,73
w7	82,99	16,06	16,06	26,82
w8	82,92	16,05	16,05	26,82

Erdbebenlastfall

Erdbebenlastfall Stockwerk 1

Wand	Wandfuß			Wandmitte			Wandkopf		
	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]
w1	88,96	3,49	14,41	83,60	3,49	10,04	78,23	3,49	5,68
w2	88,85	3,49	14,41	83,48	3,49	10,04	78,12	3,49	5,68
w3	564,43	121,76	503,22	508,63	121,76	351,02	452,84	121,76	198,82
w4	444,97	152,78	628,06	389,18	152,78	437,10	333,38	152,78	246,13
w5	88,43	3,49	14,41	83,07	3,49	10,04	77,70	3,49	5,68
w6	88,60	3,49	14,41	83,24	3,49	10,04	77,87	3,49	5,68
w7	246,53	104,03	429,60	233,12	104,03	299,56	219,71	104,03	169,52
w8	246,36	104,03	429,60	232,95	104,03	299,56	219,54	104,03	169,52

Horizontalkraftermittlung unter Berücksichtigung der Torsionswirkungen nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 NAD4(2)

Erdbebenlastfall Stockwerk 2

Wand	Wandfuß			Wandmitte			Wandkopf		
	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]
w1	47,08	2,27	5,68	41,72	2,27	2,84	36,35	2,27	0,00
w2	47,02	2,27	5,68	41,65	2,27	2,84	36,29	2,27	0,00
w3	295,36	79,53	198,82	239,56	79,53	99,41	183,77	79,53	0,00
w4	231,03	98,45	246,13	175,23	98,45	123,06	119,44	98,45	0,00
w5	46,80	2,27	5,68	41,43	2,27	2,84	36,07	2,27	0,00
w6	46,89	2,27	5,68	41,52	2,27	2,84	36,16	2,27	0,00
w7	130,69	67,81	169,52	117,28	67,81	84,76	103,87	67,81	0,00
w8	130,60	67,81	169,52	117,19	67,81	84,76	103,78	67,81	0,00

Horizontalkraftermittlung unter Berücksichtigung der Torsionswirkungen nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 NAD4(2)

Min. Max. Einwirkungen

Stockwerk 1



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Minimale/Maximale Einwirkungen am Wandfuß Lastfall Erdbeben

Wand	$N_{Ed,min}$ [kN]	$N_{Ed,max}$ [kN]	$V_{Ed,max}$ [kN]	$M_{Ed,max}$ [kNm]
w1	88,96	88,96	3,49	14,41
w2	88,85	88,85	3,49	14,41
w3	564,43	564,43	121,76	503,23
w4	444,97	444,97	152,78	628,06
w5	88,43	88,43	3,49	14,41
w6	88,60	88,60	3,49	14,41
w7	246,53	246,53	104,03	429,60
w8	246,36	246,36	104,03	429,60

Stockwerk 2

Minimale/Maximale Einwirkungen am Wandfuß Lastfall Erdbeben

Wand	$N_{Ed,min}$ [kN]	$N_{Ed,max}$ [kN]	$V_{Ed,max}$ [kN]	$M_{Ed,max}$ [kNm]
w1	47,08	47,08	2,27	5,68
w2	47,02	47,02	2,27	5,68
w3	295,36	295,36	79,53	198,83
w4	231,03	231,03	98,45	246,13
w5	46,80	46,80	2,27	5,68
w6	46,89	46,89	2,27	5,68
w7	130,69	130,69	67,81	169,52
w8	130,60	130,60	67,81	169,52

Nachweise

Nachweis Erdbeben

Stockwerk 1

Nachweis Normalkraft am Wandfuß

Wand	$e_{u,j}$ [m]	$\Phi_{u,j}$ [-]	$e_{u,rank}$ [m]	$\Phi_{u,rank}$ [-]	$\Phi_{u,komb}$ [-]	f_d [kN/m ²]	N_{Rd} [kN]	N_{Ed} [kN]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]
w1	0,162	0,741	0,009	0,900	0,667	5818,108	848,65	88,96	0,10
w2	0,162	0,741	0,009	0,900	0,666	5818,108	848,26	88,85	0,10
w3	0,892	0,863	0,009	0,900	0,777	5818,108	10278,61	564,43	0,05
w4	1,411	0,783	0,009	0,900	0,705	5818,108	9925,77	444,97	0,05
w5	0,163	0,739	0,009	0,900	0,665	5818,108	846,86	88,43	0,10
w6	0,163	0,740	0,009	0,900	0,666	5818,108	847,43	88,60	0,10

Nachweis Querkraft am Wandfuß

Wand	$f_{t,1d}$ [kN/m ²]	$f_{t,1d}$ [kN/m ²]	$f_{t,k}$ [kN/m ²]	$f_{t,d}$ [kN/m ²]	$e_{u,j}$ [m]	c [-]	$l_{e1} l_e$ [m]	V_{Rd1s} [kN]	V_{Ed} [kN]	V_{Ed}/V_{Rd1s} [-]
w1	272,675	293,575	272,675	227,230	0,162	1,500	1,250	33,14	3,49	0,11
w2	272,462	293,486	272,462	227,052	0,162	1,500	1,250	33,11	3,49	0,11
w3	209,240	266,029	209,240	174,367	0,892	1,000	13,000	396,68	121,76	0,31
w4	188,237	256,257	188,237	156,864	1,411	1,000	13,000	356,87	152,78	0,43
w5	271,704	293,172	271,704	226,420	0,163	1,500	1,250	33,02	3,49	0,11

Lizenziert für: SDA-engineering GmbH

Seite 9



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

w6 | 272,012 | 293,300 | 272,012 | 226,677 | 0,163 | 1,500 | 1,250 | 33,00 | 3,48 | 0,11

Nachweis Normalkraft in Wandmitte

Wand	$e_{m,j}$ [m]	$\Phi_{m,j}$ [-]	$e_{m,init,csnk}$ [m]	$e_{m,k,csnk}$ [m]	$e_{m,csnk}$ [m]	$e_{m,csnk}$ [m]	$\Phi_{m,csnk}$ [-]	$\Phi_{m,komb}$ [-]	f_d [kN/m ²]	N_{Rd} [kN]	N_{Ed} [kN]	N_{Ed} / N_{Rd} [-]	
w1	0,120	0,808	0,004	0,000	0,000	0,000	0,009	0,769	0,621	5818,108	790,43	83,60	0,11
w2	0,120	0,807	0,004	0,000	0,000	0,000	0,009	0,769	0,621	5818,108	790,16	83,48	0,11
w3	0,690	0,894	0,004	0,000	0,000	0,000	0,009	0,769	0,687	5818,108	9096,25	508,63	0,06
w4	1,123	0,827	0,004	0,000	0,000	0,000	0,009	0,769	0,636	5818,108	8418,32	389,18	0,05
w5	0,121	0,807	0,004	0,000	0,000	0,000	0,009	0,769	0,620	5818,108	789,22	83,07	0,11
w6	0,121	0,807	0,004	0,000	0,000	0,000	0,009	0,769	0,620	5818,108	789,61	83,24	0,11

Nachweise nach DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05 NCI zu Abschnitt 6.1 und 6.2 mit: $\zeta=1,0$ und $\gamma_m=1,2$

Tragwiderstände N_{Rd} unter kombinierter Beanspruchung nach DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05 NCI zu 6.1.2.2(NA.iii)

Stockwerk 2

Nachweis Normalkraft am Wandfuß

Wand	$e_{w,j}$ [m]	$\Phi_{w,j}$ [-]	$e_{w,csnk}$ [m]	$\Phi_{w,csnk}$ [-]	$\Phi_{w,komb}$ [-]	f_d [kN/m ²]	N_{Rd} [kN]	N_{Ed} [kN]	N_{Ed} / N_{Rd} [-]
w1	0,121	0,807	0,009	0,900	0,726	5818,108	924,30	47,08	0,05
w2	0,121	0,807	0,009	0,900	0,726	5818,108	924,01	47,02	0,05
w3	0,673	0,896	0,009	0,900	0,807	5818,108	10678,91	295,36	0,03
w4	1,069	0,836	0,009	0,900	0,752	5818,108	9960,10	231,03	0,02
w5	0,121	0,806	0,009	0,900	0,725	5818,108	922,95	46,80	0,05
w6	0,121	0,806	0,009	0,900	0,726	5818,108	923,38	46,89	0,05

Nachweis Querkraft am Wandfuß

Wand	f_{t1} [kN/m ²]	f_{t2} [kN/m ²]	f_{t3} [kN/m ²]	f_{t4} [kN/m ²]	$e_{w,j}$ [m]	c [-]	$l_{ext} l_e$ [m]	V_{Rd1} [kN]	V_{Ed} [kN]	V_{Ed} / V_{Rd1} [-]
w1	196,092	259,954	196,092	163,410	0,121	1,500	1,250	23,83	2,27	0,10
w2	195,977	259,901	195,977	163,314	0,121	1,500	1,250	23,82	2,27	0,10
w3	161,931	243,465	161,931	134,942	0,673	1,000	13,000	306,99	79,53	0,26
w4	150,620	237,754	150,620	125,517	1,065	1,000	13,000	285,55	98,45	0,34
w5	195,568	259,710	195,568	162,974	0,121	1,500	1,250	23,77	2,27	0,10
w6	195,734	259,787	195,734	163,112	0,121	1,500	1,250	23,79	2,27	0,10

Nachweis Normalkraft in Wandmitte

Wand	$e_{m,j}$ [m]	$\Phi_{m,j}$ [-]	$e_{m,init,csnk}$ [m]	$e_{m,k,csnk}$ [m]	$e_{m,csnk}$ [m]	$e_{m,csnk}$ [m]	$\Phi_{m,csnk}$ [-]	$\Phi_{m,komb}$ [-]	f_d [kN/m ²]	N_{Rd} [kN]	N_{Ed} [kN]	N_{Ed} / N_{Rd} [-]	
w1	0,068	0,891	0,004	0,000	0,000	0,000	0,009	0,769	0,685	5818,108	871,93	41,72	0,05
w2	0,068	0,891	0,004	0,000	0,000	0,000	0,009	0,769	0,685	5818,108	871,77	41,65	0,05
w3	0,415	0,936	0,004	0,000	0,000	0,000	0,009	0,769	0,720	5818,108	9527,06	239,56	0,03
w4	0,702	0,892	0,004	0,000	0,000	0,000	0,009	0,769	0,686	5818,108	9077,22	175,23	0,02
w5	0,069	0,890	0,004	0,000	0,000	0,000	0,009	0,769	0,685	5818,108	871,19	41,43	0,05
w6	0,068	0,891	0,004	0,000	0,000	0,000	0,009	0,769	0,685	5818,108	871,43	41,52	0,05

Nachweise nach DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05 NCI zu Abschnitt 6.1 und 6.2 mit: $\zeta=1,0$ und $\gamma_m=1,2$

Tragwiderstände N_{Rd} unter kombinierter Beanspruchung nach DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05 NCI zu 6.1.2.2(NA.iii)



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Schlankheit (Erdbeben)

Wand	Haltende Wände	Gehalten	Rechn. gehalten	l_w b b'	h_{ef}	l_{ef}	$\lambda_{crack} = h_{ef} / l_{ef}$	λ_{max}
				[m]	[m]	[mm]	[-]	[-]
w1		2	2	1,25	1,88	175	10,71	27
w2		2	2	1,25	1,88	175	10,71	27
w3		2	2	13,00	1,88	175	10,71	27
w4		2	2	13,00	1,88	175	10,71	27
w5		2	2	1,25	1,88	175	10,71	27
w6		2	2	1,25	1,88	175	10,71	27

Ermittlung der Knicklänge nach DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05 NCI zu 5.5.1.2



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Zusammenfassung LF Erdbeben

Stockwerk 1	
Wand	Fehlgeschlagene Nachweise
w1	
w2	
w3	
w4	
w5	
w6	

Stockwerk 2	
Wand	Fehlgeschlagene Nachweise
w1	
w2	
w3	
w4	
w5	
w6	

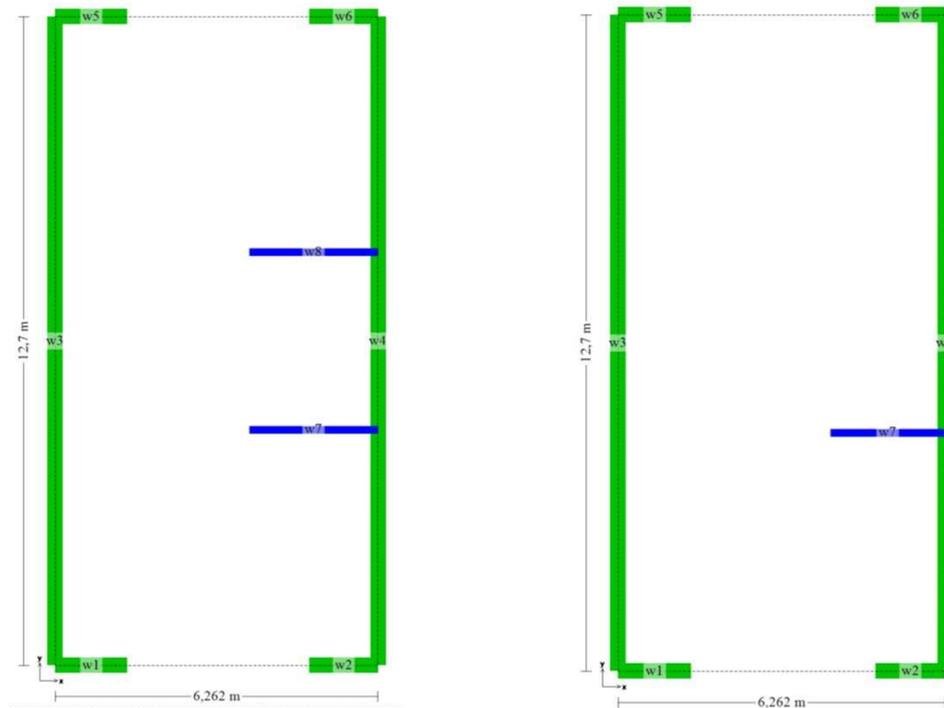
Der rechnerische Nachweis nach DIN EN 1998-1:2010-12 und DIN EN 1998-1/NA:2011-01 in Kombination mit DIN EN 1996-1-1:2010-12 und DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05 ist für den Lastfall Erdbeben erbracht

5.3 DIN EN 1998-1 in Kombination mit der DIN EN 1996-1-1 (3D)

5.3.1 Systembeschreibung

Der Programmablauf mit allen nötigen Eingaben wird im Folgenden anhand eines einfachen Beispiels in Mischbauweise demonstriert. Gewählt wurde das in den beiden nachfolgenden Abbildungen im Grundriss dargestellte Reihenhaus. Das Gebäude weist 2 Vollgeschosse mit einer Geschosshöhe von $h = 2,80$ m auf.

Es werden Wände aus Ziegelmauerwerk (grüne Wandscheiben) sowie aus Stahlbeton (blaue Wandscheiben) verwendet. Die aussteifenden Wände sind mit der zugehörigen Bemaßung in den nachfolgenden Abbildungen für EG und OG dargestellt.



Der Nachweis wird nach DIN EN 1998-1/NA-DE in Verbindung mit DIN EN 1996-1-1/NA-DE durchgeführt.

5.3.2 Eingabedaten

Die Eingabe gliedert sich in drei Arbeitsschritte. Im ersten Schritt werden die Gebäudedaten, im zweiten Schritt die Erdbebendaten und zuletzt die Geometriedaten definiert.

5.3.2.1 Eingabe der Norm und Gebäudedaten

- Norm: DIN EN 1998-1/NA-DE in Verbindung mit DIN EN 1996-1-1/NA-DE
- Stockwerke: 2 Stockwerke mit $h = 280$ cm
- Bedeutungskategorie: Gewöhnliche Bauten (Kategorie II)
- Verhaltensbeiwerte: Verhaltensbeiwert q für x-Richtung und y-Richtung jeweils 1,5

5.3.2.2 Eingabe der Erdbebendaten

Definition des elastischen Antwortspektrums durch Benutzung der Datenbank für die Erdbebenzonen in Deutschland:

- Bundesland: Baden-Württemberg (BW)
- Kreis: Stuttgart

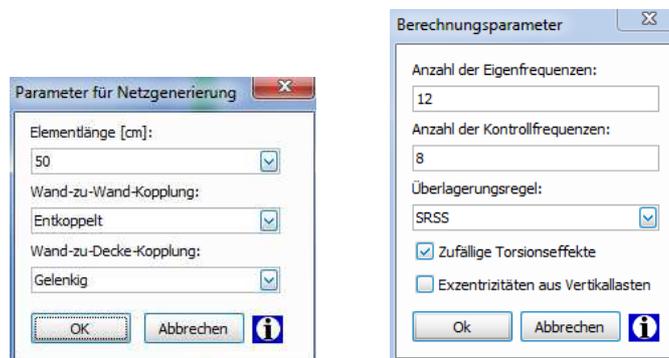
- Gemeinde: Stuttgart
- Gemarkung: Stuttgart-Ost
- Baugrundklasse: C

Alternative Definition des elastischen Antwortspektrums durch direkte Eingabe der standortspezifischen Kennwerte:

- Erdbebenzone: 1
- Untergrundklasse: R
- Baugrundklasse: C

5.3.2.3 Eingabe der Netz- und Berechnungsparameter

Die Netz- und Berechnungsparameter werden wie folgt definiert:



5.3.2.4 Eingabe der Geometriedaten

Im ersten Schritt der Eingabe der Geometriedaten werden die Koordinaten, die Wanddicken und die Steindruckfestigkeitsklasse der Wandscheiben definiert. Die Wandkoordinaten für das Erdgeschoss und das Obergeschoss sind in den folgenden Fenstern dargestellt:

Nr.	X1	Y1	X2	Y2	Länge	Typ
w1	15,0	15,0	155,0	15,0	140,0	SFK 8
w2	507,4	15,0	641,2	15,0	133,8	SFK 8
w3	15,0	15,0	1285,0	1270,0	1270,0	SFK 8
w4	641,2	15,0	641,2	1285,0	1270,0	SFK 8
w5	15,0	1285,0	155,0	1285,0	140,0	SFK 8
w6	507,4	1285,0	641,2	1285,0	133,8	SFK 8
stb	391,2	476,2	641,2	476,2	250,0	STB
stb	391,2	823,8	641,2	823,8	250,0	STB

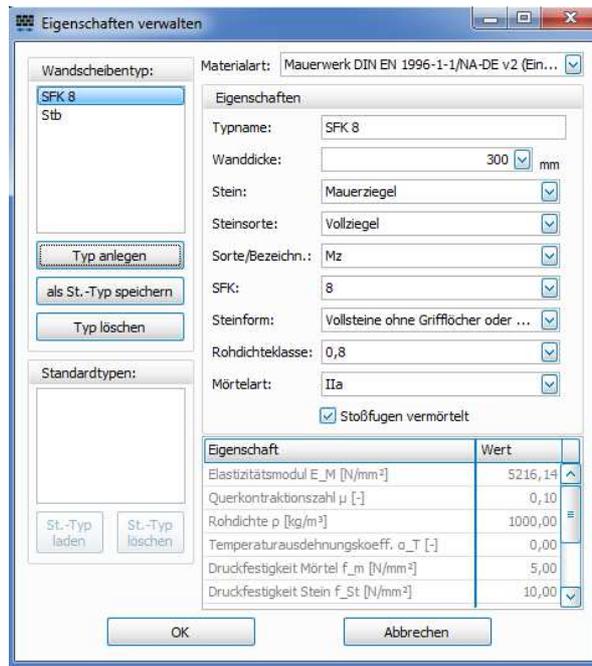
Als Material wird zum einen Ziegelmauerwerk nach DIN EN 1996-1-1 und zum anderen Stahlbeton nach DIN EN 1992-1-1 ausgewählt. Die Wandeigenschaften sind in 5.3.2.5 zusammengestellt. Bei der Eingabe der Geometriedaten ist insbesondere auf die konstruktive Ausführung der Mauerwerksstöße zu achten. In diesem Fall wird davon ausgegangen, dass die Wände im Verband gemauert sind.

Die Geschossdecke erfüllt die Kriterien einer „Geschossdecke mit aussteifender Scheibenwirkung“. Die aussteifende Deckenscheibe wird über ein Randpolygon und ein Öffnungspolygon im Bereich des Treppenhauses definiert. Die Koordinaten der beiden rechteckigen Polygonzüge werden über jeweils vier Eckpunkte wie folgt definiert:

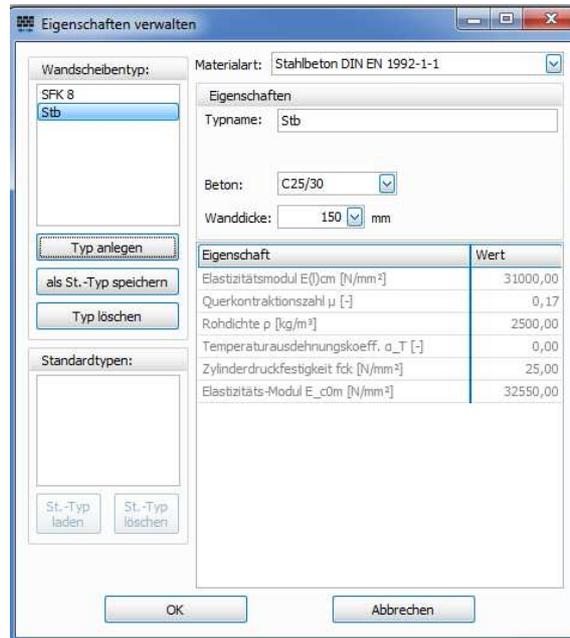
Wandscheiben		Stützen	Decke
Rand-/Öffnungspolygone	X	Y	
[-] Randpolygon			
Punkt	15,0 cm	15,0 cm	
Punkt	15,0 cm	1285,0 cm	
Punkt	641,2 cm	1285,0 cm	
Punkt	641,2 cm	15,0 cm	

5.3.2.5 Eingabe der Wandeigenschaften

Wie in Abschnitt 2.3.2 beschrieben, öffnet sich durch Klick auf den Button **Wandscheibentypen bearbeiten** das in nebenstehender Abbildung dargestellte Eingabefenster. Die Eingaben wurden wie folgt definiert:

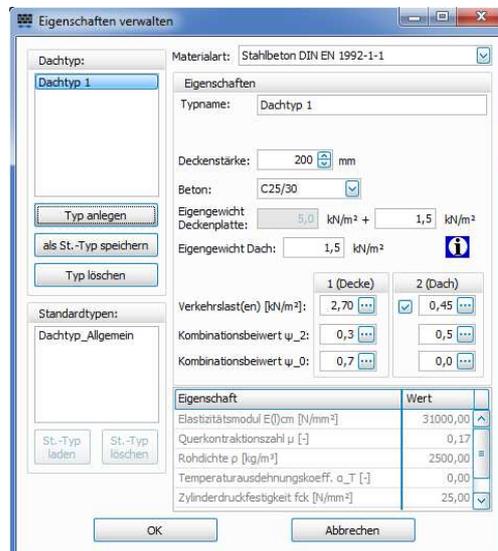
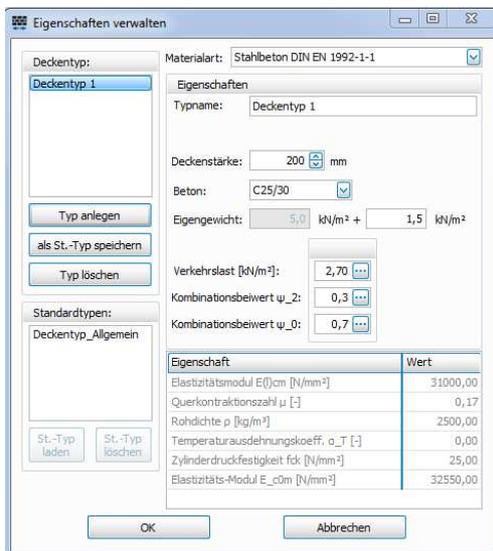


Die Eingabe der Wandscheiben aus Stahlbeton erfolgt analog dazu mit den in folgender Abbildung angezeigten Eigenschaften.



5.3.2.6 Eingabe der Decken-/Dacheigenschaften

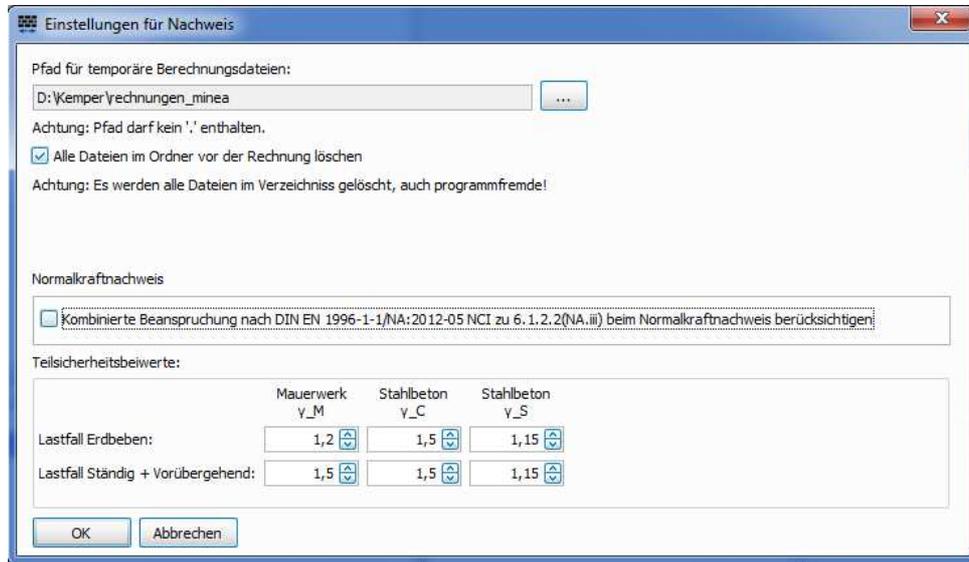
Wie in Kapitel 2.3.4 beschrieben, öffnet sich durch Klick auf den Button **Deckentypen bearbeiten** bzw. **Dachtypen bearbeiten** die in den nachfolgenden Abbildungen dargestellten Eingabefenster.



5.3.3 Durchführung des rechnerischen Nachweises

5.3.3.1 Nachweiseinstellungen

Bevor der Nachweis gestartet wird, erfolgt im Fenster Nachweiseinstellungen die Festlegung der Berechnungsparameter analog der Darstellung in der folgenden Abbildung.

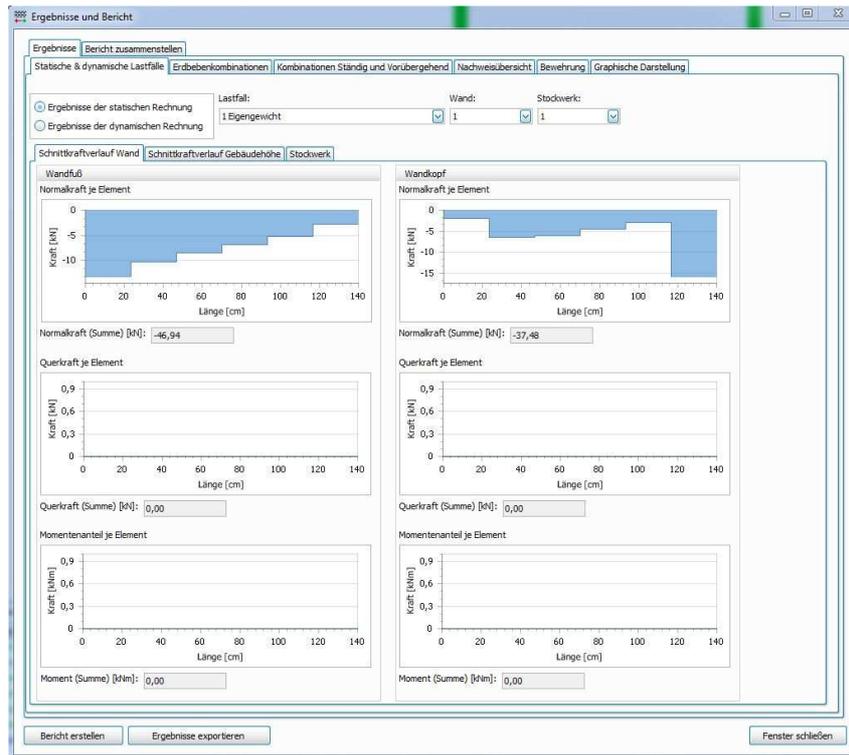


5.3.3.2 Nachweisführung

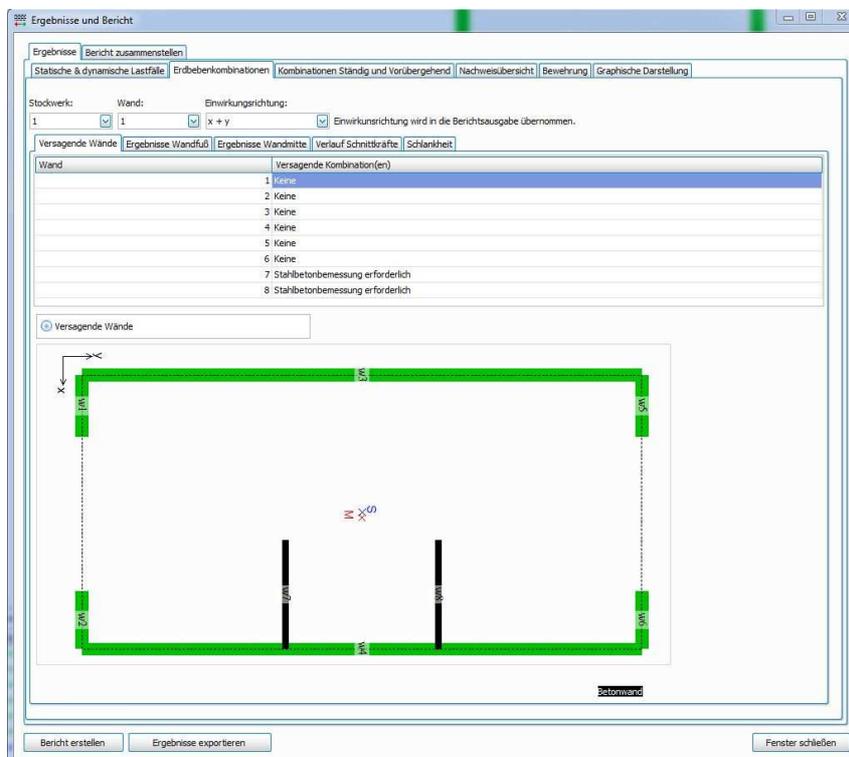
In diesem Beispiel wird über den Menüpunkt **Nachweis starten** im Menü **Nachweis** direkt der rechnerische Nachweis gestartet, da unterschiedliche Grundrisse im EG und OG vorhanden sind. Nach Abschluss der Berechnung wird das dargestellte Fenster angezeigt.

In diesem Fenster besteht die Möglichkeit zwischen verschiedenen Reitern zu wechseln und die unterschiedlichen Ergebnisse in der Bildschirmoberfläche anzeigen zu lassen. Dazu stehen die Reiter **Statische & dynamische Lastfälle**, **Erdbebenkombination**, **Kombination Ständig und Vorübergehend**, **Nachweisübersicht**, **Bewehrung** sowie **Graphische Darstellung** zur Verfügung.

In der Ansicht **Statische & dynamische Lastfälle** werden die Schnittkraftverläufe der einzelnen Wände sowie über die Gebäudehöhe dargestellt. Außerdem werden Informationen zu den Stockwerksdaten und –massen angegeben.



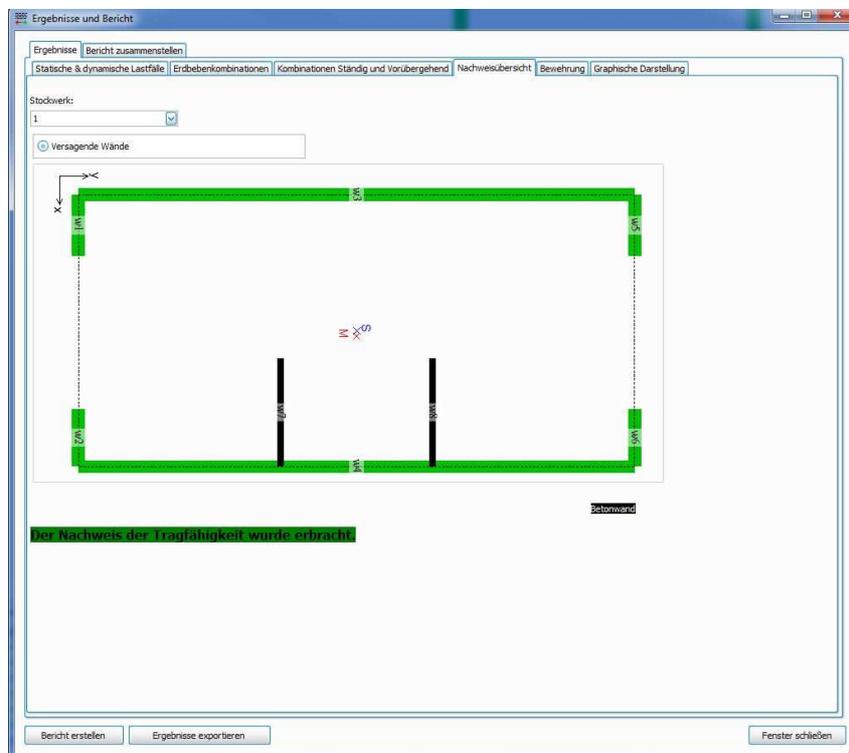
Die Ansicht **Erdbebenkombination** stellt die Berechnungs- und Nachweisergebnisse für die einzelnen Wände in der Lastfallkombination Erdbeben dar. Die Ergebnisse können sowohl grafisch als auch tabellarisch (Ergebnisse Wandfuß und Ergebnisse Wandmitte) für jede einzelne Wand und jedes Stockwerk angezeigt werden.



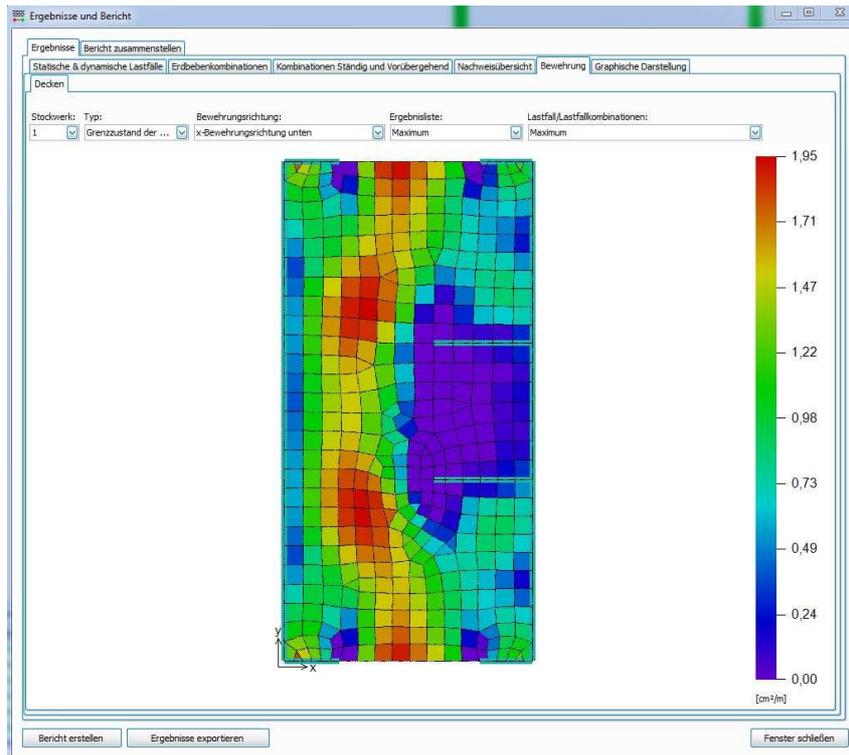
Analog erfolgt die Darstellung in der Ansicht **Kombination Ständig & Vorübergehend**, in der außerdem der Nachweis der Randdehnung tabellarisch angezeigt wird.

Kombination	Wandlänge [m]	Wandlänge / 6 [m]	Exzentrizität [m]	Randdehnungs-nachweis erf.	eps_D	eps_R	Nachweis erbracht
193 Char. Komb. ständ. Last + [Le]Wind X + Verk. 1 + Verk. 2	1,400	0,23	0,0754	<input type="checkbox"/>	n. def.	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>
194 Char. Komb. ständ. Last + [Le]Wind Y + Verk. 1 + Verk. 2	1,400	0,23	0,0004	<input type="checkbox"/>	n. def.	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>
195 Char. Komb. ständ. Last + Wind X + [Le]Verk. 1 + Verk. 2	1,400	0,23	0,0436	<input type="checkbox"/>	n. def.	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>
196 Char. Komb. ständ. Last + Wind Y + [Le]Verk. 1 + Verk. 2	1,400	0,23	0,0002	<input type="checkbox"/>	n. def.	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>
197 Char. Komb. ständ. Last + Wind X + Verk. 1 + [Le]Verk. 2	1,400	0,23	0,0460	<input type="checkbox"/>	n. def.	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>
198 Char. Komb. ständ. Last + Wind Y + Verk. 1 + [Le]Verk. 2	1,400	0,23	0,0002	<input type="checkbox"/>	n. def.	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>
199 Char. Komb. ständ. Last + [Le]Wind X + Verk. 1 + Verk. 2	1,400	0,23	0,0850	<input type="checkbox"/>	n. def.	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>
200 Char. Komb. ständ. Last + [Le]Wind Y + Verk. 1 + Verk. 2	1,400	0,23	0,0004	<input type="checkbox"/>	n. def.	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>
201 Char. Komb. ständ. Last + Wind X + [Le]Verk. 1 + Verk. 2	1,400	0,23	0,0467	<input type="checkbox"/>	n. def.	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>
202 Char. Komb. ständ. Last + Wind Y + [Le]Verk. 1 + Verk. 2	1,400	0,23	0,0002	<input type="checkbox"/>	n. def.	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>
203 Char. Komb. ständ. Last + Wind X + Verk. 1 + [Le]Verk. 2	1,400	0,23	0,0494	<input type="checkbox"/>	n. def.	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>
204 Char. Komb. ständ. Last + Wind Y + Verk. 1 + [Le]Verk. 2	1,400	0,23	0,0002	<input type="checkbox"/>	n. def.	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>

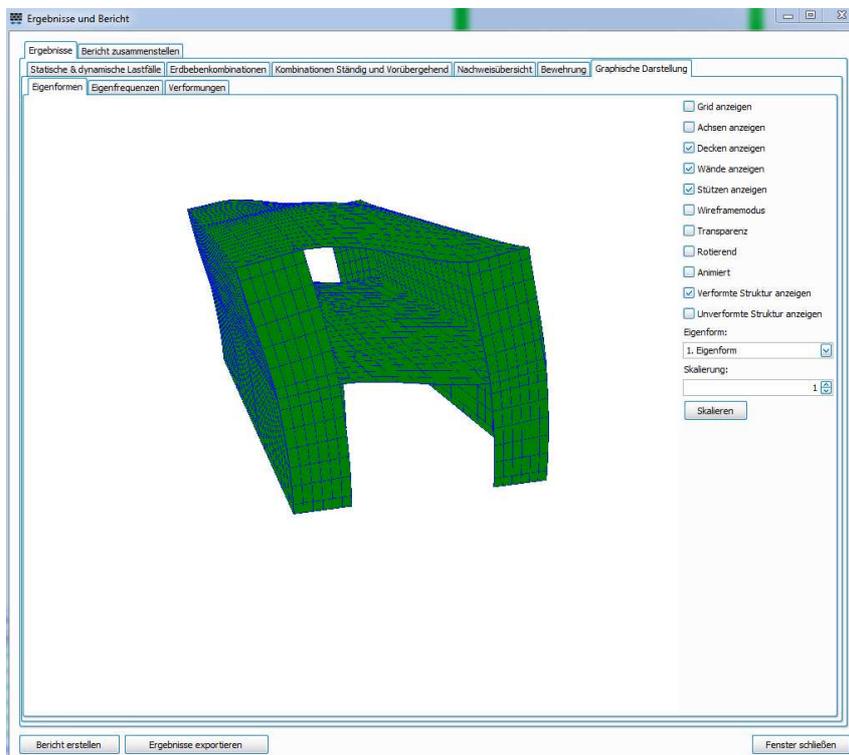
In der Ansicht **Nachweisübersicht** werden grafisch die versagenden Wände (werden in Rot dargestellt) unter Berücksichtigung sämtlicher geführter Nachweise angezeigt. Liegen versagende Wände vor, so kann der Benutzer entscheiden, ob er den Bericht erzeugt oder das System nochmals modifiziert. In diesem Fall ist der Button **Fenster schließen** zu wählen.



Unter dem Reiter **Bewehrung** können die erforderlichen Bewehrungsmengen je Richtung und Lage lastfallweise bzw. für jede Lastfallkombination aufgerufen werden.



In der Ansicht **Graphische Darstellung** werden die Eigenformen, Informationen zu den Eigenfrequenzen sowie die Verformungen dargestellt.





5.3.4 Ausgabe des Berichts

Der Bericht ist für das gewählte Beispiel in Ausschnitten auf den folgenden Seiten dargestellt. Der rechnerische Nachweis kann für das vorliegende System geführt werden. Die Stahlbetonwände müssen mit einem separaten Programm bemessen und nachgewiesen werden. In MINEA werden hierfür die Bemessungsschnittgrößen ausgegeben.

Von den tabellarischen Ausgaben werden jeweils lediglich die ersten Seiten exemplarisch dargestellt.

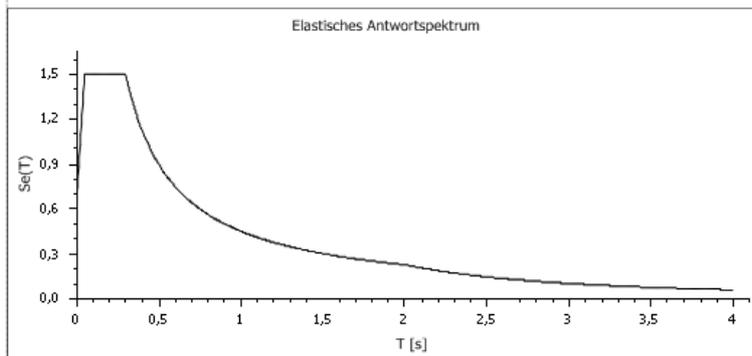


SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Gebäude- und Erdbebedaten

Eigenschaft	Wert
Erdbebenzone:	1
Bedeutungskategorie:	II
Bedeutungsbeiwert	1
Art der Verkehrslasten:	1
Viskose Dämpfung:	5,00%
Verhaltensbeiwert q_x :	1,5
Verhaltensbeiwert q_y :	1,5
Anzahl Stockwerke:	2
Höhe h des Stockwerks 1:	280,0 cm
Höhe h des Stockwerks 2:	280,0 cm



Parameter des horizontalen Antwortspektrums

Untergrundtyp	S	T_B	T_C	T_D
		[s]	[s]	[s]
C-R	1,50	0,05	0,30	2,00

Materialdaten

Wandscheibentypen:

Wandscheibentyp	Material	t	E_t/E_{cm}	μ	ρ	σ_T
		[mm]	[N/mm ²]	[-]	[kg/m ³]	[-]
SFK 8	Mauerziegel IIa	300	5216,14	0,10	1000,00	6E-06
Stb	C25/30	150	31000,00	0,17	2500,00	1E-05

Wandscheibentyp	SFK	Stoßfugen vermörtelt	f_k	f_{k0}	l_{s0}/h_s	h_s	l_s	$f_{t,cr1}$	ϕ_{cs}
			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]	[mm]	[mm]	[N/mm ²]	[-]
SFK 8	8	Ja	4,74	0,18	-	-	-	0,32	1,00

Wandscheibentyp	f_{ck}
	[N/mm ²]
SFK 8	8



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

STB 25

Deckentypen:

Deckentyp	Material	t	E _{con}	μ	ρ	σ _r
		[mm]	[N/mm ²]	[-]	[kg/m ³]	[-]
Deckentyp 1	C25/30	200	31000,00	0,167	2500	1E-05

Deckentyp	f _{ct}
	[N/mm ²]
Deckentyp 1	25

Dachtyp:

Dachtyp	Material	t	E _{con}	μ	ρ	σ _r
		[mm]	[N/mm ²]	[-]	[kg/m ³]	[-]
Dachtyp 1	C25/30	200	31000,00	0,167	2500	1E-05

Dachtyp	f _{ct}
	[N/mm ²]
Dachtyp 1	25



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Grundrissdaten für Stockwerk 1

Wandscheiben

Nr.	Wandscheibentyp	Lastabtrag*	t	l _w	X _i	Y _i	X _e	Y _e
[-]	[-]	[-]	[mm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
w1	SFK 8	v→h	300	140,0	15,0	15,0	155,0	15,0
w2	SFK 8	v→h	300	133,8	507,4	15,0	641,2	15,0
w3	SFK 8	v→h	300	1270,0	15,0	15,0	15,0	1285,0
w4	SFK 8	v→h	300	1270,0	641,2	15,0	641,2	1285,0
w5	SFK 8	v→h	300	140,0	15,0	1285,0	155,0	1285,0
w6	SFK 8	v→h	300	133,8	507,4	1285,0	641,2	1285,0
w7	STB	v→h	150	250,0	391,2	476,2	641,2	476,2
w8	STB	v→h	150	250,0	391,2	823,8	641,2	823,8

*. v = Vertikaler Lastabtrag, h = Horizontaler Lastabtrag, v→h = Vertikaler und Horizontaler Lastabtrag

Decke

	Punktliste
	[cm]
Randpolygon	{X=15, Y=15}; {X=15, Y=1285}; {X=641,2, Y=1285}; {X=641,2, Y=15}
Stockwerksfläche	79,53 m ²



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Grundrissdaten für Stockwerk 2

Wandscheiben

Nr.	Wandscheibentyp	Lastabtrag*	t	lw	Xi	Yi	Xj	Yj
[#]	[#]	[#]	[mm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
w1	SFK 8	v→h	300	140,0	15,0	15,0	155,0	15,0
w2	SFK 8	v→h	300	133,8	507,4	15,0	641,2	15,0
w3	SFK 8	v→h	300	1270,0	15,0	15,0	15,0	1285,0
w4	SFK 8	v→h	300	1270,0	641,2	15,0	641,2	1285,0
w5	SFK 8	v→h	300	140,0	15,0	1285,0	155,0	1285,0
w6	SFK 8	v→h	300	133,8	507,4	1285,0	641,2	1285,0
w7	STB	v→h	150	220,0	421,2	476,2	641,2	476,2

*: v = Vertikaler Lastabtrag, h = Horizontaler Lastabtrag, v→h = Vertikaler und Horizontaler Lastabtrag

Decke

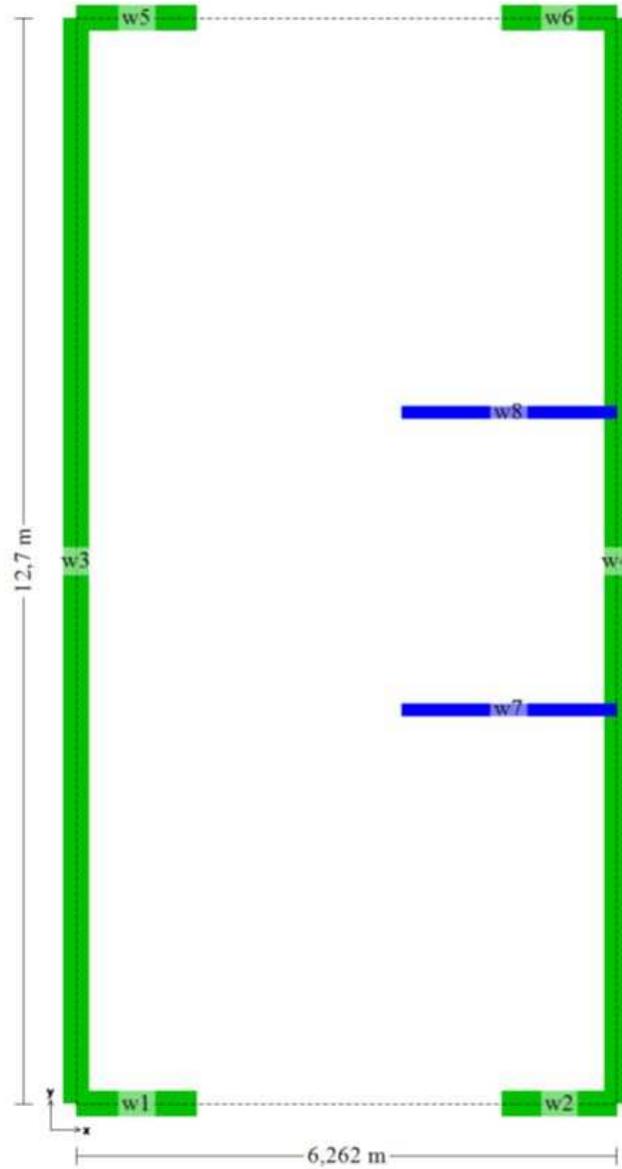
	Punktliste
	[cm]
Randpolygon	{X=15, Y=15}; {X=15, Y=1285}; {X=641,2, Y=1285}; {X=641,2, Y=15}
Stockwerksfläche	79,53 m ²



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Harzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Grundriss Stockwerk 1



Lizenziert für: SDA

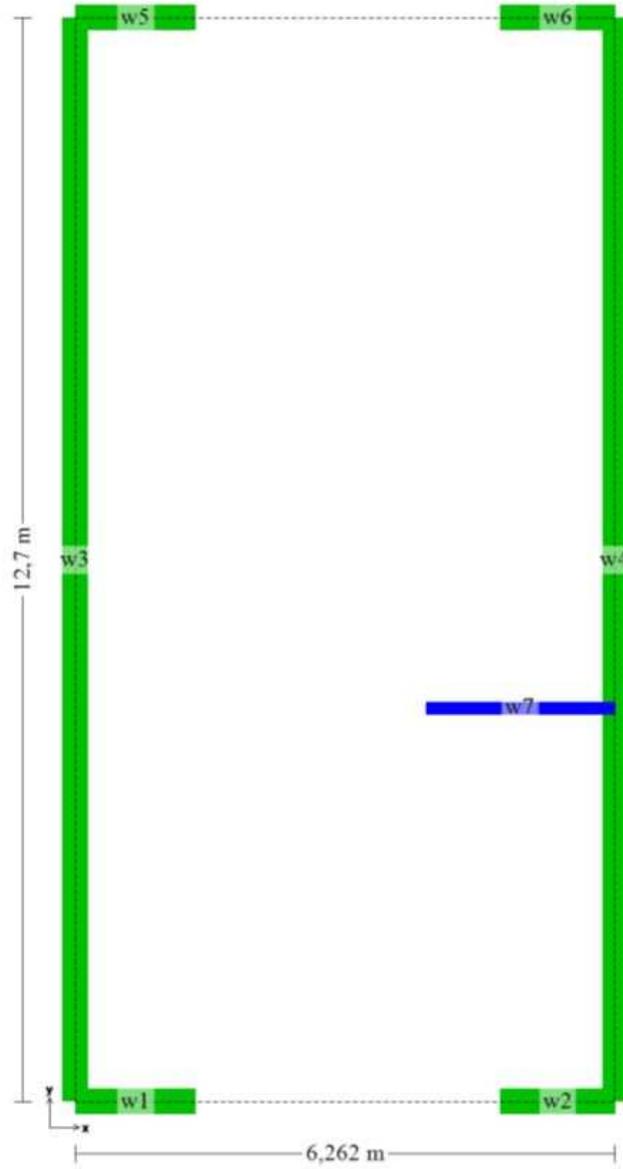
Seite 6



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Grundriss Stockwerk 2



Lizenziert für: SDA

Seite 7



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Lasten

Lasten

Stockwerk	Eigengew. [kN/m ²]	zus. st. Last [kN/m ²]	Verkehrsl. 1 [kN/m ²]	ψ _{1,1} [-]	ψ _{1,2} [-]	Verkehrsl. 2 [kN/m ²]	ψ _{2,1} [-]	ψ _{2,2} [-]
1	5,00	1,50	2,70	0,30	0,70	0,00	0,00	0,00
2	5,00	3,00	2,70	0,30	0,70	0,45	0,50	0,00

Lastdaten für Wind

Positive x/y-Richtung				
Stockwerk	Windkräfte x- Richtung [kN]	Windkräfte y- Richtung [kN]	Torsionsfaktor x [-]	Torsionsfaktor y [-]
1	27,30	13,65	1,00	1,00
2	27,30	13,65	1,00	1,00

Negative x/y-Richtung				
Stockwerk	Windkräfte x- Richtung [kN]	Windkräfte y- Richtung [kN]	Torsionsfaktor x [-]	Torsionsfaktor y [-]
1	27,30	13,65	1,00	1,00
2	27,30	13,65	1,00	1,00

Auflistung der Lastfallkombinationen

Lastfall Erdbeben

Kombination	Beschreibung
1	1 STAT. + 1.0x + 0.3y
2	2 STAT. - 1.0x - 0.3y
3	3 STAT. - 1.0x + 0.3y
4	4 STAT. + 1.0x - 0.3y
5	5 STAT. + 0.3x + 1.0y
6	6 STAT. - 0.3x - 1.0y
7	7 STAT. - 0.3x + 1.0y
8	8 STAT. + 0.3x - 1.0y

Legende:

STAT. aus: 1.0 (Eigengew. + zus. st. Lasten) + psi_2_Decke * Verk. 1 + psi_2_Dach * Verk. 2



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

178	[g] Ständ. Last [ug] Verk. 1 [ug] Verk. 2 [g][Le] Wind Y
179	[g] Ständ. Last [ug] Verk. 1 [ug] Verk. 2 [g][Le]-Wind X
180	[g] Ständ. Last [ug] Verk. 1 [ug] Verk. 2 [g][Le]-Wind Y
181	[g] Ständ. Last [g] Verk. 1 [ug] Verk. 2 [g][Le] Wind X
182	[g] Ständ. Last [g] Verk. 1 [ug] Verk. 2 [g][Le] Wind Y
183	[g] Ständ. Last [g] Verk. 1 [ug] Verk. 2 [g][Le]-Wind X
184	[g] Ständ. Last [g] Verk. 1 [ug] Verk. 2 [g][Le]-Wind Y
185	[g] Ständ. Last [ug] Verk. 1 [g] Verk. 2 [g][Le] Wind X
186	[g] Ständ. Last [ug] Verk. 1 [g] Verk. 2 [g][Le] Wind Y
187	[g] Ständ. Last [ug] Verk. 1 [g] Verk. 2 [g][Le]-Wind X
188	[g] Ständ. Last [ug] Verk. 1 [g] Verk. 2 [g][Le]-Wind Y
189	[g] Ständ. Last [g] Verk. 1 [g] Verk. 2 [g][Le] Wind X
190	[g] Ständ. Last [g] Verk. 1 [g] Verk. 2 [g][Le] Wind Y
191	[g] Ständ. Last [g] Verk. 1 [g] Verk. 2 [g][Le]-Wind X
192	[g] Ständ. Last [g] Verk. 1 [g] Verk. 2 [g][Le]-Wind Y
193	Char. Komb. ständ. Last + [Le]Wind X + Verk. 1 + Verk. 2
194	Char. Komb. ständ. Last + [Le]Wind Y + Verk. 1 + Verk. 2
195	Char. Komb. ständ. Last + Wind X + [Le]Verk. 1 + Verk. 2
196	Char. Komb. ständ. Last + Wind Y + [Le]Verk. 1 + Verk. 2
197	Char. Komb. ständ. Last + Wind X + Verk. 1 + [Le]Verk. 2
198	Char. Komb. ständ. Last + Wind Y + Verk. 1 + [Le]Verk. 2
199	Char. Komb. ständ. Last + [Le]-Wind X + Verk. 1 + Verk. 2
200	Char. Komb. ständ. Last + [Le]-Wind Y + Verk. 1 + Verk. 2
201	Char. Komb. ständ. Last + -Wind X + [Le]Verk. 1 + Verk. 2
202	Char. Komb. ständ. Last + -Wind Y + [Le]Verk. 1 + Verk. 2
203	Char. Komb. ständ. Last + -Wind X + Verk. 1 + [Le]Verk. 2
204	Char. Komb. ständ. Last + -Wind Y + Verk. 1 + [Le]Verk. 2

Legende:

[g] = günstig

[ug] = ungünstig

[Le] = Leiteinwirkung

Ständ. Last = Eigengewicht + zus. st. Lasten

Schnittgrößen

Statische Lastfälle

Eigengewicht

Stockwerk 1

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	-49,2548	0,0000	0,0000	-38,7483	0,0000	0,0000
1	2	-56,4795	0,0000	0,0000	-46,4382	0,0000	0,0000
1	3	-440,7025	0,0000	0,0000	-345,3935	0,0000	0,0000
1	4	-269,8984	0,0000	0,0000	-174,5894	0,0000	0,0000
1	5	-54,1694	0,0000	0,0000	-43,6629	0,0000	0,0000
1	6	-60,5586	0,0000	0,0000	-50,5174	0,0000	0,0000
1	7	-273,5008	0,0000	0,0000	-250,0488	0,0000	0,0000
1	8	-144,9669	0,0000	0,0000	-121,5148	0,0000	0,0000



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Stockwerk 1

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	0,8250	0,0742	0,0962	0,8199	0,0713	-0,0920
1	2	0,6965	0,0653	0,1216	0,6922	0,0613	-0,0434
1	3	1,8384	-0,0138	-6,6228	1,8271	-0,0108	-6,5577
1	4	1,7291	-0,4915	-7,4194	1,7186	-0,4813	-6,1338
1	5	0,0357	0,0862	0,1507	0,0355	0,0816	-0,0677
1	6	-0,1767	0,0800	0,1359	-0,1756	0,0755	-0,0662
1	7	1,8880	0,7950	1,4674	1,8831	0,7852	-0,6023
1	8	-0,3220	0,6330	1,4108	-0,3211	0,6242	-0,2555

Stockwerk 2

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
2	1	1,0697	-0,5512	-0,2602	1,0533	-0,5505	1,1591
2	2	0,9880	0,4608	0,1618	0,9735	0,4436	-1,0012
2	3	1,6025	0,1829	-4,1718	1,5701	0,1991	-4,5398
2	4	0,2978	-0,5498	-3,7757	0,2749	-0,5080	-2,3043
2	5	-0,0069	0,0178	0,0025	-0,0073	0,0030	-0,0265
2	6	-0,0520	0,0111	0,0009	-0,0495	-0,0028	-0,0117
2	7	2,4932	1,1275	-0,2575	2,4779	1,1015	-3,2690

4 Eigenform X

Stockwerk 1

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	-0,0555	0,0241	0,0169	-0,0550	0,0234	-0,0444
1	2	-0,0472	-0,0099	-0,0024	-0,0468	-0,0098	0,0229
1	3	-0,1945	0,0045	-0,3649	-0,1928	0,0046	-0,3731
1	4	-0,1111	-0,0491	-0,2852	-0,1102	-0,0480	-0,1584
1	5	-0,1108	0,0372	0,0283	-0,1099	0,0361	-0,0663
1	6	-0,0984	-0,0140	-0,0018	-0,0975	-0,0140	0,0340
1	7	-0,0275	0,0218	0,0810	-0,0274	0,0212	0,0246
1	8	-0,2235	-0,0359	0,1267	-0,2228	-0,0365	0,2280

Stockwerk 2

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
2	1	-0,0029	0,0146	0,0256	-0,0019	0,0150	-0,0123
2	2	-0,0014	-0,0244	-0,0413	-0,0005	-0,0246	0,0220
2	3	0,0154	-0,0130	-0,1746	0,0186	-0,0116	-0,1346
2	4	-0,0775	-0,0194	-0,0713	-0,0749	-0,0158	-0,0214
2	5	-0,0355	0,0368	0,0461	-0,0333	0,0364	-0,0480
2	6	-0,0275	-0,0451	-0,0640	-0,0255	-0,0458	0,0532
2	7	0,1009	-0,0197	-0,1355	0,1005	-0,0205	-0,0831

5 Eigenform X

Lizenziert für: SDA-engineering GmbH

Seite 19



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Stockwerk 1

Kombination: SRSS x

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	12,3523	4,8869	13,7985	12,3273	4,6821	3,2532
1	2	10,3719	3,8074	11,7951	10,3509	3,6067	3,7366
1	3	45,9938	27,1083	23,4582	45,9038	27,0248	24,9285
1	4	133,0273	27,1822	114,0716	132,7675	27,0782	121,0387
1	5	14,8546	3,4804	12,2338	14,8258	3,2271	5,7650
1	6	15,2730	3,1363	10,7584	15,2427	2,8840	5,1639
1	7	86,4338	43,7440	175,9021	86,3605	43,3478	69,9571
1	8	25,1212	66,5600	147,7156	25,0949	66,2133	24,7768

Kombination: SRSS y

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	6,9356	0,7488	0,3202	6,8347	0,7323	1,2931
1	2	6,5749	0,8244	0,3912	6,4792	0,8016	1,4268
1	3	2,6081	83,7276	254,0245	2,5676	80,9899	65,7101
1	4	1,4462	80,4747	245,3590	1,4268	77,8525	65,4274
1	5	7,1520	1,0935	0,7448	7,0479	1,0443	1,6966
1	6	6,4383	0,4794	0,2021	6,3446	0,4866	0,9850
1	7	1,1577	2,3994	1,8845	1,1536	2,3634	3,1378
1	8	0,9315	1,2029	3,0967	0,9268	1,1739	2,1314

Stockwerk 2

Kombination: SRSS x

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
2	1	3,6814	8,7995	12,9902	3,6071	8,0735	8,6151
2	2	3,6433	6,6547	10,5413	3,5787	5,9692	5,6147
2	3	21,0756	29,3385	27,4944	20,8509	29,2492	20,0079
2	4	43,7074	29,6648	93,8594	43,1033	29,5284	57,8249
2	5	4,7882	11,2387	16,4513	4,7186	10,5003	11,2962
2	6	6,5978	8,5180	13,9136	6,5194	7,8233	6,9796
2	7	39,5623	61,9510	128,2550	39,4445	60,5573	34,5255

Kombination: SRSS y

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
2	1	2,7931	1,1789	1,7249	2,5551	1,1966	1,2092
2	2	2,7893	0,8064	1,1751	2,5618	0,8595	0,8920
2	3	2,7959	57,7132	105,5651	2,6727	49,7325	20,5336
2	4	1,5560	55,1387	101,8639	1,4993	47,4874	17,7843
2	5	2,8183	1,0578	1,3381	2,5739	1,0291	1,1374
2	6	2,5969	1,0162	1,4832	2,3753	1,1126	1,0529
2	7	1,2684	1,0353	1,1728	1,2599	1,0125	3,2207

Lizenziert für: SDA-engineering GmbH

Seite 30



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Kombination: SRSS + 1.0 x + 0.3 y

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	14,4330	5,1115	13,8945	14,3778	4,9018	3,6411
1	2	12,3443	4,0547	11,9125	12,2946	3,8471	4,1646
1	3	46,7762	52,2266	99,6655	46,6741	51,3218	44,6415
1	4	133,4611	51,3246	187,6793	133,1955	50,4339	140,6669
1	5	17,0002	3,8085	12,4572	16,9402	3,5404	6,2740
1	6	17,2044	3,2801	10,8190	17,1461	3,0300	5,4594
1	7	86,7811	44,4638	176,4674	86,7066	44,0568	70,8985
1	8	25,4007	66,9209	148,6446	25,3729	66,5655	25,4162

Kombination: SRSS - 1.0 x - 0.3 y

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	-14,4330	-5,1115	-13,8945	-14,3778	-4,9018	-3,6411
1	2	-12,3443	-4,0547	-11,9125	-12,2946	-3,8471	-4,1646
1	3	-46,7762	-52,2266	-99,6655	-46,6741	-51,3218	-44,6415
1	4	-133,4611	-51,3246	-187,6793	-133,1955	-50,4339	-140,6669
1	5	-17,0002	-3,8085	-12,4572	-16,9402	-3,5404	-6,2740
1	6	-17,2044	-3,2801	-10,8190	-17,1461	-3,0300	-5,4594
1	7	-86,7811	-44,4638	-176,4674	-86,7066	-44,0568	-70,8985
1	8	-25,4007	-66,9209	-148,6446	-25,3729	-66,5655	-25,4162

Kombination: SRSS - 1.0 x + 0.3 y

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	-10,2716	-4,6622	-13,7024	-10,2769	-4,4625	-2,8653
1	2	-8,3994	-3,5601	-11,6777	-8,4071	-3,3662	-3,3086
1	3	-45,2114	-1,9901	52,7492	-45,1335	-2,7279	-5,2155
1	4	-132,5934	-3,0398	-40,4639	-132,3395	-3,7224	-101,4105
1	5	-12,7090	-3,1524	-12,0104	-12,7115	-2,9138	-5,2560
1	6	-13,3415	-2,9925	-10,6977	-13,3393	-2,7380	-4,8684
1	7	-86,0864	-43,0242	-175,3367	-86,0144	-42,6388	-69,0158
1	8	-24,8418	-66,1992	-146,7866	-24,8169	-65,8611	-24,1374

Kombination: SRSS + 1.0 x - 0.3 y

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	10,2716	4,6622	13,7024	10,2769	4,4625	2,8653
1	2	8,3994	3,5601	11,6777	8,4071	3,3662	3,3086
1	3	45,2114	1,9901	-52,7492	45,1335	2,7279	5,2155
1	4	132,5934	3,0398	40,4639	132,3395	3,7224	101,4105
1	5	12,7090	3,1524	12,0104	12,7115	2,9138	5,2560
1	6	13,3415	2,9925	10,6977	13,3393	2,7380	4,8684
1	7	86,0864	43,0242	175,3367	86,0144	42,6388	69,0158
1	8	24,8418	66,1992	146,7866	24,8169	65,8611	24,1374

Kombination: SRSS + 0.3 x + 1.0 y

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N	Q	M	N	Q	M

Lizenziert für: SDA-engineering GmbH

Seite 32



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Stockwerk 1

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	-50,7989	5,1115	13,8945	-40,3476	4,9018	3,6411
1	2	-66,8875	4,0547	11,9125	-56,8960	3,8471	4,1646
1	3	-552,9664	52,2266	99,6655	-457,7595	51,3218	44,6415
1	4	-195,6276	51,3246	187,6793	-100,5841	50,4339	140,6669
1	5	-57,1724	3,8085	12,4572	-46,7259	3,5404	6,2740
1	6	-69,4860	3,2801	10,8190	-59,5031	3,0300	5,4594
1	7	-331,7451	44,4638	176,4674	-308,3676	44,0568	70,8985
1	8	-176,0473	66,9209	148,6446	-152,6230	66,5655	25,4162

Stockwerk 2

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
2	1	-35,6457	9,1532	13,5077	-25,2849	8,4325	8,9778
2	2	-39,1466	6,8966	10,8938	-29,2383	6,2270	5,8823
2	3	-298,4533	46,6525	59,1639	-203,4059	44,1690	26,1680
2	4	-162,2344	46,2064	124,4185	-67,5463	43,7747	63,1601
2	5	-45,1611	11,5560	16,8527	-34,7975	10,8090	11,6375
2	6	-48,0091	8,8228	14,3585	-38,1126	8,1571	7,2955
2	7	-219,0049	62,2615	128,6068	-198,4876	60,8611	35,4917

2 STAT. - 1.0x - 0.3y

Stockwerk 1

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	-79,6649	-5,1115	-13,8945	-69,1031	-4,9018	-3,6411
1	2	-91,5762	-4,0547	-11,9125	-81,4853	-3,8471	-4,1646
1	3	-646,5188	-52,2266	-99,6655	-551,1076	-51,3218	-44,6415
1	4	-462,5498	-51,3246	-187,6793	-366,9752	-50,4339	-140,6669
1	5	-91,1727	-3,8085	-12,4572	-80,6063	-3,5404	-6,2740
1	6	-103,8949	-3,2801	-10,8190	-93,7952	-3,0300	-5,4594
1	7	-505,3073	-44,4638	-176,4674	-481,7808	-44,0568	-70,8985
1	8	-226,8486	-66,9209	-148,6446	-203,3688	-66,5655	-25,4162

Stockwerk 2

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
2	1	-44,6844	-9,1532	-13,5077	-34,0322	-8,4325	-8,9778
2	2	-48,1068	-6,8966	-10,8938	-37,9327	-6,2270	-5,8823
2	3	-342,2821	-46,6525	-59,1639	-246,7114	-44,1690	-26,1680
2	4	-250,5829	-46,2064	-124,4185	-154,6529	-43,7747	-63,1601
2	5	-56,4284	-11,5560	-16,8527	-45,7790	-10,8090	-11,6375
2	6	-62,7627	-8,8228	-14,3585	-52,5768	-8,1571	-7,2955
2	7	-298,8906	-62,2615	-128,6068	-278,1324	-60,8611	-35,4917

3 STAT. - 1.0x + 0.3y

Lizenziert für: SDA-engineering GmbH

Seite 36



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Eigenfrequenzen

Eigenform	Frequenz	Periode	Akt. Masse X	Akt. Masse Y
	[Hz]	[s]	[%]	[%]
1	8,514	0,117	65,491	0,001
2	9,699	0,103	3,642	0,005
3	15,142	0,066	0,956	0,077
4	18,086	0,055	0,015	0,037
5	18,255	0,055	0,357	0,176
6	18,442	0,054	0,014	0,069
7	19,396	0,052	0,135	0,029
8	23,259	0,043	0,034	81,498
9	24,183	0,041	0,064	0,020
10	25,798	0,039	0,044	1,357
11	28,265	0,035	1,793	0,102
12	30,973	0,032	18,172	0,011

Gesamtmasse [t]: 188,43

Summe aktivierte Masse x [%]: 90,718

Summe aktivierte Masse y [%]: 83,382

Stockwerksmassen & Mittelpunkte

Stockwerk	Masse*	Fläche	Steifigkeitsmittelpunkt X	Steifigkeitsmittelpunkt Y	Massenschwerpunkt X	Massenschwerpunkt Y
	[t]	[m ²]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
1	87,01	79,53	328,10	650,00	339,65	650,00
2	87,37	79,53	328,10	520,84	332,94	645,69

* Aktivierte Massen für den Lastfall Erdbeben inkl. anteiliger Verkehrslasten

Schlankheit (Erdbeben)

Stockwerk 1

Wand	Haltende Wände	Gehalten	Rechn. gehalten	$l_w b b'$	h_{ef}	t_{ef}	$\lambda_{verh} = h_{ef} / t_{ef}$	λ_{max}
				[m]	[m]	[mm]	[-]	[-]
w1		- 2	2	1,40	2,10	300	7,00	27
w2		- 2	2	1,34	2,10	300	7,00	27
w3		- 2	2	12,70	2,10	300	7,00	27
w4		- 2	2	12,70	2,10	300	7,00	27
w5		- 2	2	1,40	2,10	300	7,00	27
w6		- 2	2	1,34	2,10	300	7,00	27

Stockwerk 2

Wand	Haltende Wände	Gehalten	Rechn. gehalten	$l_w b b'$	h_{ef}	t_{ef}	$\lambda_{verh} = h_{ef} / t_{ef}$	λ_{max}
				[m]	[m]	[mm]	[-]	[-]
w1		- 2	2	1,40	2,10	300	7,00	27
w2		- 2	2	1,34	2,10	300	7,00	27
w3		- 2	2	12,70	2,10	300	7,00	27
w4		- 2	2	12,70	2,10	300	7,00	27
w5		- 2	2	1,40	2,10	300	7,00	27
w6		- 2	2	1,34	2,10	300	7,00	27

Ermittlung der Knicklänge nach DIN EN 1996-1-1:2010-12 5.5.1.2



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Maximale Einwirkungen Lastfall Erdbeben (N als Referenz)

Wand	Wandfuß			Wandkopf		
	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]
1	-50,80	5,11	13,89	-40,35	4,90	3,64
2	-66,89	4,05	11,91	-56,90	3,85	4,16
3	-552,97	52,23	99,67	-457,76	51,32	44,64
4	-195,63	51,32	187,68	-100,58	50,43	140,67
5	-57,17	3,81	12,46	-46,73	3,54	6,27
6	-69,49	3,28	10,82	-59,50	3,03	5,46
7	-331,75	44,46	176,47	-308,37	44,06	70,90
8	-176,05	66,92	148,64	-152,62	66,57	25,42

Minimale Einwirkungen Lastfall Erdbeben (N als Referenz)

Wand	Wandfuß			Wandkopf		
	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]
1	-79,66	-5,11	-13,89	-69,10	-4,90	-3,64
2	-91,58	-4,05	-11,91	-81,49	-3,85	-4,16
3	-646,52	-52,23	-99,67	-551,11	-51,32	-44,64
4	-462,55	-51,32	-187,68	-366,98	-50,43	-140,67
5	-91,17	-3,81	-12,46	-80,61	-3,54	-6,27
6	-103,89	-3,28	-10,82	-93,80	-3,03	-5,46
7	-505,31	-44,46	-176,47	-481,78	-44,06	-70,90
8	-226,85	-66,92	-148,64	-203,37	-66,57	-25,42

Maximale Einwirkungen Lastfall Erdbeben (M als Referenz)

Wand	Wandfuß			Wandkopf		
	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]
1	-50,80	5,11	13,89	-40,35	4,90	3,64
2	-66,89	4,05	11,91	-56,90	3,85	4,16
3	-583,34	91,86	261,06	-488,09	89,10	73,19
4	-287,73	88,63	279,58	-100,58	50,43	140,67
5	-57,17	3,81	12,46	-46,73	3,54	6,27
6	-69,49	3,28	10,82	-59,50	3,03	5,46
7	-331,75	44,46	176,47	-308,37	44,06	70,90
8	-176,05	66,92	148,64	-152,62	66,57	25,42

Minimale Einwirkungen Lastfall Erdbeben (M als Referenz)

Wand	Wandfuß			Wandkopf		
	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]
1	-79,66	-5,11	-13,89	-69,10	-4,90	-3,64
2	-91,58	-4,05	-11,91	-81,49	-3,85	-4,16
3	-616,15	-91,86	-261,06	-520,77	-89,10	-73,19
4	-370,44	-88,63	-279,58	-366,98	-50,43	-140,67
5	-91,17	-3,81	-12,46	-80,61	-3,54	-6,27
6	-103,89	-3,28	-10,82	-93,80	-3,03	-5,46
7	-505,31	-44,46	-176,47	-481,78	-44,06	-70,90
8	-226,85	-66,92	-148,64	-203,37	-66,57	-25,42

Maximale Einwirkungen Lastfall ständig & vorübergehend (N als Referenz)

Wand	Wandfuß				Wandkopf			
	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	LF	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	LF
1	-54,22	-3,26	-8,23	167	-43,71	-3,26	0,16	167



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

6		-48,19	3,58	5,55	165	-38,15	3,58	-3,65	165
7		-217,57	27,33	52,92	165	-196,93	27,33	-19,53	165

Minimale Einwirkungen Lastfall ständig & vorübergehend (N als Referenz)

Wand	Wandfuß				Wandkopf			
	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	LF	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	LF
	[kN]	[kN]	[kNm]		[kN]	[kN]	[kNm]	
1	-63,18	2,01	2,98	1	-48,99	2,01	-2,18	1
2	-69,08	-1,56	-2,44	3	-55,52	-1,56	1,57	3
3	-503,20	-3,49	-6,88	3	-374,53	-3,49	2,06	3
4	-324,01	-3,49	-21,90	1	-195,34	-3,49	-12,99	1
5	-81,18	2,45	3,82	1	-66,99	2,45	-2,50	1
6	-88,88	-2,15	-3,33	3	-75,33	-2,15	2,19	3
7	-427,39	-16,40	-31,75	3	-399,53	-16,40	11,72	3

Maximale Einwirkungen Lastfall ständig & vorübergehend (M als Referenz)

Wand	Wandfuß				Wandkopf			
	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	LF	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	LF
	[kN]	[kN]	[kNm]		[kN]	[kN]	[kNm]	
1	-59,98	3,34	4,97	65	-42,84	-3,34	3,64	67
2	-62,82	2,60	4,07	65	-51,56	-2,60	2,62	67
3	-468,94	10,22	21,33	66	-340,24	-10,22	4,84	68
4	-276,59	5,81	36,49	67	-147,92	5,81	21,65	67
5	-76,85	4,09	6,36	65	-58,09	-4,09	4,16	67
6	-79,75	3,58	5,55	65	-70,11	-3,58	3,65	67
7	-372,71	27,33	52,92	65	-373,58	-27,33	19,53	67

Minimale Einwirkungen Lastfall ständig & vorübergehend (M als Referenz)

Wand	Wandfuß				Wandkopf			
	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	LF	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	LF
	[kN]	[kN]	[kNm]		[kN]	[kN]	[kNm]	
1	-57,02	-3,34	-4,97	67	-45,79	3,34	-3,64	65
2	-65,12	-2,60	-4,07	67	-49,26	2,60	-2,62	65
3	-468,91	-10,22	-21,33	68	-340,27	10,22	-4,84	66
4	-317,00	-5,81	-36,49	65	-188,33	-5,81	-21,65	65
5	-72,28	-4,09	-6,36	67	-62,67	4,09	-4,16	65
6	-83,66	-3,58	-5,55	67	-66,20	3,58	-3,65	65
7	-401,44	-27,33	-52,92	67	-344,84	27,33	-19,53	65

Nachweise

Erdbebennachweise (numerisch)

Stockwerk 1

Kombination: 1 STAT. + 1.0x + 0.3y

Nachweis Normalkraft am Wandfuß

Wand	$e_{w,j}$	$\Phi_{w,j}$	f_d	N_{Ed}	N_{Ed}	N_{Ed}/N_{Ed}
	[m]	[-]	[kN/m ²]	[kN]	[kN]	[-]
w1	0,274	0,609	3161,298	808,94	50,80	0,06
w2	0,178	0,734	3161,298	931,13	66,89	0,07
w3	0,180	0,972	3161,298	11702,68	552,97	0,05
w4	0,959	0,849	3161,298	10224,83	195,63	0,02
w5	0,218	0,689	3161,298	914,46	57,17	0,06
w6	0,154	0,767	3161,298	973,62	69,49	0,07

Nachweis Querkraft am Wandfuß

Lizenziert für: SDA-engineering GmbH

Seite 45



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Wand	f_{ctd} [kN/m ²]	f_{td} [kN/m ²]	f_{yk} [kN/m ²]	f_{sd} [kN/m ²]	$e_{s,d}$ [m]	c [-]	l_{exl} / l_c [m]	V_{Rd1t} [kN]	V_{Ed} [kN]	V_{Ed}/V_{Rd1t} [-]
w1	232,939	171,208	171,208	114,138	0,274	1,500	1,279	29,21	5,11	0,18
w2	246,654	177,578	177,578	118,385	0,178	1,500	1,338	31,68	4,05	0,13
w3	238,054	173,611	173,611	115,741	0,180	1,000	12,700	440,97	52,23	0,12
w4	200,538	155,123	155,123	103,415	0,959	1,000	12,700	394,01	51,32	0,13
w5	234,450	171,921	171,921	114,614	0,218	1,500	1,400	32,09	3,81	0,12
w6	249,244	178,755	178,755	119,170	0,156	1,500	1,338	31,89	3,28	0,10

Nachweis Normalkraft in Wandmitte

Wand	h_{ef} [m]	$e_{m,crack}$ [m]	$e_{m,crack}$ [m]	$e_{m,crack}$ [m]	$e_{m,crack}$ [m]	$\Phi_{m,crack}$ [-]	f_s [kN/m ²]	N_{Rd} [kN]	N_{Ed} [kN]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]
w1	2,100	0,005	0,000	0,000	0,015	0,858	3161,298	1139,21	45,57	0,04
w2	2,100	0,005	0,000	0,000	0,015	0,858	3161,298	1088,75	61,89	0,06
w3	2,100	0,005	0,000	0,000	0,015	0,858	3161,298	10334,22	505,36	0,05
w4	2,100	0,005	0,000	0,000	0,015	0,858	3161,298	10334,22	148,11	0,01
w5	2,100	0,005	0,000	0,000	0,015	0,858	3161,298	1139,21	51,95	0,05
w6	2,100	0,005	0,000	0,000	0,015	0,858	3161,298	1088,75	64,49	0,06

Nachweise nach DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05 NCI zu Abschnitt 6.1 und 6.2 mit $\zeta_1=1,0$ und $\gamma_m=1,5$

Kombination: 2 STAT. - 1.0x - 0.3y

Nachweis Normalkraft am Wandfuß

Wand	$e_{s,d}$ [m]	$\Phi_{s,d}$ [-]	f_s [kN/m ²]	N_{Rd} [kN]	N_{Ed} [kN]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]
w1	0,174	0,751	3161,298	996,92	79,66	0,08
w2	0,130	0,806	3161,298	1022,21	91,58	0,09
w3	0,154	0,976	3161,298	11752,14	646,52	0,06
w4	0,406	0,936	3161,298	11274,93	462,55	0,04
w5	0,137	0,805	3161,298	1068,58	91,17	0,09
w6	0,104	0,844	3161,298	1071,43	103,89	0,10

Nachweis Querkraft am Wandfuß

Wand	f_{ctd} [kN/m ²]	f_{td} [kN/m ²]	f_{yk} [kN/m ²]	f_{sd} [kN/m ²]	$e_{s,d}$ [m]	c [-]	l_{exl} / l_c [m]	V_{Rd1t} [kN]	V_{Ed} [kN]	V_{Ed}/V_{Rd1t} [-]
w1	255,871	181,734	181,734	121,156	0,174	1,500	1,400	33,92	5,11	0,15
w2	271,257	188,466	188,466	125,644	0,130	1,500	1,338	33,62	4,05	0,12
w3	247,876	178,135	178,135	118,756	0,154	1,000	12,700	452,46	52,23	0,12
w4	228,562	169,124	169,124	112,749	0,406	1,000	12,700	429,58	51,32	0,12
w5	266,831	186,555	186,555	124,370	0,137	1,500	1,400	34,82	3,81	0,11
w6	283,532	193,671	193,671	129,114	0,104	1,500	1,338	34,55	3,28	0,09

Lizenziert für: SDA-engineering GmbH

Seite 46



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Zusammenfassung LF Erdbeben

Stockwerk 1	
Wand	Fehlgeschlagene Nachweise
w1	
w2	
w3	
w4	
w5	
w6	

Stockwerk 2	
Wand	Fehlgeschlagene Nachweise
w1	
w2	
w3	
w4	
w5	
w6	

Der rechnerische Nachweis nach DIN EN 1998-1:2010-12 und DIN EN 1998-1/NA:2011-01 in Kombination mit DIN EN 1996-1-1:2010-12 und DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05 ist für den Lastfall Erdbeben erbracht

6. Literatur

DIN EN 1990/NA:2010-12, Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:202 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010, Deutsches Institut für Normung (DIN), Dezember 2010

DIN EN 1990/NA:2010-12, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung, Deutsches Institut für Normung (DIN), Dezember 2010

DIN EN 1991-1-1:2010-12, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau; Deutsche Fassung EN 1991-1-1:2002 + AC:2009, Deutsches Institut für Normung (DIN), Dezember 2010

DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau, Deutsches Institut für Normung (DIN), Dezember 2010

DIN EN 1992-1-1:2011-01, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010, Deutsches Institut für Normung, Januar 2011

DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, Deutsches Institut für Normung, Januar 2011

DIN EN 1996-1-1:2010-12, Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teils 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk; Deutsche Fassung EN 1996-1-1:2005 + AC:2009, Deutsches Institut für Normung (DIN), Dezember 2010

DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk, Deutsches Institut für Normung (DIN), Mai 2012

DIN EN 1996-1-1/NA/A1:2014-03, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk; Änderung A1, Deutsches Institut für Normung (DIN), März 2014

DIN EN 1998-1:2010-12, Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten; Deutsche Fassung EN 1998-1:2004 + AC:2009, Deutsches Institut für Normung (DIN), Dezember 2010

DIN EN 1998-1/NA:2011-01, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbau, Deutsches Institut für Normung (DIN), Januar 2011

Alfes, C., Brameshuber, W., Graubner, C.-A., Jäger, W., Seim, W.: Der Eurocode 6 für Deutschland, DIN EN 1996: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten mit Nationalen Anhängen, Kommentierte Fassung, 1. Auflage 2013

Gellert, C.: Nichtlinearer Nachweis von unbewehrten Mauerwerksbauten unter Erdbebeneinwirkung, Dissertation, Klinkenberg Verlag, 2010



Meskouris, K., Hinzen, K.-G., Butenweg, C., Mistler, M.: Bauwerke und Erdbeben, Vieweg+Teubner, 2011

Mistler, M: Verformungsbasiertes seismisches Bemessungskonzept für Mauerwerksbauten, Dissertation, Mainz, 2006

Müller, F.P., Keintzel, E.: Erdbebensicherung von Hochbauten. Verlag Ernst und Sohn, 1978.



III MINEA – Hilfe für DIN Nachweisverfahren

1.	Eingabeoberfläche / Programmfenster.....	135
1.1	Gebäude- und Erdbebendaten.....	136
1.1.1	Allgemeine Gebäudedaten.....	136
1.1.2	Erdbebendaten.....	138
1.1.3	Winddaten.....	140
1.1.3.1	2D Nachweisverfahren.....	140
1.1.3.2	3D Nachweisverfahren.....	140
1.1.4	Netz-Parameter (nur im 3D Nachweis aktiv).....	141
1.1.6	Stockwerksdaten eingeben.....	144
1.1.7	Registerkarte Wandscheiben.....	144
1.1.7.1	Eingabe der Wände über die Tastatur.....	146
1.1.7.2	Eingabe der Wände per Maus.....	147
1.1.8	Registerkarte Stützen.....	149
1.1.8.1	Eingabe der Stützen über die Tastatur.....	150
1.1.8.2	Eingabe der Stützen per Maus.....	150
1.1.9	Registerkarte Decke.....	152
1.2	Menüs.....	156
1.2.1	Menü Datei.....	156
1.2.2	Menü Ansicht.....	158
1.2.2.1	Zoom Symbolleiste.....	158
1.2.2.2	Maus Symbolleiste.....	158
1.2.2.3	Koordinatenfenster.....	159
1.2.2.4	Stützenkoordinatenfenster.....	159
1.2.2.5	Zeichenhintergrund.....	160
1.2.2.6	3D-Ansicht.....	160
1.2.3	Menü Nachweis.....	161
1.2.3.1	Nachweiseinstellungen.....	161
1.2.3.2	Systemoptimierung.....	162
1.2.3.3	Nachweis starten.....	164
1.2.3.4	Ergebnisse und Bericht.....	164
1.2.4	Menü Hilfe (?).....	165
1.3	Der Nachweis.....	166



1.4	Vereinfachter Nachweis	167
1.5	Rechnerischer Nachweis	168
1.6	Das Berichtsfenster	169
2.	Nachweisverfahren DIN 4149 – Vereinfachter Nachweis	170
2.1	Übersicht Eingabe/Nachweise	170
2.2	Beispiel (Vereinfachter Nachweis)	171
2.2.1	Systembeschreibung	171
2.2.2	Eingabedaten.....	171
2.2.2.1	Eingabe der Norm und Gebäudedaten	171
2.2.2.2	Eingabe der Erdbebendaten.....	172
2.2.2.3	Eingabe der Geometriedaten	172
2.2.2.4	Eingabe der Wandeigenschaften.....	173
2.2.3	Durchführung des vereinfachten Nachweises	173
2.2.4	Ausgabe des Berichts.....	174
3.	Nachweisverfahren DIN 4149 - DIN 1053-100 (2D)	178
3.1	Übersicht Eingabe/Nachweise	178
3.2	Beispiel (Vereinfachter Nachweis)	179
3.2.1	Systembeschreibung	179
3.2.2	Eingabedaten.....	179
3.2.2.1	Eingabe der Norm und Gebäudedaten	179
3.2.2.2	Eingabe der Erdbebendaten.....	179
3.2.2.3	Eingabe der Geometriedaten	180
3.2.2.4	Eingabe der Wandeigenschaften.....	181
3.2.2.5	Eingabe der Decken-/Dacheigenschaften	181
3.2.3	Durchführung des vereinfachten Nachweises	182
3.2.4	Ausgabe des Berichts.....	183
3.3	Beispiel (rechnerischer Nachweis)	187
3.3.1	Systembeschreibung	187
3.3.2	Eingabedaten.....	187
3.3.2.1	Eingabe der Norm und Gebäudedaten	187
3.3.2.2	Eingabe der Erdbebendaten.....	187
3.3.2.3	Eingabe der Geometriedaten	188
3.3.2.4	Eingabe der Wandeigenschaften.....	189
3.3.2.5	Eingabe der Decken-/Dacheigenschaften	189
3.3.3	Durchführung des rechnerischen Nachweises.....	190



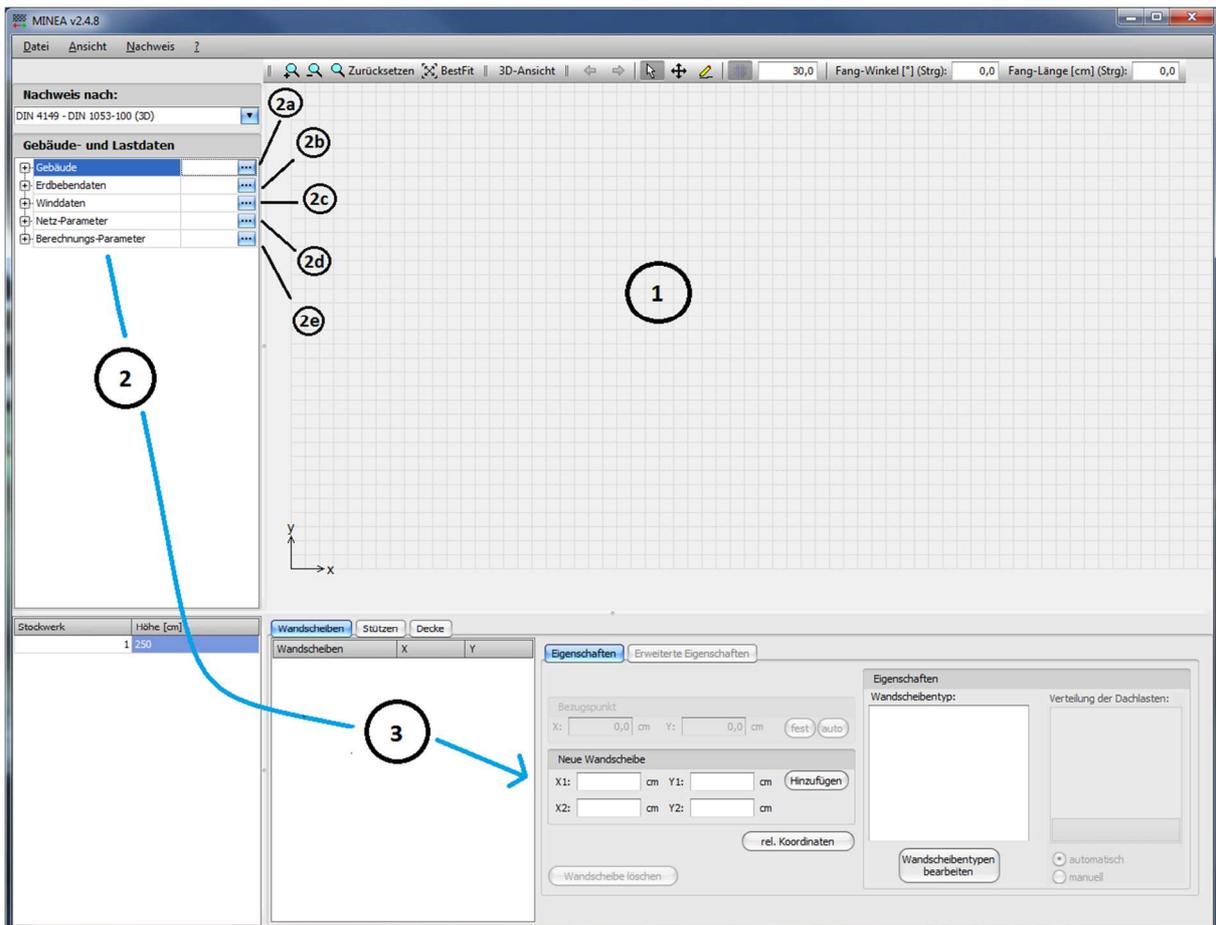
3.3.4	Ausgabe des Berichts.....	191
4.	Nachweisverfahren DIN 4149 - DIN 1053-100 (3D)	204
4.1	Übersicht Eingabe/Nachweise	204
4.2	Beispiel (rechnerischer Nachweis 3D).....	205
4.2.1	Systembeschreibung	205
4.2.2	Eingabedaten.....	205
4.2.2.1	Eingabe der Norm und Gebäudedaten	205
4.2.2.2	Eingabe der Erdbebendaten.....	206
4.2.2.3	Eingabe der Netz- und Berechnungsparameter.....	206
4.2.2.4	Eingabe der Geometriedaten	206
4.2.2.5	Eingabe der Wandeigenschaften.....	207
4.2.2.6	Eingabe der Decken-/Dacheigenschaften	208
4.2.3	Durchführung des rechnerischen Nachweises.....	208
4.2.4	Ausgabe des Berichts.....	212
5.	Nachweisverfahren DIN 4149 - DIN 1053-1 (2D).....	231
5.1	Übersicht Eingabe/Nachweise	231
5.2	Beispiel (Vereinfachter Nachweis)	232
5.2.1	Systembeschreibung	232
5.2.2	Eingabedaten.....	232
5.2.2.1	Eingabe der Norm und Gebäudedaten	232
5.2.2.2	Eingabe der Erdbebendaten.....	232
5.2.2.3	Eingabe der Geometriedaten	233
5.2.2.4	Eingabe der Wandeigenschaften.....	234
5.2.2.5	Eingabe der Decken-/Dacheigenschaften	234
5.2.3	Durchführung des vereinfachten Nachweises	235
5.2.4	Ausgabe des Berichts.....	236
5.3	Beispiel (rechnerischer Nachweis)	241
5.3.1	Systembeschreibung	241
5.3.2	Eingabedaten.....	241
5.3.2.1	Eingabe der Norm und Gebäudedaten	241
5.3.2.2	Eingabe der Erdbebendaten.....	241
5.3.2.3	Eingabe der Geometriedaten	242
5.3.2.4	Eingabe der Wandeigenschaften.....	243
5.3.2.5	Eingabe der Decken-/Dacheigenschaften	243
5.3.3	Durchführung des rechnerischen Nachweises.....	244



5.3.4	Ausgabe des Berichts.....	245
6.	Theorie.....	258
6.1	Erdbebeneinwirkung	258
6.2	Berechnungsbeispiel Vereinfachter Nachweis.....	260
6.3	Nachweis nach DIN 1053-100 (bzw. DIN 1053-1) in Kombination mit DIN 4149.....	263
6.3.1	Tragwerksberechnung für den rechnerischen linearen Nachweis (2D).....	263
6.3.1.1	Berechnungsverfahren	263
6.3.1.2	Berechnungsmodell.....	264
6.3.1.3	Torsionswirkungen	264
6.3.2	Nachweisverfahren.....	268
6.3.2.1	Anforderungen an Mauerwerksbaustoffe und Konstruktionsregeln.....	268
6.3.2.2	Nachweis durch Einhaltung konstruktiver Regeln.....	268
6.3.2.3	Rechnerischer Nachweis nach DIN 1053-100.....	269
6.3.2.4	Rechnerischer Nachweis nach DIN 1053-1.....	272
6.3.3	Berechnungsbeispiel rechnerischer linearer Nachweis	274
6.3.3.1	Ersatzsystem für die Ermittlung der Beanspruchungsgrößen.....	274
6.3.3.1.1	Ermittlung der Stockwerksmassen	275
6.3.3.1.2	Ermittlung der Systemsteifigkeiten.....	276
6.3.3.1.3	Ermittlung der Erdbebenersatzkräfte in x- und y-Richtung	277
6.3.3.2	Verteilung der Erdbebenersatzkräfte auf die Wandscheiben.....	277
6.3.3.3	Stand sicherheitsnachweise nach DIN 1053-100 (2007).....	282
6.3.3.3.1	Nachweis der zentrischen und exzentrischen Druckbeanspruchung	282
6.3.3.3.2	Schubnachweis	283
6.3.3.3.3	Ergebnisse der Nachweise.....	285
6.3.3.4	Stand sicherheitsnachweise nach DIN 1053-1 (1996).....	286
6.3.3.4.1	Nachweis der zentrischen und exzentrischen Druckbeanspruchung	286
6.3.3.4.2	Schubnachweis am Wandfuß:.....	288
6.3.3.4.3	Ergebnisse der Nachweise.....	289
7.	Literaturverzeichnis.....	290

1. Eingabeoberfläche / Programmfenster

Die Eingabe sämtlicher Daten erfolgt über eine benutzerfreundliche, grafische Oberfläche. In untenstehender Abbildung ist das Hauptfenster dargestellt, das beim Programmstart erscheint. Unterhalb der Menüleiste ist dieses in drei Bereiche aufgeteilt. Der größte Teil des Fensters wird von dem Zeichenbereich (1) eingenommen. Links davon befindet sich der Eingabebereich für allgemeine Gebäude- und Erdbebendaten (2a, 2b) sowie für Windlasten (2c). Unterhalb davon erfolgt die Eingabe der Stockwerksdaten (3), die aus den drei Registerkarten Wandscheiben (3a), Stützen (3b) und Decke (3c) besteht.



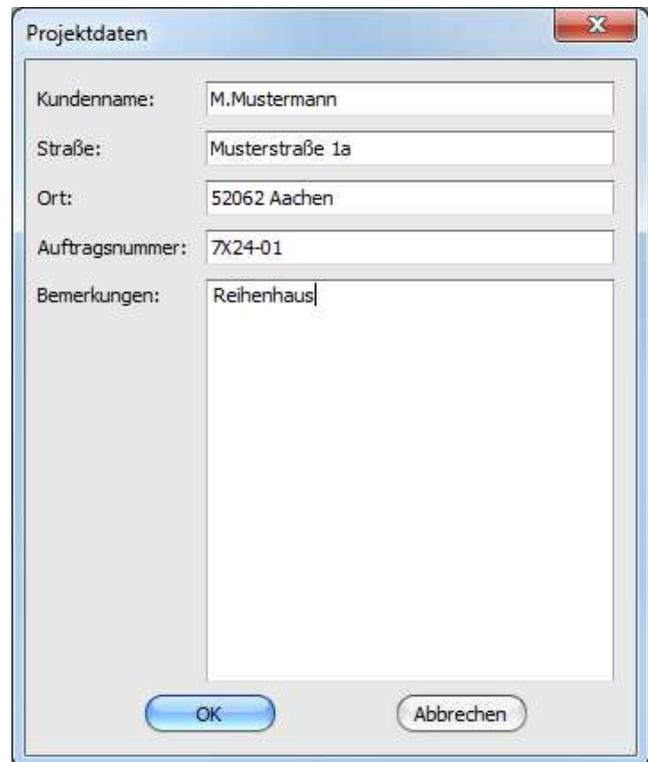
Vor Beginn der Eingabe muss aus der Dropdown-Liste im linken Bereich das gewünschte Nachweisverfahren ausgewählt werden. Der generelle Eingabeablauf ist symbolisch durch den türkisfarbenen Pfeil gekennzeichnet und wird in der folgenden Beschreibung chronologisch dargestellt. Je nach gewähltem Verfahren können sich die Programmfenster, sowie die benötigten Eingaben unterscheiden.

1.1 Gebäude- und Erdbebendaten

1.1.1 Allgemeine Gebäudedaten

Ein Klick auf den zugehörigen Button  zu **Gebäude** (Abschnitt 1, Punkt 2a) öffnet das Dialogfenster **Projektdaten**, in dem allgemeine Daten zum Projekt eingegeben werden können.

Mit **OK** wird das Dialogfenster geschlossen und es werden die übrigen Eingabezeilen **Stockwerke**, **Bedeutungskategorie**, **Bedeutungsbeiwert** und **Art der Verkehrslasten** in diesem Bereich aufgeklappt.



Projektdaten

Kundename: M.Mustermann

Straße: Musterstraße 1a

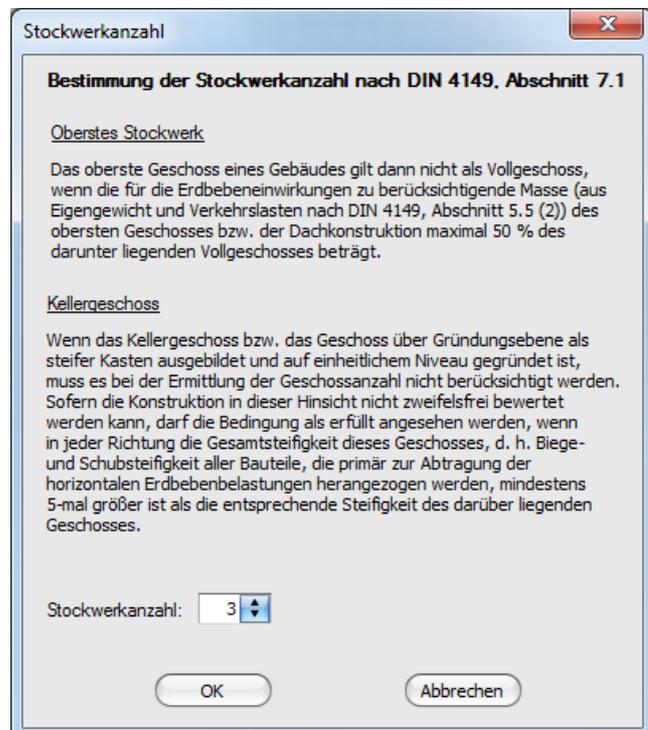
Ort: 52062 Aachen

Auftragsnummer: 7X24-01

Bemerkungen: Reihenhaus

OK Abbrechen

Durch Klick auf den entsprechenden Button  zu Stockwerke öffnet sich das Dialogfenster **Stockwerkanzahl**, in dem die Anzahl der Stockwerke (maximal 8 Stockwerke) einzugeben ist.



Stockwerkanzahl

Bestimmung der Stockwerkanzahl nach DIN 4149, Abschnitt 7.1

Oberstes Stockwerk

Das oberste Geschoss eines Gebäudes gilt dann nicht als Vollgeschoss, wenn die für die Erdbebeneinwirkungen zu berücksichtigende Masse (aus Eigengewicht und Verkehrslasten nach DIN 4149, Abschnitt 5.5 (2)) des obersten Geschosses bzw. der Dachkonstruktion maximal 50 % des darunter liegenden Vollgeschosses beträgt.

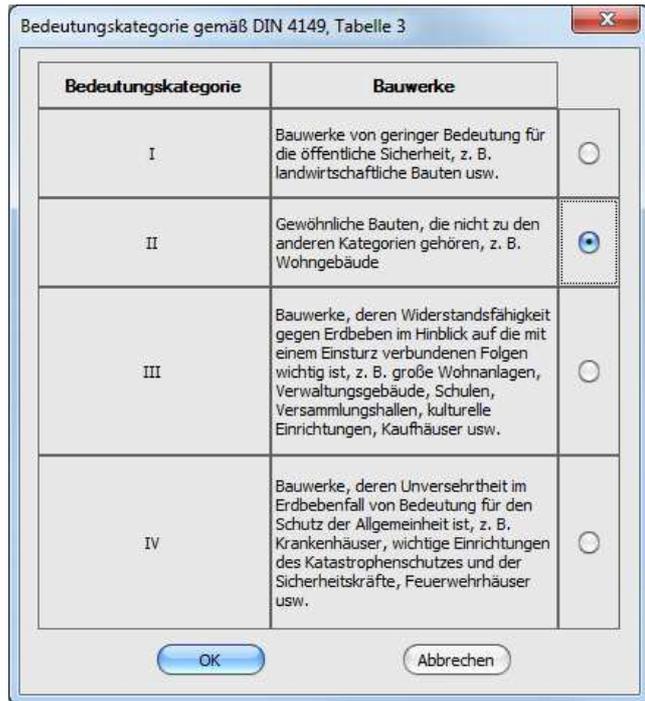
Kellergeschoss

Wenn das Kellergeschoss bzw. das Geschoss über Gründungsebene als steifer Kasten ausgebildet und auf einheitlichem Niveau gegründet ist, muss es bei der Ermittlung der Geschossanzahl nicht berücksichtigt werden. Sofern die Konstruktion in dieser Hinsicht nicht zweifelsfrei bewertet werden kann, darf die Bedingung als erfüllt angesehen werden, wenn in jeder Richtung die Gesamtsteifigkeit dieses Geschosses, d. h. Biege- und Schubsteifigkeit aller Bauteile, die primär zur Abtragung der horizontalen Erdbebenbelastungen herangezogen werden, mindestens 5-mal größer ist als die entsprechende Steifigkeit des darüber liegenden Geschosses.

Stockwerkanzahl: 3

OK Abbrechen

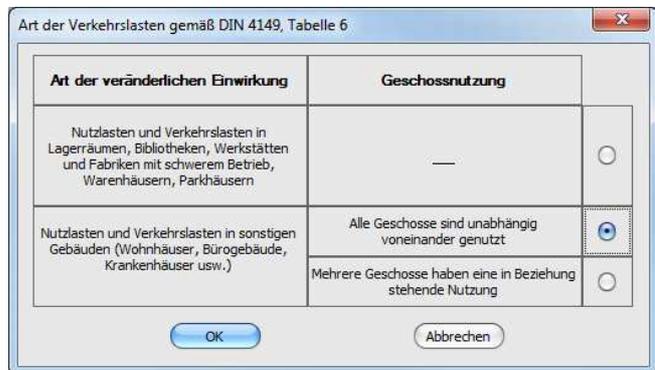
Der Button  in der Zeile **Bedeutungskategorie** öffnet ein Dialogfenster zur Auswahl der Bedeutungskategorie nach DIN 4149, Tabelle 3. Damit wird der Bedeutungsfaktor γ_1 festgelegt. Als Standardwert ist die Kategorie II vorgewählt ($\gamma_1 = 1,0$).



Über den Button  in der Zeile **Bedeutungsbeiwert** wird ein Dialogfenster zur Bestimmung des Bedeutungsbeiwertes geöffnet.

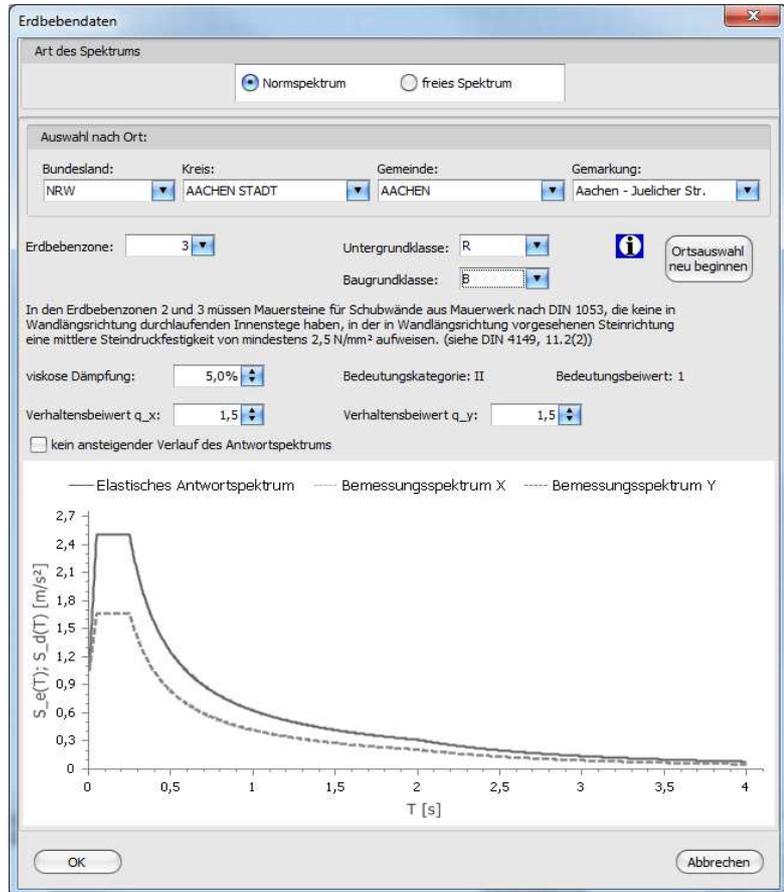


Über den Button  in der Zeile **Art der Verkehrslasten** wird ein Dialogfenster zur Auswahl der Art der veränderlichen Einwirkung gemäß DIN 4149, Tabelle 6 geöffnet. Voreingestellt ist eine unabhängige Geschossnutzung.



1.1.2 Erdbebendaten

Die standortspezifische Erdbebeneinwirkung wird in dem Dialogfenster **Erdbebendaten** (Abschnitt 1, Punkt 2b) definiert. Hier werden Erdbebenzone, Untergrund- und Baugrundklasse des Gebäudes, sowie die Verhaltensbeiwerte q_x und q_y definiert. Die Auswahl der Erdbebenzone und Untergrundklasse kann entweder direkt über die Angabe einer Erdbebenzone, einer Untergrundklasse und einer Baugrundklasse oder über die Auswahl des Gebäudestandortes erfolgen. Für letztere Möglichkeit ist eine Datenbank mit Werten der betroffenen Gebiete in Deutschland in das Programm eingebunden. Alternativ ist auch die Eingabe eines freien Spektrums möglich.



Die Auswahl des Standortes beginnt immer mit dem Bundesland und schränkt dann das gewählte Gebiet weiter ein, bis hinunter zur Gemarkung. Sobald nur noch eine Erdbebenzone oder eine Untergrundklasse in dem Gebiet vorhanden ist, wird diese automatisch ausgewählt. Sind noch mehrere Möglichkeiten vorhanden, so muss die richtige Untergrundklasse oder Erdbebenzone über das entsprechende Auswahlfeld gewählt werden.



Zu beachten ist, dass die Erdbebenzonen und Untergrundklassen auf Grundlage der Ergebnisse der DIBt-Forschungsvorhaben ZP 52-5-3.96-1136/04 und ZP 52-5-3.96.1-1185/05 bestimmt werden. Die Zuordnung der Erdbebenzonen- und Untergrundklassen kann Abweichungen gegenüber den aktuellen Kartenwerken der einzelnen Bundesländer aufweisen, so dass keine Gewähr für die Richtigkeit übernommen werden kann. Die länderspezifischen Festlegungen sind bei der Auswahl zu beachten!



Für den Fall, dass in der Datenbank keine Informationen über Erdbebenzone bzw. Untergrundklasse einzelner Gemarkungen vorliegen, wird auf die Karten der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen der einzelnen Bundesländer verwiesen.



Für die viskose Dämpfung wird ein Standardwert von 5 % vorgegeben, der für Mauerwerk zutreffend ist. Abweichungen von diesem Regelwert sind nur in begründeten Ausnahmefällen möglich (vgl. DIN 4149 (2005), Abschnitt 6.4.2).

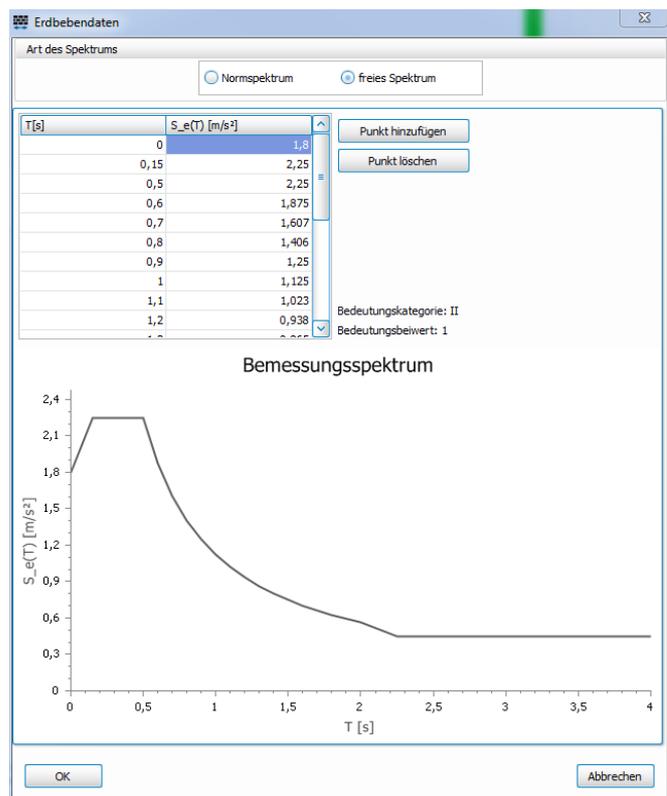
Die Auswahl der Baugrundklasse erfolgt in Abhängigkeit der gewählten Untergrundklasse. Nach DIN 4149 werden die möglichen Kombinationen der beiden Klassen angeboten. Je nachdem, welcher Wert in einem der beiden Auswahlfelder gewählt wurde, werden die Möglichkeiten im jeweils anderen Feld gemäß dieser Kombinationen eingeschränkt.

Sind sowohl Erdbebenzone als auch Untergrundklasse und Baugrundklasse gewählt, wird das elastische Antwortspektrum in Abhängigkeit der gewählten Werte angezeigt.

Der Button **Ortsauswahl neu beginnen** setzt alle eingegebenen Werte zurück.

Wurde das Dialogfenster **Erdbebendaten** durch Drücken auf den Button **OK** geschlossen, werden die eingegebenen Werte in den entsprechenden Zeilen des linken Hauptmenüs angezeigt.

Die Definition eines freien Spektrums ist zum einen über die manuelle Eingabe von Punkten ($T[s]/S_e(T)[m/s^2]$) möglich. Alternativ können auch Wertepaare direkt in das Datenfeld kopiert werden (bspw. aus Excel).



1.1.3 Winddaten

1.1.3.1 2D Nachweisverfahren

Die standortspezifischen Windlasten werden in dem Dialogfenster **Winddaten** (Abschnitt 1, Punkt 2c) definiert. Die Eingabe der Lasten erfolgt stockwerksweise und richtungsabhängig.

Neben der Lastdefinition ist auch die Eingabe des Lastangriffspunktes erforderlich. Hierbei sind absolute Koordinaten zu verwenden.

Mit einem Klick auf **OK** werden die Daten übernommen und in den entsprechenden Zeilen des Hauptmenüs angezeigt.

Positive x-Richtung			Positive y-Richtung		
Stockwerk	Fx [kN]	Lastangriffsp. y [cm]	Fy [kN]	Lastangriffsp. x [cm]	
1	0,00	0,00	0,00	0,00	

Benutze andere Werte für Lastfall Wind -X/-Y

Negative x-Richtung			Negative y-Richtung		
Stockwerk	Fx [kN]	Lastangriffsp. y [cm]	Fy [kN]	Lastangriffsp. x [cm]	
1	0,00	0,00	0,00	0,00	

1.1.3.2 3D Nachweisverfahren

Im Rahme des dreidimensionalen Berechnungsverfahrens werden die **Winddaten** ebenfalls stockwerksweise und richtungsabhängig eingegeben. Die eingegebenen Lasten werden über die Deckenfläche verschmiert je Geschoss und Richtung aufgebracht. Die Resultierende je Richtung greift somit im Flächenschwerpunkt der Deckenfläche an.

Über die Definition eines Torsionsfaktors können Torsionseinflüsse für jede Richtung separat erfasst werden. Mit dem eingegebenen Faktor werden die infolge Wind auftretenden Einwirkungen erhöht.

Positive x-Richtung			Positive y-Richtung		
Stockwerk	Fx [kN]	Torsionsfaktor x [-]	Fy [kN]	Torsionsfaktor y [-]	
1	0,00	1,00	0,00	1,00	

Benutze andere Werte für Lastfall Wind -X/-Y

Negative x-Richtung			Negative y-Richtung		
Stockwerk	Fx [kN]	Torsionsfaktor x [-]	Fy [kN]	Torsionsfaktor y [-]	
1	0,00	1,00	0,00	1,00	

1.1.4 Netz-Parameter (nur im 3D Nachweis aktiv)

In dem Dialogfenster **Netz-Parameter** werden die Parameter für die Netzgenerierung festgelegt. Dabei können die Elementlänge, die Wand-zu-Wand-Kopplung sowie die Wand-zu-Decke-Kopplung jeweils über Auswahllisten festgelegt werden.



1.1.4.1 Elementlänge

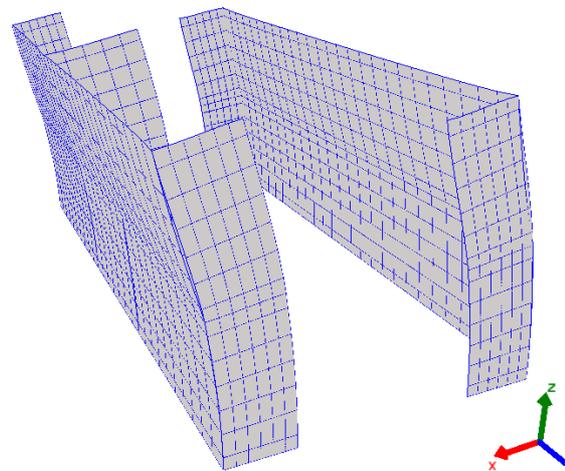
Die Elementlänge kann zwischen 10 und 200 cm eingestellt werden und steuert die Feinheit des Finite-Elemente-Netzes. Entsprechend kann damit auch die Rechengenauigkeit sowie die Rechendauer reguliert werden. Für jede Wandscheibe werden jedoch, unabhängig von der eingestellten Elementlänge, immer mindestens 4 Elemente in Wandlängsrichtung und 5 Elemente über die Wandhöhe modelliert.



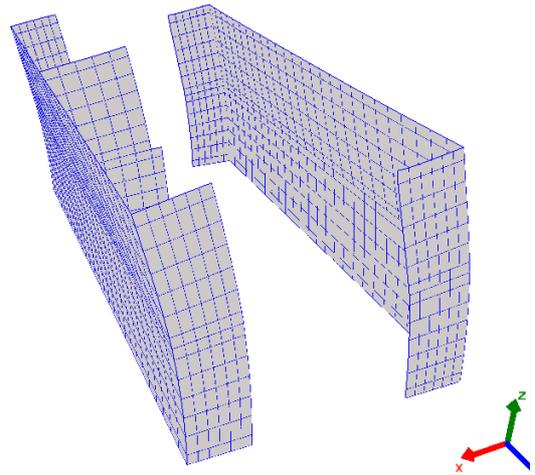
Die definierte Elementlänge ist die maximale Elementlänge für die Vernetzung von Wänden und Decken. Bei der Vernetzung können sich auch abweichend kleinere Elementlängen ergeben.

1.1.4.2 Wand-zu-Wand-Kopplung

Mit der Einstellung Wand-Zu-Wand-Kopplung wird die Kopplung der Elemente entlang der vertikalen Fuge zweier angrenzender Wandscheiben definiert. Diese kann als entkoppelt, gelenkig oder biegesteif gesetzt werden. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen exemplarisch Verformungsfiguren bei einem Modell mit entkoppelten Wandscheiben, bei dem sich zwei angrenzende Wandscheiben unabhängig voneinander bewegen können, und einem mit gelenkig gekoppelten Wandscheiben.



Im Falle gelenkig (oder biegesteif) gekoppelter Wände ist zu beachten, dass die Übertragung aller in der Kopplungsfuge berechneten Schubkräfte (und Biegemomente) im Nachlauf separat nachgewiesen werden muss.



1.1.4.3 Wand-zu-Decke-Kopplung

Mit der Einstellung Wand-Zu-Decke-Kopplung wird die Kopplung der Elemente entlang der horizontalen Fuge zwischen Wand- und Deckenelementen definiert. Es stehen die Einstellungen gelenkig oder biegesteif zur Verfügung. Die Kopplungsoption bezieht sich immer auf die Kopplung einzelner Knoten der Elemente, so dass bei beiden Kopplungsoptionen Biegemomente zwischen Wandscheiben und Decke übertragen werden. Es ist zu beachten, dass im Falle einer Kopplung zwischen Wand- und Deckenelementen die übertragenden Biegemomente in der Decke nachgewiesen werden müssen.

1.1.5 Berechnungs-Parameter (nur im 3D Nachweis aktiv)

In einem weiteren Dialogfenster werden die **Berechnungs-Parameter** eingestellt.

1.1.5.1 Anzahl der Eigenfrequenzen / Anzahl der Kontrollfrequenzen

Die Anzahl der Eigenfrequenzen (NEIR) sowie der Kontrollfrequenzen (NEIK) wird jeweils über ein Eingabefeld definiert.



Zur Verbesserung der Konvergenz wird mit NEIR + NEIK Eigenvektoren iteriert. Hierbei gelten folgende Bedingungen:

NEIR \geq 1

NEIK \geq 8

NEIR + NEIK \leq 300

In den Berechnungsergebnissen ist zu prüfen, ob mit der gewählten Anzahl von Eigenfrequenzen die nach Norm geforderte modale Masse aktiviert wurde.

1.1.5.2 Überlagerungsregel

In MINEA erfolgt die Überlagerung der modalen Schnittgrößen nach der SRSS-Regel (Square root of sum squares mode combination method).

1.1.5.3 Zufällige Torsionseffekte

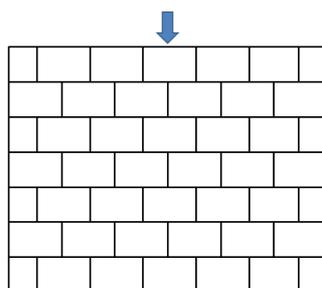
Über die Aktivierung eines Hakens kann festgelegt werden, dass zufällige Torsionseffekte bei der Berechnung berücksichtigt werden sollen. Die Berechnung der zufälligen Torsionseffekte erfolgt nach Abschnitt 6.2.2.4.3 der DIN 4149:

$$e_{ai} = \pm 0,05 \cdot L_i$$

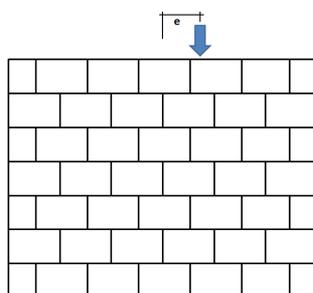
1.1.5.4 Exzentrizitäten aus Vertikallasten

Im Rahmen der Berechnung eines Gebäudemodells mittels der Finite-Elemente Methode können aus den dreidimensionalen Verformungszuständen unter vertikaler Beanspruchung durch Eigengewicht und vertikalen Verkehrslasten Biegemomente und Schubkräfte in den Wandscheiben entstehen. Dies ist durch die gegebenenfalls exzentrisch angreifenden Vertikalkräfte zu begründen.

Mit einem Schalter kann gesteuert werden, ob diese Exzentrizitäten aus Vertikallasten berücksichtigt werden sollen oder nicht. Wenn der Haken eingeschaltet ist, werden die aus den in Längsrichtung der Wand exzentrisch angreifenden Normalkräften resultierenden Querkräfte und Momente ausgegeben und sowohl in der LFK ständig + vorübergehend als auch in der Erdbebenkombination berücksichtigt und mit den Einwirkungen aus den Erdbebenlasten sowie den Windlasten überlagert. Sofern der Haken nicht gesetzt ist, werden ausschließlich die Normalkräfte aus den vertikalen Lasten (Eigengewicht, vertikale Verkehrslasten) berücksichtigt und überlagert.



→ Normalkraft



→ Normalkraft, Querkraft, Moment



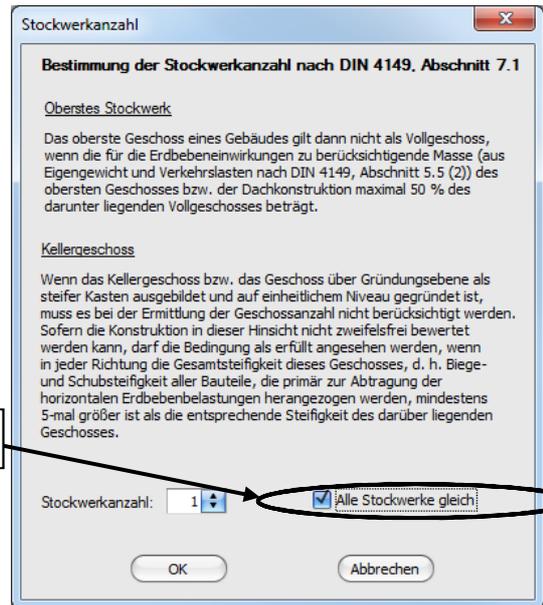
Aus Vertikallasten ergeben sich im 3D-Modell zusätzliche Schnittgrößen aus Lastexzentrizitäten. Diese werden bei 2D-Berechnungen in der Regel vernachlässigt. Bei Aktivierung werden die zusätzlichen Schnittgrößen berücksichtigt.

1.1.6 Stockwerksdaten eingeben

Die Stockwerksdaten werden im unteren Teil des Hauptfensters eingegeben.

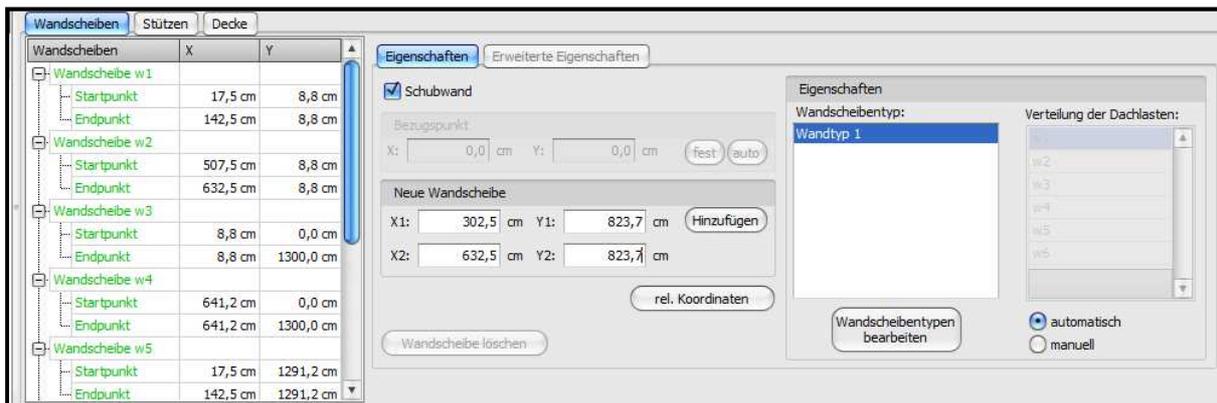
Je nach Eingabe der Stockwerkanzahl unter **Gebäude- und Erdbebendaten** (Abschnitt 1.1) wird im linken Bereich eine entsprechende Anzahl von Stockwerkszeilen angezeigt, denen in der rechten Spalte eine Höhe zugewiesen werden kann.

3D Nachweisverfahren



Eine variable Eingabe der Stockwerksgeometrie je Geschoss ist nur im 3D Nachweisverfahren vorgesehen. Gebäude mit mehreren Geschossen haben im 2D Nachweisverfahren grundsätzlich die gleiche Stockwerksgeometrie.

1.1.7 Registerkarte Wandscheiben

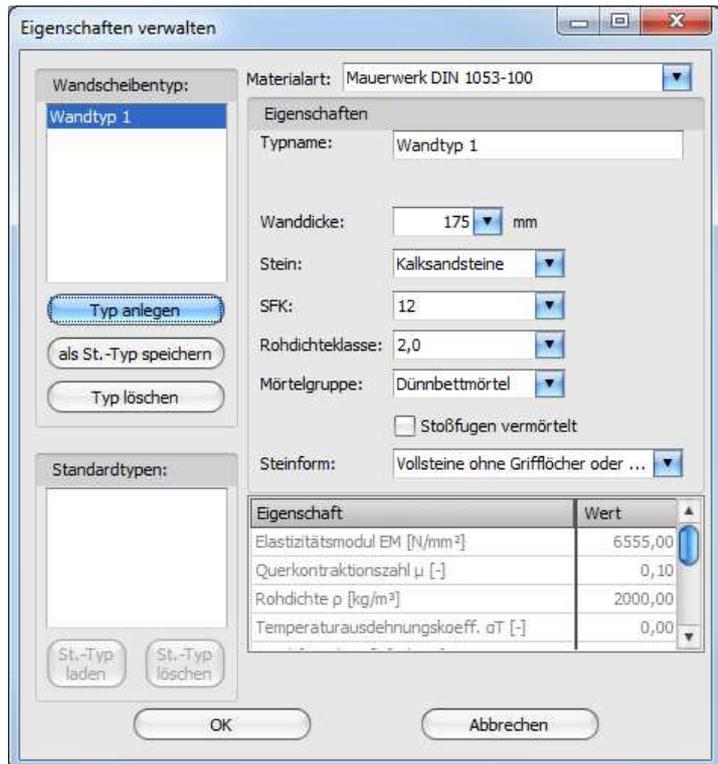


Wird erstmals ein Stockwerk ausgewählt, so wird die Registerkarte **Wandscheiben** angezeigt. Bevor die erste Wandscheibe eingegeben wird, empfiehlt es sich die verschiedenen Wandscheibentypen für die jeweiligen Wände einzustellen.

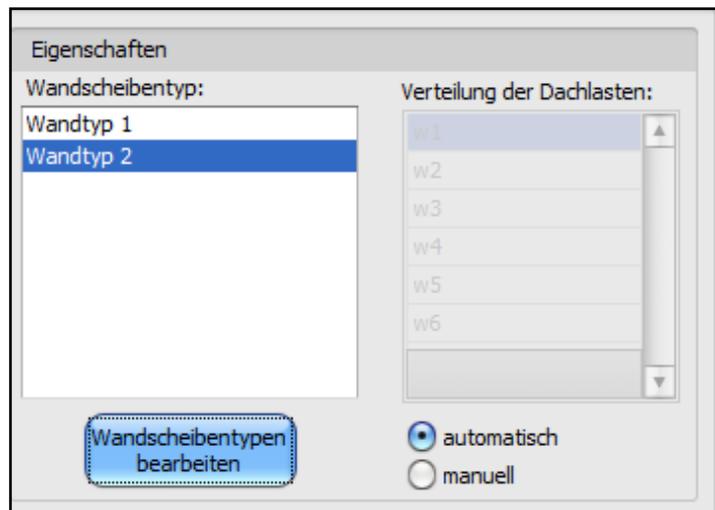
Durch Klick auf den Button **Wandscheibentypen bearbeiten** öffnet sich das Fenster **Eigenschaften verwalten**.

Mit **Typ anlegen** bzw. **Typ löschen** wird die Liste der Wandscheibentypen verwaltet. In der Auswahlliste **Materialart** stehen verschiedene Optionen zur Verfügung, für die unterschiedliche Materialeigenschaften definiert werden können.

Mit dem Button **als St.-Typ speichern** kann die aktuelle Materialkonfiguration als Standardtyp lokal auf dem Computer abgespeichert werden. Alle vorhandenen Standardtypen werden links unten in der Box **Standardtypen** angezeigt, von wo aus sie jederzeit wieder geladen werden können. Der Button **St.-Typ löschen** entfernt den aktivierten Standardtyp.



In dem Bereich **Verteilung der Dachlasten** kann festgelegt werden, ob die in der Registerkarte eingegebenen Dachlasten automatisch oder manuell auf die vorhandenen Wände verteilt werden sollen.



Die Eingabe der Wandkoordinaten sollte in der Regel (aber unter Beachtung der konstruktiven Ausführung) mit den Achsmaßen als Kombination aus Wandlänge und Wanddicke erfolgen. Der Benutzer sollte die in nachfolgender Abbildung angegebenen konstruktiven Ausführungen bei der Eingabe der Wandkoordinaten berücksichtigen.

Systemmaße	Im Verband gemauert	Als Stumpfstoß ausgeführt

Die eingegebenen Wandscheiben werden im Zeichenbereich dargestellt. Die Anzeige ist maßstabsgetreu und für die verschiedenen, verwendeten Mauerwerkseigenschaften werden unterschiedliche Farben verwendet. Die Farbgebung erfolgt nicht nach einer festen farblichen Zuordnung, sondern in der Reihenfolge, in der die verwendeten Mauerwerkseigenschaften ausgewählt wurden. Die Farbgebung kann im Menü unter **Datei, Einstellungen, Registerkarte Farbauswahl** vorgegeben werden. Die Dicke der Wandscheibe wird über die Strichstärke dargestellt.

Für die Eingabe der Wandscheiben werden dem Benutzer verschiedene Möglichkeiten angeboten. Eine direkte Eingabe über die Tatstatur mittels globalen oder relativen Koordinaten oder grafisch interaktiv mit der Maus. Es ist jederzeit möglich, zwischen diesen Eingabemöglichkeiten zu wechseln.



Die Eingabe der Wände kann entweder über die Tastatur oder per Maus erfolgen. Dabei muss beachtet werden, dass nur positive Koordinaten zugelassen sind und maximal 100 Wände eingegeben werden können.

1.1.7.1 Eingabe der Wände über die Tastatur

In den Eingabefeldern im Kasten **Neue Wandscheibe** werden für die Wandscheibe der Anfangs- und Endpunkt eingegeben. Alle Koordinatenwerte werden in [cm] angegeben, wobei der Anfangspunkt durch das Wertepaar **(X1, Y1)**, der Endpunkt durch das Wertepaar **(X2, Y2)** bestimmt ist. Durch **Hinzufügen** wird eine neue Wandscheibe angelegt.

Zum Ändern des Wandscheibentyps muss die jeweilige Wand in der linken Box **Wandscheiben** aktiviert werden. Durch Klick auf den gewünschten Wandscheibentyp in der rechten Box **Eigenschaften** wird der Wand der Wandscheibentyp zugewiesen. Zudem kann der Wandscheibentyp durch **Rechtsklick → Material zuweisen** auf die entsprechende Wand im Zeichenbereich angepasst werden. Hierzu muss der **Auswahlmodus** aktiviert sein.

Die Eingabe der Koordinaten kann auf zwei Arten erfolgen:

1. Die Koordinaten werden über das globale, kartesische Koordinatensystem eingegeben. Der Ursprung des Koordinatensystems unten links im Zeichenfeld. Diese Möglichkeit ist standardmäßig eingestellt.
2. Durch Aktivieren des Buttons rel. Koordinaten können die Wände über ein Relativ-Koordinatensystem eingegeben werden. Es stehen zwei Varianten der Bezugspunktwahl zur Verfügung, fest bzw. auto. Durch fest wird das Bezugskoordinatensystem auf die eingegebene Position gesetzt, durch auto springt das Koordinatensystem jeweils zum Endpunkt der gerade erstellten Wandscheibe.



Mit der Tabulator-Taste kann zwischen den Eingabefeldern gewechselt werden (SHIFT + Tabulator um zurück zu springen). Nach Eingabe einer Wandscheibe springt der Cursor automatisch wieder in das Feld **X1**.

Die Wandkoordinaten können jederzeit in der linken Box **Wandscheiben** angepasst werden.

1.1.7.2 Eingabe der Wände per Maus

MINEA bietet die Möglichkeit einer grafischen Eingabe des Grundrisses per Maus. Dazu muss der Button **Zeichenmodus aktivieren**  aktiviert sein. Während des Zeichnens erscheinen neben dem Mauszeiger die aktuellen Koordinaten im globalen Koordinatensystem. Durch Klicken der linken Maustaste wird der Startpunkt der Wand festgelegt, durch einen weiteren Klick mit der linken Maustaste wird der Endpunkt der Wand gesetzt, der gleichzeitig Startpunkt der nächsten Wand ist. Dies bietet die Möglichkeit, mehrere Wände hintereinander zu zeichnen. Mit der rechten Maustaste wird dieser Vorgang abgebrochen.

Durch **Raster aktivieren**  erscheint ein Gitter aus Hilfslinien. Der Abstand der Gitterlinien kann im benachbarten Feld in [cm] angegeben werden. Ist das Raster aktiviert, fängt der Cursor die Schnittpunkte der horizontalen und vertikalen Linien.



Zusätzlich kann noch eine weitere Fangfunktion aktiviert werden. Es kann ein **Fang-Winkel [°]** und eine **Fang-Länge [cm]** vorgegeben werden. Wird die STRG-Taste bei der Eingabe gedrückt gehalten, dann rastet der Cursor bei der Eingabe der Wände im eingegebenen Winkel ein. Ist z.B. ein Winkel von 30° vorgegeben, so rastet der Cursor bei 0°, 30°, 60° usw. ein. Falls im Feld **Fang-Länge [cm]** ein Wert eingetragen ist, rastet der Cursor bei gedrückt gehaltener STRG-Taste unabhängig von dem ausgewählten Fangwinkel jeweils bei einem Vielfachen der eingetragenen Länge ein.

Fang-Länge [cm] und **Fang-Winkel [°]** werden durch Drücken der STRG-Taste gleichzeitig aktiviert. Soll nur eine Funktion aktiviert werden, so muss im anderen Feld der Wert Null eingetragen sein.



Während der Button **Zeichenmodus aktivieren**  aktiviert ist, ist es nur möglich, Wände per Maus einzugeben. Durch Deaktivieren des Buttons erfolgt der Wechsel zur Koordinateneingabe, wie in Abschnitt 1.1.7.1 beschrieben.

Bei aktiviertem **Auswahlmodus**  kann mit der Maus ein Rechteck aufgezogen und somit mehrere Wände gleichzeitig ausgewählt werden. Durch Drücken des Buttons **Wandscheibe löschen** im unteren Bereich der Registerkarte **Wandscheibe** werden die aktuell ausgewählten Wandscheiben gelöscht. Gleiches kann mit **Rechtsklick → Löschen** auf die entsprechende Wandscheibe bzw. durch Auswählen der Wandscheibe und Drücken des Knopfes „Entfernen“ auf der Tastatur erreicht werden.



Dieses Kontextmenü (Rechtsklick) steht im Zeichenmodus  nicht zur Verfügung.

Länge und Position der Wandscheiben können im **Auswahlmodus**  auch per Drag & Drop angepasst werden. Dies wird durch die roten Quadrate an den Endpunkten der ausgewählten Wandscheibe angezeigt.

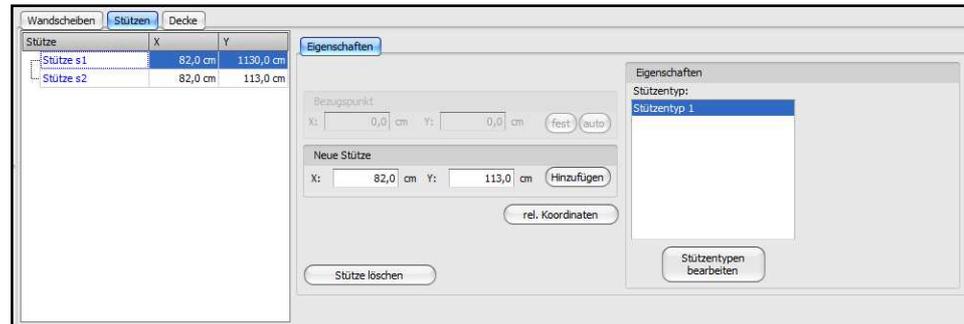
Zum Verschieben eines einzelnen Endpunktes muss der Cursor genau über dem Punkt platziert werden (Cursor wird als Kreuz dargestellt). Zum Verschieben der ganzen Wand kann der Cursor beliebig auf der Wand platziert werden (Cursor wird als Hand dargestellt).

Ausgewählte Wandscheiben können mit den bekannten Tastaturkürzeln Strg + C und Strg + V kopiert werden und mit den Pfeiltasten verschoben werden (Strg + Pfeiltasten für kleine Verschiebungen).

Alle Wandscheiben werden in dem Fenster **Wandscheiben** (Abschnitt 1.2.2.3) sowie in einer Liste am linken Rand der Registerkarte angezeigt. Die aktuell ausgewählte Wandscheibe wird in der Liste und im Zeichenbereich farblich hervorgehoben. Mehrere Wände der Liste im linken Rand der Registerkarte können wie gewohnt durch gedrückt Halten der Umschalttaste (Shift) bzw. der STRG-Taste ausgewählt werden.

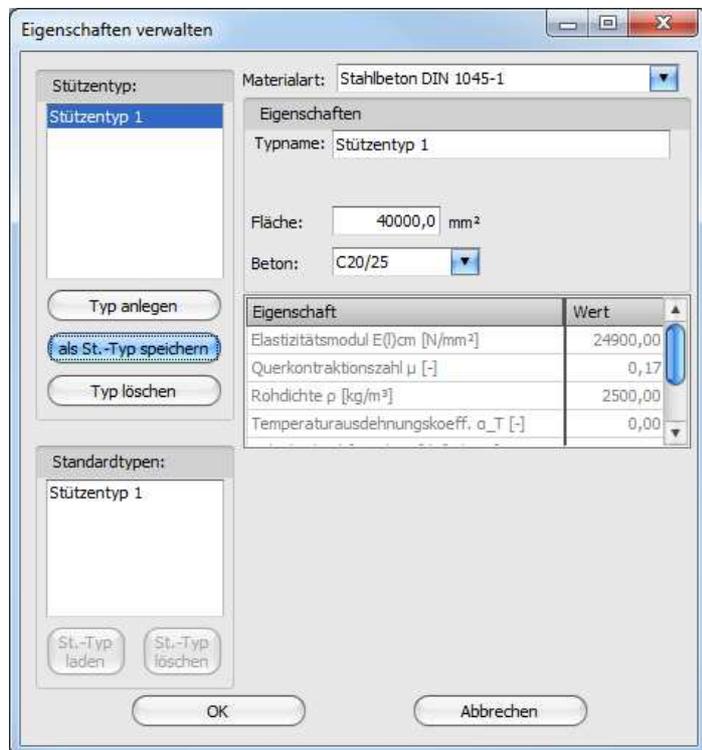
1.1.8 Registerkarte Stützen

Die Registerkarte **Stützen** dient der Eingabe von Stützen im Grundriss. Auch hier empfiehlt sich, vor Eingabe der ersten Stütze die vorhandenen Stütztypen festzulegen. Durch Klick auf den Button **Stütztypen bearbeiten** öffnet sich das Fenster **Eigenschaften verwalten**.



Mit **Typ hinzufügen** bzw. **Typ löschen** wird die Liste der Stütztypen verwaltet. In der Auswahlliste Materialart stehen für die Stützen Stahlbeton, Mauerwerk und Stahl zur Verfügung. Die Handhabung des Auswahlfensters entspricht der Auswahl in der Registerkarte **Wandscheiben** (Abschnitt 1.1.7).

Mit dem Button **als St.-Typ speichern** kann die aktuelle Materialkonfiguration als Standardtyp lokal auf dem Computer abgespeichert werden. Alle vorhandenen Standardtypen werden links unten in der Box **Standardtypen** angezeigt, von wo aus sie jederzeit wieder geladen werden können. Der Button **St.-Typ löschen** entfernt den aktivierten Standardtyp.



Die Eingabe der Stützen kann entweder über die Tastatur oder per Maus erfolgen. Dabei muss beachtet werden, dass nur positive Koordinaten zugelassen sind und maximal 100 Stützen eingegeben werden können.

1.1.8.1 Eingabe der Stützen über die Tastatur

In den Eingabefeldern in der Box **Neue Stütze** werden die Koordinaten der Stützen eingegeben (Schwerpunkt). Alle Koordinatenwerte werden in [cm] angegeben. Durch Klick auf den Button **Hinzufügen** wird eine neue Stütze mit dem ausgewählten Stützentyp hinzugefügt.

Zum Ändern des Stützentyps muss die jeweilige Stütze in der linken Box **Stützen** aktiviert werden. Durch Klick auf den gewünschten Stützentyp in der rechten Box **Eigenschaften** wird der Stütze ein neuer Stützentyp zugewiesen. Zudem kann der Stützentyp durch **Rechtsklick** → **Material zuweisen** auf die entsprechende Stütze in dem Zeichenfeld angepasst werden.



Dieses Kontextmenü (Rechtsklick) steht im Zeichenmodus  nicht zur Verfügung.

Die Eingabe der Koordinaten kann auf zwei Arten erfolgen:

1. Die Koordinaten werden über das globale, kartesische Koordinatensystem eingegeben. Der Ursprung des Koordinatensystems liegt unten links im Zeichenfeld. Diese Möglichkeit ist standardmäßig eingestellt.
2. Durch Aktivieren des Buttons **rel. Koordinaten** können die Stützen über ein Relativ-Koordinatensystem eingegeben werden. Es stehen zwei Varianten der Bezugspunktwahl zur Verfügung, **fest** bzw. **auto**. Durch **fest** wird das Bezugskordinatensystem auf die eingegebene Position gesetzt, durch **auto** springt das Koordinatensystem jeweils zum Endpunkt der gerade erstellten Stütze.



Mit der Tabulator-Taste kann zwischen den Eingabefeldern gewechselt werden (SHIFT + Tabulator um zurück zu springen). Nach Eingabe einer Stütze springt der Cursor automatisch wieder in das Feld **X1**.

Die Stützenkoordinaten können jederzeit in der linken Box **Stützen** angepasst werden.

1.1.8.2 Eingabe der Stützen per Maus

MINEA bietet die Möglichkeit einer grafischen Eingabe der Stützen per Maus. Dazu muss der Button **Zeichenmodus aktivieren**  aktiviert sein. Während des Zeichnens erscheinen neben dem Mauszeiger die aktuellen Koordinaten im globalen Koordinatensystem. Durch Klicken der linken Maustaste wird der Schwerpunkt der Stütze festgelegt.

Durch Klick auf den Button **Raster aktivieren**  erscheint ein Gitter aus Hilfslinien. Der Abstand der Gitterlinien kann im benachbarten Feld in [cm] angegeben werden. Ist das Raster aktiviert, fängt der Cursor die Schnittpunkte der horizontalen und vertikalen Linien.



Während der Button **Zeichenmodus aktivieren**  aktiviert ist, ist es nur möglich, Stützen per Maus einzugeben. Durch Deaktivieren des Buttons erfolgt der Wechsel zur Koordinateneingabe.

Bei aktiviertem **Auswahlmodus**  kann mit der Maus ein Rechteck aufgezogen und somit mehrere Stützen gleichzeitig ausgewählt werden. Durch Drücken des Buttons **Stütze löschen** im unteren Bereich der Registerkarte **Stütze** wird die aktuell ausgewählte Stütze gelöscht. Gleiches kann mit **Rechtsklick → Löschen** auf die entsprechende Stütze bzw. durch Auswählen der Stütze und Drücken des Knopfes „Entfernen“ auf der Tastatur erreicht werden.



Dieses Kontextmenü (Rechtsklick) steht im Zeichenmodus  nicht zur Verfügung.

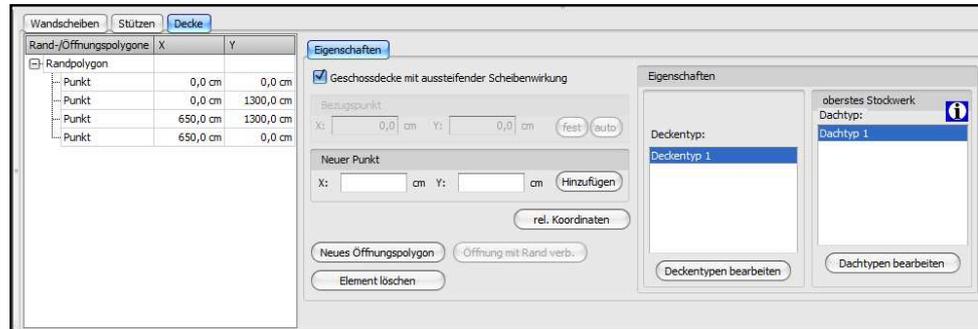
Die Positionen der Stützen können im **Auswahlmodus**  auch per Drag & Drop angepasst werden. Zum Verschieben der Stütze muss der Cursor über der ausgewählten Stütze platziert werden (Cursor wird als Hand dargestellt).

Ausgewählte Stützen können mit den bekannten Tastaturkürzeln Strg + C und Strg + V kopiert werden und mit den Pfeiltasten verschoben werden (Strg + Pfeiltasten für kleine Verschiebungen).

Alle Stützen werden in dem Fenster **Stützen** (Abschnitt 1.2.2.4) sowie in einer Liste am linken Rand der Registerkarte angezeigt. Die aktuell ausgewählte Stütze wird in der Liste und im Zeichenbereich farblich hervorgehoben. Mehrere Stützen der Liste im linken Rand der Registerkarte können wie gewohnt durch gedrückt Halten der Umschalttaste (Shift) bzw. der STRG-Taste ausgewählt werden.

1.1.9 Registerkarte Decke

Die Registerkarte **Decke** dient der Eingabe der Deckendate, die das ausgewählte Stockwerk nach oben abschließt. Zu diesen Daten gehören das Deckenrandpolygon sowie Polygone von eventuell vorhandenen Öffnungen. Zusätzlich werden die Deckenlasten und die Lasten aus dem Dach in dieser Registerkarte definiert.

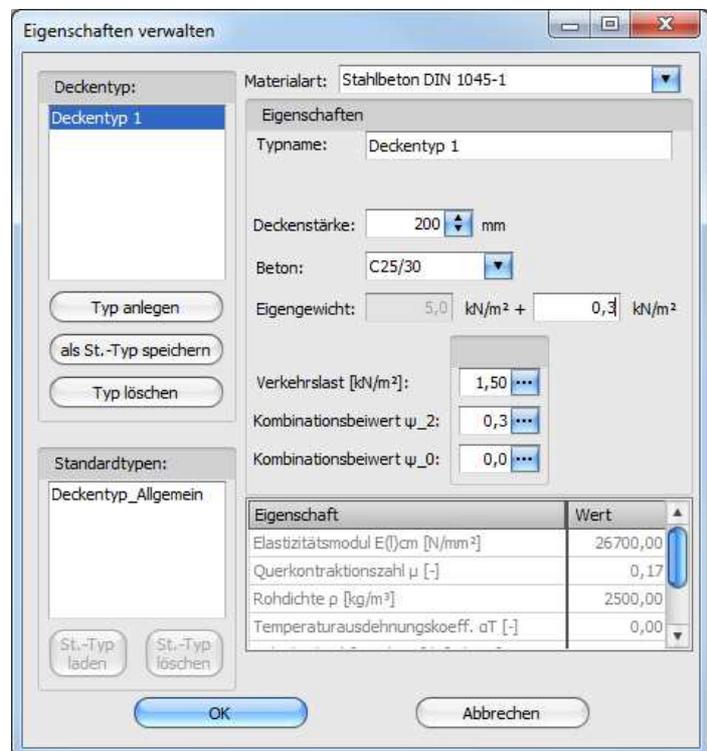


Bevor die Deckenpolygone eingegeben werden können, muss der Benutzer bestätigen, dass es sich um eine Decke mit aussteifender Scheibenwirkung handelt. Diese Bedingung ist nach DIN 4149 Grundvoraussetzung für den vereinfachten und rechnerischen Nachweis.

Vor Eingabe der Deckenplatte empfiehlt es sich die vorhandenen Deckentypen zu definieren. Durch Klick auf den Button **Deckentypen bearbeiten** öffnet sich das Fenster **Eigenschaften verwalten**.

Mit **Typ anlegen** bzw. **Typ löschen** wird die Liste der Deckentypen verwaltet. In der Auswahlliste Materialart stehen zwei verschiedene Optionen für Stahlbeton zur Verfügung: **Stahlbeton DIN 1045-1** bei der die Materialeigenschaften automatisch gemäß DIN 1045-1 definiert werden und **Stahlbeton beliebig** bei der alle Materialeigenschaften manuell eingegeben werden können.

Weitere ständige Lasten (z.B. Ausbaulasten) können in einem separaten Feld auf das automatisch aus Deckendicke und Rohdichte ermittelte Eigengewicht aufgeschlagen werden.



Mit dem Button **als St.-Typ speichern** kann die aktuelle Materialkonfiguration als Standardtyp lokal auf dem Computer abgespeichert werden. Alle vorhandenen Standardtypen werden links unten in der Box **Standardtypen** angezeigt, von wo aus sie jederzeit wieder geladen werden können. Der Button **St.-Typ löschen** entfernt den aktivierten Standardtyp.

Durch Klick auf den Button  im Feld **Verkehrslast** öffnet sich das nebenstehende Fenster mit den Tabellen 1 und 2 aus DIN 1055-3, in dem die vorhandenen Verkehrslasten ausgewählt werden können.

Verkehrslasten nach DIN 1055-3, Tabelle 1

Kategorie	Nutzung	Beispiele	kN/m ²	
A1	Spitzböden	Für Wohnzwecke nicht geeigneter, aber zugänglicher Dachraum bis 1,80 m lichter Höhe.	1,0	<input type="radio"/>
A2	Wohn- und Aufenthaltsräume	Räume mit ausreichender Querverteilung der Lasten. Räume und Flure in Wohngebäuden, Bettenräume in Krankenhäusern, Hotelzimmer einschl. zugehöriger Küchen und Bäder.	1,5	<input type="radio"/>
A3		wie A2, aber ohne ausreichende Querverteilung der Lasten.	2,0	<input type="radio"/>
B1	Büroflächen, Arbeitsflächen, Flure	Flure in Bürogebäuden, Büroflächen, Arztpraxen, Stationsräume, Aufenthaltsräume einschl. der Flure, Kleinviehställe.	2,0	<input type="radio"/>
B2		Flure in Krankenhäusern, Hotels, Altenheimen, Internaten usw.; Küchen u. Behandlungsräume einschl. Operationsräume ohne schweres Gerät.	3,0	<input type="radio"/>
B3		wie B2, jedoch mit schwerem Gerät.	5,0	<input type="radio"/>
C1	Räume, Versammlungsräume und Flächen, die der Ansammlung von Personen dienen können (mit Ausnahmen von unter A, B, D und E festgelegten Kategorien)	Flächen mit Tischen; z. B. Schulräume, Cafés, Restaurants, Speisesäle, Lesesäle, Empfangsräume.	3,0	<input type="radio"/>
C2		Flächen mit fester Bestuhlung; z. B. Flächen in Kirchen, Theatern oder Kinos, Kongresssäle, Hörsäle, Versammlungsräume, Wartesäle.	4,0	<input type="radio"/>
C3		Frei begehbare Flächen; z. B. Museumflächen, Ausstellungsfächen usw. und Eingangsbereiche in öffentlichen Gebäuden und Hotels, nicht befahrbare Hofkellerdecken.	5,0	<input type="radio"/>
C4		Sport- und Spielflächen; z. B. Tanzsäle, Sporthallen, Gymnastik- und Kraftsporträume, Bühnen.	5,0	<input type="radio"/>
C5		Flächen für große Menschenansammlungen; z. B. in Gebäuden wie Konzertsäle, Terrassen und Eingangsbereiche sowie Tribünen mit fester Bestuhlung.	5,0	<input type="radio"/>
D1	Verkaufsräume	Flächen von Verkaufsräumen bis 50 m ² Grundfläche in Wohn-, Büro und vergleichbaren Gebäuden.	2,0	<input type="radio"/>
D2		Flächen in Einzelhandelsgeschäften und Warenhäusern.	5,0	<input type="radio"/>
D3		Flächen wie D2, jedoch mit erhöhten Einzellasten infolge hoher Lagerregale.	5,0	<input type="radio"/>
E1	Fabriken und Werkstätten, Ställe, Lagerräume und	Flächen in Fabriken und Werkstätten mit leichtem Betrieb und Flächen in Großviehställen.	5,0	<input type="radio"/>
F2		Lagerflächen, einschließlich Bibliotheken.	6,0	<input type="radio"/>

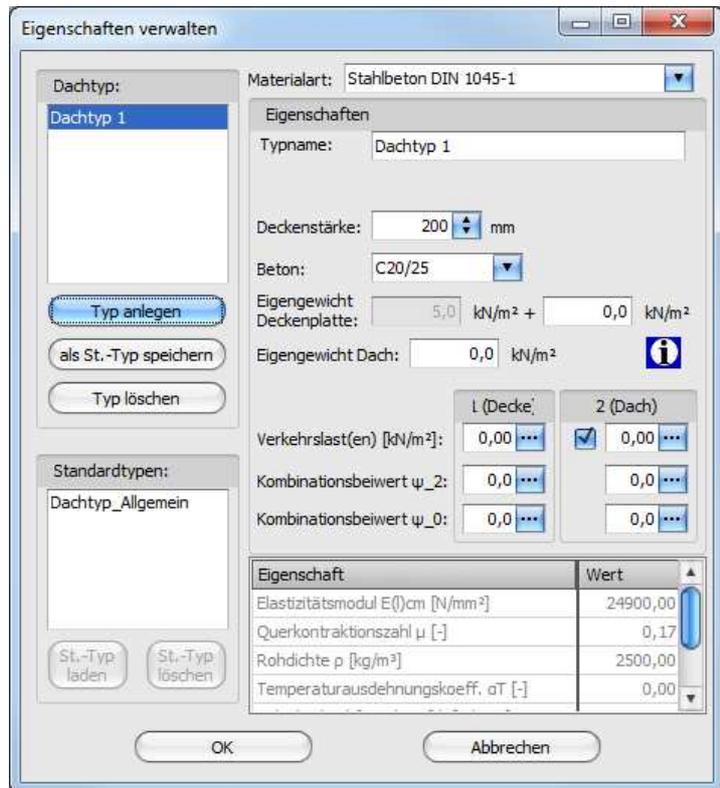
Analog dazu wird durch Klick auf den Button  im Feld **Kombinationsbeiwert** das nebenstehende Fenster mit den Kombinationsbeiwerten für Decken nach DIN 1055-100, in dem der entsprechende Kombinationsbeiwert für die außergewöhnliche Einwirkung Erdbeben ψ_{21} ausgewählt werden kann.

Kombinationsbeiwerte für Decken nach DIN 1055-100

Einwirkung	Beiwert ψ_{21}	
Kategorie A - Wohn- und Aufenthaltsräume	0,3	<input type="radio"/>
Kategorie B - Büros	0,3	<input checked="" type="radio"/>
Kategorie C - Versammlungsräume	0,6	<input type="radio"/>
Kategorie D - Verkaufsräume	0,6	<input type="radio"/>
Kategorie E - Lagerräume	0,8	<input type="radio"/>
Kategorie F - Fahrzeuglast <30 kN	0,6	<input type="radio"/>
Kategorie G - Fahrzeuglast > 30 kN und < 160 kN	0,3	<input type="radio"/>
Kategorie H - Dächer ausgenommen Schneelasten	0	<input type="radio"/>
Kategorie H - Dächer Schneelasten (techn. Baubestimmung Feb. 07)	0,5	<input type="radio"/>

Die Lasten des obersten Geschosses sind gesondert einzugeben. Durch Klick auf den Button Dachtypen bearbeiten wird das nebenstehende Fenster Eigenschaften verwalten geöffnet.

Die Definition des Dachtyps umfasst wie bei der Eingabe der Deckentypen die Eingabe des Eigengewichts und der Verkehrslasten für die oberste Decke. Zusätzlich ist es notwendig auch das Eigengewicht des Daches in dem Eingabefeld Eigengewicht Dach als auf die Deckengrundrissfläche bezogene verteilte Belastung einzugeben. Weiterhin kann in den zu Verkehrslast(en) → 2(Dach) gehörigen Eingabefeldern die Verkehrslast des Daches mit dem zugehörigen Kombinationsbeiwert eingegeben werden. Auch die Verkehrslast ist wieder auf die Deckengrundrissfläche bezogen. Die eingegebenen Lasten für EG und Verkehr des Daches werden gemäß den Angaben in der Registerkarte Wandscheiben (Abschnitt 1.1.7) auf die einzelnen Schubwände verteilt.



Die Koordinateneingabe eines Rand- bzw. Öffnungspolygons kann über die Tastatur oder per Maus erfolgen. Jedes Polygon muss für sich als geschlossener Polygonzug eingegeben werden. Die Eingabe der Polygonkoordinaten erfolgt durch Umfahren der jeweiligen Fläche im oder gegen den Uhrzeigersinn. Das Polygon wird durch die gestrichelte Linie automatisch geschlossen, so dass eine doppelte Eingabe des Start- und Endpunktes unnötig ist.

Die Eckpunkte der Decke können durch Eingabe der entsprechenden Koordinaten in den Spalten X und Y festgelegt und durch Drücken des Buttons Hinzufügen dem Polygon zugeordnet werden. Analog zur Eingabe der Wandscheiben und Stützen erfolgt die Eingabe der Eckpunkte im globalen Koordinatensystem oder über einen Bezugspunkt mit Hilfe von relativen Koordinaten.

Die Eingabe des Polygons kann auch per Maus erfolgen. Dazu muss der Button Zeichenmodus aktivieren  gedrückt werden. Mit der linken Maustaste werden neue Punkte zum Polygon hinzugefügt; mit der rechten Maustaste wird das Polygon fertig gestellt. Die Eingabe kann auch mit Hilfe des Rasters, Fang-Länge oder Fang-Winkel erfolgen. (siehe Abschnitt 1.1.7.2)

Öffnungspolygone können durch Drücken des Buttons Neues Öffnungspolygon erzeugt werden. Die Eingabe erfolgt analog zur Eingabe des Randpolygons.

Zu einem ausgewählten Polygon können Punkte hinzugefügt werden. Dazu ist in der Polygonliste ein Polygon auszuwählen und die neuen Koordinaten einzugeben. Die Koordinaten werden dem Polygon immer als letzter Punkt hinzugefügt.



Die Koordinaten der Punkte können jederzeit in der linken Box Decke angepasst werden. Bei aktiviertem Auswahlmodus  können die Punkte auch per Drag & Drop angepasst werden. Dazu muss das jeweilige Polygon aktiviert werden. Die zugehörigen Polygonpunkte (dargestellt als rote Quadrate) können dann per Maus verschoben werden.

Durch Drücken des Buttons Element löschen wird je nach Auswahl in der linken Box Rand-/Öffnungspolygone entweder der aktuell ausgewählte Punkt eines Polygons oder das Gesamtpolygon gelöscht.

1.2 Menüs

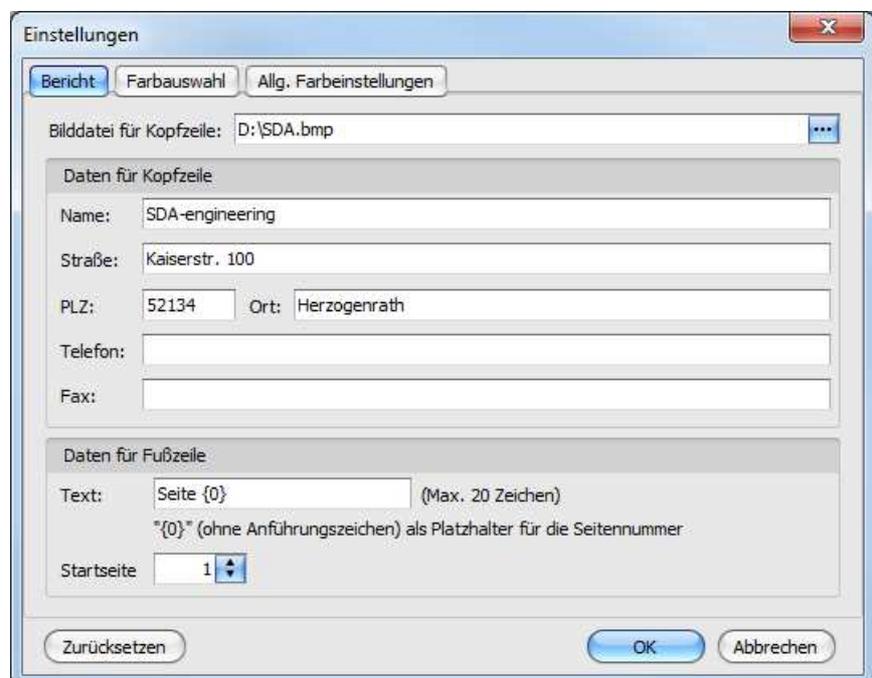
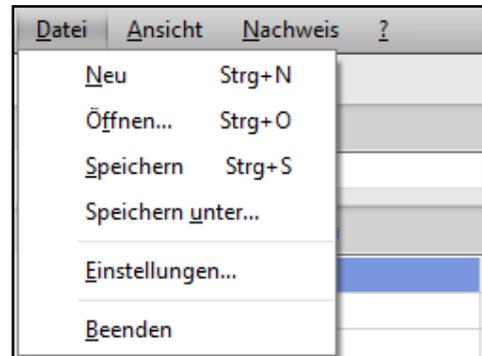
1.2.1 Menü Datei

Der Menüpunkt **Neu** (Strg + N) erstellt ein neues Projekt. Falls bisher eingegebene Daten ungesichert sind, erscheint eine Speicher-Abfrage.

Der Menüpunkt **Öffnen...** (Strg + O) öffnet einen Dateidialog, in dem ein zuvor gespeichertes Projekt ausgewählt und geöffnet werden kann. Auch hierbei erscheint eine Speicher-Abfrage, falls ungesicherte Daten existieren.

Der Menüpunkt **Speichern** (Strg + S) speichert das aktuelle Projekt. Falls noch kein Dateiname angegeben wurde (durch Laden oder vorheriges Speichern unter) arbeitet dieser Menüpunkt wie **Speichern unter...**

Der Menüpunkt **Speichern unter...** öffnet einen Dateidialog, in dem ein Speicherort und ein Dateiname für das aktuelle Projekt ausgewählt werden können. Anschließend wird das Projekt unter dem eingegebenen Dateinamen gespeichert.



Der Menüpunkt **Einstellungen...** öffnet das Dialogfenster **Einstellungen**, in dem die drei Registerkarten **Bericht**, **Farbauswahl** und **Allg. Farbeinstellungen** angezeigt werden können.

In **Bericht** werden Daten eingegeben, die später in der Kopfzeile des Berichts abgebildet werden. Zusätzlich kann über den Button  in der Zeile **Bilddatei für Kopfzeile** ein Dateidialog geöffnet werden, in dem eine Bilddatei (z.B. Firmenlogo) der Kopfzeile zugewiesen wird.

In dem Kasten **Daten für Fußzeile** kann ein beliebiger Text für die Fußzeile angegeben werden. Um eine fortlaufende Seitennummer einzufügen, sind die Zeichen {0} als Platzhalter zu verwenden. Die Nummer der ersten Seite des Berichts kann unter **Startseite** definiert werden. Die Fußzeile wird mit einer waagerechten Linie abgetrennt. Wird das Eingabefeld für das Seitennummernformat leer gelassen, wird keine Fußzeile, also auch keine Linie angezeigt.

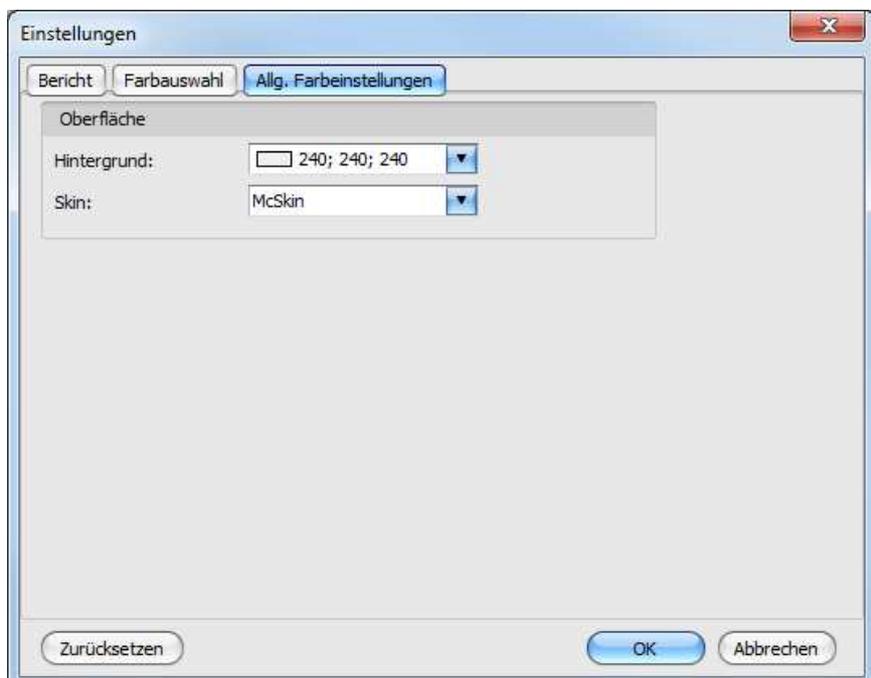
In der Registerkarte **Farbauswahl** können die Farbeinstellungen der Wände vorgenommen werden. In den Auswahllisten sind 50 Farben voreingestellt. Über die Buttons **Farben zurücksetzen** und **Farben als Standardfarben übernehmen** können die Farbeinstellungen zurückgesetzt bzw. als Standardwerte definiert werden.



In der Registerkarte **Allg. Farbeinstellungen** können Farben für den Zeichnungshintergrund und die Darstellung der Programmfenster eingestellt werden.

Für die Darstellung der Programmfenster stehen verschiedene Farbschemen zur Verfügung.

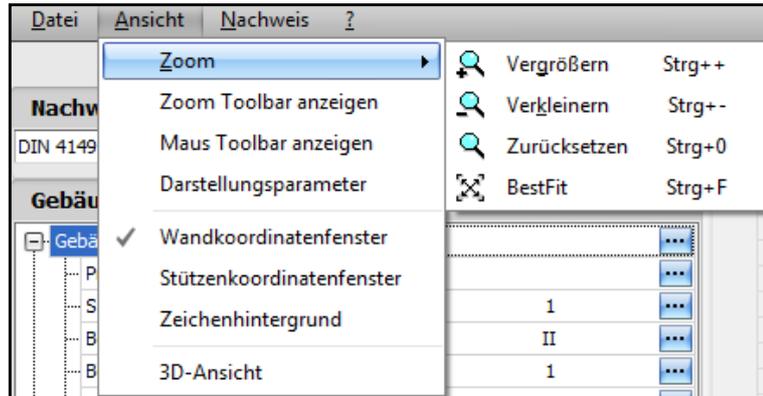
Die Einstellungen werden beim Drücken des Buttons **OK** automatisch gespeichert und beim Programmstart wieder geladen. So besteht die Möglichkeit, durch einmaliges Festlegen der Einstellungen für verschiedene Projekte ein einheitliches Berichtslayout zu erreichen.



1.2.2 Menü Ansicht

1.2.2.1 Zoom Symbolleiste

Unter dem Menüpunkt Ansicht kann unter dem Eintrag **Zoom** zwischen vier Funktionen gewählt werden: Vergrößern, Verkleinern, Zurücksetzen und Best Fit.



Alle Zoom-Funktionen stehen auch über folgende Hotkeys zur Verfügung:

Vergrößern:	STRG +
Verkleinern:	STRG -
Zurücksetzen:	STRG 0

Die Lupe mit Plus-Zeichen vergrößert die Grundrissansicht (Hineinzoomen), die Lupe mit Minus-Zeichen verkleinert die Ansicht (Herauszoomen). Der Button **Zurücksetzen** (Lupe mit 1) setzt die Vergrößerung wieder auf den Standardwert zurück. Der Button **BestFit** gibt den Grundriss optimal unter Ausnutzung des gesamten Zeichenbereiches wieder.

Alternativ zur Auswahl über das Menü **Ansicht** kann die Symbolleiste **Grundriss Zoom** durch Auswahl von **Zoom Toolbar anzeigen** mit den gleichen Funktionen sichtbar gemacht werden. Die Toolbar ist mit der Maus frei verschiebbar.

1.2.2.2 Maus Symbolleiste

Die Maus Symbolleiste enthält Funktionen zur Eingabe des Grundrisses und der Decke per Maus. Dazu gehören Rückgängig (Strg + Z), Maus aktivieren, Verschiebe- und Zoommodus aktivieren, Raster aktivieren, Fang-Winkel und Fang-Länge. Diese Funktionen sind in Abschnitt 1.1.7.2 genau erklärt.

Ist die Symbolleiste Maus nicht sichtbar, kann sie unter dem Menüpunkt Maus Toolbar anzeigen geöffnet werden.

1.2.2.3 Koordinatenfenster

Beim Programmstart erscheint auch das Fenster **Wandscheiben**. Dieses Fenster zeigt eine Übersicht der eingegebenen Wandscheiben. Es beinhaltet die Nummer der Wandscheiben, die zugehörigen Koordinaten, die Länge sowie den zugewiesenen Wandscheibentyp. Die angezeigten Werte dienen der Kontrolle der Eingabe und können in diesem Fenster nicht modifiziert werden.

Nr.	X1	Y1	X2	Y2	Länge	Typ
w1	15,0	15,0	155,0	15,0	140,0	Mauerwerk S...
w2	507,4	15,0	641,2	15,0	133,8	Mauerwerk S...
w3	15,0	15,0	15,0	1285,0	1270,0	Mauerwerk S...
w4	641,2	15,0	641,2	1285,0	1270,0	Mauerwerk S...
w5	15,0	1285,0	155,0	1285,0	140,0	Mauerwerk S...
w6	507,4	1285,0	641,2	1285,0	133,8	Mauerwerk S...
w7	391,2	476,2	641,2	476,2	250,0	Mauerwerk S...
w8	391,2	823,8	641,2	823,8	250,0	Mauerwerk S...

Dies erfolgt ausschließlich in der Registerkarte **Wandscheibe** im unteren Teil des Hauptfensters.

Wird das Koordinatenfenster geschlossen, so kann es unter dem Menüpunkt **Wandkoordinatenfenster** wieder angezeigt werden.

1.2.2.4 Stützenkoordinatenfenster

Das Fenster **Stützen** zeigt eine Übersicht der eingegebenen Stützen. Es beinhaltet die Nummer der Stütze, die zugehörigen Koordinaten sowie den zugewiesenen Stütztyp. Die angezeigten Werte dienen der Kontrolle der Eingabe und können in diesem Fenster nicht modifiziert werden. Dies erfolgt ausschließlich in der Registerkarte **Stützen** im unteren Teil des Hauptfensters.

Nr.	X	Y	Typ
st1	82,0	1130,0	Stütztyp 1
st2	82,0	130,0	Stütztyp 1

Wird das Koordinatenfenster geschlossen, so kann es unter dem Menüpunkt **Stützenkoordinatenfenster** wieder angezeigt werden.

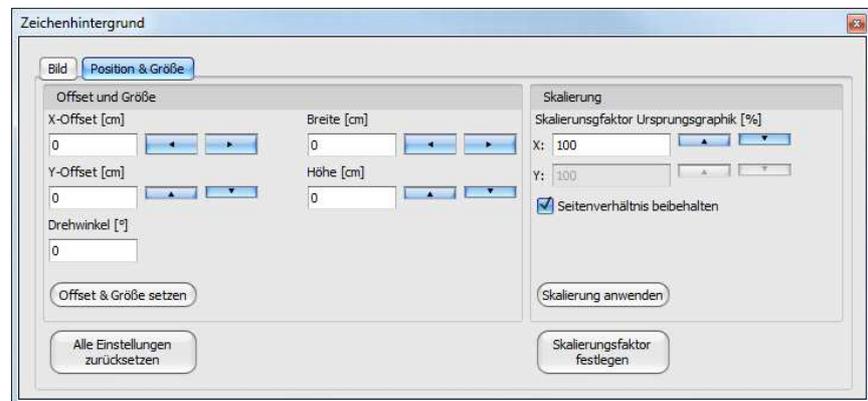
1.2.2.5 Zeichenhintergrund

Das Dialogfenster **Zeichenhintergrund** öffnet über den Button **Bild laden** einen Dateidialog in dem ein zuvor gespeichertes Bild ausgewählt und als Hintergrundbild geladen werden kann. Das Bild wird im Zeichenbereich dargestellt. Mit dem Button **Reset** kann das Bild wieder gelöscht werden.



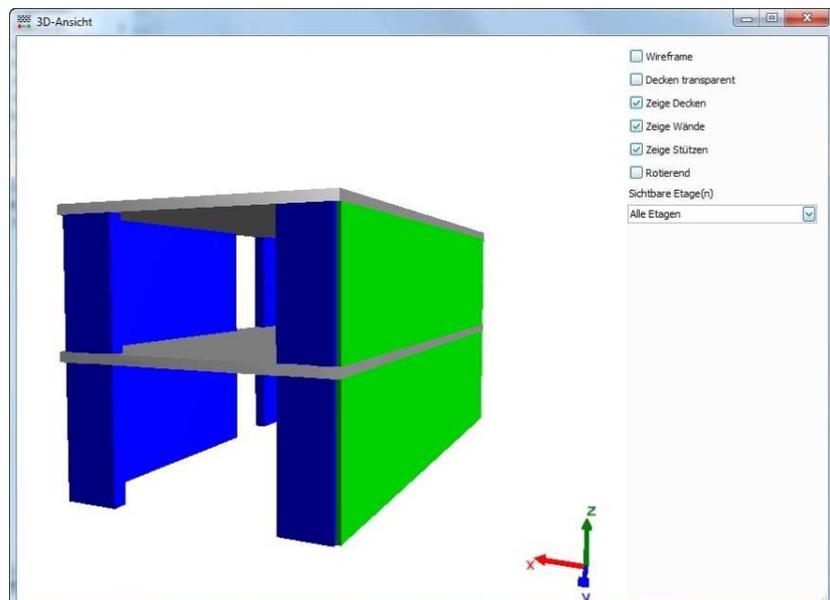
In der Registerkarte **Position & Größe** werden Lage, Größe und Skalierung festgelegt.

Wird das Koordinatenfenster geschlossen, so kann es unter dem Menüpunkt **Zeichenhintergrund** wieder angezeigt werden.



1.2.2.6 3D-Ansicht

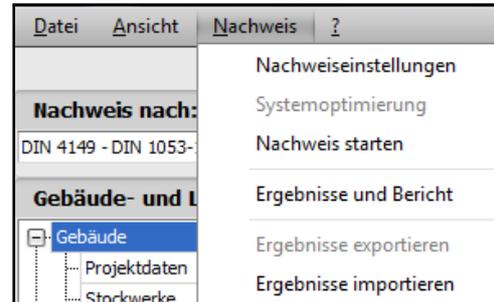
Über den Menüpunkt **3D-Ansicht** wird ein dreidimensionales Modell des Gebäudes erzeugt, das einen Überblick über die Gesamtstruktur gibt. Die einzelnen Element, Wände, Stützen, Decken und Etagen können einzelnen angezeigt und kontrolliert werden.



1.2.3 Menü Nachweis

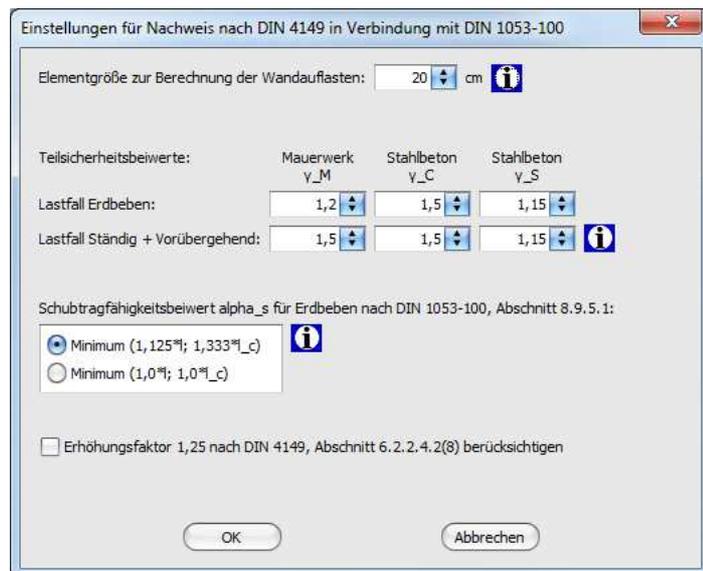
1.2.3.1 Nachweiseinstellungen

Über den Menüpunkt **Nachweiseinstellungen** können die allgemeinen Einstellungen für den Nachweis modifiziert werden.



Die Elementgröße zur Ermittlung der Wandaufasten steuert die Genauigkeit der Lastermittlung. Je kleiner der Wert gewählt wird, desto genauer ist die Berechnung. Die empfohlene Elementgröße liegt zwischen 3 und 10 cm. Die daraus resultierenden Lasteinzugsflächen können grafisch vor der Ergebnisausgabe kontrolliert werden.

Die manuelle Eingabe der Teilsicherheitsbeiwerte für die einzelnen Lastfälle erfolgt ebenfalls im Menü Nachweiseinstellungen.

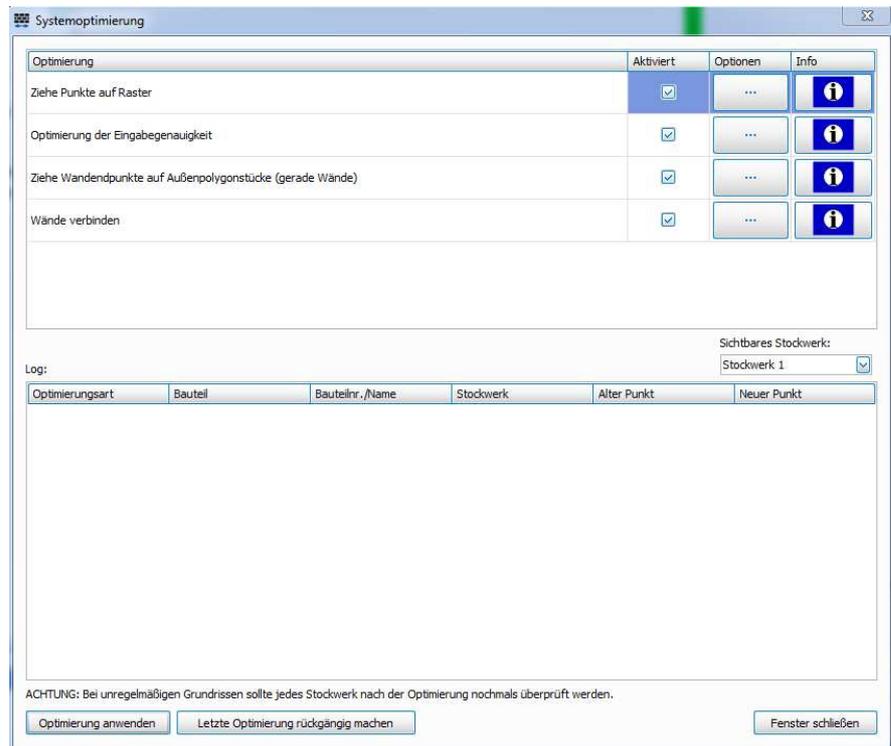


Des Weiteren kann der Schubtragfähigkeitsbeiwert α_s für Erdbeben nach DIN 1053-100 gewählt werden.

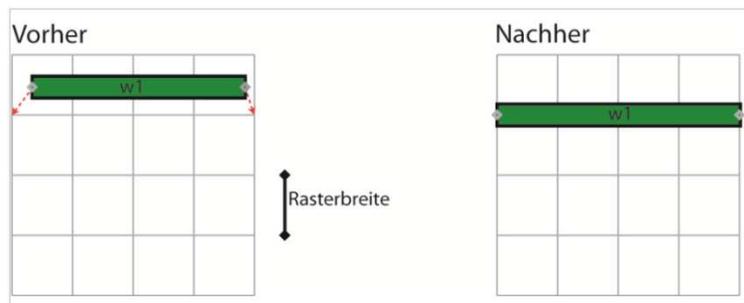
Weitere Informationen hierzu werden durch Klicken auf den entsprechenden Informationsbutton angezeigt.

1.2.3.2 Systemoptimierung

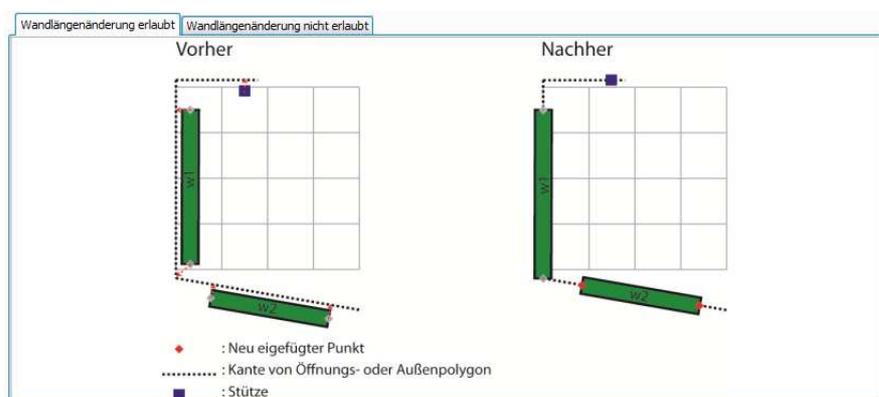
Der Menüpunkt **Systemoptimierung** steht ausschließlich im 3D Nachweis zur Verfügung und kann die eingegebene Geometrie für die automatische Vernetzung des Finite-Elemente-Netzes optimieren.



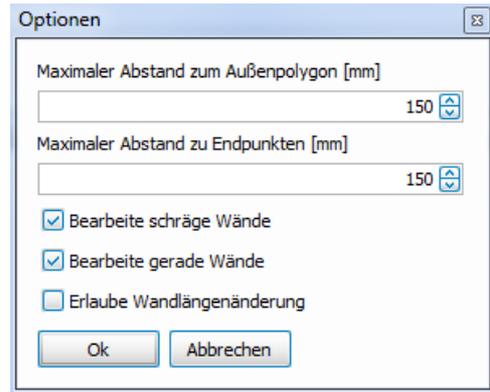
Bei der Optimierung **Ziehe Punkte auf Raster** werden alle Punkte (Wandpunkte, Stützen, Öffnungen und Außenpolygon), die noch nicht auf dem gewählten Raster liegen, auf den nächstgelegenen Rasterpunkt gezogen. So können Ungenauigkeiten bei der Eingabe ausgeglichen werden. Die Länge von Wänden kann sich dadurch ändern.



Um eine optimale Vernetzung zu erzielen, sollten die Achsen der Wände genau auf den Kanten des Öffnungs- bzw. Außenpolygons. Des Weiteren ist es erforderlich, dass die Eckpunkte von schrägen Wänden, die auf der Kante eines Öffnungs- oder des Außenpolygons liegen, im Polygon enthalten sind.

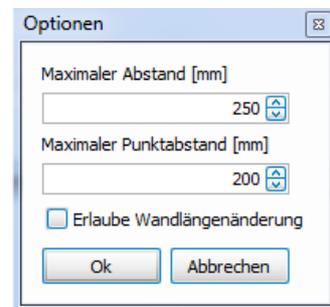


Die **Optimierung der Eingabegenauigkeit** verschiebt Wände, die sich in der Nähe (festgelegt durch **Maximaler Abstand zum Außenpolygon**) eines Öffnungs- oder des Außenpolygons befinden, auf das Polygon. Ist ein Wandpunkt in der Nähe (festgelegt durch **Maximaler Abstand zu Endpunkten**) eines Punktes des Polygons, wird der Wandpunkt auf diesen verschoben, sofern **Erlaube Wandlängenänderung** aktiviert ist.



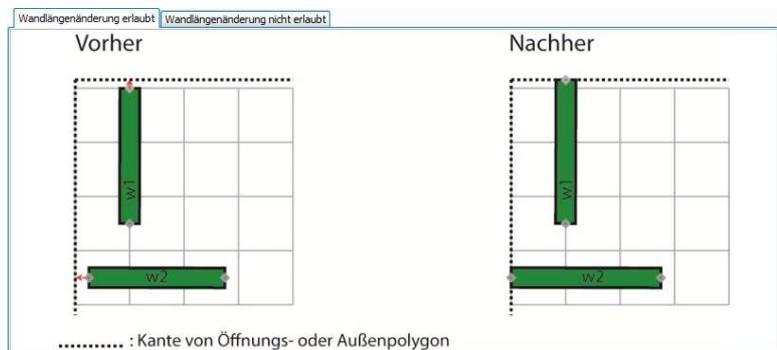
Wird eine schräge Wand auf ein Polygon verschoben, so werden außerdem Endpunkte der Wand in das Polygon eingefügt.

Mit der Optimierung **Ziehe Wandendpunkte auf Außenpolygonstücke** können senkrechte und waagerechte Wände, von denen sich ein Endpunkt in der Nähe (festgelegt durch **Maximaler Abstand**) eines Außenpolygons befindet, auf das Außenpolygon verschoben werden.

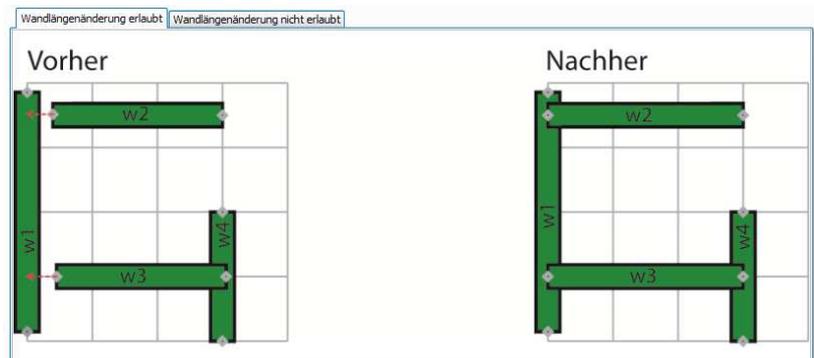


Ist **Erlaube Wandlängenänderung** aktiviert, wird der entsprechende Punkt auf das Außenpolygon verschoben.

Ansonsten wird die ganze Wand in Richtung des Außenpolygons verschoben. Sollte sich der zweite Wandpunkt in der Nähe einer anderen Wand (festgelegt durch **Maximaler Punktabstand**) befinden, so wird die Wand nicht verschoben.



Bei der Optimierung Wände verbinden werden senkrechte oder waagerechte Wände, die sich sehr nah (festgelegt durch **Maximaler Abstand**) an einer anderen Wand befinden, mit dieser verbunden.



Ist **Richtung** auf x-Richtung gesetzt, werden nur Wände, die parallel zur x-Achse verlaufen, bearbeitet. Ist y-Richtung gewählt, werden nur Wände parallel zur y-Achse bearbeitet. Daher kann es notwendig sein, die Optimierung zweimal anzuwenden.

Der Schalter **Erlaube Wandlängenänderung** beeinflusst die Art der Verschiebung. Ist er gesetzt, wird der Punkt der Wand, der sich nah an einer anderen Wand befindet, auf die Wand verschoben – der andere Punkt bleibt unverändert. Somit ändert sich die Länge der Wand.

Ist die Option nicht gesetzt, wird auch der zweite Punkt um den gleichen Wert wie der erste verschoben.



1.2.3.3 Nachweis starten

Der Menüpunkt **Nachweis starten** startet den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit des Mauerwerksgebäudes für den Lastfall Erdbeben. Näheres hierzu findet sich im Abschnitt 1.3.

1.2.3.4 Ergebnisse und Bericht

Der Menüpunkt **Ergebnisse und Bericht** öffnet das Fenster Ergebnisse und Bericht, ohne den Nachweis erneut durchzurechnen bzw. die Abfrage für den vereinfachten Nachweis zu wiederholen. Wurde der Nachweis zuvor noch nicht geführt, erscheint eine entsprechende Fehlermeldung.

1.2.4 Menü Hilfe (?)

Der Menüpunkt **Hilfe** zeigt diese Hilfedatei an.

Datei	Ansicht	Nachweis	?
			Hilfe
Nachweis nach:			Lizenzinfo
DIN 4149 - DIN 1053-100 (2D)			Auf Updates prüfen
Gebäude- und Lastdaten			Über...

Der Menüpunkt **Lizenzinfo** zeigt ein Dialogfenster mit Informationen über die Nachweisverfahren des Programms und das Ablaufdatum der Lizenz an.

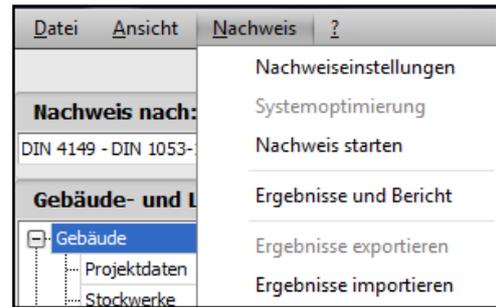
Der Menüpunkt **Auf Updates prüfen** zeigt an, ob eine aktuellere Version von MINEA verfügbar ist. Außerdem kann durch ein Häkchen im entsprechenden Kästchen automatisch bei jedem Programmstart auf Updates überprüft werden.

Der Menüpunkt **Über...** zeigt ein Dialogfenster mit Informationen über den Entwicklungsstatus sowie die installierten Nachweisverfahren des Programms MINEA an.

1.3 Der Nachweis

Der Nachweis wird über den Menüpunkt Nachweis starten im Menü Nachweis gestartet.

Zuerst werden vom Programm Prüfungen der Eingabedaten vorgenommen. Werden Unstimmigkeiten in den Eingaben festgestellt, wird ein Nachrichtenfenster angezeigt, in dem diese aufgelistet sind. Je nachdem, wie schwerwiegend die festgestellten Unstimmigkeiten sind, kann der Benutzer auswählen, ob der Nachweis trotzdem durchgeführt werden soll. Andernfalls wird der Nachweis abgebrochen und der Benutzer kann die Eingaben entsprechend den Hinweisen überarbeiten.

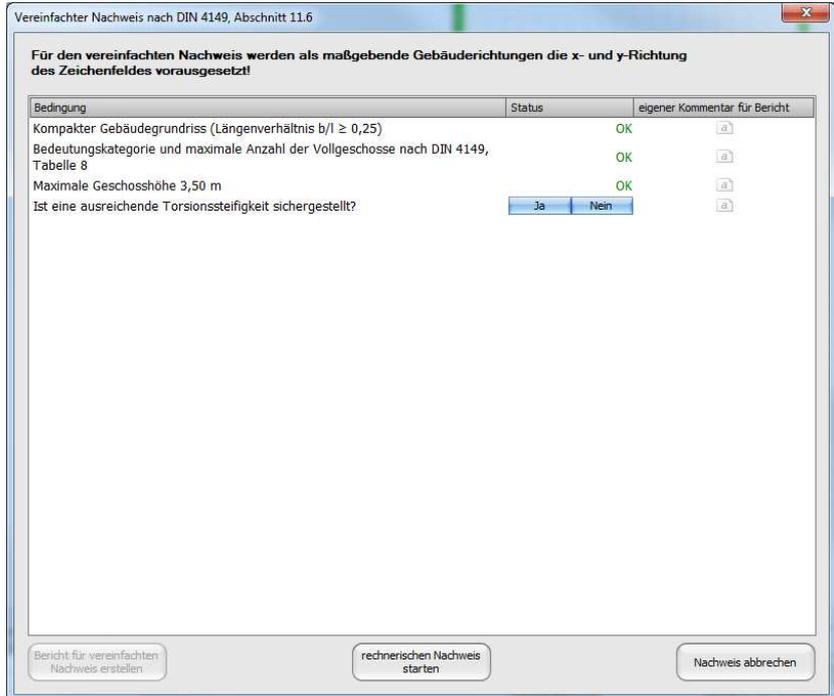


Anschließend werden die Mindestanforderungen überprüft, die von der DIN 4149 (Tabelle 14) an aussteifende Schubwände gestellt werden. Werden Wände gefunden, die diesen Anforderungen nicht gerecht werden, werden diese in einem Nachrichtenfenster ausgegeben. Das Schlankheitskriterium (h_k/l) der Tabelle 14 wird hierbei vereinfachend mit der Knicklänge h_k gleich der Stockwerkshöhe durchgeführt. Die identifizierten Wände werden bei dem vereinfachten Nachweis nicht berücksichtigt und bei dem rechnerischen Nachweis nur für den vertikalen Lastabtrag angesetzt. Dies ist notwendig, da die kurzen Wände Vertikallasten aufnehmen und zu einer Entlastung der schubabtragenden Wände führen.

Wurden alle Prüfungen ohne Beanstandungen erfüllt oder bestätigt der Nutzer den Hinweis der zu kurzen Wände mit „OK“, wird der **vereinfachte** oder **rechnerische Nachweis** fortgeführt.

1.4 Vereinfachter Nachweis

Der „vereinfachte“ Nachweis überprüft die Einhaltung der konstruktiven Regeln des Gebäudes gemäß DIN 4149, Abschnitt 11.6. Sind diese eingehalten, ist nach DIN 4149 ein rechnerischer Nachweis für den Lastfall Erdbeben nicht notwendig. Die überprüften Punkte werden der Reihe nach in dem Dialogfenster **Vereinfachter Nachweis nach DIN 4149...** aufgeführt. Da manche konstruktive Regeln aus den eingegebenen Daten nicht automatisch überprüft werden, erfolgt die Abfrage interaktiv.



Bedingung	Status	eigener Kommentar für Bericht
Kompakter Gebäudegrundriss (Längenverhältnis $b/l \geq 0,25$)	OK	
Bedeutungskategorie und maximale Anzahl der Vollgeschosse nach DIN 4149, Tabelle 8	OK	
Maximale Geschosshöhe 3,50 m	OK	
Ist eine ausreichende Torsionssteifigkeit sichergestellt?	<input type="button" value="Ja"/> <input type="button" value="Nein"/>	

Die Fragen können mit **Ja** oder **Nein** beantwortet werden. Bei der Überprüfung der Lage des Schubmittelpunkts und des Massenschwerpunkts bietet MINEA die Möglichkeit, diese Punkte zu bestimmen und grafisch anzuzeigen.



Die Berechnung von Steifigkeitsmittelpunkt und Massenmittelpunkt erfolgt für die definierten Wand- und Dachtypen. Für den vereinfachten Nachweis können für die Decken- und Dachtypen die Standardtypen „Deckentyp_Allgemein“ und „Dachtyp_Allgemein“ verwendet werden, da die Eingaben nur für die näherungsweise Berechnung von Steifigkeits- und Massenmittelpunkt benötigt werden. Diese Standardtypen werden vom Programm automatisch zur Verfügung gestellt.



Für den vereinfachten Nachweis ist eine Eingabe der Lastdaten und Kombinationsbeiwerte nicht erforderlich. Für die Berechnung des Massenmittelpunktes ist es ausreichend nur das EG der Wände und Decken zu berücksichtigen.

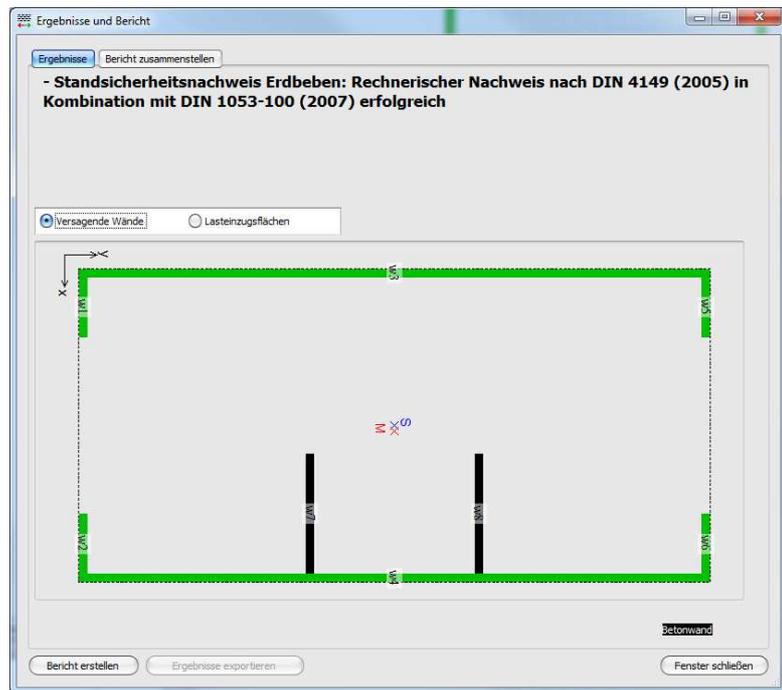
Eingehaltene Bedingungen erhalten den Status **OK**, nicht eingehaltene Bedingungen bekommen den Status **FEHLGESCHLAGEN**. Zusätzlich kann jeder Abfrage ein Kommentar zugewiesen werden, der im Bericht mit aufgeführt wird.

Sind alle Bedingungen überprüft, kann zur Programmeingabe zurückgekehrt werden oder es kann über den Button **Bericht für vereinfachten Nachweis erstellen** der Bericht für den vereinfachten Nachweis erstellt und geöffnet werden.

1.5 Rechnerischer Nachweis

Der „rechnerische“ Nachweis führt den Nachweis anhand DIN 4149, Abschnitt 11.7 und DIN 1053-100 bzw. DIN 1053-1 unter Anwendung des vereinfachten Antwortspektrumverfahren.

Nach Abschluss der Berechnung wird das dargestellte Fenster angezeigt. In diesem sind versagende Schubwände rot dargestellt. Unter dem Menüpunkt **Bericht zusammenstellen** kann ausgewählt werden welche Ergebnisse im Bericht ausgegeben werden. Durch Klick auf den Button **Bericht erstellen** wird das **Berichtsfenster** geöffnet. Mit **Abbrechen** kann zur Eingabeoberfläche zurückgekehrt werden.



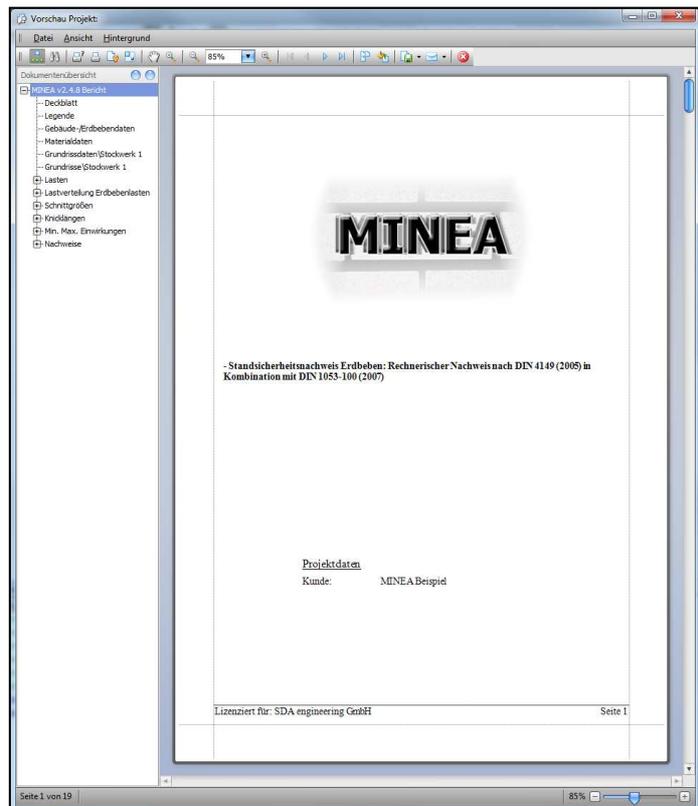
Der Button **Bericht für vereinfachten Nachweis erstellen** dient für den Fall, dass sowohl der vereinfachte als auch der rechnerische Nachweis geführt wurde. Es wird ein Bericht ausgegeben, der beide Nachweise beinhaltet.

Der Button **Bericht für vereinfachten Nachweis erstellen** dient für den Fall, dass sowohl der vereinfachte als auch der rechnerische Nachweis geführt wurde. Es wird ein Bericht ausgegeben, der beide Nachweise beinhaltet.

1.6 Das Berichtsfenster

Nach der vollständigen Durchführung des Nachweises wird ein Bericht mit dem Ergebnis erstellt (vgl. nachfolgende Abbildung). Darin werden zuerst die wichtigsten eingegebenen Geometrie-, Mauerwerks- und Erdbeben- daten nochmals aufgelistet und der Grundriss dargestellt. Dann folgt das Ergebnis des vereinfachten und/oder des rechnerischen Nachweises.

Die Berichtansicht kann beliebig vergrößert und verkleinert werden. Auch eine Anzeige mehrerer Seiten gleichzeitig ist möglich. Er kann entweder direkt gedruckt, im PDF Dateiformat gespeichert bzw. exportiert oder per E-Mail weitergeleitet werden.



2. Nachweisverfahren DIN 4149 – Vereinfachter Nachweis

Das Nachweisverfahren „DIN 4149 - Vereinfachter Nachweis“ umfasst den Nachweis über die konstruktiven Regeln ohne expliziten rechnerischen Nachweis (Vereinfachter Nachweis) nach DIN 4149 Abschn. 11.6.

2.1 Übersicht Eingabe/Nachweise

Eingabe/Nachweis	Din 4149 Vereinfachter Nachweis	DIN 4149 DIN 1053-100 (2D)	DIN 4149 DIN 1053-1 (2D)	DIN 4149 DIN 1053-100 (3D)
Gebäude- und Erdbebendaten				
Gebäudedaten	✓ ¹⁾	✓	✓	✓
Erdbebendaten	✓	✓	✓	✓
Winddaten	✗	○ ²⁾	○ ²⁾	○
Stockwerksdaten				
Wandscheiben	✓ ¹⁾	✓	✓	✓
Stützen	○ ³⁾	✓	✓	✓
Decken	✓ ⁴⁾	✓	✓	✓
Nachweise				
Vereinfacht	✓	✓	✓	✓
Rechnerisch – DIN 1053-100 bzw. DIN 1053-1	✗	✓	✓	✓
Verformungsbasiert	✗	✗	✗	✗

Legende : ✓ = notwendig/aktiviert

○ = optional

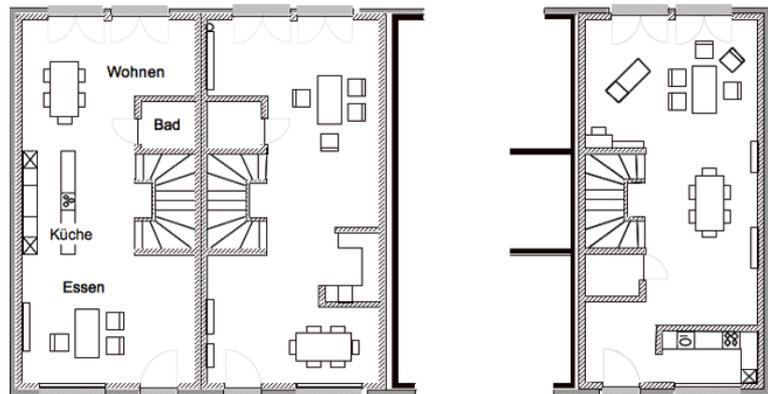
✗ = nicht möglich

- 1) In diesem Nachweisverfahren ist eine Definition von Verkehrslasten und Kombinationsbeiwerten nicht erforderlich. Diese Funktionen sind daher deaktiviert.
- 2) Die Eingabe von Windlasten wird beim Erdbebennachweis nicht berücksichtigt. Werden Windlasten eingegeben, wird ihre Verteilung auf die einzelnen Schubwände im Bericht ausgegeben.
- 3) In diesem Nachweisverfahren werden Stützen nicht berücksichtigt. Um die Kompatibilität der eingegebenen Grundrisse mit anderen Nachweisverfahren zu gewährleisten, ist eine Eingabe von Stützen auch in diesem Nachweisverfahren möglich (vgl. Abschnitt 1.1.8).
- 4) In diesem Nachweisverfahren ist eine Eingabe von Materialeigenschaften für Decken nicht erforderlich. Die Eingabemaske für Decken- und Dachtypen ist daher deaktiviert und es muss nur das Deckenrandpolygon eingegeben werden (vgl. Abschnitt 1.1.9).

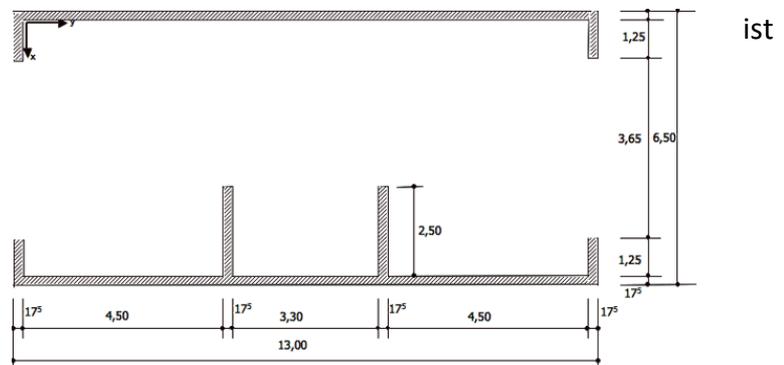
2.2 Beispiel (Vereinfachter Nachweis)

2.2.1 Systembeschreibung

Der Ablauf des vereinfachten Nachweises DIN 4149 mit allen nötigen Eingaben wird im Folgenden anhand eines einfachen Beispiels demonstriert. Gewählt wurde das in nachstehender Abbildung im Grundriss dargestellte Reihenhaus. Das Gebäude wird mit insgesamt 2 Vollgeschossen mit einer Geschosshöhe von $h = 2,50\text{ m}$ errichtet.



Die verwendete Mauerwerksart Kalksandstein. Die aussteifenden Mauerwerkswände sind mit der zugehörigen Bemaßung in nebenstehender Abbildung dargestellt.



2.2.2 Eingabedaten

Die Eingabe gliedert sich in drei Arbeitsschritte. Im ersten Schritt werden die Gebäudedaten, im zweiten Schritt die Erdbebedaten und zuletzt die Geometriedaten definiert. Im Folgenden werden die Eingabedaten in einer sinnvollen Eingabereihenfolge aufgelistet.

2.2.2.1 Eingabe der Norm und Gebäudedaten

- Norm: DIN 4149
- Bedeutungskategorie: Gewöhnliche Bauten (Kategorie II)
- Stockwerke: 2 Stockwerke mit $h = 250\text{ cm}$

2.2.2.2 Eingabe der Erdbebendaten

Definition des elastischen Antwortspektrums durch Benutzung der Datenbank für die Erdbebenzonen in Deutschland:

- Bundesland: Baden-Württemberg (BW)
- Kreis: Stuttgart
- Gemeinde: Stuttgart
- Gemarkung: Stuttgart-Ost
- Baugrundklasse: C

Alternative Definition des elastischen Antwortspektrums durch direkte Eingabe der standort-spezifischen Kennwerte:

- Erdbebenzone: I
- Untergrundklasse: R
- Baugrundklasse: C

2.2.2.3 Eingabe der Geometriedaten

Im ersten Schritt, der Eingabe der Geometriedaten, werden die Koordinaten, die Wanddicken und die Steindruckfestigkeitsklasse der Wandscheiben definiert. Für den vereinfachten Nachweis wird hier als Material Kalksandstein Mauerwerk nach DIN 1053-100 ausgewählt. Die Wandeigenschaften sind in Abschnitt 2.2.2.4 zusammengestellt.

Bei der Eingabe der Geometriedaten ist insbesondere auf die konstruktive Ausführung der Mauerwerksstöße zu achten. In diesem Fall wird davon ausgegangen, dass die kürzeren Wände stumpf an die Längswände angeschlossen wurden. Es ergeben sich folgende tabellarisch zusammengefasste Eingabewerte:

Nr.	X1	Y1	X2	Y2	Länge	Typ
w1	17,5	8,8	142,5	8,8	125,0	Wandtyp 1
w2	507,5	8,8	632,5	8,8	125,0	Wandtyp 1
w3	8,8	0,0	8,8	1300,0	1300,0	Wandtyp 1
w4	641,2	0,0	641,2	1300,0	1300,0	Wandtyp 1
w5	17,5	1291,2	142,5	1291,2	125,0	Wandtyp 1
w6	507,5	1291,2	632,5	1291,2	125,0	Wandtyp 1
w7	382,5	476,2	632,5	476,2	250,0	Wandtyp 1
w8	382,5	823,8	632,5	823,8	250,0	Wandtyp 1

Die Geschosdecke erfüllt die Kriterien einer „Geschosdecke mit aussteifender Scheibenwirkung“. Die aussteifende Deckenscheibe wird über ein Randpolygon und ein Öffnungspolygon im Bereich des Treppenhauses definiert. Die Koordinaten der beiden rechteckigen Polygonzüge werden über jeweils vier Eckpunkte wie folgt definiert:

Wandscheiben Stützen Decke			
Rand-/Öffnungspolygone	X	Y	
[-] Randpolygon			
Punkt	0,0 cm	0,0 cm	
Punkt	0,0 cm	1300,0 cm	
Punkt	650,0 cm	1300,0 cm	
Punkt	650,0 cm	0,0 cm	
[-] Öffnungspolygon			
Punkt	382,5 cm	476,2 cm	
Punkt	382,5 cm	823,8 cm	
Punkt	632,5 cm	823,8 cm	
Punkt	632,5 cm	476,2 cm	

2.2.2.4 Eingabe der Wandeigenschaften

Wie in Abschnitt 1.1.7 beschrieben, öffnet sich durch Klick auf den Button **Wandscheibentypen bearbeiten** das dargestellte Eingabefenster. Die Eingaben wurden wie folgt definiert:

Eigenschaft	Wert
Elastizitätsmodul EM [N/mm ²]	6555,00
Querkontraktionszahl μ [-]	0,00
Rohdichte ρ [kg/m ³]	2.000,
Temperaturausdehnungskoeff. α _T [-]	0,00



Hinweis:

Die Querkontraktionszahl und die Temperaturdehnzahl sind für den vereinfachten Nachweis nicht erforderlich und wurden in diesem Beispiel zu Null gesetzt.

2.2.3 Durchführung des vereinfachten Nachweises

Im Rahmen des vereinfachten Nachweises sind einige grundlegende Bedingungen zu überprüfen und interaktiv nach dem Start des Nachweises einzugeben. Für dieses Beispiel werden folgende Annahmen getroffen:

- Steifigkeitsmittelpunkt und Massenschwerpunkt liegen nahe beieinander.
- Eine ausreichende Torsionssteifigkeit liegt vor.



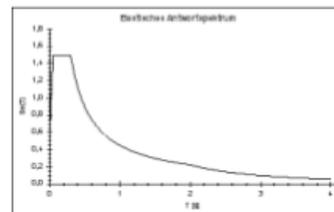
- Alle aussteifenden Wände sind durchgehend über alle Geschosse.
- Die aussteifenden Wände tragen den überwiegenden Teil der vertikalen Lasten.
- Die vertikalen Lasten sind auf die aussteifenden Wände in beiden Gebäuderichtungen verteilt.

2.2.4 Ausgabe des Berichts

Nach Abschluss der interaktiven Eingabe erfolgt die Ausgabe des Berichts. Wesentliche Auszüge des Berichts sind für das gewählte Beispiel in einer verkleinerten Form auf den folgenden Seiten dargestellt. Der vereinfachte Nachweis kann für den vorliegenden Grundriss geführt werden.

Gebäude- und Erdbebendaten

Erdbebenzone: 1
Untergrundtyp: C-R
Bedeutungskategorie: II
Anzahl Stockwerke: 2
Höhe der Stockwerke h: 250,0 cm



Materialdaten

Wandscheibentypen:

Wandscheibentyp	Material	t	E_M/E_{cm}	μ	ρ	α_T
		[mm]	[N/mm ²]	[-]	[kg/m ³]	[-]
Wandtyp 1	beliebig	175	6555,00	0,00	2000,00	0

Wandscheibentyp	SFK
Wandtyp 1	12

**Grundrissdaten für alle Stockwerke****Wandscheiben**

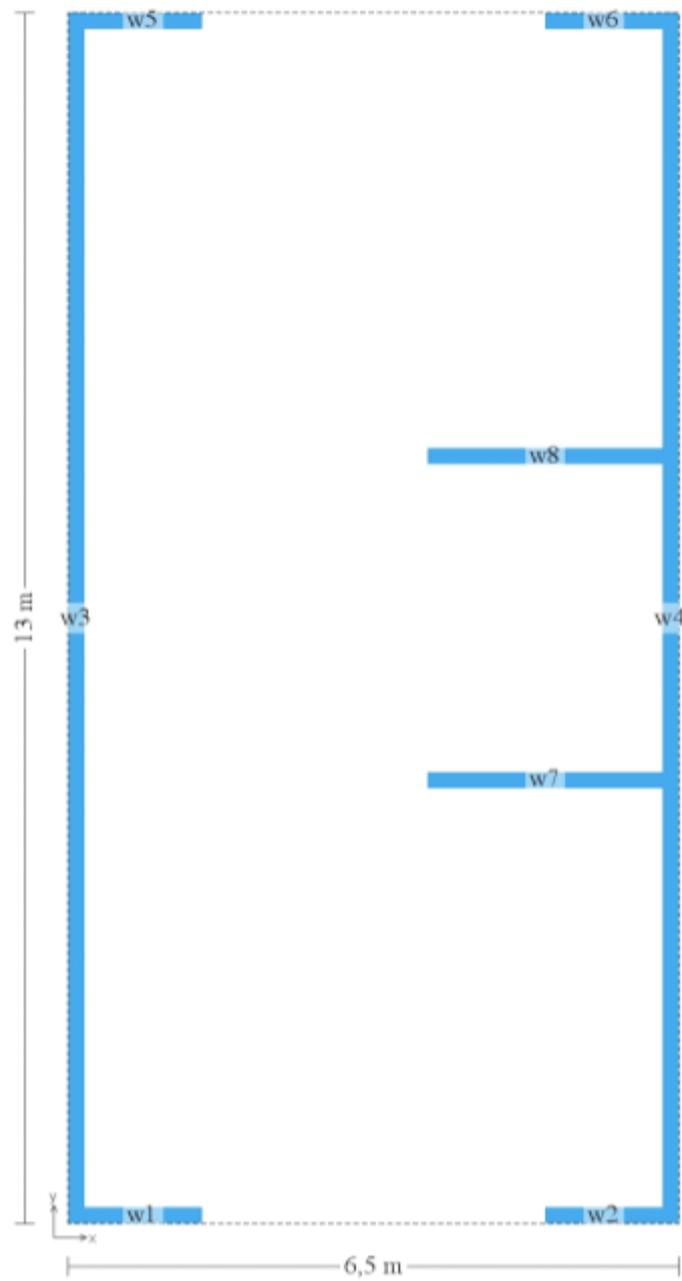
Nr.	Wandscheibentyp	Lastabtrag*	t	l	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂
			[mm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
w1	Wandtyp 1	v+h	175	125,0	17,5	8,8	142,5	8,8
w2	Wandtyp 1	v+h	175	125,0	507,5	8,8	632,5	8,8
w3	Wandtyp 1	v+h	175	1300,0	8,8	0,0	8,8	1300,0
w4	Wandtyp 1	v+h	175	1300,0	641,2	0,0	641,2	1300,0
w5	Wandtyp 1	v+h	175	125,0	17,5	1291,2	142,5	1291,2
w6	Wandtyp 1	v+h	175	125,0	507,5	1291,2	632,5	1291,2
w7	Wandtyp 1	v+h	175	250,0	382,5	476,2	632,5	476,2
w8	Wandtyp 1	v+h	175	250,0	382,5	823,8	632,5	823,8

*: v = Vertikaler Lastabtrag, h = Horizontaler Lastabtrag, v+h = Vertikaler und Horizontaler Lastabtrag

Decke

Punktliste	
[cm]	
Randpolygon	{X=0, Y=0}; {X=0, Y=1300}; {X=650, Y=1300}; {X=650, Y=0}

Grundriss



Vereinfachter Nachweis nach DIN 4149, Abschnitt 11.6

Für den vereinfachten Nachweis wird vorausgesetzt, dass die maßgebenden Gebäuderichtungen der x- und y-Richtung des Zeichenfeldes entsprechen und dass die allgemeinen Konstruktionsregeln nach DIN 4149, Abschnitt 11.3 eingehalten sind. Dazu zählen:

- das Gebäude ist in allen Vollgeschossen durch Geschossdecken mit Scheibenwirkung ausgesteift.
- die aussteifenden Wände erfüllen die Mindestanforderungen nach DIN 4149, Tabelle 14.

Sind die Konstruktionsregeln nach DIN 4149, Abschnitt 11.6 (1)-(10) eingehalten, so kann auf einen rechnerischen Nachweis verzichtet werden. Im Einzelnen sind dies folgende Kriterien:

(2)	Der Gebäudegrundriss muss kompakt und annähernd rechteckig ausgebildet sein. Das Verhältnis zwischen kürzerer Seite b und längerer Seite l des Bauwerks muss größer sein als 0,25. Vorhanden: $b/l = 0,500 \geq 0,25$	✓
(3)	Die Anzahl der Vollgeschosse über Gründungsniveau sowie die Bedeutungskategorie dürfen die in DIN 4149, Abschnitt 7.1 (4) bzw. Tabelle 8 angegebenen Werte nicht überschreiten. Vorhandene Vollgeschosse: $2 \leq 4$ (Erdbebenzone 1, Bedeutungskategorie II)	✓
(3)	Die Geschosshöhe des Gebäudes darf maximal 3,50 m betragen. Vorhanden: $2,50 \text{ m} \leq 3,50 \text{ m}$	✓
(4)	Die aussteifenden Wände sind so angeordnet, dass eine ausreichende Torsionssteifigkeit sichergestellt ist.	✓
(4)	Die aussteifenden Wände müssen so angeordnet sein, dass der Steifigkeitsmittelpunkt und der Massenschwerpunkt nahe beieinander liegen.	✓
(5)	Die aussteifenden Wände gehen über alle Geschosse durch.	✓
(6)	Die aussteifenden Wände tragen den überwiegenden Teil der vertikalen Lasten.	✓
(6)	Die vertikalen Lasten sind auf die aussteifenden Wände in beiden Gebäuderichtungen verteilt.	✓
(7)(9)(10)	Das Gebäude ist in beiden Gebäuderichtungen durch genügend lange Schubwände ausreichend auszusteifen. Hierfür sind jeweils die in Tabelle 15 angegebenen Mindestwerte für die auf die Geschossgrundrissfläche bezogene Schubwandquerschnittsfläche der aussteifenden Wände einzuhalten. Vorhanden: 2 Vollgeschosse Grundrissfläche je Geschoss: 84,50 m ² Gesamtwandfläche: 1,75 m ² (x-Richtung); 4,55 m ² (y-Richtung) Erforderlich: x-Richtung: $a \times S \times \gamma = 0,60 \leq 0,06 \times g \times k = 0,6$ → erf. Wandfläche = 2,0% der Geschossgrundrissfläche = 1,69 m ² → 1,75 m ² \geq 1,69 m ² y-Richtung: $a \times S \times \gamma = 0,60 \leq 0,06 \times g \times k = 1,2$ → erf. Wandfläche = 2,0% der Geschossgrundrissfläche = 1,69 m ² → 4,55 m ² \geq 1,69 m ²	✓
(8)	In jeder Gebäuderichtung müssen mindestens zwei Schubwände mit einer Länge von jeweils mindestens 1,99 m angeordnet werden. Vorhanden: x-Richtung: 2 Wände \geq 2 Wände y-Richtung: 2 Wände \geq 2 Wände	✓

Ein rechnerischer Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit für den Lastfall Erdbeben ist somit nicht erforderlich, da alle Bedingungen erfüllt sind.

3. Nachweisverfahren DIN 4149 - DIN 1053-100 (2D)

Das Nachweisverfahren „DIN 4149 - DIN 1053-100 (2D)“ umfasst den Nachweis über die konstruktiven Regeln ohne expliziten rechnerischen Nachweis (Vereinfachter Nachweis) nach DIN 4149 Abschn. 11.6 und den rechnerische Nachweis nach DIN 4149 (2005) in Kombination mit der DIN 1053-100 (2007).

3.1 Übersicht Eingabe/Nachweise

Eingabe/Nachweis	Din 4149 Vereinfachter Nachweis	DIN 4149 DIN 1053-100 (2D)
Gebäude- und Erdbebendaten		
Gebäudedaten	✓ ¹⁾	✓
Erdbebendaten	✓	✓
Winddaten	✗	○ ²⁾
Stockwerksdaten		
Wandscheiben	✓ ¹⁾	✓
Stützen	○ ³⁾	✓
Decken	✓ ⁴⁾	✓
Nachweise		
Vereinfacht	✓	✓
Rechnerisch – DIN 1053	✗	✓
Verformungsbasiert	✗	✗

Legende : ✓ = notwendig/aktiviert

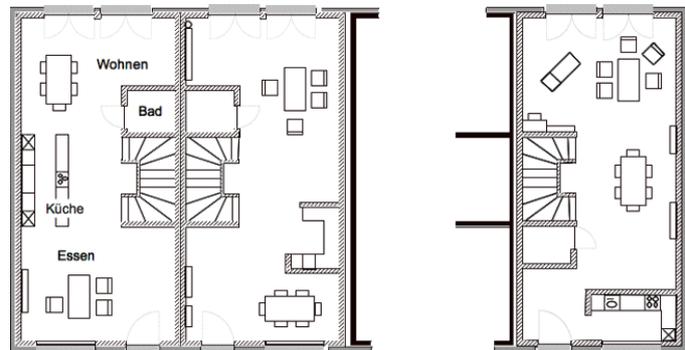
○ = optional

✗ = nicht möglich

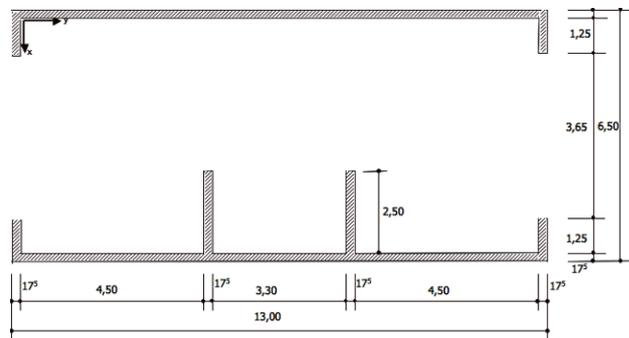
3.2 Beispiel (Vereinfachter Nachweis)

3.2.1 Systembeschreibung

Der Ablauf des vereinfachten Nachweises DIN 4149 mit allen nötigen Eingaben wird im Folgenden anhand eines einfachen Beispiels demonstriert. Gewählt wurde das in nebenstehender Abbildung im Grundriss dargestellte Reihenhaus. Das Gebäude wird mit insgesamt 2 Vollgeschossen mit einer Geschosshöhe von $h = 2,50$ m errichtet.



Die verwendete Mauerwerksart ist Kalksandstein. Die aussteifenden Mauerwerkswände sind mit der zugehörigen Bemaßung in nachfolgender Abbildung dargestellt.



3.2.2 Eingabedaten

Die Eingabe gliedert sich in drei Arbeitsschritte. Im ersten Schritt werden die Gebäudedaten, im zweiten Schritt die Erdbebendaten und zuletzt die Geometriedaten definiert. Im Folgenden werden die Eingabedaten in einer sinnvollen Eingabereihenfolge aufgelistet.

3.2.2.1 Eingabe der Norm und Gebäudedaten

- Norm: DIN 4149
- Bedeutungskategorie: Gewöhnliche Bauten (Kategorie II)
- Art der Verkehrslast: Nutzlasten und Verkehrslasten in sonstigen Gebäuden, alle Geschosse sind unabhängig voneinander genutzt
- Stockwerke: 2 Stockwerke mit $h = 250$ cm

3.2.2.2 Eingabe der Erdbebendaten

Definition des elastischen Antwortspektrums durch Benutzung der Datenbank für die Erdbebenzonen in Deutschland:

- Bundesland: Baden-Württemberg (BW)
- Kreis: Stuttgart

- Gemeinde: Stuttgart
- Gemarkung: Stuttgart-Ost
- Baugrundklasse: C

Alternative Definition des elastischen Antwortspektrums durch direkte Eingabe der standort-spezifischen Kennwerte:

- Erdbebenzone: I
- Untergrundklasse: R
- Baugrundklasse: C

3.2.2.3 Eingabe der Geometriedaten

Im ersten Schritt, der Eingabe der Geometriedaten, werden die Koordinaten, die Wanddicken und die Steindruckfestigkeitsklasse der Wandscheiben definiert. Für den vereinfachten Nachweis wird hier als Material Kalksandstein Mauerwerk nach DIN 1053-100 ausgewählt. Die Wandeigenschaften sind in Abschnitt 3.2.2.4 zusammengestellt.

Bei der Eingabe der Geometriedaten ist insbesondere auf die konstruktive Ausführung der Mauerwerksstöße zu achten. In diesem Fall wird davon ausgegangen, dass die kürzeren Wände stumpf an die Längswände angeschlossen wurden. Es ergeben sich folgende tabellarisch zusammengefasste Eingabewerte:

Wandscheiben						
Nr.	X1	Y1	X2	Y2	Länge	Typ
w1	17,5	8,8	142,5	8,8	125,0	Wandtyp 1
w2	507,5	8,8	632,5	8,8	125,0	Wandtyp 1
w3	8,8	0,0	8,8	1300,0	1300,0	Wandtyp 1
w4	641,2	0,0	641,2	1300,0	1300,0	Wandtyp 1
w5	17,5	1291,2	142,5	1291,2	125,0	Wandtyp 1
w6	507,5	1291,2	632,5	1291,2	125,0	Wandtyp 1
w7	382,5	476,2	632,5	476,2	250,0	Wandtyp 1
w8	382,5	823,8	632,5	823,8	250,0	Wandtyp 1

Die Geschosdecke erfüllt die Kriterien einer „Geschosdecke mit aussteifender Scheibenwirkung“. Die aussteifende Deckenscheibe wird über ein Randpolygon und ein Öffnungspolygon im Bereich des Treppenhauses definiert. Die Koordinaten der beiden rechteckigen Polygone werden über jeweils vier Eckpunkte wie folgt definiert:

Wandscheiben			Stützen	Decke
Rand-/Öffnungspolygone		X	Y	
[-] Randpolygon				
Punkt		0,0 cm	0,0 cm	
Punkt		0,0 cm	1300,0 cm	
Punkt		650,0 cm	1300,0 cm	
Punkt		650,0 cm	0,0 cm	
[-] Öffnungspolygon				
Punkt		382,5 cm	476,2 cm	
Punkt		382,5 cm	823,8 cm	
Punkt		632,5 cm	823,8 cm	
Punkt		632,5 cm	476,2 cm	

3.2.2.4 Eingabe der Wandeigenschaften

Wie in Abschnitt 1.1.7 beschrieben, öffnet sich durch Klick auf den Button **Wandscheiben bearbeiten** das dargestellte Eingabefenster. Die Eingaben wurden wie folgt definiert:

The screenshot shows the 'Eigenschaften verwalten' dialog box. The 'Materialart' is set to 'Mauerwerk beliebig'. The 'Eigenschaften' section includes:

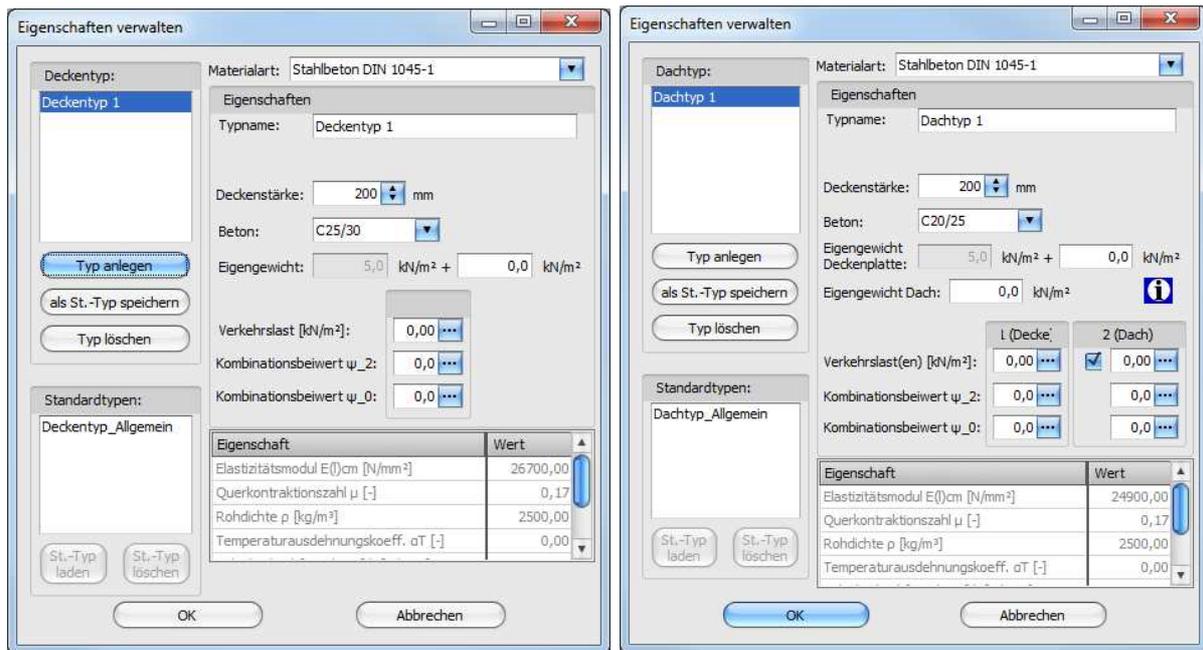
- Typname: Wandtyp 1
- Wanddicke: 175 mm
- Stein: (empty)
- SFK: 12
- Mörtelgruppe: (empty)
- Stoßfugen vermörtelt

 A table at the bottom lists properties and values:

Eigenschaft	Wert
Elastizitätsmodul EM [N/mm ²]	6555,00
Querkontraktionszahl μ [-]	0,00
Rohdichte ρ [kg/m ³]	2000,00
Temperaturausdehnungskoeff. α_T [-]	0,00

3.2.2.5 Eingabe der Decken-/Dacheigenschaften

Wie in Abschnitt 1.1.9 beschrieben, öffnet sich durch Klick auf den Button **Deckentypen bearbeiten** bzw. **Dachtypen bearbeiten** dargestellten Eingabefenster, aus denen die hier angesetzten Eingabedaten ersichtlich sind. Alternativ hätten hier auch die Standardtypen „Deckentyp_Allgemein“ und „Dachtyp_Allgemein“ verwendet werden können (Abschnitt 1.4).



Hinweis:
Die Lasteingaben wurden hier auf Null gesetzt, da diese für den vereinfachten Nachweis nur für die näherungsweise Bestimmung des Massenmittelpunktes erforderlich sind.

3.2.3 Durchführung des vereinfachten Nachweises

Im Rahmen des vereinfachten Nachweises sind einige grundlegende Bedingungen zu überprüfen und interaktiv nach dem Start des Nachweises einzugeben. Für dieses Beispiel werden folgende Annahmen getroffen:

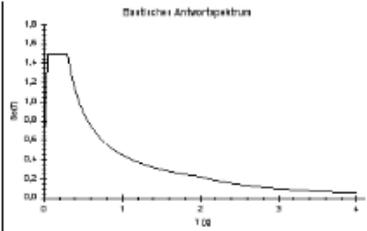
- Eine ausreichende Torsionssteifigkeit liegt vor.
- Steifigkeitsmittelpunkt und Massenschwerpunkt liegen nahe beieinander.
- Alle aussteifenden Wände sind durchgehend über alle Geschosse.
- Die aussteifenden Wände tragen den überwiegenden Teil der vertikalen Lasten.
- Die vertikalen Lasten sind auf die aussteifenden Wände in beiden Gebäuderichtungen verteilt.

3.2.4 Ausgabe des Berichts

Nach Abschluss der interaktiven Eingabe erfolgt die Ausgabe des Berichts. Wesentliche Auszüge des Berichts sind für das gewählte Beispiel in einer verkleinerten Form auf den folgenden Seiten dargestellt. Der vereinfachte Nachweis kann für den vorliegenden Grundriss geführt werden.

Gebäude- und Erdbebendaten

Erdbebenzone: 1
 Untergundtyp: C-R
 Bedeutungskategorie: II
 Art der Verkehrslasten: 2
 viskose Dämpfung: 5,00%
 Anzahl Stockwerke: 2
 Höhe der Stockwerke h: 250,0 cm



Materialdaten

Wandscheibentypen:

Wandscheibentyp	Material	t [mm]	E_M/E_{cm} [N/mm ²]	μ [-]	ρ [kg/m ³]	α_T [-]
Wandtyp 1	Kalksandsteine	175	6555,00	0,10	2000,00	8E-06

Wandscheibentyp	SFK	Stoßfugen vermörtelt	f_k [N/mm ²]	f_{k0} [N/mm ²]	f_{kz} [N/mm ²]	γ_{kz} [-]
Wandtyp 1	12	Nein	6,9	0,11	0,48	1,2

Deckentypen:

Deckentyp	Material	t [mm]	E_{cm} [N/mm ²]	μ [-]	ρ [kg/m ³]	α_T [-]
Deckentyp 1	C25/30	200	26700,00	0,167	2500	1E-05

Deckentyp	f_k [N/mm ²]	γ_c [-]	γ_s [-]
Deckentyp 1	25	1,5	1,15

Dachtyp:

Dachtyp	Material	t [mm]	E_{cm} [N/mm ²]	μ [-]	ρ [kg/m ³]	α_T [-]
Dachtyp 1	C20/25	200	24900,00	0,167	2500	1E-05

Dachtyp	f_k [N/mm ²]	γ_c [-]	γ_s [-]
Dachtyp 1	20	1,5	1,15

Seite 3

**Grundrissdaten für alle Stockwerke****Wandscheiben**

Nr.	Wandscheibentyp	Lastabtrag*	t	l	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂
			[mm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
w1	Wandtyp 1	v+h	175	125,0	17,5	8,8	142,5	8,8
w2	Wandtyp 1	v+h	175	125,0	507,5	8,8	632,5	8,8
w3	Wandtyp 1	v+h	175	1300,0	8,8	0,0	8,8	1300,0
w4	Wandtyp 1	v+h	175	1300,0	641,2	0,0	641,2	1300,0
w5	Wandtyp 1	v+h	175	125,0	17,5	1291,2	142,5	1291,2
w6	Wandtyp 1	v+h	175	125,0	507,5	1291,2	632,5	1291,2
w7	Wandtyp 1	v+h	175	250,0	382,5	476,2	632,5	476,2
w8	Wandtyp 1	v+h	175	250,0	382,5	823,8	632,5	823,8

*: v = Vertikaler Lastabtrag, h = Horizontaler Lastabtrag, v+h = Vertikaler und Horizontaler Lastabtrag

Decke

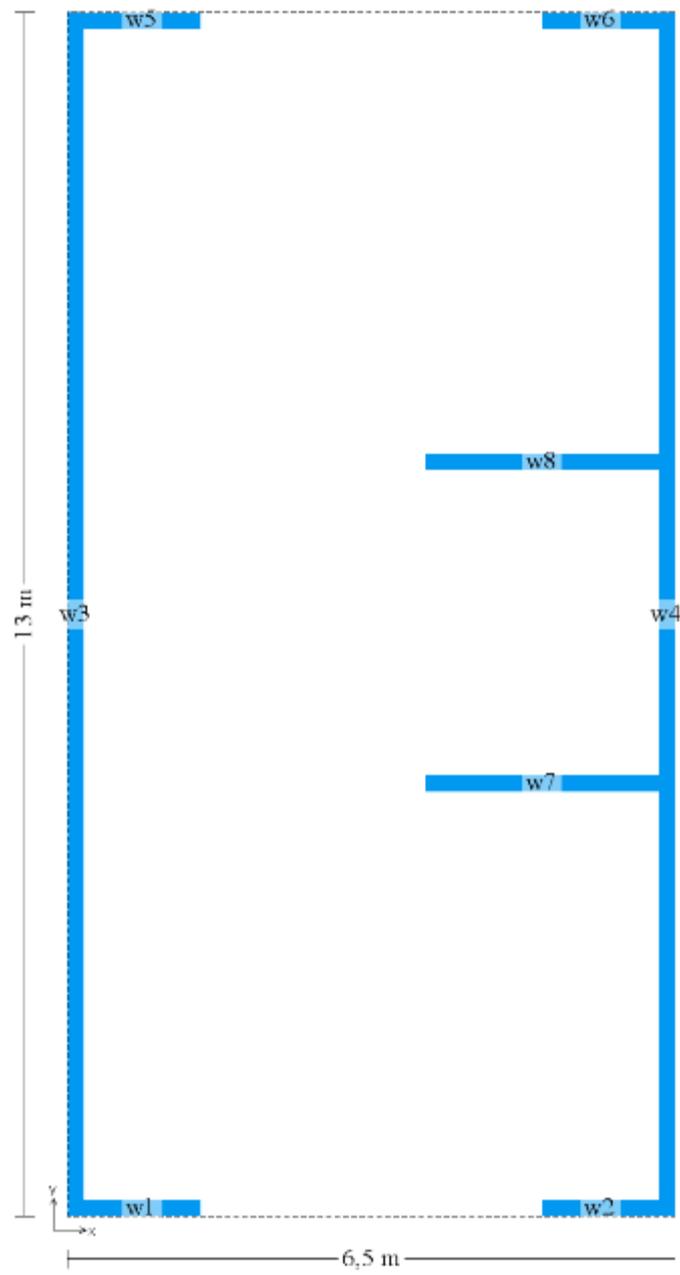
Punktliste	
[cm]	
Randpolygon	{X=0, Y=0}; {X=0, Y=1300}; {X=650, Y=1300}; {X=650, Y=0}

Lastdaten

Deckentyp/Dachtyp	Eigengew.	Verkehrsl. 1	$\psi_{2,1}$	Verkehrsl. 2	$\psi_{2,2}$
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[kN/m ²]	[-]
Deckentyp 1	5,00	0,00	0,00		
Dachtyp 1	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Grundriss



Vereinfachter Nachweis nach DIN 4149, Abschnitt 11.6

Für den vereinfachten Nachweis wird vorausgesetzt, dass die maßgebenden Gebäuderichtungen der x- und y-Richtung des Zeichenfeldes entsprechen und dass die allgemeinen Konstruktionsregeln nach DIN 4149, Abschnitt 11.3 eingehalten sind. Dazu zählen:

- das Gebäude ist in allen Vollgeschossen durch Geschossdecken mit Scheibenwirkung ausgesteift.
- die aussteifenden Wände erfüllen die Mindestanforderungen nach DIN 4149, Tabelle 14.

Sind die Konstruktionsregeln nach DIN 4149, Abschnitt 11.6 (1)-(10) eingehalten, so kann auf einen rechnerischen Nachweis verzichtet werden. Im Einzelnen sind dies folgende Kriterien:

(2)	Der Gebäudegrundriss muss kompakt und annähernd rechteckig ausgebildet sein. Das Verhältnis zwischen kürzerer Seite b und längerer Seite l des Bauwerks muss größer sein als 0,25. Vorhanden: $b/l = 0,500 \geq 0,25$	✓
(3)	Die Anzahl der Vollgeschosse über Gründungsniveau sowie die Bedeutungskategorie dürfen die in DIN 4149, Abschnitt 7.1 (4) bzw. Tabelle 8 angegebenen Werte nicht überschreiten. Vorhandene Vollgeschosse: $2 \leq 4$ (Erdbebenzone 1, Bedeutungskategorie II)	✓
(3)	Die Geschosshöhe des Gebäudes darf maximal 3,50 m betragen. Vorhanden: $2,50 \text{ m} \leq 3,50 \text{ m}$	✓
(4)	Die aussteifenden Wände sind so angeordnet, dass eine ausreichende Torsionssteifigkeit sichergestellt ist.	✓
(4)	Die aussteifenden Wände müssen so angeordnet sein, dass der Steifigkeitsmittelpunkt und der Massenschwerpunkt nahe beieinander liegen.	✓
(5)	Die aussteifenden Wände gehen über alle Geschosse durch.	✓
(6)	Die aussteifenden Wände tragen den überwiegenden Teil der vertikalen Lasten.	✓
(6)	Die vertikalen Lasten sind auf die aussteifenden Wände in beiden Gebäuderichtungen verteilt.	✓
(7)(9) (10)	Das Gebäude ist in beiden Gebäuderichtungen durch genügend lange Schubwände ausreichend auszusteifen. Hierfür sind jeweils die in Tabelle 15 angegebenen Mindestwerte für die auf die Geschossgrundrissfläche bezogene Schubwandquerschnittsfläche der aussteifenden Wände einzuhalten. Vorhanden: 2 Vollgeschosse Grundrissfläche je Geschoss: $84,50 \text{ m}^2$ Gesamtwandfläche: $1,75 \text{ m}^2$ (x-Richtung); $4,55 \text{ m}^2$ (y-Richtung) Erforderlich: x-Richtung: $a \times S \times \gamma = 0,60 \leq 0,06 \times g \times k = 0,6$ → erf. Wandfläche = 2,0% der Geschossgrundrissfläche = $1,69 \text{ m}^2$ → $1,75 \text{ m}^2 \geq 1,69 \text{ m}^2$ y-Richtung: $a \times S \times \gamma = 0,60 \leq 0,06 \times g \times k = 1,2$ → erf. Wandfläche = 2,0% der Geschossgrundrissfläche = $1,69 \text{ m}^2$ → $4,55 \text{ m}^2 \geq 1,69 \text{ m}^2$	✓
(8)	In jeder Gebäuderichtung müssen mindestens zwei Schubwände mit einer Länge von jeweils mindestens 1,99 m angeordnet werden. Vorhanden: x-Richtung: 2 Wände ≥ 2 Wände y-Richtung: 2 Wände ≥ 2 Wände	✓

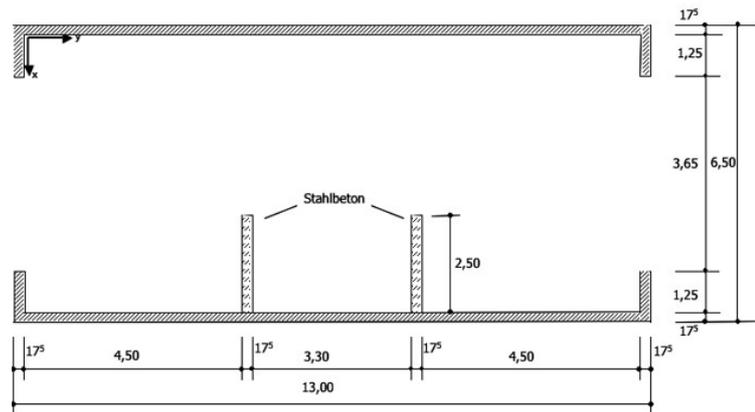
Ein rechnerischer Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit für den Lastfall Erdbeben ist somit nicht erforderlich, da alle Bedingungen erfüllt sind.

3.3 Beispiel (rechnerischer Nachweis)

3.3.1 Systembeschreibung

Der Programmablauf mit allen nötigen Eingaben wird im Folgenden anhand eines einfachen Beispiels in Mischbauweise demonstriert. Gewählt wurde das in nachfolgender Abbildung im Grundriss dargestellte Reihenhaus. Das Gebäude weist 2 Vollgeschosse mit einer Geschosshöhe von $h = 2,50$ m auf.

Die verwendete Mauerwerksart ist Kalksandstein. Zwei der Schubwände sind in Stahlbeton (C20/25) ausgeführt. Die aussteifenden Wände sind mit der zugehörigen Bemaßung in nachfolgender Abbildung dargestellt. Der Nachweis wird nach DIN 4149 in Verbindung mit DIN 1053-100 durchgeführt.



3.3.2 Eingabedaten

Die Eingabe gliedert sich in drei Arbeitsschritte. Im ersten Schritt werden die Gebäudedaten, im zweiten Schritt die Erdbebendaten und zuletzt die Geometriedaten definiert.

3.3.2.1 Eingabe der Norm und Gebäudedaten

- Norm: DIN 4149 in Verbindung mit DIN 1053-100
- Stockwerke: 2 Stockwerke mit $h = 250$ cm
- Bedeutungskategorie: Gewöhnliche Bauten (Kategorie II)
- Art der Verkehrslast: Nutzlasten und Verkehrslasten in sonstigen Gebäuden, alle Geschosse sind unabhängig voneinander genutzt
- Verhaltensbeiwerte: Verhaltensbeiwert q für x -Richtung und y -Richtung jeweils 1,5

3.3.2.2 Eingabe der Erdbebendaten

Definition des elastischen Antwortspektrums durch Benutzung der Datenbank für die Erdbebenzonen in Deutschland:

- Bundesland: Baden-Württemberg (BW)
- Kreis: Stuttgart
- Gemeinde: Stuttgart
- Gemarkung: Stuttgart-Ost
- Baugrundklasse: C

Alternative Definition des elastischen Antwortspektrums durch direkte Eingabe der standort-spezifischen Kennwerte:

- Erdbebenzone: I
- Untergrundklasse: R
- Baugrundklasse: C

3.3.2.3 Eingabe der Geometriedaten

Im ersten Schritt, der Eingabe der Geometriedaten, werden die Koordinaten, die Wanddicken und die Steindruckfestigkeitsklasse der Wandscheiben definiert. Als Material wird Kalksandstein Mauerwerk nach DIN 1053-100 ausgewählt. Die Wandeigenschaften sind in Abschnitt 3.3.2.4 zusammengestellt. Bei der Eingabe der Geometriedaten ist insbesondere auf die konstruktive Ausführung der Mauerwerkstöße zu achten. In diesem Fall wird davon ausgegangen, dass die kürzeren Wände stumpf an die Längswände angeschlossen wurden. Es ergeben sich folgende tabellarisch zusammengefasste Eingabewerte:

Nr.	X1	Y1	X2	Y2	Länge	Typ
w1	17,5	8,8	142,5	8,8	125,0	Wandtyp 1
w2	507,5	8,8	632,5	8,8	125,0	Wandtyp 1
w3	8,8	0,0	8,8	1300,0	1300,0	Wandtyp 1
w4	641,2	0,0	641,2	1300,0	1300,0	Wandtyp 1
w5	17,5	1291,2	142,5	1291,2	125,0	Wandtyp 1
w6	507,5	1291,2	632,5	1291,2	125,0	Wandtyp 1
w7	382,5	476,2	632,5	476,2	250,0	Wandtyp 2
w8	382,5	823,8	632,5	823,8	250,0	Wandtyp 2

Bei der Eingabe der Geometriedaten ist insbesondere auf die konstruktive Ausführung der Mauerwerkstöße zu achten. In diesem Fall wird davon ausgegangen, dass die kürzeren Wände stumpf an die Längswände angeschlossen wurden. Es ergeben sich folgende tabellarisch zusammengefasste Eingabewerte:

Die Geschosdecke erfüllt die Kriterien einer „Geschosdecke mit aussteifender Scheibenwirkung“. Die aussteifende Deckenscheibe wird über ein Randpolygon und ein Öffnungspolygon im Bereich des Treppenhauses definiert. Die Koordinaten der beiden rechteckigen Polygonzüge werden über jeweils vier Eckpunkte wie folgt definiert:

Rand-/Öffnungspolygone	X	Y
Randpolygon		
Punkt	0,0 cm	0,0 cm
Punkt	0,0 cm	1300,0 cm
Punkt	650,0 cm	1300,0 cm
Punkt	650,0 cm	0,0 cm

3.3.2.4 Eingabe der Wandeigenschaften

Wie in Abschnitt 1.1.7 beschrieben, öffnet sich durch Klick auf den Button **Wandscheibentypen bearbeiten** das in nebenstehender Abbildung dargestellte Eingabefenster. Die Eingaben wurden wie folgt definiert:

The screenshot shows the 'Eigenschaften verwalten' dialog box for 'Mauerwerk DIN 1053-100'. The 'Wandscheibentyp' is 'Wandtyp 1'. The 'Materialart' is 'Mauerwerk DIN 1053-100'. The 'Eigenschaften' section includes:

- Typname: Wandtyp 1
- Wanddicke: 175 mm
- Stein: Kalksandsteine
- SFK: 12
- Rohdichteklasse: 2,0
- Mörtelgruppe: Dünnbettmörtel
- Stoßfugen vermörtelt
- Steinform: Vollsteine ohne Grifföcher oder ...

The 'Eigenschaft' table is as follows:

Eigenschaft	Wert
Elastizitätsmodul EM [N/mm ²]	6555,00
Querkontraktionszahl μ [-]	0,10
Rohdichte ρ [kg/m ³]	2000,00
Temperaturausdehnungskoeff. α_T [-]	0,00

Die Eingabe der Stahlbetonwände erfolgt analog dazu unter Auswahl von Stahlbeton nach DIN 1045-1 als Materialart (vgl. nebenstehende Abbildung).

The screenshot shows the 'Eigenschaften verwalten' dialog box for 'Stahlbeton DIN 1045-1'. The 'Wandscheibentyp' is 'Wandtyp 2'. The 'Materialart' is 'Stahlbeton DIN 1045-1'. The 'Eigenschaften' section includes:

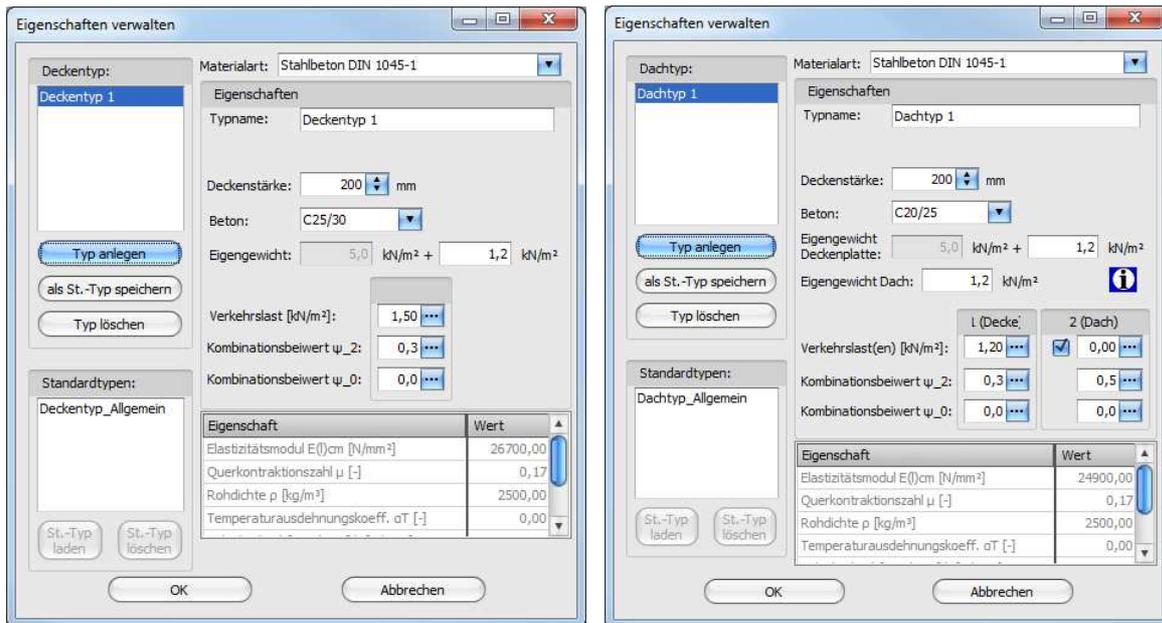
- Typname: Wandtyp 2
- Beton: C20/25
- Wanddicke: 175 mm

The 'Eigenschaft' table is as follows:

Eigenschaft	Wert
Elastizitätsmodul E(I)cm [N/mm ²]	24900,00
Querkontraktionszahl μ [-]	0,17
Rohdichte ρ [kg/m ³]	2500,00
Temperaturausdehnungskoeff. α_T [-]	0,00

3.3.2.5 Eingabe der Decken-/Dacheigenschaften

Wie in Kapitel 1.1.9 beschrieben öffnet sich durch Klick auf den Button **Deckentypen bearbeiten** bzw. **Dachtypen bearbeiten** die in den nachfolgenden Abbildungen dargestellten Eingabefenster.

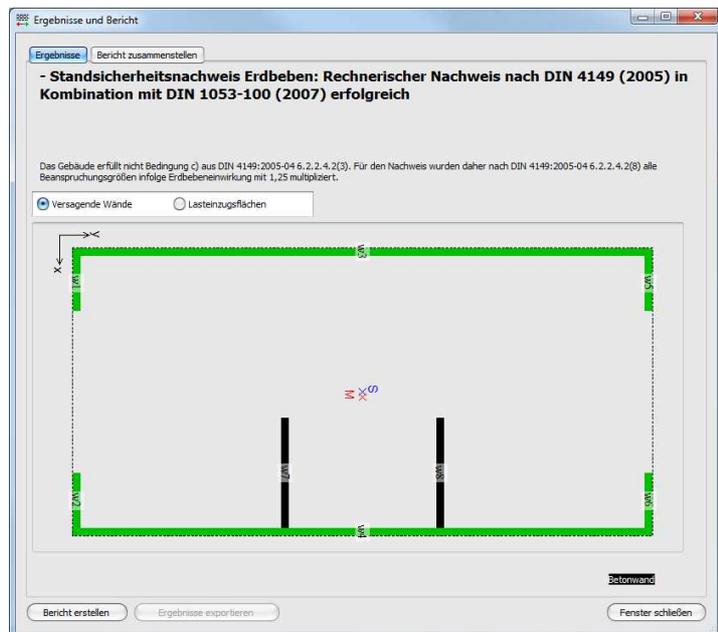


3.3.3 Durchführung des rechnerischen Nachweises

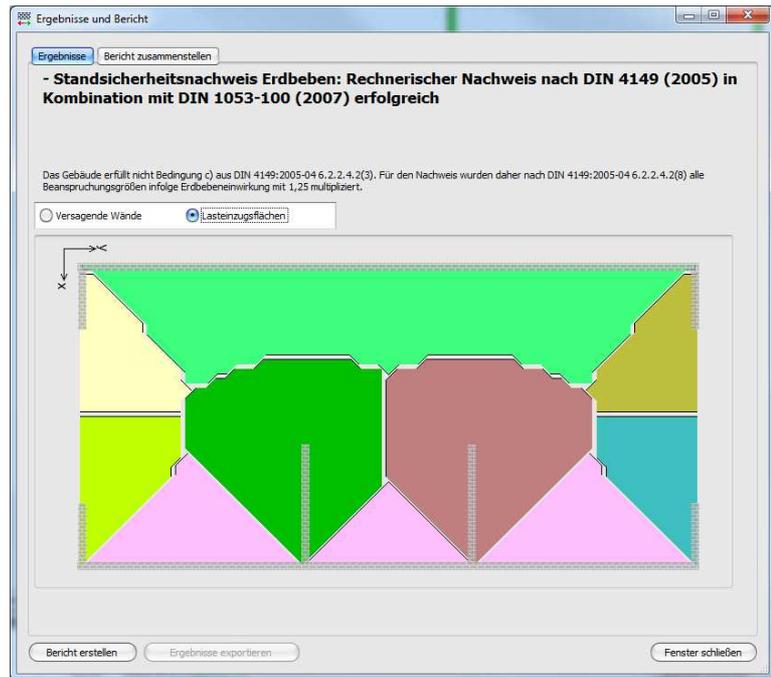
In diesem Beispiel wird über den Menüpunkt **Nachweis starten** im Menü **Nachweis** direkt der rechnerische Nachweis gestartet, da auch Betonwände vorhanden sind. Nach Abschluss der Berechnung wird das dargestellte Fenster angezeigt.

In diesem Fenster besteht die Möglichkeit zwischen den Ansichten **Versagende Wände** und **Lasteinzugsflächen** zu wechseln.

In der Ansicht **Versagende Wände** sind die versagenden Mauerwerkswände in Rot dargestellt. Liegen versagende Wände vor, so kann der Benutzer entscheiden, ob er den Bericht erzeugt oder das System nochmals modifiziert. In diesem Fall ist der Button **Abbrechen** zu wählen.



In der Ansicht **Lasteinzugsflächen** können die von MINEA zur Auflastermittlung erzeugten Lasteinzugsflächen grafisch kontrolliert werden. Ist das Ergebnis nicht zufriedenstellend, kann die Elementgröße in den **Nachweiseinstellungen** (Menü **Nachweis**) angepasst werden.

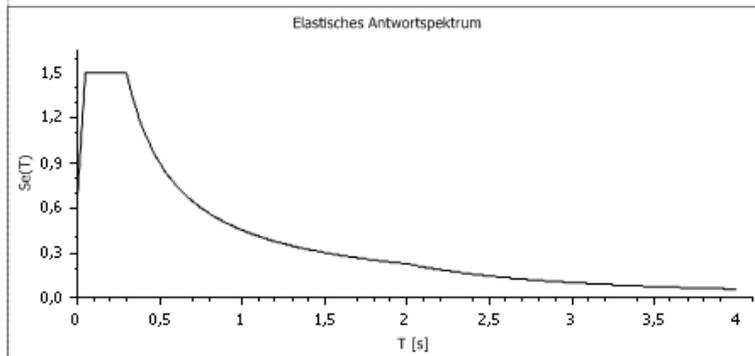


3.3.4 Ausgabe des Berichts

Der Bericht ist für das gewählte Beispiel in einer verkleinerten Form auf den folgenden Seiten dargestellt. Der rechnerische Nachweis kann für den vorliegenden Grundriss geführt werden.

**Gebäude- und Erdbebendaten**

Eigenschaft	Wert
Erdbebenzone:	1
Bedeutungskategorie:	II
Bedeutungsbeiwert:	1
Art der Verkehrslasten:	2
Viskose Dämpfung:	5,00%
Verhaltensbeiwert q_1 :	1,5
Verhaltensbeiwert q_2 :	1,5
Anzahl Stockwerke:	2
Höhe der Stockwerke h:	250,0 cm

**Parameter des horizontalen Antwortspektrums**

Untergrundtyp	S	T_B	T_C	T_D
		[s]	[s]	[s]
C-R	1,50	0,05	0,30	2,00

Materialdaten

Wandscheibentypen:

Wandscheibentyp	Material	t	$E_{\perp} E_{\parallel}$	μ	ρ	α_T
		[mm]	[N/mm ²]	[-]	[kg/m ³]	[-]
Wandtyp 1	Kalksandsteine Dümmwolle	175	6555,00	0,10	2000,00	8E-08
Wandtyp 2	E2025	175	24900,00	0,17	2500,00	1E-08

Wandscheibentyp	SFK	Stoßfugen vermörtelt	f_{\perp}	f_{\parallel}	f_{\cdot}
			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
Wandtyp 1	12	Nein	6,9	0,11	0,48

Wandscheibentyp	f_{\perp}
	[N/mm ²]
Wandtyp 2	20

Deckentypen:

Deckentyp	Material	t	E_{\perp}	μ	ρ	α_T
-----------	----------	---	-------------	-------	--------	------------

Lizenziert für: SDA engineering GmbH

Seite 2



		[mm]	[N/mm ²]	[-]	[kg/m ³]	[-]
Deckentyp 1	C25/30	200	26700,00	0,167	2500	1E-05

Deckentyp	f _w
	[N/mm ²]
Deckentyp 1	25

Dachtyp:

Dachtyp	Material	t	E _w	μ	ρ	α _r
		[mm]	[N/mm ²]	[-]	[kg/m ³]	[-]
Dachtyp 1	C20/25	200	24900,00	0,167	2500	1E-05

Dachtyp	f _w
	[N/mm ²]
Dachtyp 1	20

**Grundrissdaten für Stockwerk 1****Wandscheiben**

Nr.	Wandscheibentyp	Lastabtrag*	t [mm]	l _w [cm]	X ₁ [cm]	Y ₁ [cm]	X ₂ [cm]	Y ₂ [cm]
w1	Wandtyp 1	v+h	175	1250	175	8,8	1425	8,8
w2	Wandtyp 1	v+h	175	1250	5075	8,8	6325	8,8
w3	Wandtyp 1	v+h	175	13000	8,8	0,0	8,8	13000
w4	Wandtyp 1	v+h	175	13000	6412	0,0	6412	13000
w5	Wandtyp 1	v+h	175	1250	175	12912	1425	12912
w6	Wandtyp 1	v+h	175	1250	5075	12912	6325	12912
w7	Wandtyp 2	v+h	175	2500	3825	4762	6325	4762
w8	Wandtyp 2	v+h	175	2500	3825	8238	6325	8238

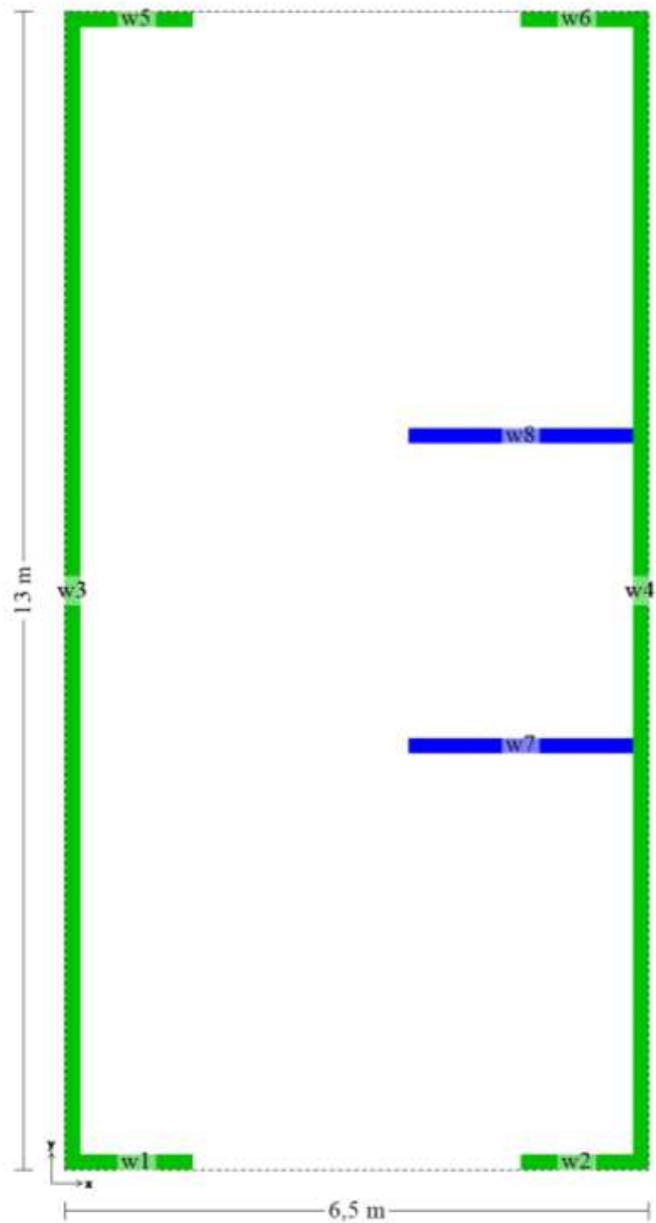
*: v = Vertikaler Lastabtrag, h = Horizontaler Lastabtrag v+h = Vertikaler und Horizontaler Lastabtrag

Decke

	Punktliste [cm]
Randpolygon	{X=0, Y=0}; {X=0, Y=13000}; {X=650, Y=13000}; {X=650, Y=0}
Stockwerksfläche	84,50 m ²



Grundriss Stockwerk 1



Lastverteilung Erdbebenlasten

Zusammenstellung der Stockwerksmassen

Decke	A_G [m ²]	g_k [kN/m ²]	q_{k1} [kN/m ²]	$\Psi_{2,1}$ [-]	q_{k2} [kN/m ²]	$\Psi_{2,2}$ [-]	M_{WV} [t]	ϕ [-]	M_{St} [t]
Decke 1	84,50	6,20	1,50	0,30			32,59	0,50	87,94
Decke 2	84,50	7,40	1,20	0,30	0,00	0,50	16,30	1,00	83,14

Ergebnisse der Modalanalyse

Richtung	T_1 [s]	S_d [m/s ²]	λ [-]	F_b^* [kN]
x	0,1215	1,0000	1,00	213,84
y	0,0470	0,9758	1,00	208,66

* Das Gebäude erfüllt nicht Bedingung c) aus DIN 4149:2005-04 6.2.2.4.2(3). Für den Nachweis wurden daher nach DIN 4149:2005-04 6.2.2.4.2(8) alle Beanspruchungsgrößen infolge Erdbebeneinwirkung mit 1,25 multipliziert

Stockwerkskräfte aus höhenproportionaler Verteilung der Erdbebenlast

	Stockwerk	Stockwerkskräfte x- Richtung [kN]	Stockwerkskräfte y- Richtung [kN]
	2	139,87	136,48
	1	73,97	72,18
	Σ	213,84	208,66

Massenschwerpunkt / Steifigkeitsmittelpunkt

Richtung	Massenschwerpunkt [m]	Steifigkeitsmittelpunkt [m]
x	3,366	3,250
y	6,500	6,500

Ausmitten

	Tatsächliche (e_0) [m]	Zufällige (e_1) [m]	Zusätzliche (e_2) [m]	e_{min} [m]	e_{max} [m]
x	0,116	0,325	0,824	-0,267	1,265
y	0,000	0,650	0,000	-0,650	0,650

Wandkennwerte und Festigkeiten

Wand	l_w [m]	t [m]	x^* [m]	y^* [m]	α [°]	I_w [m ⁴]	EI_w [kNm ²]	u_w [m]



w1	1,25	0,175	0,80	0,09	0,00	0,03	17825786	2,21E-005
w2	1,25	0,175	5,70	0,09	0,00	0,03	17825786	2,21E-005
w3	13,00	0,175	0,09	6,50	90,00	5,23	3428143023	3,28E-006
w4	13,00	0,175	6,41	6,50	90,00	5,23	3428143023	4,17E-006
w5	1,25	0,175	0,80	12,91	0,00	0,03	17825786	2,21E-005
w6	1,25	0,175	5,70	12,91	0,00	0,03	17825786	2,21E-005
w7	2,50	0,175	5,08	4,76	0,00	0,19	476959282	2,12E-005
w8	2,50	0,175	5,08	8,24	0,00	0,19	476959282	2,12E-005

LastenLastdaten für Wind

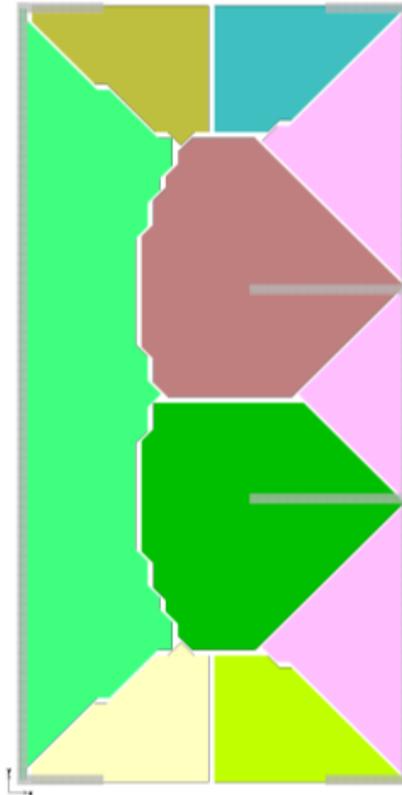
Positive x/y-Richtung				
Stockwerk	Windkräfte x-Richtung	Windkräfte y-Richtung	Lastangriffspunkte x	Lastangriffspunkte y
	[kN]	[kN]	[cm]	[cm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00
Σ	0,00	0,00		

Negative x/y-Richtung				
Stockwerk	Windkräfte x-Richtung	Windkräfte y-Richtung	Lastangriffspunkte x	Lastangriffspunkte y
	[kN]	[kN]	[cm]	[cm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00
Σ	0,00	0,00		

LastenLastdaten

Stockwerk	Eigengev.	zus. st. Last	Verkehrsl. 1	w ^{1,2}	w ^{1,2}	Verkehrsl. 2	w ^{1,2}	w ^{1,2}
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[kN/m ²]	[-]	[-]
1	5,00	1,20	1,50	0,30	0,00			
2	5,00	2,40	1,20	0,30	0,00	0,00	0,50	0,00

SchnittgrößenVertikale LastfälleVertikale Lastezugsflächen



Statischer Lastfall am Wandfuß Stockwerk 1

Wandscheibe	vertikale Lastverteilung (Wandfuß)						
	Eigengewicht oberste Deckenplatte	Verkehrslast oberste Deckenplatte	Eigengewicht Dach	Verkehrslast Dach	Eigengewicht Zwischendecken	Verkehrslasten Zwischendecken	Eigengewicht Wandscheiben
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
w1	29,47	5,70	5,70	0,00	29,47	7,13	21,46
w2	30,23	5,85	5,85	0,00	30,23	7,31	21,46
w3	148,61	28,76	28,76	0,00	148,61	35,95	223,18
w4	87,90	17,01	17,01	0,00	87,90	21,27	223,18
w5	29,47	5,70	5,70	0,00	29,47	7,13	21,46
w6	30,23	5,85	5,85	0,00	30,23	7,31	21,46
w7	82,62	15,99	15,99	0,00	82,62	19,99	53,65
w8	85,39	16,53	16,53	0,00	85,39	20,66	53,65

Statischer Lastfall am Wandfuß Stockwerk 2

Wandscheibe	vertikale Lastverteilung (Wandfuß)				
	Eigengewicht oberste Deckenplatte	Verkehrslast oberste Deckenplatte	Eigengewicht Dach	Verkehrslast Dach	Eigengewicht Wandscheiben
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
w1	29,47	5,70	5,70	0,00	10,73



w2	30,23	5,85	5,85	0,00	10,73
w3	148,61	28,76	28,76	0,00	111,59
w4	87,90	17,01	17,01	0,00	111,59
w5	29,47	5,70	5,70	0,00	10,73
w6	30,23	5,85	5,85	0,00	10,73
w7	82,62	15,99	15,99	0,00	26,82
w8	85,39	16,53	16,53	0,00	26,82

Windlastfall

Windlastfall Stockwerk 1

Wand	positive Windrichtung				negative Windrichtung			
	Wandfuß		Wandmitte		Wandfuß		Wandmitte	
	V _{ws}	M _{ws}	V _{ws}	M _{ws}	V _{ws}	M _{ws}	V _{ws}	M _{ws}
	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]
w1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Windlastfall Stockwerk 2

Wand	positive Windrichtung				negative Windrichtung			
	Wandfuß		Wandmitte		Wandfuß		Wandmitte	
	V _{ws}	M _{ws}	V _{ws}	M _{ws}	V _{ws}	M _{ws}	V _{ws}	M _{ws}
	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]
w1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Erdbebenlastfall

Erdbebenlastfall Stockwerk 1

Wand	Wandfuß		Wandmitte	
	V _{ws}	M _{ws}	V _{ws}	M _{ws}
	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]
w1	3,93	16,26	3,93	11,34
w2	3,93	16,26	3,93	11,34
w3	11245	46532	11245	32475
w4	14281	58766	14281	40915
w5	3,93	16,26	3,93	11,34
w6	3,93	16,26	3,93	11,34
w7	10104	41780	10104	29151
w8	10104	41780	10104	29151

Erdbebenlastfall Stockwerk 2

Wand	Wandfuß		Wandmitte	
	V _{ws}	M _{ws}	V _{ws}	M _{ws}
	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]
w1	2,57	6,43	2,57	3,21
w2	2,57	6,43	2,57	3,21
w3	73,68	18419	73,68	9210



w4	92,26	230,64	92,26	115,92
w5	2,57	6,43	2,57	3,21
w6	2,57	6,43	2,57	3,21
w7	66,09	165,21	66,09	82,61
w8	66,09	165,21	66,09	82,61

Knicklängen**Stockwerk 1**

Wand	b _w [m]	gehalten	rechn. geh.	b _w [m]	β [-]
w1	1,73	2	2	1,25	0,75
w2	1,73	2	2	1,25	0,75
w3	1,73	2	2	13,00	0,75
w4	1,73	2	2	13,00	0,75
w5	1,73	2	2	1,25	0,75
w6	1,73	2	2	1,25	0,75

Es sind folgende Bedingungen bzgl. der Auflagertiefe a einzuhalten:

Für Wanddicken $t \geq 125$ mm: $a \geq 2/3 \cdot d$

Für Wanddicken $t < 125$ mm: $a \geq 85$ mm

Stockwerk 2

Wand	b _w [m]	gehalten	rechn. geh.	b _w [m]	β [-]
w1	1,73	2	2	1,25	0,75
w2	1,73	2	2	1,25	0,75
w3	1,73	2	2	13,00	0,75
w4	1,73	2	2	13,00	0,75
w5	1,73	2	2	1,25	0,75
w6	1,73	2	2	1,25	0,75

Es sind folgende Bedingungen bzgl. der Auflagertiefe a einzuhalten:

Für Wanddicken $t \geq 125$ mm: $a \geq 2/3 \cdot d$

Für Wanddicken $t < 125$ mm: $a \geq 85$ mm

Min. Max. Einwirkungen**Stockwerk 1****Minimale/Maximale Einwirkungen am Wandfuß Lastfall Erdbeben**

Wand	N _{Ed, min} [kN]	N _{Ed, max} [kN]	V _{Ed, max} [kN]	M _{Ed, max} [kNm]
w1	89,95	89,95	3,93	16,26
w2	91,71	91,71	3,93	16,26
w3	568,57	568,57	112,45	465,32
w4	427,49	427,49	142,81	587,66
w5	89,95	89,95	3,93	16,26
w6	91,71	91,71	3,93	16,26
w7	245,66	245,66	101,04	417,80
w8	252,10	252,10	101,04	417,80

**Minimale/Maximale Einwirkungen am Wandfuß Lastfall Ständig + Vorübergehend**

Wand	$N_{Ed, min}$ [kN]	$N_{Ed, max}$ [kN]	$V_{Ed, min}$ [kN]	$M_{Ed, min}$ [kNm]
w1	85,11	125,42	0,00	0,00
w2	86,74	127,90	0,00	0,00
w3	544,14	787,68	0,00	0,00
w4	413,03	589,01	0,00	0,00
w5	85,11	125,42	0,00	0,00
w6	86,74	127,90	0,00	0,00
w7	232,08	342,83	0,00	0,00
w8	238,06	351,90	0,00	0,00

Stockwerk 2**Minimale/Maximale Einwirkungen am Wandfuß Lastfall Erdbeben**

Wand	$N_{Ed, min}$ [kN]	$N_{Ed, max}$ [kN]	$V_{Ed, min}$ [kN]	$M_{Ed, min}$ [kNm]
w1	47,61	47,61	2,57	6,43
w2	48,56	48,56	2,57	6,43
w3	297,59	297,59	73,68	184,19
w4	221,61	221,61	92,26	230,64
w5	47,61	47,61	2,57	6,43
w6	48,56	48,56	2,57	6,43
w7	130,23	130,23	66,09	165,21
w8	133,69	133,69	66,09	165,21

Minimale/Maximale Einwirkungen am Wandfuß Lastfall Ständig + Vorübergehend

Wand	$N_{Ed, min}$ [kN]	$N_{Ed, max}$ [kN]	$V_{Ed, min}$ [kN]	$M_{Ed, min}$ [kNm]
w1	45,36	69,66	0,00	0,00
w2	46,25	71,08	0,00	0,00
w3	286,23	428,89	0,00	0,00
w4	214,89	315,23	0,00	0,00
w5	45,36	69,66	0,00	0,00
w6	46,25	71,08	0,00	0,00
w7	123,91	190,90	0,00	0,00
w8	127,17	196,09	0,00	0,00

Nachweise**Nachweis Erdbeben****Stockwerk 1****Nachweis Normalkraft und Querkraft am Wandfuß**

Wand	Einwirkung			Normalkraft				Querkraft			
	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	$e_{0,0}$ [-]	e_{+} [-]	N_{Ed} [kN]	σ_{Ed} [kN/m ²]	c [-]	σ_{Ed} [m]	V_{Ed} [kN]	
w1	89,95	3,93	16,26	0,14	0,71	89405	385,68	1,50	1,41	3613	
w2	91,71	3,93	16,26	0,14	0,72	90102	390,17	1,50	1,41	3638	
w3	56857	112,45	46532	0,06	0,87	1143421	190,61	1,00	14,63	39723	
w4	42749	142,81	58766	0,11	0,79	1031470	158,87	1,00	14,63	37015	
w5	89,95	3,93	16,26	0,14	0,71	89405	385,68	1,50	1,41	3613	
w6	91,71	3,93	16,26	0,14	0,72	90102	390,17	1,50	1,41	3638	

Mit: $\gamma=1,0$ (Erdbeben) und $\gamma_{Ed}=1,2$ **Nachweis Normalkraft in der Wandmitte**

Wand	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	e	e_{-}	e_{+}	e_{-}	e_{+}	N_{Ed}
------	----------	----------	----------	-----	---------	---------	---------	---------	----------

Lizenziert für: SDA engineering GmbH

Seite 11



	[kN]	[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[kN]
w1	84,59	3,93	11,34	0,00	3,83	0,00	3,83	0,85	1073,53
w2	86,34	3,93	11,34	0,00	3,83	0,00	3,83	0,85	1073,53
w3	512,77	11,245	324,75	0,00	3,83	0,00	3,83	0,85	11164,66
w4	371,69	14,281	409,15	0,00	3,83	0,00	3,83	0,85	11164,66
w5	84,59	3,93	11,34	0,00	3,83	0,00	3,83	0,85	1073,53
w6	86,34	3,93	11,34	0,00	3,83	0,00	3,83	0,85	1073,53

Mit: $\eta=1,0$ (Erdbeben) und $\gamma_{Ed}=1,2$

Nachweisübersicht

Wand	Wandfuß								Wandmitte				
	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	N_{Ed}	V_{Ed}	N_{Ed}/N_{Rd}	V_{Ed}/V_{Rd}	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	N_{Ed}	N_{Ed}/N_{Rd}	
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[-]	
w1	89,95	3,93	16,26	89405	36,13	0,10	0,11	84,59	3,93	11,34	1073,53	0,08	
w2	91,71	3,93	16,26	90102	36,38	0,10	0,11	86,34	3,93	11,34	1073,53	0,08	
w3	568,57	11,245	465,32	1143421	39723	0,05	0,28	512,77	11,245	324,75	11164,66	0,05	
w4	42749	14,281	58766	1031470	37015	0,04	0,39	371,69	14,281	409,15	11164,66	0,03	
w5	89,95	3,93	16,26	89405	36,13	0,10	0,11	84,59	3,93	11,34	1073,53	0,08	
w6	91,71	3,93	16,26	90102	36,38	0,10	0,11	86,34	3,93	11,34	1073,53	0,08	

Mit: $\eta=1,0$ (Erdbeben) und $\gamma_{Ed}=1,2$

Der rechnerische Nachweis nach DIN 4149 (2005), DIN 1053-100 (2007) ist für den Lastfall Erdbeben erbracht.

Stockwerk 2

Nachweis Normalkraft und Querkraft am Wandfuß

Wand	Einwirkung			Normalkraft				Querkraft			
	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	e_{30}	e_{+}	N_{Ed}	σ_{+}	ζ	σ_{-}	V_{Ed}	
	[kN]	[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[kN]	[kN/m²]	[-]	[m]	[kN]	
w1	47,61	2,57	6,43	0,11	0,78	98606	185,10	1,50	1,41	25,16	
w2	48,56	2,57	6,43	0,11	0,79	99136	187,77	1,50	1,41	25,31	
w3	297,59	73,68	184,19	0,05	0,90	11835,62	96,38	1,00	14,63	316,84	
w4	221,61	92,26	230,64	0,08	0,84	10986,76	77,32	1,00	14,63	300,57	
w5	47,61	2,57	6,43	0,11	0,78	98606	185,10	1,50	1,41	25,16	
w6	48,56	2,57	6,43	0,11	0,79	99136	187,77	1,50	1,41	25,31	

Mit: $\eta=1,0$ (Erdbeben) und $\gamma_{Ed}=1,2$

Nachweis Normalkraft in der Wandmitte

Wand	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	e	e_{+}	e_{-}	e_{-}	e_{+}	N_{Ed}
	[kN]	[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[kN]
w1	42,25	2,57	3,21	0,00	3,83	0,00	3,83	0,85	1073,53
w2	43,19	2,57	3,21	0,00	3,83	0,00	3,83	0,85	1073,53
w3	241,79	73,68	92,10	0,00	3,83	0,00	3,83	0,85	11164,66
w4	165,82	92,26	115,32	0,00	3,83	0,00	3,83	0,85	11164,66
w5	42,25	2,57	3,21	0,00	3,83	0,00	3,83	0,85	1073,53
w6	43,19	2,57	3,21	0,00	3,83	0,00	3,83	0,85	1073,53

Mit: $\eta=1,0$ (Erdbeben) und $\gamma_{Ed}=1,2$

Nachweisübersicht

Wand	Wandfuß								Wandmitte				
	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	N_{Ed}	V_{Ed}	N_{Ed}/N_{Rd}	V_{Ed}/V_{Rd}	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	N_{Ed}	N_{Ed}/N_{Rd}	
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[-]	
w1	47,61	2,57	6,43	98606	25,16	0,05	0,10	42,25	2,57	3,21	1073,53	0,04	
w2	48,56	2,57	6,43	99136	25,31	0,05	0,10	43,19	2,57	3,21	1073,53	0,04	



w3	29759	73,68	18419	11835,62	31694	0,03	0,23	241,79	73,68	9210	11164,66	0,02
w4	22161	92,26	23064	10986,76	30057	0,02	0,31	16582	92,26	11532	11164,66	0,01
w5	4761	2,57	6,43	98606	2516	0,05	0,10	4225	2,57	3,21	1073,53	0,04
w6	4856	2,57	6,43	99136	2531	0,05	0,10	4319	2,57	3,21	1073,53	0,04

Mit: $\nu=1,0$ (Erdbeben) und $\gamma_{RE}=1,2$

Der rechnerische Nachweis nach DIN 4149 (2005), DIN 1053-100 (2007) ist für den Lastfall Erdbeben erbracht.

4. Nachweisverfahren DIN 4149 - DIN 1053-100 (3D)

Das Nachweisverfahren „DIN 4149 - DIN 1053-100 (3D)“ umfasst den rechnerischen Nachweis nach DIN 4149 (2005) in Kombination mit der DIN 1053-100 (2007).

4.1 Übersicht Eingabe/Nachweise

Eingabe/Nachweis	DIN 4149 DIN 1053-100 (3D)
Gebäude- und Erdbebendaten	
Gebäudedaten	✓
Erdbebendaten	✓
Winddaten	○ ²⁾
Stockwerksdaten	
Wandscheiben	✓
Stützen	✓
Decken	✓
Nachweise	
Vereinfacht	✗
Rechnerisch – DIN 1053	✓
Verformungsbasiert	✗

Legende : ✓ = notwendig/aktiviert

○ = optional

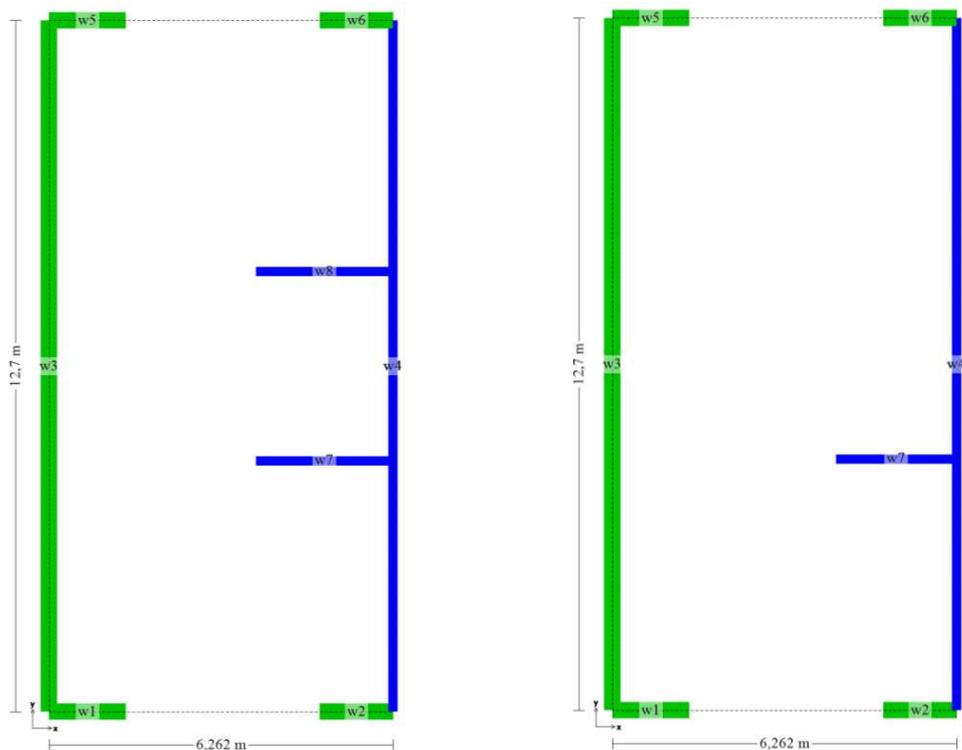
✗ = nicht möglich

4.2 Beispiel (rechnerischer Nachweis 3D)

4.2.1 Systembeschreibung

Der Programmablauf mit allen nötigen Eingaben wird im Folgenden anhand eines einfachen Beispiels in Mischbauweise demonstriert. Gewählt wurde das in den beiden nachfolgenden Abbildungen im Grundriss dargestellte Reihenhaus. Das Gebäude weist 2 Vollgeschosse mit einer Geschosshöhe von $h = 2,80$ m auf.

Es werden zwei verschiedene Mauerwerksarten verwendet, zum einen Ziegelmauerwerk (grüne Wandscheiben) und zum anderen Mauerwerk aus Kalksandstein (blaue Wandscheiben). Die aussteifenden Wände sind mit der zugehörigen Bemaßung in den nachfolgenden Abbildungen für EG und OG dargestellt.



Der Nachweis wird nach DIN 4149 in Verbindung mit DIN 1053-100 durchgeführt.

4.2.2 Eingabedaten

Die Eingabe gliedert sich in drei Arbeitsschritte. Im ersten Schritt werden die Gebäudedaten, im zweiten Schritt die Erdbebendaten und zuletzt die Geometriedaten definiert.

4.2.2.1 Eingabe der Norm und Gebäudedaten

- Norm: DIN 4149 in Verbindung mit DIN 1053-100
- Stockwerke: 2 Stockwerke mit $h = 280$ cm
- Bedeutungskategorie: Gewöhnliche Bauten (Kategorie II)
- Art der Verkehrslast: Nutzlasten und Verkehrslasten in sonstigen Gebäuden, alle Geschosse sind unabhängig voneinander genutzt
- Verhaltensbeiwerte: Verhaltensbeiwert q für x-Richtung und y-Richtung jeweils 1,5

4.2.2.2 Eingabe der Erdbebendaten

Definition des elastischen Antwortspektrums durch Benutzung der Datenbank für die Erdbebenzonen in Deutschland:

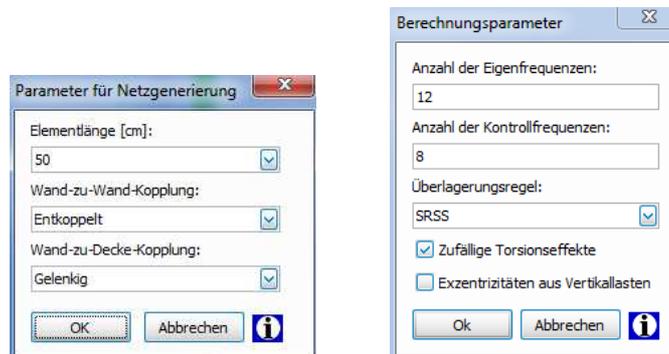
- Bundesland: Baden-Württemberg (BW)
- Kreis: Stuttgart
- Gemeinde: Stuttgart
- Gemarkung: Stuttgart-Ost
- Baugrundklasse: C

Alternative Definition des elastischen Antwortspektrums durch direkte Eingabe der standort-spezifischen Kennwerte:

- Erdbebenzone: I
- Untergrundklasse: R
- Baugrundklasse: C

4.2.2.3 Eingabe der Netz- und Berechnungsparameter

Die Netz- und Berechnungsparameter werden wir folgt definiert:



4.2.2.4 Eingabe der Geometriedaten

Im ersten Schritt der Eingabe der Geometriedaten werden die Koordinaten, die Wanddicken und die Steindruckfestigkeitsklasse der Wandscheiben definiert. Die Wandkoordinaten für das Erdgeschoss und das Obergeschoss sind in den folgenden Fenstern dargestellt:

Nr.	X1	Y1	X2	Y2	Länge	Typ
w1	15,0	15,0	155,0	15,0	140,0	Mauerwerk SFK 8
w2	507,4	15,0	641,2	15,0	133,8	Mauerwerk SFK 8
w3	15,0	15,0	15,0	1285,0	1270,0	Mauerwerk SFK 8
w4	641,2	15,0	641,2	1285,0	1270,0	Mauerwerk SFK 12
w5	15,0	1285,0	155,0	1285,0	140,0	Mauerwerk SFK 8
w6	507,4	1285,0	641,2	1285,0	133,8	Mauerwerk SFK 8
w7	391,2	476,2	641,2	476,2	250,0	Mauerwerk SFK 12
w8	391,2	823,8	641,2	823,8	250,0	Mauerwerk SFK 12

Als Material wird zum einen Ziegelmauerwerk und zum anderen Kalksandsteinmauerwerk nach DIN 1053-100 ausgewählt. Die Wandeigenschaften sind in 4.2.2.5 zusammengestellt. Bei

der Eingabe der Geometriedaten ist insbesondere auf die konstruktive Ausführung der Mauerwerkstöße zu achten. In diesem Fall wird davon ausgegangen, dass die Wände im Verband gemauert sind.

Die Geschosdecke erfüllt die Kriterien einer „Geschosdecke mit aussteifender Scheibenwirkung“. Die aussteifende Deckenscheibe wird über ein Randpolygon und ein Öffnungspolygon im Bereich des Treppenhauses definiert. Die Koordinaten der beiden rechteckigen Polygone werden über jeweils vier Eckpunkte wie folgt definiert:

Wandscheiben		Stützen		Decke	
Rand-/Öffnungspolygone		X	Y		
[-] Randpolygon					
Punkt		15,0 cm	15,0 cm		
Punkt		15,0 cm	1285,0 cm		
Punkt		641,2 cm	1285,0 cm		
Punkt		641,2 cm	15,0 cm		

4.2.2.5 Eingabe der Wandeigenschaften

Wie in Abschnitt 1.1.7 beschrieben, öffnet sich durch Klick auf den Button **Wandscheibentypen bearbeiten** das in nebenstehender Abbildung dargestellte Eingabefenster. Die Eingaben wurden wie folgt definiert:

Eigenschaften verwalten

Wandscheibentyp: Mauerwerk SFK 8
 Materialart: Mauerwerk DIN 1053-100

Eigenschaften

Typname: Mauerwerk SFK 8

Wanddicke: 300 mm

Stein: Mauerziegel

SFK: 8

Rohdichteklasse: 0,70

Mörtelgruppe: IIa

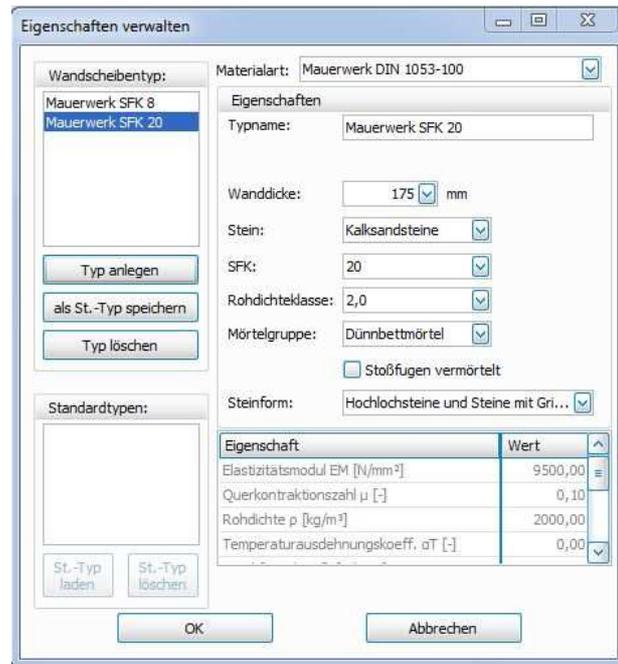
Stoßfugen vermörtelt

Steinform: Vollsteine ohne Grifföcher oder ...

Eigenschaft	Wert
Elastizitätsmodul EM [N/mm ²]	4070,00
Querkontraktionszahl μ [-]	0,10
Rohdichte ρ [kg/m ³]	900,00
Temperaturausdehnungskoeff. αT [-]	0,00

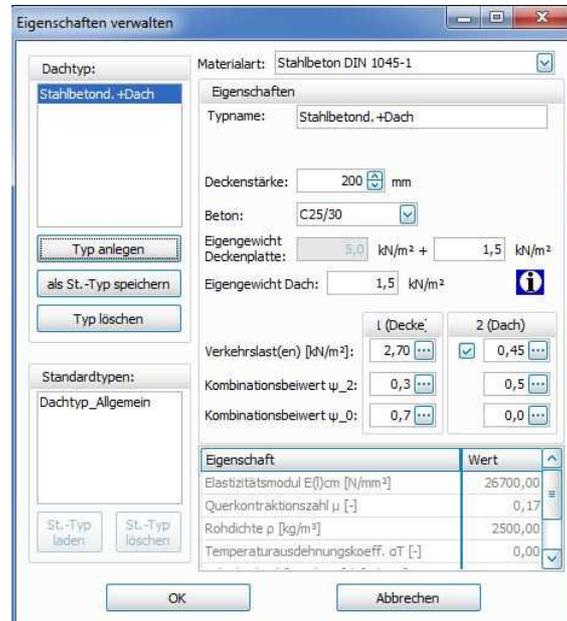
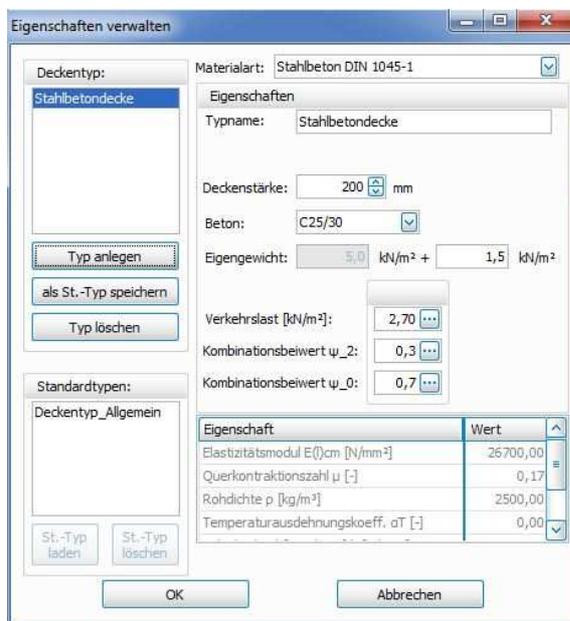
Buttons: Typ anlegen, als St.-Typ speichern, Typ löschen, St.-Typ laden, St.-Typ löschen, OK, Abbrechen

Die Eingabe der Wandscheiben aus Kalksandstein erfolgt analog dazu mit den in nebenstehender Abbildung angezeigten Eigenschaften.



4.2.2.6 Eingabe der Decken-/Dacheigenschaften

Wie in Kapitel 1.1.9 beschrieben, öffnet sich durch Klick auf den Button **Deckentypen bearbeiten** bzw. **Dachtypen bearbeiten** die in den nachfolgenden Abbildungen dargestellten Eingabefenster.

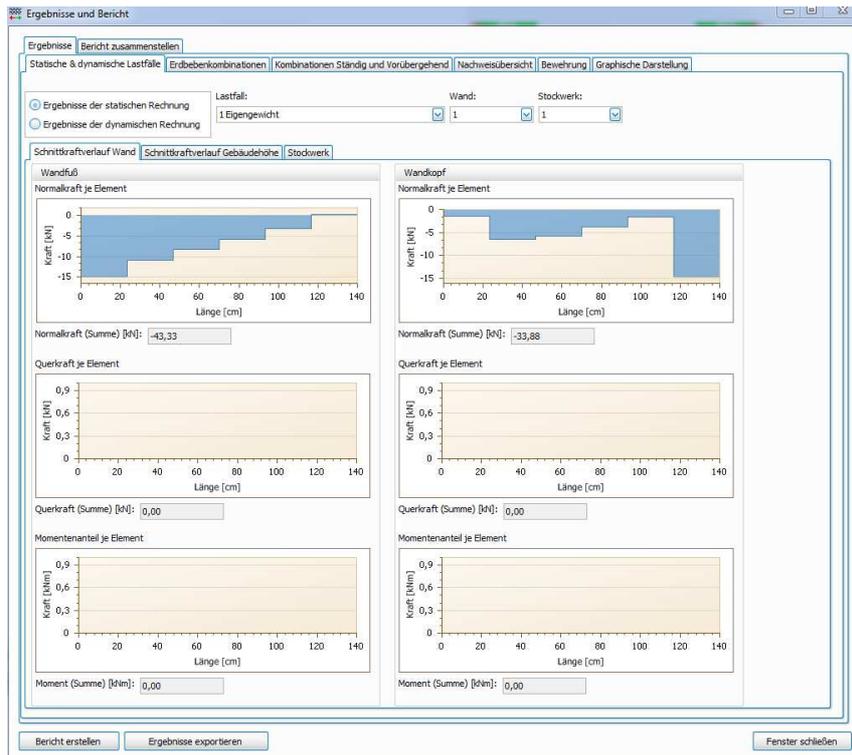


4.2.3 Durchführung des rechnerischen Nachweises

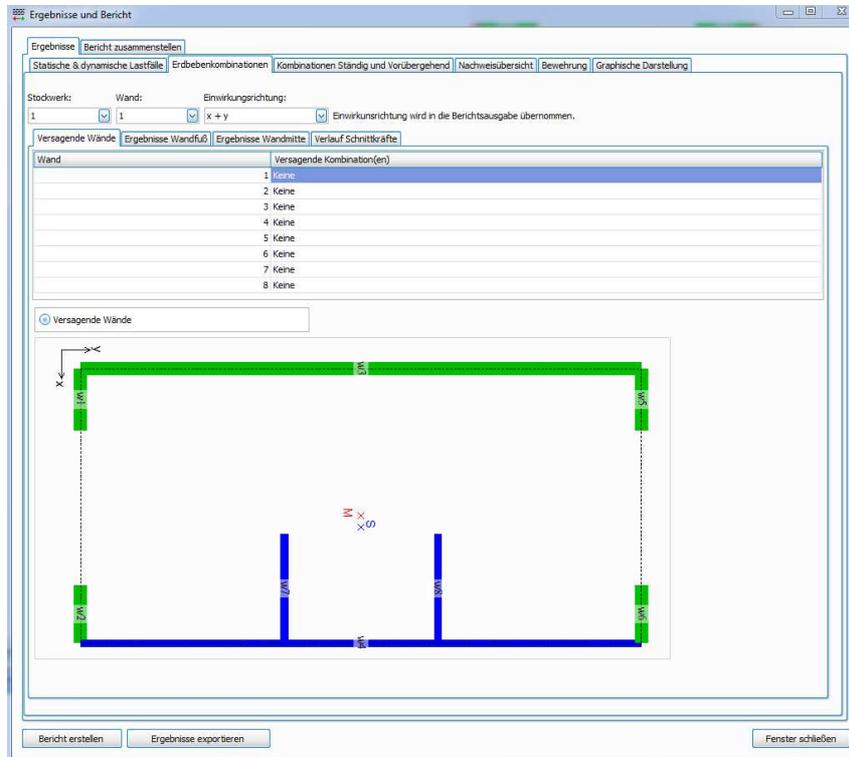
In diesem Beispiel wird über den Menüpunkt **Nachweis starten** im Menü **Nachweis** direkt der rechnerische Nachweis gestartet, da unterschiedliche Grundrisse im EG und OG vorhanden sind. Nach Abschluss der Berechnung wird das dargestellte Fenster angezeigt.

In diesem Fenster besteht die Möglichkeit zwischen verschiedenen Reitern zu wechseln und die unterschiedlichen Ergebnisse in der Bildschirmoberfläche anzeigen zu lassen. Dazu stehen die Reiter **Statische & dynamische Lastfälle**, **Erdbebenkombination**, **Kombination Ständig und Vorübergehend**, **Nachweisübersicht**, **Bewehrung** sowie **Graphische Darstellung** zur Verfügung.

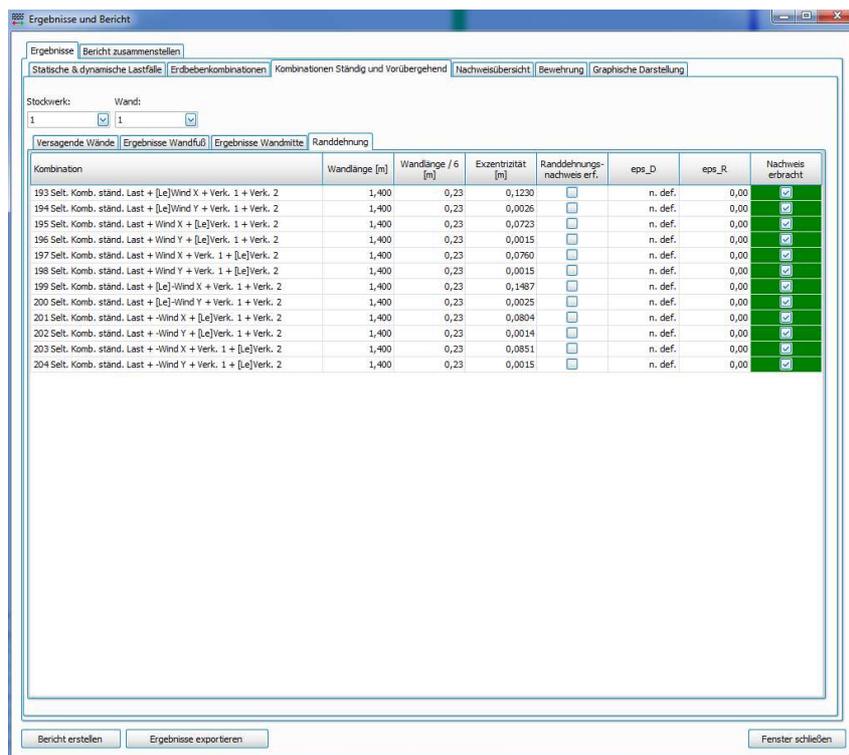
In der Ansicht **Statische & dynamische Lastfälle** werden die Schnittkraftverläufe der einzelnen Wände sowie über die Gebäudehöhe dargestellt. Außerdem werden Informationen zu den Stockwerksdaten und –massen angegeben.



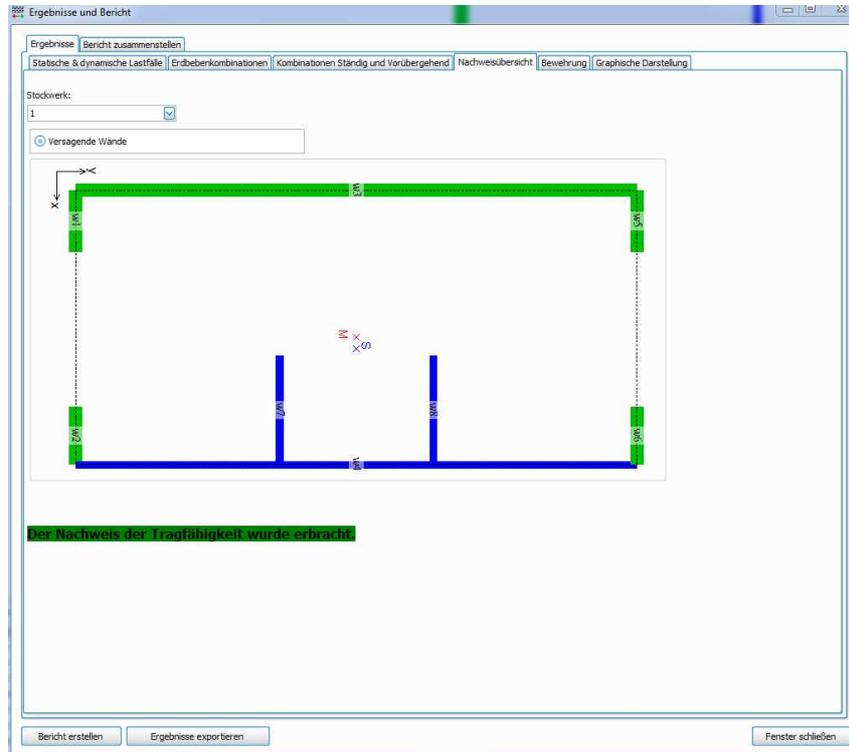
Die Ansicht **Erdbebenkombination** stellt die Berechnungs- und Nachweisergebnisse für die einzelnen Wände in der Lastfallkombination Erdbeben dar. Die Ergebnisse können sowohl grafisch als auch tabellarisch (Ergebnisse Wandfuß und Ergebnisse Wandmitte) für jede einzelne Wand und jedes Stockwerk angezeigt werden.



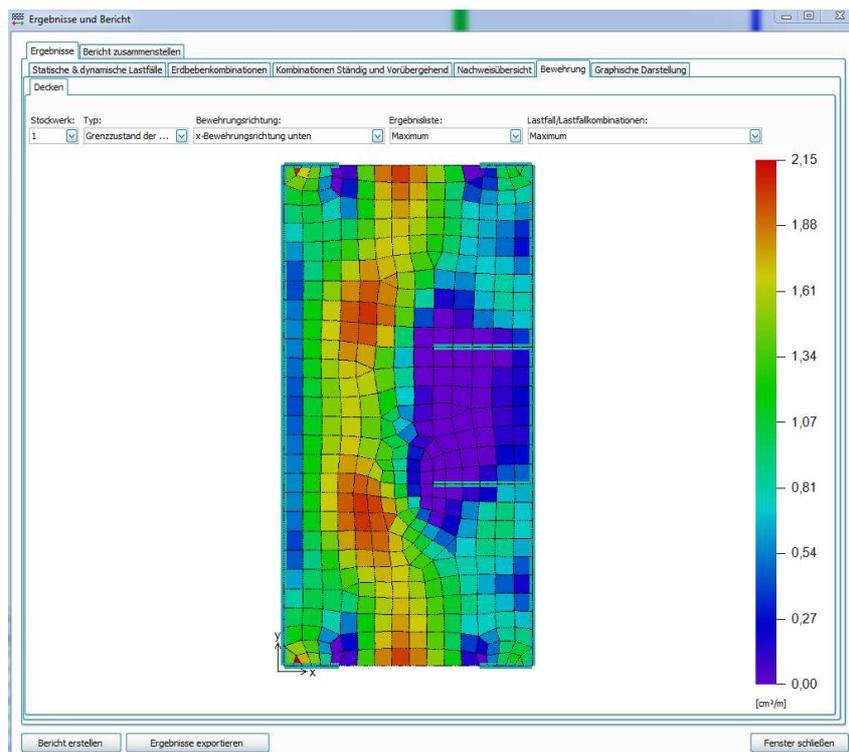
Analog erfolgt die Darstellung in der Ansicht **Kombination Ständig & Vorübergehend**, in der außerdem der Nachweis der Randdehnung tabellarisch angezeigt wird.



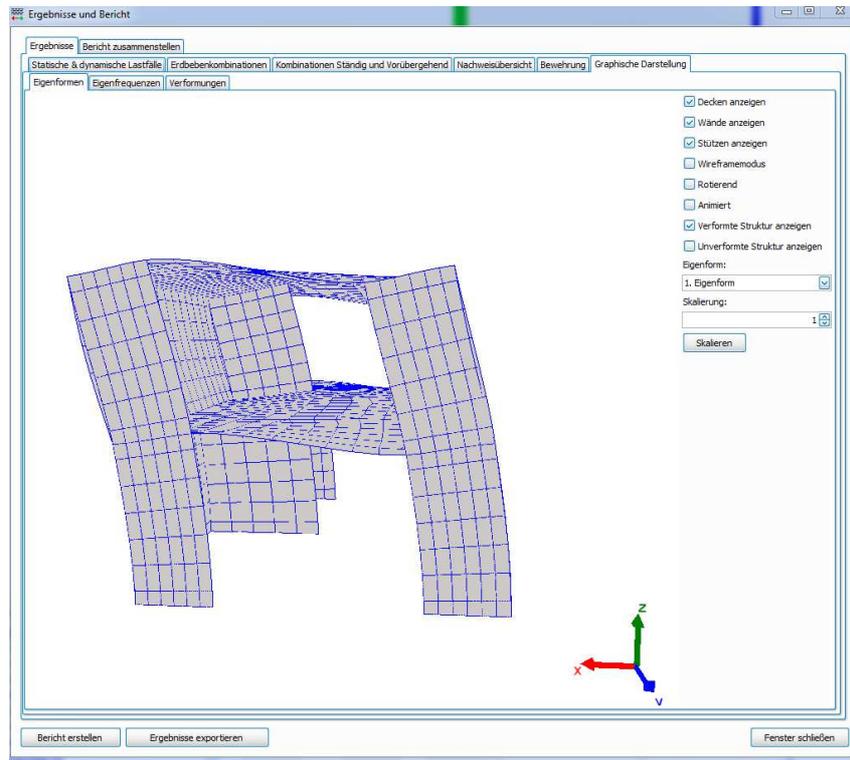
In der Ansicht **Nachweisübersicht** werden grafisch die versagenden Wände (werden in Rot dargestellt) unter Berücksichtigung sämtlicher geführter Nachweise angezeigt. Liegen versagende Wände vor, so kann der Benutzer entscheiden, ob er den Bericht erzeugt oder das System nochmals modifiziert. In diesem Fall ist der Button **Abbrechen** zu wählen.



Unter dem Reiter **Bewehrung** können die erforderlichen Bewehrungsmengen je Richtung und Lage lastfallweise bzw. für jede Lastfallkombination aufgerufen werden.



In der Ansicht **Graphische Darstellung** werden die Eigenformen, Informationen zu den Eigenfrequenzen sowie die Verformungen dargestellt.



4.2.4 Ausgabe des Berichts

Der Bericht ist für das gewählte Beispiel in einer verkleinerten Form auf den folgenden Seiten dargestellt. Der rechnerische Nachweis kann für das vorliegende System geführt werden.

Von den tabellarischen Ausgaben werden jeweils lediglich die ersten Seiten exemplarisch dargestellt.

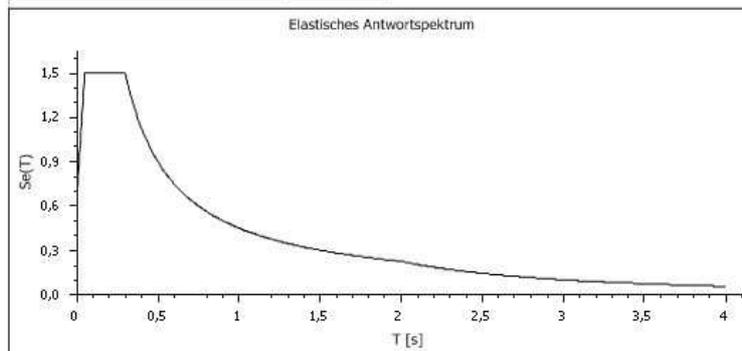


SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Gebäude- und Erdbebedaten

Eigenschaft	Wert
Erdbebenzone:	1
Bedeutungskategorie:	II
Bedeutungsbeiwert	1
Art der Verkehrslasten:	2
Viskose Dämpfung:	5,00%
Verhaltensbeiwert q_x :	1,5
Verhaltensbeiwert q_y :	1,5
Anzahl Stockwerke:	2
Höhe h des Stockwerks 1:	280,0 cm
Höhe h des Stockwerks 2:	280,0 cm



Parameter des horizontalen Antwortspektrums				
Untergrundtyp	S	T_B	T_C	T_D
		[s]	[s]	[s]
C-R	1,50	0,05	0,30	2,00

Materialdaten

Wandscheibentypen:

Wandscheibentyp	Material	t	E_{st}/E_{cm}	μ	ρ	σ_r
		[mm]	[N/mm ²]	[-]	[kg/m ³]	[-]
Mauerwerk SFK 8	Mauerziegel IIa	300	4070,00	0,10	900,00	6E-06
Mauerwerk SFK 12	Kalksandsteine Dünnbettmörtel	175	9500,00	0,10	2000,00	8E-06

Wandscheibentyp	SFK	Stoßfugen vermörtelt	f_s	f_{s0}	f_{sr}
			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
Mauerwerk SFK 8	8	Ja	3,7	0,18	0,32
Mauerwerk SFK 12	20	Nein	10	0,11	0,66

Deckentypen:

Lizenziert für: SDA

Seite 2



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Deckentyp	Material	t	E_{cm}	μ	ρ	σ_r
		[mm]	[N/mm ²]	[-]	[kg/m ³]	[-]
Stahlbetondecke	C25/30	200	26700,00	0,167	2500	1E-05

Deckentyp	f_{ct}
	[N/mm ²]
Stahlbetondecke	25

Dachtyp:

Dachtyp	Material	t	E_{cm}	μ	ρ	σ_r
		[mm]	[N/mm ²]	[-]	[kg/m ³]	[-]
Stahlbetond.-Dach	C25/30	200	26700,00	0,167	2500	1E-05

Dachtyp	f_{ct}
	[N/mm ²]
Stahlbetond.-Dach	25



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Grundrissdaten für Stockwerk 1

Wandscheiben

Nr.	Wandscheibentyp	Lastabtrag*	t [mm]	lw [cm]	X _i [cm]	Y _i [cm]	X _e [cm]	Y _e [cm]
w1	Mauerwerk SFK 8	v→h	300	140,0	15,0	15,0	155,0	15,0
w2	Mauerwerk SFK 8	v→h	300	133,8	507,4	15,0	641,2	15,0
w3	Mauerwerk SFK 8	v→h	300	1270,0	15,0	15,0	15,0	1285,0
w4	Mauerwerk SFK 12	v→h	175	1270,0	641,2	15,0	641,2	1285,0
w5	Mauerwerk SFK 8	v→h	300	140,0	15,0	1285,0	155,0	1285,0
w6	Mauerwerk SFK 8	v→h	300	133,8	507,4	1285,0	641,2	1285,0
w7	Mauerwerk SFK 12	v→h	175	250,0	391,2	476,2	641,2	476,2
w8	Mauerwerk SFK 12	v→h	175	250,0	391,2	823,8	641,2	823,8

*: v = Vertikaler Lastabtrag, h = Horizontaler Lastabtrag, v→h = Vertikaler und Horizontaler Lastabtrag

Decke

	Punktliste [cm]
Randpolygon	{X=15, Y=15}; {X=15, Y=1285}; {X=641,2, Y=1285}; {X=641,2, Y=15}
Stockwerksfläche	79,53 m ²



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Grundrissdaten für Stockwerk 2

Wandscheiben

Nr.	Wandscheibentyp	Lastabtrag*	t [mm]	lw [cm]	X ₁ [cm]	Y ₁ [cm]	X ₂ [cm]	Y ₂ [cm]
w1	Mauerwerk SFK 8	v+h	300	140,0	15,0	15,0	155,0	15,0
w2	Mauerwerk SFK 8	v+h	300	133,8	507,4	15,0	641,2	15,0
w3	Mauerwerk SFK 8	v+h	300	1270,0	15,0	15,0	15,0	1285,0
w4	Mauerwerk SFK 12	v+h	175	1270,0	641,2	15,0	641,2	1285,0
w5	Mauerwerk SFK 8	v+h	300	140,0	15,0	1285,0	155,0	1285,0
w6	Mauerwerk SFK 8	v+h	300	133,8	507,4	1285,0	641,2	1285,0
w7	Mauerwerk SFK 12	v+h	175	220,0	421,2	476,2	641,2	476,2

*: v = Vertikaler Lastabtrag, h = Horizontaler Lastabtrag, v+h = Vertikaler und Horizontaler Lastabtrag

Decke

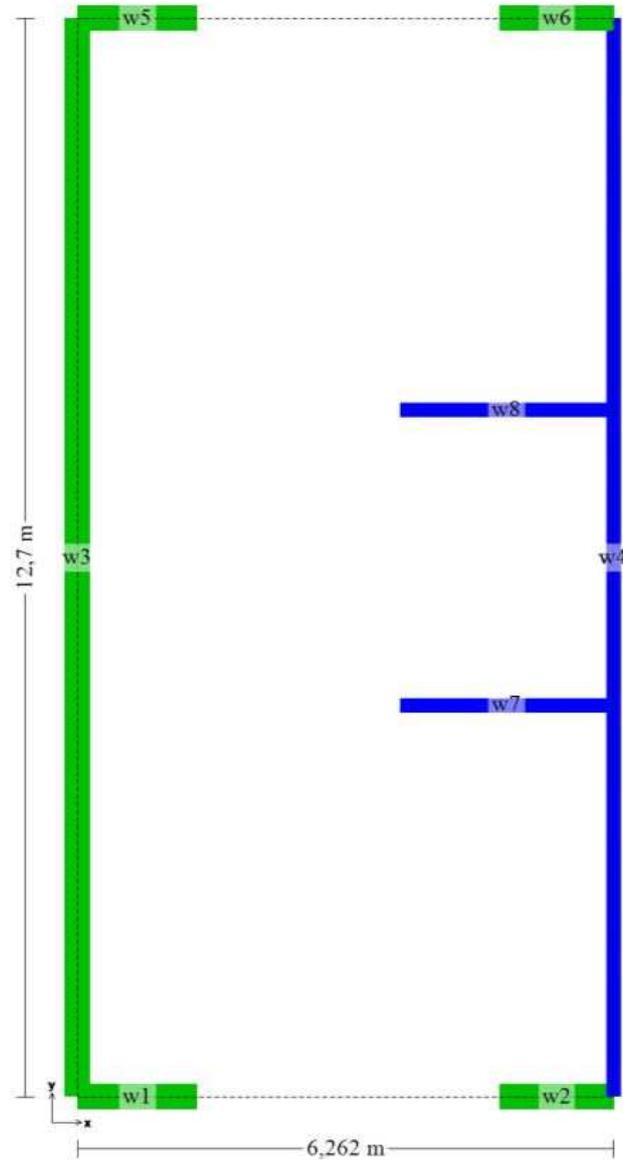
	Punktliste [cm]
Randpolygon	{X=15, Y=15}; {X=15, Y=1285}; {X=641,2, Y=1285}; {X=641,2, Y=15}
Stockwerksfläche	79,53 m ²



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Grundriss Stockwerk 1



Lizenziert für: SDA

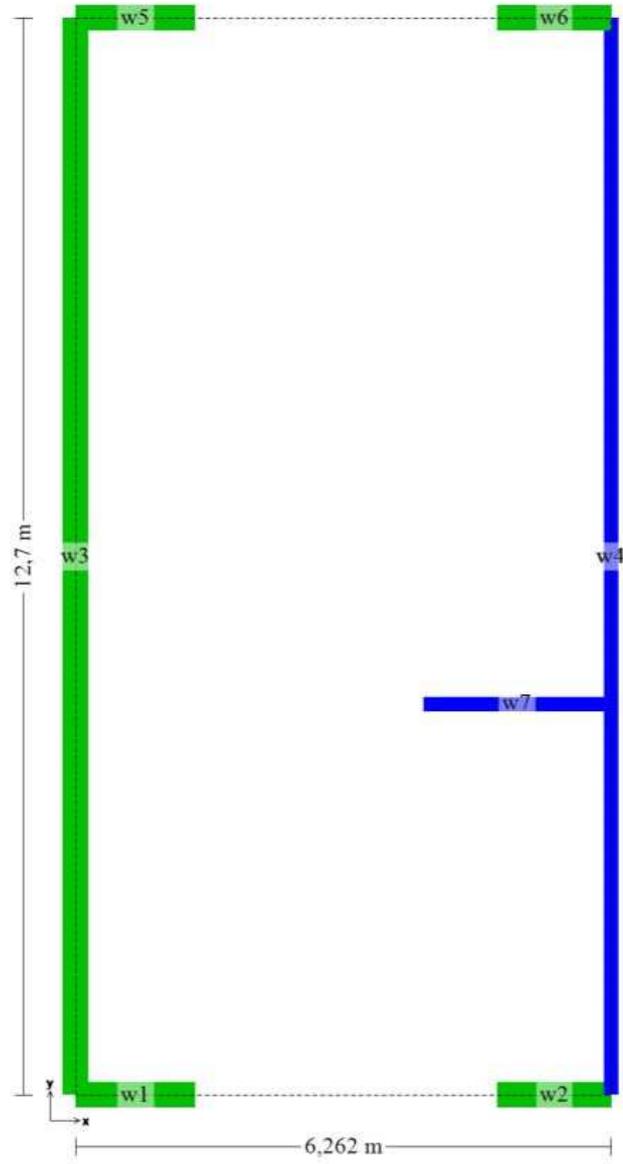
Seite 6



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Grundriss Stockwerk 2



Lizenziert für: SDA

Seite 7



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Lasten

Lasten

Stockwerk	Eigengew. [kN/m ²]	zus. st. Last [kN/m ²]	Verkehrsl. 1 [kN/m ²]	ψ _{s,1} [-]	ψ _{s,1} [-]	Verkehrsl. 2 [kN/m ²]	ψ _{s,2} [-]	ψ _{s,2} [-]
1	5,00	1,50	2,70	0,30	0,70	0,00	0,00	0,00
2	5,00	3,00	2,70	0,30	0,70	0,45	0,50	0,00

Lastdaten für Wind

Positive x/y-Richtung				
Stockwerk	Windkräfte x- Richtung [kN]	Windkräfte y- Richtung [kN]	Torsionsfaktor x [-]	Torsionsfaktor y [-]
1	27,30	13,65	1,00	1,00
2	27,30	13,65	1,00	1,00

Negative x/y-Richtung				
Stockwerk	Windkräfte x- Richtung [kN]	Windkräfte y- Richtung [kN]	Torsionsfaktor x [-]	Torsionsfaktor y [-]
1	27,30	13,65	1,00	1,00
2	27,30	13,65	1,00	1,00

Auflistung der Lastfallkombinationen

Lastfall Erdbeben

Kombination	Beschreibung
1	1 STAT. + 1.0x + 0.3y
2	2 STAT. - 1.0x - 0.3y
3	3 STAT. - 1.0x + 0.3y
4	4 STAT. + 1.0x - 0.3y
5	5 STAT. - 0.3x + 1.0y
6	6 STAT. - 0.3x - 1.0y
7	7 STAT. - 0.3x + 1.0y
8	8 STAT. + 0.3x - 1.0y

Legende:

STAT. aus: 1.0 (Eigengew. + zus. st. Lasten) + ψ_{s,2_Decke} * Verk. 1 + ψ_{s,2_Dach} * Verk. 2



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

180	[g] Ständ. Last [ug] Verk. 1 [ug] Verk. 2 [g][Le]-Wind Y
181	[g] Ständ. Last [g] Verk. 1 [ug] Verk. 2 [g][Le] Wind X
182	[g] Ständ. Last [g] Verk. 1 [ug] Verk. 2 [g][Le] Wind Y
183	[g] Ständ. Last [g] Verk. 1 [ug] Verk. 2 [g][Le]-Wind X
184	[g] Ständ. Last [g] Verk. 1 [ug] Verk. 2 [g][Le]-Wind Y
185	[g] Ständ. Last [ug] Verk. 1 [g] Verk. 2 [g][Le] Wind X
186	[g] Ständ. Last [ug] Verk. 1 [g] Verk. 2 [g][Le] Wind Y
187	[g] Ständ. Last [ug] Verk. 1 [g] Verk. 2 [g][Le]-Wind X
188	[g] Ständ. Last [ug] Verk. 1 [g] Verk. 2 [g][Le]-Wind Y
189	[g] Ständ. Last [g] Verk. 1 [g] Verk. 2 [g][Le] Wind X
190	[g] Ständ. Last [g] Verk. 1 [g] Verk. 2 [g][Le] Wind Y
191	[g] Ständ. Last [g] Verk. 1 [g] Verk. 2 [g][Le]-Wind X
192	[g] Ständ. Last [g] Verk. 1 [g] Verk. 2 [g][Le]-Wind Y
193	Selt. Komb. ständ. Last + [Le]Wind X + Verk. 1 + Verk. 2
194	Selt. Komb. ständ. Last + [Le]Wind Y + Verk. 1 + Verk. 2
195	Selt. Komb. ständ. Last + Wind X + [Le]Verk. 1 + Verk. 2
196	Selt. Komb. ständ. Last + Wind Y + [Le]Verk. 1 + Verk. 2
197	Selt. Komb. ständ. Last + Wind X + Verk. 1 + [Le]Verk. 2
198	Selt. Komb. ständ. Last + Wind Y + Verk. 1 + [Le]Verk. 2
199	Selt. Komb. ständ. Last + [Le]-Wind X + Verk. 1 + Verk. 2
200	Selt. Komb. ständ. Last + [Le]-Wind Y + Verk. 1 + Verk. 2
201	Selt. Komb. ständ. Last + -Wind X + [Le]Verk. 1 + Verk. 2
202	Selt. Komb. ständ. Last + -Wind Y + [Le]Verk. 1 + Verk. 2
203	Selt. Komb. ständ. Last + -Wind X + Verk. 1 + [Le]Verk. 2
204	Selt. Komb. ständ. Last + -Wind Y + Verk. 1 + [Le]Verk. 2

Legende:

[g] = günstig

[ug] = ungünstig

[Le] = Leitewirkung

Ständ. Last = Eigengewicht + zus. st. Lasten

Schnittgrößen

Statische Lastfälle

Eigengewicht

Stockwerk 1

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	-43,3336	0,0000	0,0000	-33,8778	0,0000	0,0000
1	2	-58,5377	0,0000	0,0000	-49,5006	0,0000	0,0000
1	3	-436,2280	0,0000	0,0000	-350,4499	0,0000	0,0000
1	4	-336,8522	0,0000	0,0000	-225,6583	0,0000	0,0000
1	5	-48,2518	0,0000	0,0000	-38,7959	0,0000	0,0000
1	6	-61,0107	0,0000	0,0000	-51,9736	0,0000	0,0000
1	7	-232,1463	0,0000	0,0000	-210,2577	0,0000	0,0000
1	8	-133,1984	0,0000	0,0000	-111,3099	0,0000	0,0000



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Stockwerk 1

Stockwerk	Wand	Wand fuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	18,1960	7,7943	21,9496	18,1751	7,6573	1,9765
1	2	-19,3934	6,6145	19,1681	-19,3689	6,4885	2,2587
1	3	-61,0091	-2,8723	14,8552	-60,9343	-2,8656	22,1393
1	4	168,3080	2,7597	-106,3665	168,1076	2,7578	-113,2432
1	5	20,9269	6,4780	20,6698	20,9024	6,3497	4,0689
1	6	-22,4879	5,9231	18,3513	-22,4596	5,8029	3,2074
1	7	-89,6729	40,4061	128,7071	-89,5623	40,0975	23,1651
1	8	-31,8603	58,5086	118,7150	-31,8186	58,1743	-35,6397

Stockwerk 2

Stockwerk	Wand	Wand fuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
2	1	4,6174	12,2198	17,9571	4,5664	11,4968	-12,7670
2	2	-5,9079	9,8381	15,2626	-5,8510	9,1487	-9,3014
2	3	-23,9106	11,7777	24,6001	-23,7304	11,7513	-5,6286
2	4	51,7230	-11,8488	-86,8737	51,2617	-11,8016	-56,3129
2	5	6,2455	13,5071	20,3111	6,1853	12,7738	-13,7244
2	6	-7,4732	11,7167	18,1519	-7,4061	11,0176	-11,2348
2	7	-37,4027	52,9588	94,4123	-37,2083	51,4999	-44,3785

2 Eigenform X

Stockwerk 1

Stockwerk	Wand	Wand fuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	0,0113	0,1371	0,2551	0,0113	0,1340	-0,0953
1	2	-0,2036	0,1280	0,2264	-0,2031	0,1251	-0,0999
1	3	2,3767	0,1699	7,8406	2,3709	0,1677	7,3940
1	4	3,8344	-0,0307	6,2750	3,8255	-0,0315	6,3479
1	5	0,8382	0,1577	0,2584	0,8361	0,1548	-0,1445
1	6	0,3826	0,1126	0,2464	0,3817	0,1093	-0,0405
1	7	0,8502	0,7569	1,4350	0,8483	0,7487	-0,5395
1	8	-0,1469	0,6098	1,3804	-0,1465	0,6024	-0,2244

Stockwerk 2

Stockwerk	Wand	Wand fuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
2	1	-0,0920	0,0522	0,0080	-0,0919	0,0416	-0,1147
2	2	-0,1328	-0,0430	-0,0218	-0,1314	-0,0524	0,0999
2	3	2,4065	0,3746	5,8452	2,3890	0,3629	4,8263
2	4	1,9461	-0,2717	5,2916	1,9337	-0,2767	5,9302
2	5	0,9609	-0,4761	-0,1374	0,9550	-0,4840	1,0977
2	6	0,8768	0,5570	0,2649	0,8732	0,5415	-1,1491
2	7	1,9660	1,2246	0,3823	1,9579	1,1984	-2,8505

3 Eigenform X

Lizenziert für: SDA

Seite 18



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Stockwerk 1

Kombination: SRSS x

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	18,2485	8,0471	21,9802	18,2266	7,9024	2,2982
1	2	19,4366	6,8377	19,2014	19,4112	6,7222	2,6004
1	3	61,1737	27,5255	36,5350	61,0961	27,2209	26,0768
1	4	168,3695	31,0996	117,8336	168,1687	30,6670	115,1465
1	5	20,9699	6,7595	20,7094	20,9448	6,6198	4,2856
1	6	22,5444	6,1847	18,3925	22,5148	6,0520	3,4786
1	7	89,7252	40,9761	128,8017	89,6136	40,6522	23,7869
1	8	32,0038	58,9681	118,8505	31,9587	58,6259	35,8321

Kombination: SRSS y

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	3,7040	2,0801	2,6825	3,6570	1,9106	2,3563
1	2	4,0830	2,3423	2,6871	4,0237	2,1621	3,0167
1	3	7,5807	41,2283	112,4747	7,4595	40,0850	29,9465
1	4	4,0608	51,6236	156,0844	3,9972	50,0757	49,9439
1	5	3,8721	2,2637	2,9102	3,8205	2,0741	2,5734
1	6	4,2116	2,6272	2,9790	4,1524	2,4207	3,4345
1	7	1,3701	6,9062	10,2521	1,3544	6,5442	7,0435
1	8	6,7119	4,6161	12,1513	6,6227	4,2605	1,4465

Stockwerk 2

Kombination: SRSS x

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
2	1	4,8214	12,3623	18,0033	4,7632	11,6438	12,8369
2	2	6,0278	9,9653	15,2986	5,9675	9,2793	9,3774
2	3	24,1129	25,4205	28,6986	23,9294	25,0108	9,5954
2	4	51,8045	27,0028	89,7023	51,3420	26,2218	56,7882
2	5	6,3448	13,6911	20,3603	6,2831	12,9625	13,7864
2	6	7,5871	11,8794	18,1911	7,5149	11,1836	11,5048
2	7	37,5958	53,1295	94,5625	37,3980	51,6764	44,6455

Kombination: SRSS y

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
2	1	2,2287	1,4744	2,8095	2,1252	1,5177	1,5213
2	2	2,5088	1,4442	2,0004	2,3669	1,4571	2,0348
2	3	5,8494	29,2322	48,8424	5,5687	25,8911	9,7111
2	4	6,2685	35,1442	66,1556	6,1297	30,6293	10,6707
2	5	2,5307	2,0388	3,4740	2,4098	2,1120	2,2457
2	6	2,3136	1,2338	2,0998	2,1723	1,2616	1,4062
2	7	3,4819	6,4723	12,8180	3,4306	6,6670	5,3697



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Kombination: SRSS + 1.0 x + 0.3 y

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	19,3597	8,6712	22,7850	19,3237	8,4756	3,0051
1	2	20,6615	7,5603	20,0073	20,6183	7,3708	3,5054
1	3	63,4479	39,8940	70,2774	63,3340	39,2463	35,0607
1	4	169,5878	46,5866	164,6589	169,3679	45,6897	130,1297
1	5	22,1315	7,4386	21,5825	22,0909	7,2421	5,0576
1	6	23,8079	6,9729	19,2862	23,7605	6,7783	4,5090
1	7	90,1362	43,0480	131,8773	90,0200	42,6155	25,9019
1	8	34,0174	60,3529	122,4958	33,9455	59,9040	36,2661

Kombination: SRSS - 1.0 x - 0.3 y

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	-19,3597	-8,6712	-22,7850	-19,3237	-8,4756	-3,0051
1	2	-20,6615	-7,5603	-20,0073	-20,6183	-7,3708	-3,5054
1	3	-63,4479	-39,8940	-70,2774	-63,3340	-39,2463	-35,0607
1	4	-169,5878	-46,5866	-164,6589	-169,3679	-45,6897	-130,1297
1	5	-22,1315	-7,4386	-21,5825	-22,0909	-7,2421	-5,0576
1	6	-23,8079	-6,9729	-19,2862	-23,7605	-6,7783	-4,5090
1	7	-90,1362	-43,0480	-131,8773	-90,0200	-42,6155	-25,9019
1	8	-34,0174	-60,3529	-122,4958	-33,9455	-59,9040	-36,2661

Kombination: SRSS - 1.0 x + 0.3 y

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	-17,1373	-7,4231	-21,1755	-17,1295	-7,3292	-1,5913
1	2	-18,2117	-6,1550	-18,3952	-18,2041	-6,0735	-1,6954
1	3	-58,8995	-15,1570	-2,7926	-58,8582	-15,1954	-17,0928
1	4	-167,1513	-15,6125	-71,0082	-166,9695	-15,6443	-100,1633
1	5	-19,8083	-6,0803	-19,8364	-19,7986	-5,9976	-3,5136
1	6	-21,2810	-5,3966	-17,4988	-21,2691	-5,3258	-2,4483
1	7	-89,3141	-38,9043	-125,7261	-89,2073	-38,6890	-21,6758
1	8	-29,9902	-57,5832	-115,2051	-29,9718	-57,3477	-35,3982

Kombination: SRSS + 1.0 x - 0.3 y

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	17,1373	7,4231	21,1755	17,1295	7,3292	1,5913
1	2	18,2117	6,1550	18,3952	18,2041	6,0735	1,6954
1	3	58,8995	15,1570	2,7926	58,8582	15,1954	17,0928
1	4	167,1513	15,6125	71,0082	166,9695	15,6443	100,1633
1	5	19,8083	6,0803	19,8364	19,7986	5,9976	3,5136
1	6	21,2810	5,3966	17,4988	21,2691	5,3258	2,4483
1	7	89,3141	38,9043	125,7261	89,2073	38,6890	21,6758
1	8	29,9902	57,5832	115,2051	29,9718	57,3477	35,3982

Kombination: SRSS + 0.3 x + 1.0 y

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1						
1	2						
1	3						
1	4						
1	5						
1	6						
1	7						
1	8						

Lizenziert für: SDA

Seite 32



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Harzenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Stockwerk 2

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
2	1	-32,0914	12,8046	18,8463	-22,7248	12,0991	13,2933
2	2	-38,5601	10,3983	15,8987	-29,6259	9,7164	9,9878
2	3	-295,5538	34,1902	43,3513	-210,0434	32,7781	12,5087
2	4	-181,4609	37,5461	109,5490	-70,7712	35,4106	59,9894
2	5	-40,8244	14,3028	21,4026	-31,4665	13,5961	14,4601
2	6	-48,0754	12,2493	18,8210	-39,1530	11,5621	11,7267
2	7	-194,1927	55,0712	98,4079	-175,1440	53,6765	46,2564

2 STAT. - 1.0x - 0.3y

Stockwerk 1

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	-76,4864	-8,6712	-22,7850	-66,8946	-8,4758	-3,0051
1	2	-104,5529	-7,5603	-20,0075	-95,4726	-7,3708	-3,5054
1	3	-668,5337	-39,8940	-70,2774	-582,6416	-39,2463	-35,0607
1	4	-580,0342	-46,5866	-164,6589	-468,6204	-45,6897	-130,1297
1	5	-88,1496	-7,4386	-21,5825	-78,6531	-7,2421	-5,0576
1	6	-112,4777	-6,9729	-19,2862	-103,3932	-6,7783	-4,5090
1	7	-446,5490	-43,0480	-131,8773	-424,5441	-42,6155	-25,9019
1	8	-220,5265	-60,3529	-122,4958	-198,5661	-59,9040	-36,2661

Stockwerk 2

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
2	1	-43,0714	-12,8046	-18,8463	-33,5262	-12,0991	-13,2933
2	2	-52,1210	-10,3985	-15,8987	-42,9810	-9,7164	-9,9878
2	3	-347,2893	-34,1902	-43,3513	-261,2434	-32,7781	-12,5087
2	4	-288,8311	-37,5461	-109,5490	-177,1331	-35,4106	-59,9894
2	5	-55,0323	-14,3028	-21,4026	-45,4786	-13,5961	-14,4601
2	6	-64,6379	-12,2493	-18,8210	-55,4861	-11,5621	-11,7267
2	7	-271,4735	-55,0712	-98,4079	-251,9983	-53,6765	-46,2564

3 STAT. - 1.0x + 0.3y

Stockwerk 1

Stockwerk	Wand	Wandfuß			Wandkopf		
		N [kN]	Q [kN]	M [kNm]	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	1	-74,2640	-7,4231	-21,1755	-64,8004	-7,3292	-1,5913
1	2	-102,1031	-6,1550	-18,3952	-93,0584	-6,0735	-1,6954
1	3	-663,9853	-15,1570	-2,7926	-578,1659	-15,1954	-17,0928
1	4	-577,5977	-15,6123	-71,0082	-466,2220	-15,6443	-100,1633
1	5	-85,8263	-6,0803	-19,8364	-76,3608	-5,9976	-3,5136
1	6	-109,9508	-5,3966	-17,4988	-100,9018	-5,3258	-2,4483
1	7	-445,7269	-38,9043	-125,7261	-423,7315	-38,6890	-21,6758
1	8	-216,4994	-57,5832	-115,2051	-194,5924	-57,3477	-35,3982

Lizenziert für: SDA

Seite 36



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Wand	h _a [m]	gehalten	rechn. geh.	b _s [m]	β
w1	1,60	3	3	1,40	0,75
w2	1,58	3	3	1,34	0,75
w3	1,95	4	2	12,70	0,75
w4	1,65	4	4	4,61	0,75
w5	1,60	3	3	1,40	0,75
w6	1,58	3	3	1,34	0,75
w7	1,83	3	3	2,50	0,75
w8	1,83	3	3	2,50	0,75

Es sind folgende Bedingungen bzgl. der Auflagertiefe a einzuhalten:

Für Wanddicken $t \geq 125 \text{ mm}$: $a \geq 2/3 * d$

Für Wanddicken $t < 125 \text{ mm}$: $a \geq 85 \text{ mm}$

Stockwerk 2

Wand	h _a [m]	gehalten	rechn. geh.	b _s [m]	β
w1	1,60	3	3	1,40	0,75
w2	1,58	3	3	1,34	0,75
w3	1,95	4	2	12,70	0,75
w4	1,95	4	2	8,09	0,75
w5	1,60	3	3	1,40	0,75
w6	1,58	3	3	1,34	0,75
w7	1,79	3	3	2,20	0,75

Es sind folgende Bedingungen bzgl. der Auflagertiefe a einzuhalten:

Für Wanddicken $t \geq 125 \text{ mm}$: $a \geq 2/3 * d$

Für Wanddicken $t < 125 \text{ mm}$: $a \geq 85 \text{ mm}$



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Eigenfrequenzen

Eigenform	Frequenz	Periode	Akt. Masse X	Akt. Masse Y
	[Hz]	[s]	[%]	[%]
1	6,359	0,157	70,623	0,000
2	8,902	0,112	1,062	0,003
3	13,604	0,074	1,202	0,058
4	16,567	0,060	0,241	0,050
5	16,742	0,060	0,274	0,012
6	16,951	0,059	0,006	0,003
7	17,472	0,057	0,077	2,736
8	21,284	0,047	4,160	21,164
9	21,453	0,047	2,128	23,072
10	22,292	0,045	3,984	0,023
11	23,383	0,043	0,004	18,763
12	23,858	0,042	0,019	12,930

Gesamtmasse [t]: 187,11

Summe aktivierte Masse x [%]: 83,780

Summe aktivierte Masse y [%]: 78,818

Stockwerksmassen & Mittelpunkte

Stockwerk	Masse*	Fläche	Steifigkeitsmittelpunkt X	Steifigkeitsmittelpunkt Y	Massenschwerpunkt X	Massenschwerpunkt Y
	[t]	[m ²]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
1	85,69	79,53	376,04	650,00	349,54	650,00
2	87,42	79,53	376,04	551,11	342,18	645,98

* Aktivierte Massen für den Lastfall Erdbeben inkl. anteiliger Verkehrslasten

Min. Max. Einwirkungen

Stockwerk 1



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Maximale Einwirkungen Lastfall Erdbeben (N als Referenz)

Wand	Wandfuß			Wandkopf		
	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]
1	-37,77	8,67	22,78	-28,35	8,48	3,01
2	-63,23	7,56	20,01	-54,24	7,37	3,51
3	-541,64	39,89	70,28	-455,97	39,25	35,06
4	-240,86	46,59	164,66	-129,88	45,69	130,13
5	-43,89	7,44	21,58	-34,47	7,24	5,06
6	-64,86	6,97	19,29	-55,87	6,78	4,51
7	-266,28	43,05	131,88	-244,50	42,62	25,90
8	-152,49	60,35	122,50	-130,68	59,90	36,27

Minimale Einwirkungen Lastfall Erdbeben (N als Referenz)

Wand	Wandfuß			Wandkopf		
	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]
1	-76,49	-8,67	-22,78	-66,99	-8,48	-3,01
2	-104,55	-7,56	-20,01	-95,47	-7,37	-3,51
3	-668,53	-39,89	-70,28	-582,64	-39,25	-35,06
4	-580,03	-46,59	-164,66	-468,62	-45,69	-130,13
5	-88,15	-7,44	-21,58	-78,65	-7,24	-5,06
6	-112,48	-6,97	-19,29	-103,39	-6,78	-4,51
7	-446,53	-43,05	-131,88	-424,54	-42,62	-25,90
8	-220,53	-60,35	-122,50	-198,57	-59,90	-36,27

Maximale Einwirkungen Lastfall Erdbeben (M als Referenz)

Wand	Wandfuß			Wandkopf		
	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]
1	-37,77	8,67	22,78	-38,55	4,28	3,05
2	-63,23	7,56	20,01	-65,01	4,18	3,80
3	-579,15	49,49	123,44	-493,52	48,25	37,77
4	-355,87	60,95	191,43	-129,88	45,69	130,13
5	-43,89	7,44	21,58	-34,47	7,24	5,06
6	-64,86	6,97	19,29	-55,87	6,78	4,51
7	-266,28	43,05	131,88	-244,50	42,62	25,90
8	-152,49	60,35	122,50	-130,68	59,90	36,27

Minimale Einwirkungen Lastfall Erdbeben (M als Referenz)

Wand	Wandfuß			Wandkopf		
	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]
1	-76,49	-8,67	-22,78	-56,80	-4,28	-3,05
2	-104,55	-7,56	-20,01	-84,70	-4,18	-3,80
3	-631,02	-49,49	-123,44	-545,10	-48,25	-37,77
4	-465,02	-60,95	-191,43	-468,62	-45,69	-130,13
5	-88,15	-7,44	-21,58	-78,65	-7,24	-5,06
6	-112,48	-6,97	-19,29	-103,39	-6,78	-4,51
7	-446,53	-43,05	-131,88	-424,54	-42,62	-25,90
8	-220,53	-60,35	-122,50	-198,57	-59,90	-36,27

Maximale Einwirkungen Lastfall ständig & vorübergehend (N als Referenz)

Wand	Wandfuß				Wandkopf			
	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	LF	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	LF
1	-44,14	-5,31	-12,56	167	-34,68	-5,31	1,09	167
2	-67,54	4,69	11,11	163	-58,50	4,69	-0,92	163

Lizenziert für: SDA



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Stockwerk 1

Kombination: 1 STAT. + 1.0x + 0.3y

Nachweis am Wandfuß

Wand	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	e/w [-]	ϕ_1 [-]	N_{Rd} [kN]	σ_{Rd} [kN/m ²]	c [-]	a_s [m]	V_{Rd} [kN]
1	37,77	8,67	22,78	0,43	0,14	178,89	433,96	1,43	0,39	14,96
2	63,23	7,56	20,01	0,24	0,53	652,26	199,26	1,47	1,41	43,94
3	541,64	39,89	70,28	0,01	0,98	11507,46	96,75	1,00	14,29	586,98
4	240,86	46,59	164,66	0,03	0,89	16526,90	80,97	1,00	14,29	296,67
5	43,89	7,44	21,58	0,35	0,30	385,21	234,19	1,43	0,83	27,61
6	64,86	6,97	19,29	0,22	0,56	687,57	193,91	1,47	1,49	46,08
7	266,28	43,05	131,88	0,20	0,60	2201,31	672,01	1,02	2,81	152,32
8	152,49	60,35	122,50	0,32	0,36	1302,89	650,23	1,02	1,79	94,52

Mit: $\eta=1,0$ (Erdbeben) und $\gamma_M=1,2$

Nachweis in der Wandmitte

Wand	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	e [mm]	a_s [mm]	$a_{s,c}$ [mm]	$a_{s,t}$ [mm]	ϕ_w [-]	N_{Rd} [kN]
1	33,06	8,57	12,90	0,00	3,56	0,00	3,56	0,98	559,72
2	58,73	7,47	11,76	0,00	3,51	0,00	3,51	0,98	847,07
3	498,81	39,57	52,67	0,00	4,33	0,00	4,33	0,98	10986,87
4	185,37	46,14	147,39	0,00	3,68	0,00	3,68	0,87	14018,27
5	39,18	7,34	13,32	0,00	3,56	0,00	3,56	0,98	650,21
6	60,37	6,88	11,90	0,00	3,51	0,00	3,51	0,98	852,63
7	255,39	42,83	78,89	0,00	4,06	0,83	4,89	0,83	2266,59
8	141,58	60,13	79,38	0,00	4,06	0,83	4,89	0,83	1660,22

Mit: $\eta=1,0$ (Erdbeben) und $\gamma_M=1,2$

Nachweisübersicht

Wand	Wandfuß						Wandmitte					
	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]	V_{Ed}/V_{Rd} [-]	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	N_{Ed} [kN]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]
1	37,77	8,67	22,78	178,89	14,96	0,21	0,58	33,06	8,57	12,90	559,72	0,06
2	63,23	7,56	20,01	652,26	43,94	0,10	0,17	58,73	7,47	11,76	847,07	0,07
3	541,64	39,89	70,28	11507,46	586,98	0,05	0,07	498,81	39,57	52,67	10986,87	0,05
4	240,86	46,59	164,66	16526,90	296,67	0,01	0,16	185,37	46,14	147,39	14018,27	0,01
5	43,89	7,44	21,58	385,21	27,61	0,11	0,27	39,18	7,34	13,32	650,21	0,06
6	64,86	6,97	19,29	687,57	46,08	0,09	0,15	60,37	6,88	11,90	852,63	0,07
7	266,28	43,05	131,88	2201,31	152,32	0,12	0,28	255,39	42,83	78,89	2266,59	0,11
8	152,49	60,35	122,50	1302,89	94,52	0,12	0,64	141,58	60,13	79,38	1660,22	0,09

Mit: $\eta=1,0$ (Erdbeben) und $\gamma_M=1,2$

Kombination: 2 STAT. - 1.0x - 0.3y

Nachweis am Wandfuß

Wand	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	e/w [-]	ϕ_1 [-]	N_{Rd} [kN]	σ_{Rd} [kN/m ²]	c [-]	a_s [m]	V_{Rd} [kN]
1	76,49	8,67	22,78	0,21	0,57	743,89	211,35	1,43	1,58	51,14
2	104,55	7,56	20,01	0,14	0,71	883,63	243,22	1,47	1,51	48,85
3	668,53	39,89	70,28	0,01	0,98	11553,02	118,95	1,00	14,29	602,41
4	580,03	46,59	164,66	0,02	0,96	17692,86	182,13	1,00	14,29	380,99
5	88,15	7,44	21,58	0,17	0,65	842,05	215,19	1,43	1,58	51,33
6	112,48	6,97	19,29	0,13	0,74	920,44	251,19	1,47	1,51	49,20
7	446,55	43,05	131,88	0,12	0,76	2784,47	890,95	1,02	2,81	183,08

Lizenziert für: SDA

Seite 46



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Nachweis Normalkraft am Wandfuß

Wand	maßg. Lastfa(e)ll(e) Normalkraft						Randdehnung				
	N_{xe} [kN]	V_{xe} [kN]	M_{xe} [kNm]	e/w [-]	Φ_1 [-]	N_{xa} [kN]	LF	N_{xe} [kN]	M_{xe} [kNm]	ϵ_x [10 ⁻⁴]	LF
1	93,56	5,31	12,56	0,13	0,81	711,71	65	entf	entf	entf	entf
2	135,12	4,69	11,11	0,08	0,88	738,19	67	entf	entf	entf	entf
3	976,14	0,66	3,84	0,00	1,00	7983,36	3	entf	entf	entf	entf
4	669,19	1,09	44,33	0,07	0,99	12462,78	65	entf	entf	entf	entf
5	108,12	4,80	12,06	0,11	0,84	740,33	65	entf	entf	entf	entf
6	143,60	4,39	10,77	0,08	0,89	747,22	67	entf	entf	entf	entf
7	612,30	15,82	42,33	0,07	0,94	2342,07	3	entf	entf	entf	entf
8	305,55	33,35	66,79	0,22	0,83	2045,60	67	entf	entf	entf	entf

Mit: $\gamma=0,85$ (Ständig + Vorübergehend) und $\gamma_{1d}=1,5$

Nachweis Querkraft am Wandfuß

Wand	maßg. Lastfa(e)ll(e) Querkraft							
	N_{xe} [kN]	V_{xe} [kN]	M_{xe} [kNm]	σ_{os} [kN/m ²]	c [-]	σ_s [m]	V_{xa} [kN]	LF
1	44,14	5,31	12,56	118,06	1,43	1,58	37,15	167
2	67,54	4,69	11,11	148,73	1,47	1,51	35,65	165
3	556,86	19,88	60,97	99,15	1,00	14,29	470,93	168
4	390,31	20,99	69,84	120,47	1,00	14,29	263,68	168
5	50,90	4,80	12,06	122,11	1,43	1,58	37,32	167
6	70,47	4,39	10,77	151,70	1,47	1,51	35,77	165
7	281,02	26,37	70,54	535,83	1,02	2,81	104,33	165
8	151,48	33,35	66,79	356,63	1,02	2,81	81,28	165

Mit: $\gamma=0,85$ (Ständig + Vorübergehend) und $\gamma_{1d}=1,5$

Nachweis Normalkraft in der Wandmitte

Wand	maßg. Lastfa(e)ll(e) Normalkraft									
	N_{xe} [kN]	V_{xe} [kN]	M_{xe} [kNm]	e [mm]	ϵ_s [mm]	ϵ_{os} [mm]	ϵ_m [mm]	Φ_m [-]	N_{xa} [kN]	LF
1	87,18	5,31	6,83	0,00	3,56	0,00	3,56	0,98	763,48	65
2	135,29	2,81	3,61	0,00	3,51	0,00	3,51	0,98	789,15	3
3	918,24	0,66	4,67	0,00	4,33	0,00	4,33	0,95	7591,32	3
4	594,13	1,09	45,72	0,00	3,68	0,00	3,68	0,87	10764,84	65
5	101,74	4,80	6,17	0,00	3,56	0,00	3,56	0,98	785,19	65
6	143,92	2,64	3,38	0,00	3,51	0,00	3,51	0,98	793,06	3
7	597,53	15,82	21,67	0,00	4,06	0,83	4,89	0,83	1987,78	3
8	309,88	20,01	26,43	0,00	4,06	0,83	4,89	0,83	1907,50	3

Mit: $\gamma=0,85$ (Ständig + Vorübergehend) und $\gamma_{1d}=1,5$

Nachweisübersicht

Wand	Wandfuß											
	maßg. Lastfall Normalkraft					maßg. Lastfall Querkraft					Randdehnung	
	N_{xe} [kN]	V_{xe} [kN]	M_{xe} [kNm]	N_{xa} [kN]	N_{xe}/N_{xa} [-]	N_{xe} [kN]	V_{xe} [kN]	M_{xe} [kNm]	V_{xa} [kN]	V_{xe}/V_{xa} [-]	ϵ_p [10 ⁻⁴]	$\epsilon_x \leq 10^4$
1	93,56	5,31	12,56	711,71	0,13	44,14	5,31	12,56	37,15	0,14	entf	entf
2	135,12	4,69	11,11	738,19	0,18	67,54	4,69	11,11	35,65	0,13	entf	entf
3	976,14	0,66	3,84	7983,36	0,12	556,86	19,88	60,97	470,93	0,04	entf	entf
4	669,19	1,09	44,33	12462,78	0,05	390,31	20,99	69,84	263,68	0,08	entf	entf
5	108,12	4,80	12,06	740,33	0,15	50,90	4,80	12,06	37,32	0,13	entf	entf
6	143,60	4,39	10,77	747,22	0,19	70,47	4,39	10,77	35,77	0,12	entf	entf
7	612,30	15,82	42,33	2342,07	0,26	281,02	26,37	70,54	104,33	0,25	entf	entf
8	305,55	33,35	66,79	2045,60	0,15	151,48	33,35	66,79	81,28	0,41	entf	entf

Mit: $\gamma=0,85$ (Ständig + Vorübergehend) und $\gamma_{1d}=1,5$

Lizenziert für: SDA



SDA-engineering GmbH
Kaiserstr. 100, TPH III-B
52134 Herzogenrath

Tel.: +49 (0) 2407 / 5094740
Fax: +49 (0) 2407 / 5094077

Wand	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	N_{Rd} [kN]	N_{Ed}/N_{Rd} [-]
1	30,30	4,63	5,96	714,05	0,07
2	66,61	2,32	2,98	767,00	0,09
3	451,31	2,95	3,78	7587,40	0,06
4	292,25	2,95	17,49	10031,77	0,03
5	66,66	5,13	6,61	737,95	0,09
6	85,03	2,82	3,62	769,64	0,11
7	371,83	13,58	17,99	1734,35	0,21

Mit: $\eta=0,85$ (Ständig + Vorübergehend) und $\gamma_{M2}=1,5$

Versagende Wände (Lastfall Erdbeben)

Versagende Wände in Stockwerk 1

Wand	Versagende Kombination(en)
1	Keine
2	Keine
3	Keine
4	Keine
5	Keine
6	Keine
7	Keine
8	Keine

Versagende Wände in Stockwerk 2

Wand	Versagende Kombination(en)
1	Keine
2	Keine
3	Keine
4	Keine
5	Keine
6	Keine
7	Keine

Versagende Wände (Lastfall ständig & vorübergehend)

Versagende Wände in Stockwerk 1

Wand	Versagende Kombination(en)
1	Keine
2	Keine
3	Keine
4	Keine
5	Keine
6	Keine
7	Keine
8	Keine

5. Nachweisverfahren DIN 4149 - DIN 1053-1 (2D)

Das Nachweisverfahren „DIN 4149 - DIN 1053-1 (2D)“ umfasst den Nachweis über die konstruktiven Regeln ohne expliziten rechnerischen Nachweis (Vereinfachter Nachweis) nach DIN 4149 Abschn. 11.6 und den rechnerische Nachweis nach DIN 4149 (2005) in Kombination mit der DIN 1053-1 (1996).

5.1 Übersicht Eingabe/Nachweise

Eingabe/Nachweis	Din 4149 Vereinfachter Nachweis	DIN 4149 DIN 1053-1 (2D)
Gebäude- und Erdbebendaten		
Gebäudedaten	✓ ¹⁾	✓
Erdbebendaten	✓	✓
Winddaten	✗	○ ²⁾
Stockwerksdaten		
Wandscheiben	✓ ¹⁾	✓
Stützen	○ ³⁾	✓
Decken	✓ ⁴⁾	✓
Nachweise		
Vereinfacht	✓	✓
Rechnerisch – DIN 1053	✗	✓
Verformungsbasiert	✗	✗

Legende : ✓ = notwendig/aktiviert

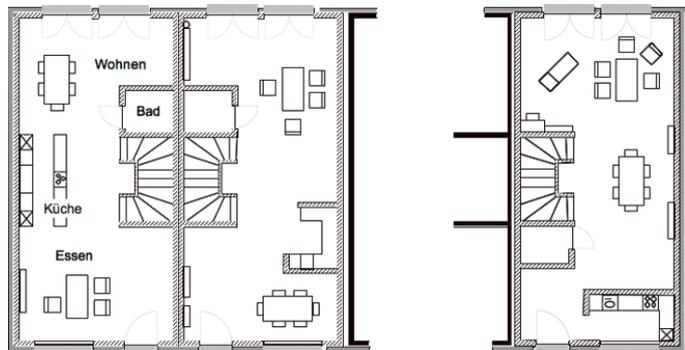
○ = optional

✗ = nicht möglich

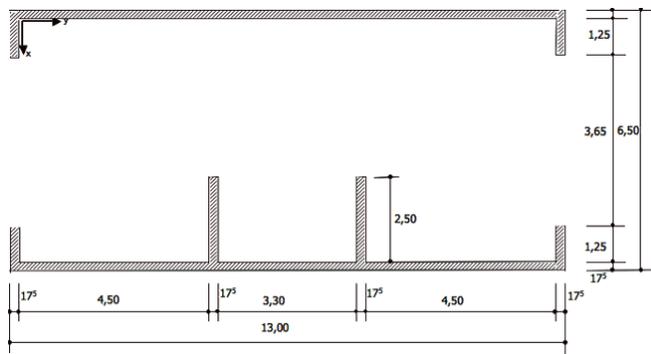
5.2 Beispiel (Vereinfachter Nachweis)

5.2.1 Systembeschreibung

Der Ablauf des vereinfachten Nachweises DIN 4149 mit allen nötigen Eingaben wird im Folgenden anhand eines einfachen Beispiels demonstriert. Gewählt wurde das in nebenstehender Abbildung im Grundriss dargestellte Reihenhaus. Das Gebäude wird mit insgesamt 2 Vollgeschossen mit einer Geschosshöhe von $h = 2,50$ m errichtet.



Die verwendete Mauerwerksart ist Kalksandstein. Die aussteifenden Mauerwerkswände sind mit der zugehörigen Bemaßung in nachfolgender Abbildung dargestellt.



5.2.2 Eingabedaten

Die Eingabe gliedert sich in drei Arbeitsschritte. Im ersten Schritt werden die Gebäudedaten, im zweiten Schritt die Erdbebendaten und zuletzt die Geometriedaten definiert. Im Folgenden werden die Eingabedaten in einer sinnvollen Eingabereihenfolge aufgelistet.

5.2.2.1 Eingabe der Norm und Gebäudedaten

- Norm: DIN 4149
- Bedeutungskategorie: Gewöhnliche Bauten (Kategorie II)
- Art der Verkehrslast: Nutzlasten und Verkehrslasten in sonstigen Gebäuden, alle Geschosse sind unabhängig voneinander genutzt
- Stockwerke: 2 Stockwerke mit $h = 250$ cm

5.2.2.2 Eingabe der Erdbebendaten

Definition des elastischen Antwortspektrums durch Benutzung der Datenbank für die Erdbebenzonen in Deutschland:

- Bundesland: Baden-Württemberg (BW)
- Kreis: Stuttgart

- Gemeinde: Stuttgart
- Gemarkung: Stuttgart-Ost
- Baugrundklasse: C

Alternative Definition des elastischen Antwortspektrums durch direkte Eingabe der standort-spezifischen Kennwerte:

- Erdbebenzone: I
- Untergrundklasse: R
- Baugrundklasse: C

5.2.2.3 Eingabe der Geometriedaten

Im ersten Schritt, der Eingabe der Geometriedaten, werden die Koordinaten, die Wanddicken und die Steindruckfestigkeitsklasse der Wandscheiben definiert. Für den vereinfachten Nachweis wird hier als Material Kalksandstein Mauerwerk nach DIN 1053-1 ausgewählt. Die Wand-eigenschaften sind in Abschnitt 5.2.2.4 zusammengestellt.

Bei der Eingabe der Geometriedaten ist insbesondere auf die konstruktive Ausführung der Mauerwerksstöße zu achten. In diesem Fall wird davon ausgegangen, dass die kürzeren Wände stumpf an die Längswände angeschlossen wurden. Es ergeben sich folgende tabellarisch zusammengefasste Eingabewerte:

Nr.	X1	Y1	X2	Y2	Länge	Typ
w1	17,5	8,8	142,5	8,8	125,0	Wandtyp 1
w2	507,5	8,8	632,5	8,8	125,0	Wandtyp 1
w3	8,8	0,0	8,8	1300,0	1300,0	Wandtyp 1
w4	641,2	0,0	641,2	1300,0	1300,0	Wandtyp 1
w5	17,5	1291,2	142,5	1291,2	125,0	Wandtyp 1
w6	507,5	1291,2	632,5	1291,2	125,0	Wandtyp 1
w7	382,5	476,2	632,5	476,2	250,0	Wandtyp 1
w8	382,5	823,8	632,5	823,8	250,0	Wandtyp 1

Die Geschosdecke erfüllt die Kriterien einer „Geschosdecke mit aussteifender Scheibenwirkung“. Die aussteifende Deckenscheibe wird über ein Randpolygon und ein Öffnungspolygon im Bereich des Treppenhauses definiert. Die Koordinaten der beiden rechteckigen Polygonzüge werden über jeweils vier Eckpunkte wie folgt definiert:

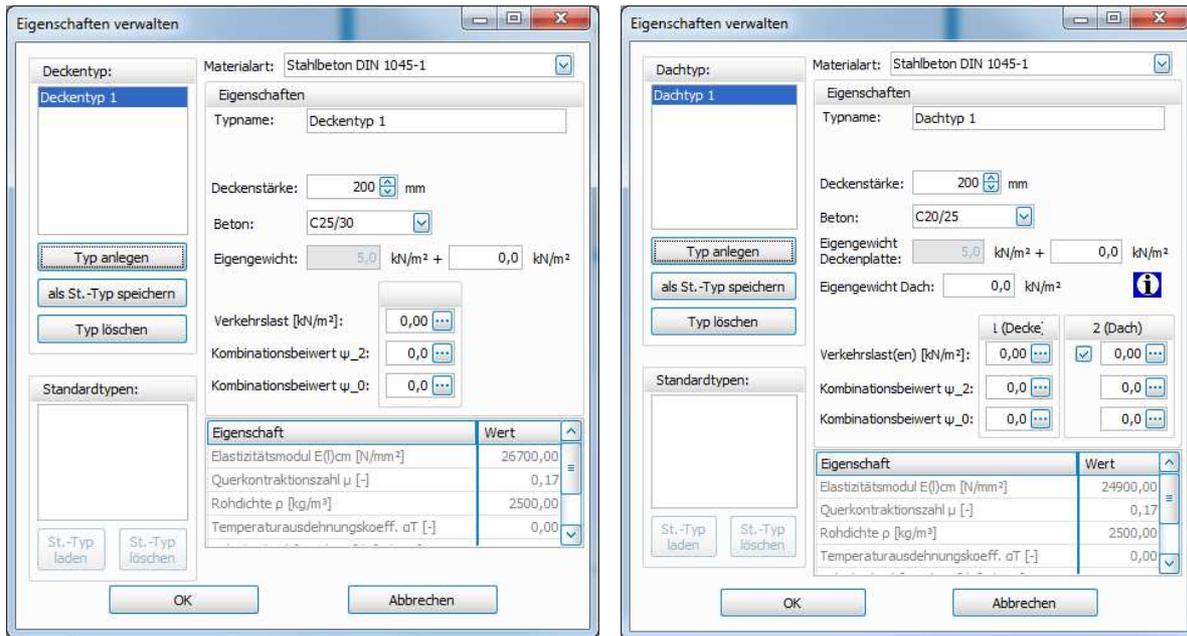
Wandscheiben		Stützen	Decke
Rand-/Öffnungspolygone		X	Y
[-] Randpolygon			
Punkt		0,0 cm	0,0 cm
Punkt		0,0 cm	1300,0 cm
Punkt		650,0 cm	1300,0 cm
Punkt		650,0 cm	0,0 cm
[-] Öffnungspolygon			
Punkt		382,5 cm	476,2 cm
Punkt		382,5 cm	823,8 cm
Punkt		632,5 cm	823,8 cm
Punkt		632,5 cm	476,2 cm

5.2.2.4 Eingabe der Wandeigenschaften

Wie in Abschnitt 1.1.7 beschrieben, öffnet sich durch Klick auf den Button **Wandscheibentypen bearbeiten** das dargestellte Eingabefenster. Die Eingaben wurden wie folgt definiert:

5.2.2.5 Eingabe der Decken-/Dacheigenschaften

Wie in Abschnitt 1.1.9 beschrieben, öffnet sich durch Klick auf den Button **Deckentypen bearbeiten** bzw. **Dachtypen bearbeiten** die in den nachfolgenden Abbildungen dargestellten Eingabefenster, aus denen die hier angesetzten Eingabedaten ersichtlich sind. Alternativ hätten hier auch die Standardtypen „Deckentyp_Allgemein“ und „Dachtyp_Allgemein“ verwendet werden können (Abschnitt 1.4).



Hinweis:

Die Lasteingaben wurden hier auf Null gesetzt, da diese für den vereinfachten Nachweis nur für die näherungsweise Bestimmung des Massenmittelpunktes erforderlich sind.

5.2.3 Durchführung des vereinfachten Nachweises

Im Rahmen des vereinfachten Nachweises sind einige grundlegende Bedingungen zu überprüfen und interaktiv nach dem Start des Nachweises einzugeben. Für dieses Beispiel werden folgende Annahmen getroffen:

- Eine ausreichende Torsionssteifigkeit liegt vor.
- Steifigkeitsmittelpunkt und Massenschwerpunkt liegen nahe beieinander.
- Alle aussteifenden Wände sind durchgehend über alle Geschosse.
- Die aussteifenden Wände tragen den überwiegenden Teil der vertikalen Lasten.
- Die vertikalen Lasten sind auf die aussteifenden Wände in beiden Gebäuderichtungen verteilt.

5.2.4 Ausgabe des Berichts

Nach Abschluss der interaktiven Eingabe erfolgt die Ausgabe des Berichts. Wesentliche Auszüge des Berichts sind für das gewählte Beispiel in einer verkleinerten Form auf den folgenden Seiten dargestellt. Der vereinfachte Nachweis kann für den vorliegenden Grundriss geführt werden.

Gebäude- und Erdbebendaten

Eigenschaft	Wert
Erdbebenzone:	1
Bedeutungskategorie:	II
Bedeutungsbeiwert	1
Art der Verkehrslasten:	2
Viskose Dämpfung:	5,00%
Verhaltensbeiwert q_x :	1,5
Verhaltensbeiwert q_y :	1,5
Anzahl Stockwerke:	2
Höhe der Stockwerke h :	250,0 cm

Elastisches Antwortspektrum

Parameter des horizontalen Antwortspektrums				
Untergrundtyp	S	T_B	T_C	T_D
		[s]	[s]	[s]
C-R	1,50	0,05	0,30	2,00

Materialdaten

Wandscheibentypen:

Wandscheibentyp	Material	t	E_w/E_{cm}	μ	ρ	σ_T
		[mm]	[N/mm ²]	[-]	[kg/m ³]	[-]
Wandtyp 1	Kalksandsteine Dünnbettonierte	175	6600,00	0,10	2000,00	8E-06

Wandscheibentyp	SFK	Stoßfugen vermörtelt	σ_w	$\sigma_{0,5S}$	β_{ax}
			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
Wandtyp 1	12	Nein	2,2	0,055	0,48

Deckentypen:

Deckentyp	Material	t	E_{cm}	μ	ρ	σ_T
		[mm]	[N/mm ²]	[-]	[kg/m ³]	[-]
Deckentyp 1	C25/30	200	26700,00	0,167	2500	1E-05

Deckentyp	f_{ctk}
	[N/mm ²]
Deckentyp 1	23

Lizenziert für: SDA-engineering GmbH Seite 4



Dachtyp:

Dachtyp	Material	t	E_{cm}	μ	ρ	σ_T
		[mm]	[N/mm ²]	[-]	[kg/m ³]	[-]
Dachtyp 1	C20/25	200	24900,00	0,167	2500	1E-05

Dachtyp	f_{ct}
Dachtyp 1	20

**Grundrissdaten für Stockwerk 1****Wandscheiben**

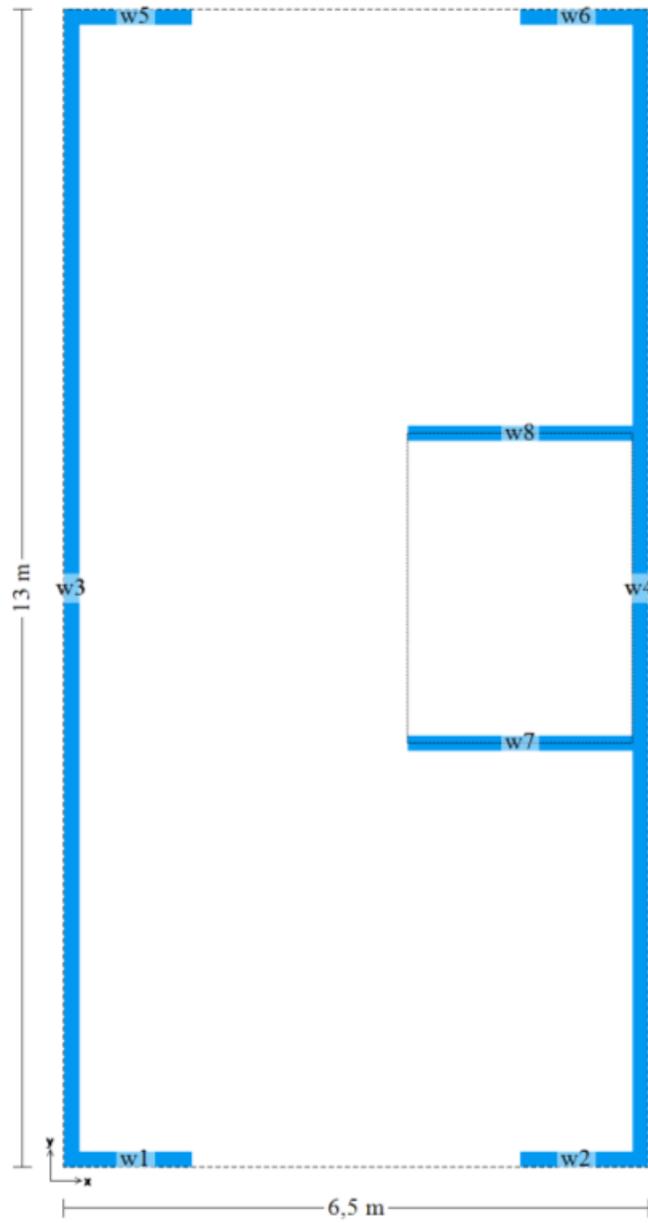
Nr.	Wandscheibentyp	Lastabtrag*	t	lw	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂
			[mm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
w1	Wandtyp 1	v+h	175	125,0	17,5	8,8	142,5	8,8
w2	Wandtyp 1	v+h	175	125,0	507,5	8,8	632,5	8,8
w3	Wandtyp 1	v+h	175	1300,0	8,8	0,0	8,8	1300,0
w4	Wandtyp 1	v+h	175	1300,0	641,2	0,0	641,2	1300,0
w5	Wandtyp 1	v+h	175	125,0	17,5	1291,2	142,5	1291,2
w6	Wandtyp 1	v+h	175	125,0	507,5	1291,2	632,5	1291,2
w7	Wandtyp 1	v+h	175	250,0	382,5	476,2	632,5	476,2
w8	Wandtyp 1	v+h	175	250,0	382,5	823,8	632,5	823,8

*. v = Vertikaler Lastabtrag, h = Horizontaler Lastabtrag, v+h = Vertikaler und Horizontaler Lastabtrag

Decke

Punktliste	
[cm]	
Randpolygon	{X=0, Y=0}; {X=0, Y=1300}; {X=650, Y=1300}; {X=650, Y=0}
Öffnungspolygon	{X=382,5, Y=476,2}; {X=382,5, Y=823,8}; {X=632,5, Y=823,8}; {X=632,5, Y=476,2}

Grundriss Stockwerk 1



Vereinfachter Nachweis nach DIN 4149, Abschnitt 11.6

Für den vereinfachten Nachweis wird vorausgesetzt, dass die maßgebenden Gebäuderichtungen der x- und y-Richtung des Zeichenfeldes entsprechen und dass die allgemeinen Konstruktionsregeln nach DIN 4149, Abschnitt 11.3 eingehalten sind. Dazu zählen:

- das Gebäude ist in allen Vollgeschossen durch Geschossdecken mit Scheibenwirkung ausgesteift.
- die aussteifenden Wände erfüllen die Mindestanforderungen nach DIN 4149, Tabelle 14.

Sind die Konstruktionsregeln nach DIN 4149, Abschnitt 11.6 (1)-(10) eingehalten, so kann auf einen rechnerischen Nachweis verzichtet werden. Im Einzelnen sind dies folgende Kriterien:

(2)	Der Gebäudegrundriss muss kompakt und annähernd rechteckig ausgebildet sein. Das Verhältnis zwischen kürzerer Seite b und längerer Seite l des Bauwerks muss größer sein als 0,25. Vorhanden: $b/l = 0,500 \geq 0,25$	✓
(3)	Die Anzahl der Vollgeschosse über Gründungsniveau sowie die Bedeutungskategorie dürfen die in DIN 4149, Abschnitt 7.1 (4) bzw. Tabelle 8 angegebenen Werte nicht überschreiten. Vorhandene Vollgeschosse: $2 \leq 4$ (Erdbebenzone 1, Bedeutungskategorie II)	✓
(3)	Die Geschosshöhe des Gebäudes darf maximal 3,50 m betragen. Vorhanden: $2,50 \text{ m} \leq 3,50 \text{ m}$	✓
(4)	Die aussteifenden Wände sind so angeordnet, dass eine ausreichende Torsionssteifigkeit sichergestellt ist	✓
(4)	Die aussteifenden Wände müssen so angeordnet sein, dass der Steifigkeitsmittelpunkt und der Massenschwerpunkt nahe beieinander liegen.	✓
(5)	Die aussteifenden Wände gehen über alle Geschosse durch.	✓
(6)	Die aussteifenden Wände tragen den überwiegenden Teil der vertikalen Lasten.	✓
(6)	Die vertikalen Lasten sind auf die aussteifenden Wände in beiden Gebäuderichtungen verteilt.	✓
(7) (9) (10)	Das Gebäude ist in beiden Gebäuderichtungen durch genügend lange Schubwände ausreichend auszusteiern. Hierfür sind jeweils die in Tabelle 15 angegebenen Mindestwerte für die auf die Geschossgrundrissfläche bezogene Schubwandquerschnittsfläche der aussteifenden Wände einzuhalten. Vorhanden: 2 Vollgeschosse Grundrissfläche je Geschoss: $84,50 \text{ m}^2$ Gesamtwandfläche: $1,75 \text{ m}^2$ (x-Richtung); $4,55 \text{ m}^2$ (y-Richtung) Erforderlich: x-Richtung: $a \times S \times \gamma = 0,60 \leq 0,06 \times g \times k = 0,6$ → erf. Wandfläche = 2,0% der Geschossgrundrissfläche = $1,69 \text{ m}^2$ → $1,75 \text{ m}^2 \geq 1,69 \text{ m}^2$ y-Richtung: $a \times S \times \gamma = 0,60 \leq 0,06 \times g \times k = 1,2$ → erf. Wandfläche = 2,0% der Geschossgrundrissfläche = $1,69 \text{ m}^2$ → $4,55 \text{ m}^2 \geq 1,69 \text{ m}^2$	✓
(8)	In jeder Gebäuderichtung müssen mindestens zwei Schubwände mit einer Länge von jeweils mindestens 1,99 m angeordnet werden. Vorhanden: x-Richtung: 2 Wände ≥ 2 Wände y-Richtung: 2 Wände ≥ 2 Wände	✓

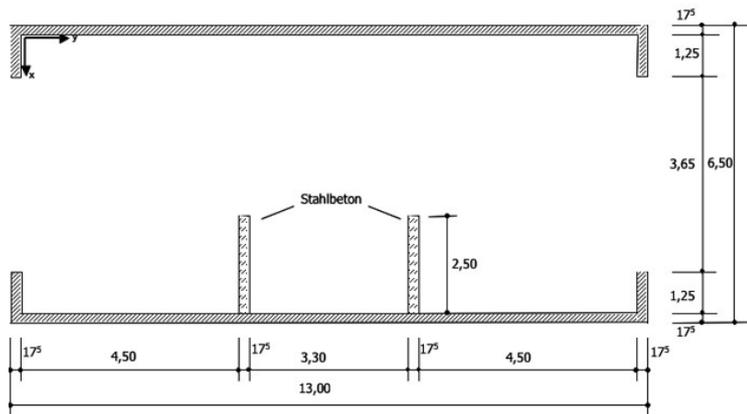
Ein rechnerischer Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit für den Lastfall Erdbeben ist somit nicht erforderlich, da alle Bedingungen erfüllt sind.

5.3 Beispiel (rechnerischer Nachweis)

5.3.1 Systembeschreibung

Der Programmablauf mit allen nötigen Eingaben wird im Folgenden anhand eines einfachen Beispiels in Mischbauweise demonstriert. Gewählt wurde das in nachfolgender Abbildung im Grundriss dargestellte Reihenhaus. Das Gebäude weist 2 Vollgeschosse mit einer Geschosshöhe von $h = 2,50$ m auf.

Die verwendete Mauerwerksart ist Kalksandstein. Zwei der Schubwände sind in Stahlbeton (C20/25) ausgeführt. Die aussteifenden Wände sind mit der zugehörigen Bemaßung in nachfolgender Abbildung dargestellt. Der Nachweis wird nach DIN 4149 in Verbindung mit DIN 1053-1 durchgeführt.



5.3.2 Eingabedaten

Die Eingabe gliedert sich in drei Arbeitsschritte. Im ersten Schritt werden die Gebäudedaten, im zweiten Schritt die Erdbebendaten und zuletzt die Geometriedaten definiert.

5.3.2.1 Eingabe der Norm und Gebäudedaten

- Norm: DIN 4149 in Verbindung mit DIN 1053-1
- Stockwerke: 2 Stockwerke mit $h = 250$ cm
- Bedeutungskategorie: Gewöhnliche Bauten (Kategorie II)
- Art der Verkehrslast: Nutzlasten und Verkehrslasten in sonstigen Gebäuden, alle Geschosse sind unabhängig voneinander genutzt
- Verhaltensbeiwerte: Verhaltensbeiwert q für x -Richtung und y -Richtung jeweils 1,5

5.3.2.2 Eingabe der Erdbebendaten

Definition des elastischen Antwortspektrums durch Benutzung der Datenbank für die Erdbebenzonen in Deutschland:

- Bundesland: Baden-Württemberg (BW)
- Kreis: Stuttgart
- Gemeinde: Stuttgart
- Gemarkung: Stuttgart-Ost
- Baugrundklasse: C

Alternative Definition des elastischen Antwortspektrums durch direkte Eingabe der standort-spezifischen Kennwerte:

- Erdbebenzone: I
- Untergrundklasse: R
- Baugrundklasse: C

5.3.2.3 Eingabe der Geometriedaten

Im ersten Schritt, der Eingabe der Geometriedaten, werden die Koordinaten, die Wanddicken und die Steindruckfestigkeitsklasse der Wandscheiben definiert. Als Material wird Kalksandstein Mauerwerk nach DIN 1053-1 ausgewählt. Die Wandeigenschaften sind in Abschnitt 5.3.2.4 zusammengestellt. Bei der Eingabe der Geometriedaten ist insbesondere auf die konstruktive Ausführung der Mauerwerksstöße zu achten. In diesem Fall wird davon ausgegangen, dass die kürzeren Wände stumpf an die Längswände angeschlossen wurden. Es ergeben sich folgende tabellarisch zusammengefasste Eingabewerte:

Nr.	X1	Y1	X2	Y2	Länge	Typ
w1	17,5	8,8	142,5	8,8	125,0	Wandtyp 1
w2	507,5	8,8	632,5	8,8	125,0	Wandtyp 1
w3	8,8	0,0	8,8	1300,0	1300,0	Wandtyp 1
w4	641,2	0,0	641,2	1300,0	1300,0	Wandtyp 1
w5	17,5	1291,2	142,5	1291,2	125,0	Wandtyp 1
w6	507,5	1291,2	632,5	1291,2	125,0	Wandtyp 1
w7	382,5	476,2	632,5	476,2	250,0	Wandtyp 2
w8	382,5	823,8	632,5	823,8	250,0	Wandtyp 2

Die Geschosdecke erfüllt die Kriterien einer „Geschosdecke mit aussteifender Scheibenwirkung“. Die aussteifende Deckenscheibe wird über ein Randpolygon und ein Öffnungspolygon im Bereich des Treppenhauses definiert. Die Koordinaten der beiden rechteckigen Polygonzüge werden über jeweils vier Eckpunkte wie folgt definiert:

Wandscheiben			Stützen		Decke	
Rand-/Öffnungspolygone		X	Y			
Randpolygon						
Punkt		0,0 cm	0,0 cm			
Punkt		0,0 cm	1300,0 cm			
Punkt		650,0 cm	1300,0 cm			
Punkt		650,0 cm	0,0 cm			
Öffnungspolygon						
Punkt		382,5 cm	476,2 cm			
Punkt		382,5 cm	823,8 cm			
Punkt		632,5 cm	823,8 cm			
Punkt		632,5 cm	476,2 cm			

5.3.2.4 Eingabe der Wandeigenschaften

Wie in Abschnitt 1.1.7 beschrieben, öffnet sich durch Klick auf den Button **Wandscheibentypen bearbeiten** das in nebenstehender Abbildung dargestellte Eingabefenster. Die Eingaben wurden wie folgt definiert:

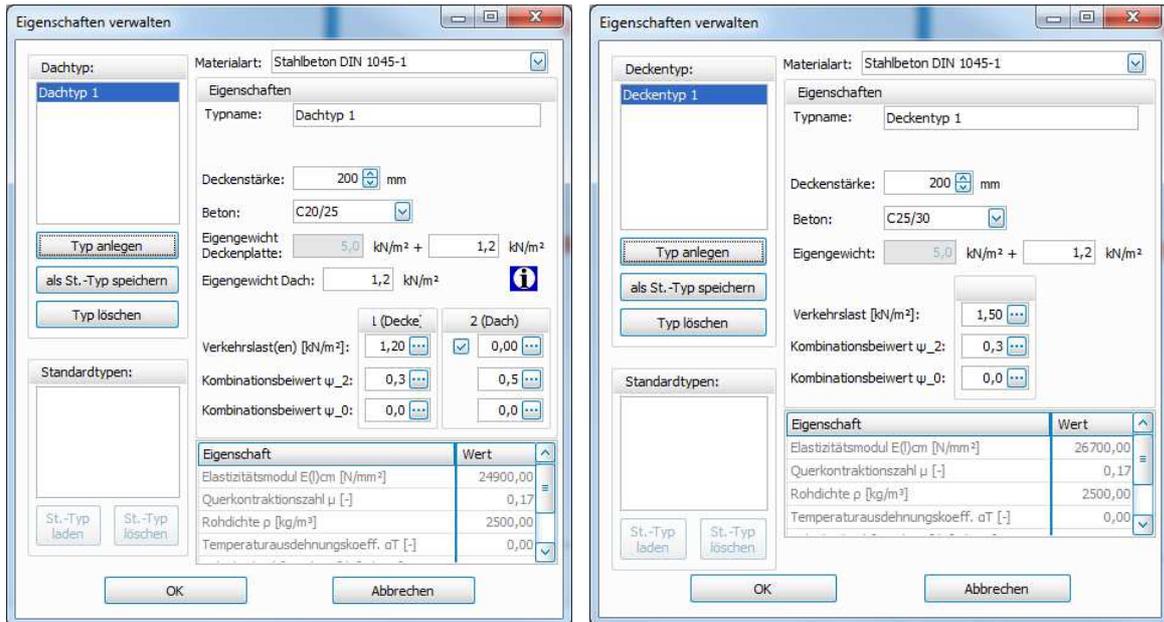
Eigenschaft	Wert
Elastizitätsmodul EM [N/mm ²]	6600,00
Querkontraktionszahl μ [-]	0,10
Rohdichte ρ [kg/m ³]	2000,00
Temperaturausdehnungskoeff. α _T [-]	0,00

Die Eingabe der Stahlbetonwände erfolgt analog dazu unter Auswahl von Stahlbeton nach DIN 1045-1 als Materialart (vgl. nebenstehende Abbildung).

Eigenschaft	Wert
Elastizitätsmodul E(I)cm [N/mm ²]	24900,00
Querkontraktionszahl μ [-]	0,17
Rohdichte ρ [kg/m ³]	2500,00
Temperaturausdehnungskoeff. α _T [-]	0,00

5.3.2.5 Eingabe der Decken-/Dacheigenschaften

Wie in Abschnitt 1.1.9 beschrieben, öffnet sich durch Klick auf den Button **Deckentypen bearbeiten** bzw. **Dachtypen bearbeiten** die in den nachfolgenden Abbildungen dargestellten Eingabefenster.

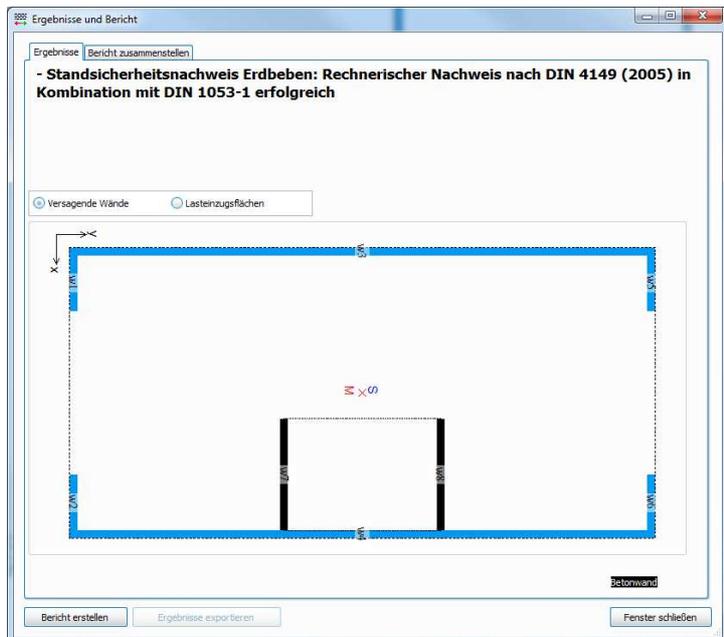


5.3.3 Durchführung des rechnerischen Nachweises

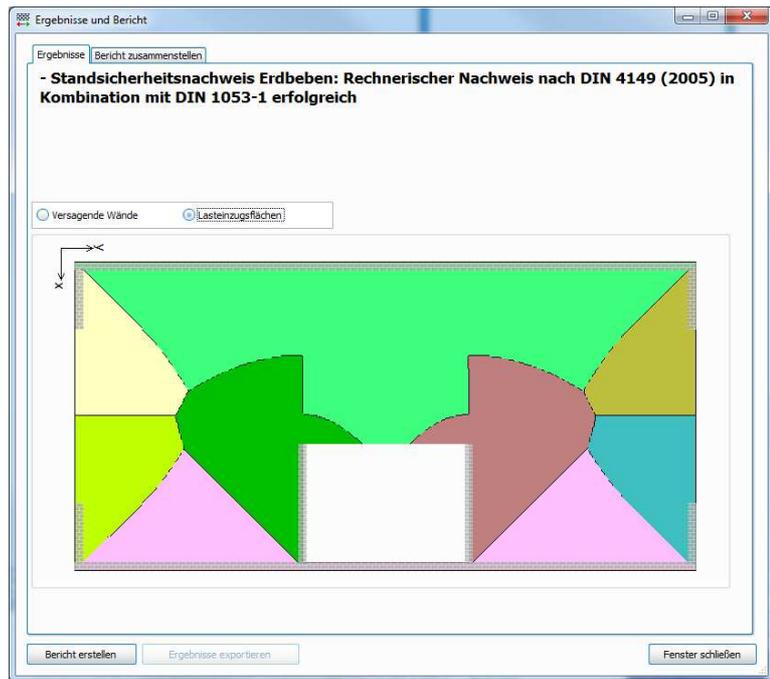
In diesem Beispiel wird über den Menüpunkt **Nachweis starten** im Menü **Nachweis** direkt der rechnerische Nachweis gestartet, da auch Betonwände vorhanden sind. Nach Abschluss der Berechnung wird das dargestellte Fenster angezeigt.

In diesem Fenster besteht die Möglichkeit zwischen den Ansichten **Versagende Wände** und **Lasteinzugsflächen** zu wechseln.

In der Ansicht **Versagende Wände** sind die versagenden Mauerwerkswände in rot dargestellt. Liegen versagende Wände vor, so kann der Benutzer entscheiden, ob er den Bericht erzeugt oder das System nochmals modifiziert. In diesem Fall ist der Button **Abbrechen** zu wählen.



In der Ansicht **Lasteinzugsflächen** können die von MINEA zur Auflastermittlung erzeugten Lasteinzugsflächen grafisch kontrolliert werden. Ist das Ergebnis nicht zufriedenstellend, kann die Elementgröße in den **Nachweiseinstellung** (Menü **Nachweis**) angepasst werden.

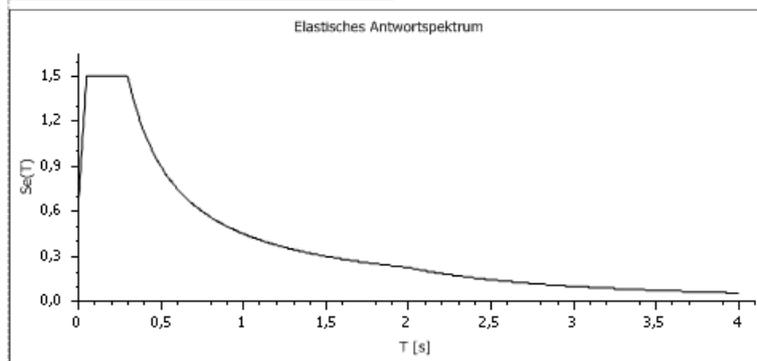


5.3.4 Ausgabe des Berichts

Der Bericht ist für das gewählte Beispiel in einer verkleinerten Form auf den folgenden Seiten dargestellt. Der rechnerische Nachweis kann für den vorliegenden Grundriss geführt werden.

**Gebäude- und Erdbebendaten**

Eigenschaft	Wert
Erdbebenzone:	1
Bedeutungskategorie:	II
Bedeutungsbeiwert:	1
Art der Verkehrslasten:	2
Viskose Dämpfung:	5,00%
Verhaltensbeiwert q_y :	1,5
Verhaltensbeiwert q_v :	1,5
Anzahl Stockwerke:	2
Höhe der Stockwerke h:	250,0 cm

**Parameter des horizontalen Antwortspektrums**

Untergrundtyp	S	T_B	T_C	T_D
		[s]	[s]	[s]
C-R	1,50	0,05	0,30	2,00

Materialdaten**Wandscheibentypen:**

Wandscheibentyp	Material	t	E_w/E_c	μ	ρ	α_T
		[mm]	[N/mm ²]	[-]	[kg/m ³]	[-]
Wandtyp 1	Kalksandsteine Dünnschicht	175	6600,00	0,10	2000,00	8E-06
Wandtyp 2	C20/25	175	24900,00	0,17	2500,00	1E-05

Wandscheibentyp	SFK	Stoßfugen vermörtelt	σ_s	$\sigma_{s,s}$	$\beta_{s,z}$
			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
Wandtyp 1	12	Nein	2,2	0,055	0,48

Wandscheibentyp	f_{ct}
	[N/mm ²]
Wandtyp 2	20

Deckentypen:

Deckentyp	Material	t	E_c	μ	ρ	α_T
-----------	----------	---	-------	-------	--------	------------



		[mm]	[N/mm ²]	[-]	[kg/m ³]	[-]
Deckentyp 1	C25/30	200	26700,00	0,167	2500	1E-05
Deckentyp	f_{ctk}					
	[N/mm ²]					
Deckentyp 1						25

Dachtyp:

Dachtyp	Material	t	E _{cm}	μ	ρ	σ _r
		[mm]	[N/mm ²]	[-]	[kg/m ³]	[-]
Dachtyp 1	C20/25	200	24900,00	0,167	2500	1E-05
Dachtyp	f_{ctk}					
	[N/mm ²]					
Dachtyp 1						20

**Grundrissdaten für Stockwerk 1****Wandscheiben**

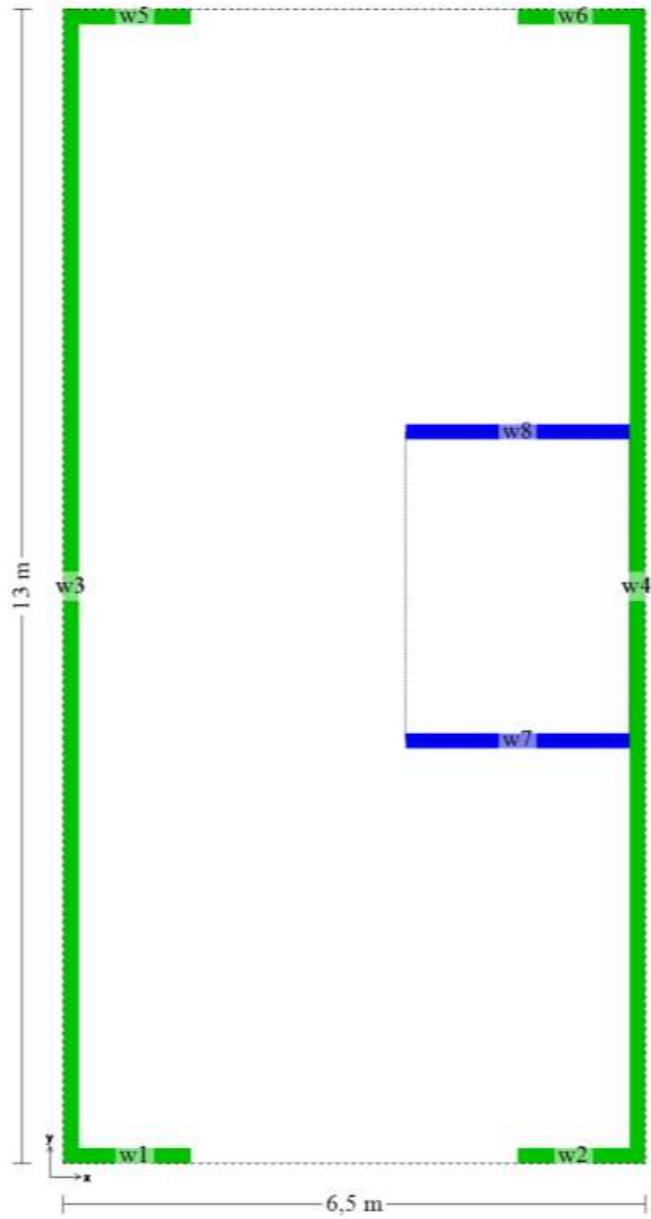
Nr.	Wandscheibentyp	Lastabtrag*	t	lw	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂
			[mm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
w1	Wandtyp 1	v+h	175	125,0	17,5	8,8	142,5	8,8
w2	Wandtyp 1	v+h	175	125,0	507,5	8,8	632,5	8,8
w3	Wandtyp 1	v+h	175	1300,0	8,8	0,0	8,8	1300,0
w4	Wandtyp 1	v+h	175	1300,0	641,2	0,0	641,2	1300,0
w5	Wandtyp 1	v+h	175	125,0	17,5	1291,2	142,5	1291,2
w6	Wandtyp 1	v+h	175	125,0	507,5	1291,2	632,5	1291,2
w7	Wandtyp 2	v+h	175	250,0	382,5	476,2	632,5	476,2
w8	Wandtyp 2	v+h	175	250,0	382,5	823,8	632,5	823,8

*: v = Vertikaler Lastabtrag, h = Horizontaler Lastabtrag, v+h = Vertikaler und Horizontaler Lastabtrag

Decke

	Punktliste
	[cm]
Randpolygon	{X=0, Y=0}; {X=0, Y=1300}; {X=650, Y=1300}; {X=650, Y=0}
Öffnungspolygon	{X=382,5, Y=476,2}; {X=382,5, Y=823,8}; {X=632,5, Y=823,8}; {X=632,5, Y=476,2}
Stockwerksfläche	75,81 m ²

Grundriss Stockwerk 1





Lasten

Lastdaten

Stockwerk	Eigengew. [kN/m ²]	zus. st. Last [kN/m ²]	Verkehrsl. 1 [kN/m ²]	$\psi^{2,1}$ [-]	$\psi^{0,1}$ [-]	Verkehrsl. 2 [kN/m ²]	$\psi^{2,2}$ [-]	$\psi^{0,2}$ [-]
1	5,00	1,20	1,50	0,30	0,00			
2	5,00	2,40	1,20	0,30	0,00	0,00	0,50	0,00

Lastdaten für Wind

Positive x/y-Richtung				
Stockwerk	Windkräfte x-Richtung [kN]	Windkräfte y-Richtung [kN]	Lastangriffspunkte x [cm]	Lastangriffspunkte y [cm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00
Σ	0,00	0,00		

Negative x/y-Richtung				
Stockwerk	Windkräfte x-Richtung [kN]	Windkräfte y-Richtung [kN]	Lastangriffspunkte x [cm]	Lastangriffspunkte y [cm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00
Σ	0,00	0,00		

Lastverteilung Erdbebenlasten

Zusammenstellung der Stockwerksmassen

Decke	A_G [m ²]	g_k [kN/m ²]	q_{k1} [kN/m ²]	$\psi_{2,1}$ [-]	q_{k2} [kN/m ²]	$\psi_{2,2}$ [-]	M_W [t]	ϕ [-]	M_{St} [t]
Decke 1	75,81	6,20	1,50	0,30			32,59	0,50	82,25
Decke 2	75,81	7,40	1,20	0,30	0,00	0,50	16,30	1,00	76,26

Ergebnisse der Modalanalyse

Richtung	T_1 [s]	S_d [m/s ²]	λ [-]	F_b^* [kN]
x	0,1164	1,0000	1,00	158,51
y	0,0449	0,9590	1,00	152,01

* Der Erhöhungsfaktor nach DIN 4149 6.2.2.4.2(8) wird nicht berücksichtigt

Stockwerkskräfte aus höhenproportionaler Verteilung der Erdbebenlast

Stockwerk	Stockwerkskräfte x-Richtung [kN]	Stockwerkskräfte y-Richtung [kN]

2	102,98	98,76
1	55,53	53,25
Σ	158,51	152,01

Massenschwerpunkt / Steifigkeitsmittelpunkt

Richtung	Massenschwerpunkt [m]	Steifigkeitsmittelpunkt [m]
x	3,249	3,250
y	6,500	6,500

Ausmitten

	Tatsächliche (e ₀) [m]	Zufällige (e ₁) [m]	Zusätzliche (e ₂) [m]	e _{min} [m]	e _{max} [m]
x	0,001	0,325	0,056	-0,325	0,381
y	0,000	0,650	0,000	-0,650	0,650

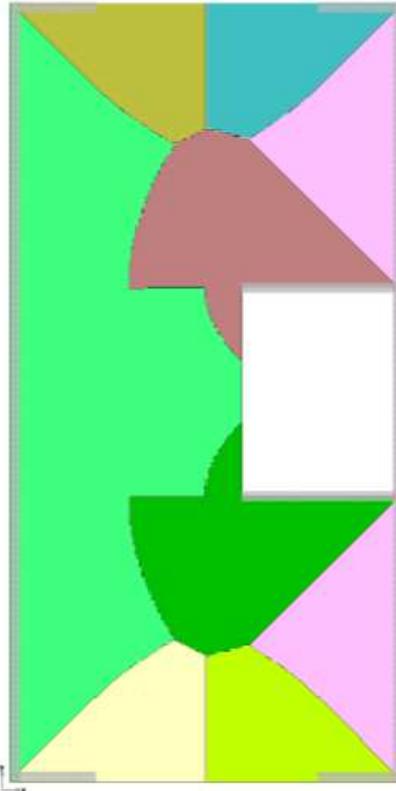
Wandkennwerte und Festigkeiten

Wand	l _w [m]	t [m]	x _s [m]	y _s [m]	α [°]	I* [m ⁴]	EI* ⁰ [kNm ²]	u _w [m]
w1	1,25	0,175	0,80	0,09	0,00	0,03	179481,60	1,63E-005
w2	1,25	0,175	5,70	0,09	0,00	0,03	179481,60	1,63E-005
w3	13,00	0,175	0,09	6,50	90,00	5,23	34516771,88	2,45E-008
w4	13,00	0,175	6,41	6,50	90,00	5,23	34516771,88	2,41E-008
w5	1,25	0,175	0,80	12,91	0,00	0,03	179481,60	1,63E-005
w6	1,25	0,175	5,70	12,91	0,00	0,03	179481,60	1,63E-005
w7	2,50	0,175	5,08	4,76	0,00	0,19	4769592,82	1,57E-005
w8	2,50	0,175	5,08	8,24	0,00	0,19	4769592,82	1,57E-005

Schnittgrößen

Vertikale Lastfälle

Vertikale Lasteinzugsflächen



Statischer Lastfall am Wandfuß Stockwerk 1

vertikale Lastverteilung (Wandfuß)							
Wandscheibe	Eigengewicht oberste Deckenplatte	Verkehrslast oberste Deckenplatte	Eigengewicht Dach	Verkehrslast Dach	Eigengewicht Zwischendecken	Verkehrslast Zwischendecken	Eigengewicht Wandscheiben
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
w1	29,12	5,64	5,64	0,00	29,12	7,03	21,46
w2	29,14	5,64	5,64	0,00	29,14	7,03	21,46
w3	178,27	34,50	34,50	0,00	178,27	43,13	223,18
w4	78,24	15,14	15,14	0,00	78,24	18,93	223,18
w5	28,69	5,53	5,53	0,00	28,69	6,94	21,46
w6	28,80	5,57	5,57	0,00	28,80	6,97	21,46
w7	49,13	9,51	9,51	0,00	49,13	11,89	53,65
w8	48,63	9,41	9,41	0,00	48,63	11,77	53,65

Statischer Lastfall am Wandfuß Stockwerk 2

vertikale Lastverteilung (Wandfuß)					
Wandscheibe	Eigengewicht oberste Deckenplatte	Verkehrslast oberste Deckenplatte	Eigengewicht Dach	Verkehrslast Dach	Eigengewicht Wandscheiben
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
w1	29,12	5,64	5,64	0,00	10,73



w2	29,14	5,64	5,64	0,00	10,73
w3	178,27	34,50	34,50	0,00	111,59
w4	78,24	15,14	15,14	0,00	111,59
w5	28,69	5,55	5,55	0,00	10,73
w6	28,80	5,57	5,57	0,00	10,73
w7	49,13	9,51	9,51	0,00	26,82
w8	48,63	9,41	9,41	0,00	26,82

Windlastfall

Windlastfall Stockwerk 1

Wand	positive Windrichtung				negative Windrichtung			
	Wandfuß		Wandmitte		Wandfuß		Wandmitte	
	V _{wk} [kN]	M _{wk} [kNm]						
w1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Windlastfall Stockwerk 2

Wand	positive Windrichtung				negative Windrichtung			
	Wandfuß		Wandmitte		Wandfuß		Wandmitte	
	V _{wk} [kN]	M _{wk} [kNm]						
w1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
w8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Erdbebenlastfall

Erdbebenlastfall Stockwerk 1

Wand	Wandfuß		Wandmitte	
	V _{es} [kN]	M _{es} [kNm]	V _{es} [kN]	M _{es} [kNm]
w1	2,93	12,09	2,93	8,43
w2	2,93	12,09	2,93	8,43
w3	84,46	360,02	84,46	254,45
w4	83,20	342,76	83,20	238,76
w5	2,93	12,09	2,93	8,43
w6	2,93	12,09	2,93	8,43
w7	74,85	308,69	74,85	215,13
w8	74,85	308,69	74,85	215,13

Erdbebenlastfall Stockwerk 2

Wand	Wandfuß		Wandmitte	
	V _{es} [kN]	M _{es} [kNm]	V _{es} [kN]	M _{es} [kNm]
w1	1,90	4,76	1,90	2,38
w2	1,90	4,76	1,90	2,38
w3	59,55	148,88	59,55	74,44



w4	53,90	134,75	53,90	67,38
w5	1,90	4,76	1,90	2,38
w6	1,90	4,76	1,90	2,38
w7	48,63	121,57	48,63	60,79
w8	48,63	121,57	48,63	60,79

Knicklängen

Stockwerk 1

Wand	h _s [m]	gehalten	rechn. geh.	b _s [m]	β [-]
w1	1,73	2	2	1,25	0,75
w2	1,73	2	2	1,25	0,75
w3	1,73	2	2	13,00	0,75
w4	1,73	2	2	13,00	0,75
w5	1,73	2	2	1,25	0,75
w6	1,73	2	2	1,25	0,75

β: für Wanddicken > 175mm wird auf der sicheren Seite liegend β=1 angenommen (siehe hierzu DIN 1053-1, 7.7.2).

Es sind folgende Bedingungen bzgl. der Auflagertiefe a einzuhalten:

Für Wanddicken $t < 240$ mm: $a = d$

Für Wanddicken $240 \text{ mm} \leq t \leq 300$ mm: $a \geq 3/4 \cdot d$

Für Wanddicken $t > 300$ mm: $a \geq 2/3 \cdot d$

Stockwerk 2

Wand	h _s [m]	gehalten	rechn. geh.	b _s [m]	β [-]
w1	1,73	2	2	1,25	0,75
w2	1,73	2	2	1,25	0,75
w3	1,73	2	2	13,00	0,75
w4	1,73	2	2	13,00	0,75
w5	1,73	2	2	1,25	0,75
w6	1,73	2	2	1,25	0,75

β: für Wanddicken > 175mm wird auf der sicheren Seite liegend β=1 angenommen (siehe hierzu DIN 1053-1, 7.7.2).

Es sind folgende Bedingungen bzgl. der Auflagertiefe a einzuhalten:

Für Wanddicken $t < 240$ mm: $a = d$

Für Wanddicken $240 \text{ mm} \leq t \leq 300$ mm: $a \geq 3/4 \cdot d$

Für Wanddicken $t > 300$ mm: $a \geq 2/3 \cdot d$

Nachweise

Nachweis Erdbeben

Stockwerk 1

Normalkraft und Querkraft am Wandfuß

Wand	Einwirkungen						
	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	e _v [m]	σ _{Rand} [kN/m ²]	σ _{mitte} [kN/m ²]	τ [kN/m ²]
w1	89,14	2,93	12,09	0,13565	672,85	-	20,11
w2	89,18	2,93	12,09	0,13559	673,03	-	20,11
w3	637,50	84,46	360,02	0,56474	-	280,22	37,12



W4	405,03	83,20	342,76	0,84625	247,57	-	36,57
W5	88,14	2,93	12,09	0,13719	668,29	-	20,11
W6	88,39	2,93	12,09	0,13681	669,42	-	20,11

Normalkraft in Wandmitte

Wand	Einwirkungen								
	N _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	e _r [m]	e _s [m]	σ _{Rand} [kN/m ²]	σ _{Mitte} [kN/m ²]	h _s [m]	λ _s [-]	f [m]
W1	83,78	8,43	0,10059	0,00945	691,94	-	2,300	9,86	0,00945
W2	83,82	8,43	0,10055	0,00945	692,18	-	2,300	9,86	0,00945
W3	581,71	254,45	0,43743	0,00945	-	255,70	2,300	9,86	0,00945
W4	349,24	238,76	0,68365	0,00945	-	153,51	2,300	9,86	0,00945
W5	82,78	8,43	0,10180	0,00945	685,91	-	2,300	9,86	0,00945
W6	83,03	8,43	0,10150	0,00945	687,40	-	2,300	9,86	0,00945

Widerstände

Wand	Widerstände				Wandfuß		
	β _R [kN/m ²]	β _{Stab} [kN/m ²]	β _{Stz} [kN/m ²]	zul τ _s [kN/m ²]	b _R [m]	h _R [m]	A _{Rst} [m ²]
W1	5874,00	110,00	480,00	244,57	0,175	1,250	0,21875
W2	5874,00	110,00	480,00	244,61	0,175	1,250	0,21875
W3	5874,00	110,00	480,00	222,09	0,175	13,000	2,27500
W4	5874,00	110,00	480,00	159,51	0,175	13,000	2,27500
W5	5874,00	110,00	480,00	243,66	0,175	1,250	0,21875
W6	5874,00	110,00	480,00	243,88	0,175	1,250	0,21875

Nachweisübersicht Wandfuß

Wand	σ _{Rand} [kN/m ²]	σ _{Mitte} [kN/m ²]	τ _s [kN/m ²]	γ [*] σ _{Rand} /1,33*β _R [-]	γ [*] σ _{Mitte} /β _R [-]	γ [*] τ _s /zul τ _s [-]
W1	672,85	-	20,11	0,11455	-	0,11
W2	673,03	-	20,11	0,11458	-	0,11
W3	-	280,22	37,12	-	0,06345	0,22
W4	247,57	-	36,57	0,04215	-	0,36
W5	668,29	-	20,11	0,11377	-	0,11
W6	669,42	-	20,11	0,11396	-	0,11

Nachweisübersicht Wandmitte

Wand	σ _{Rand} [kN/m ²]	σ _{Mitte} [kN/m ²]	γ [*] σ _{Rand} /1,33*β _R [-]	γ [*] σ _{Mitte} /β _R [-]
W1	691,94	-	0,11780	-
W2	692,18	-	0,11784	-
W3	-	255,70	-	0,05790
W4	-	153,51	-	0,03476
W5	685,91	-	0,11677	-
W6	687,40	-	0,11702	-

γ = 1,33

Stockwerk 2

Normalkraft und Querkraft am Wandfuß

Wand	Einwirkungen						
	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	e _r [m]	σ _{Rand} [kN/m ²]	σ _{Mitte} [kN/m ²]	τ _s [kN/m ²]
W1	47,18	1,90	4,76	0,10094	320,17	-	13,06
W2	47,20	1,90	4,76	0,10090	320,26	-	13,06
W3	334,71	59,55	148,88	0,44482	-	147,12	26,18
W4	209,52	53,90	134,75	0,64315	-	92,10	23,69
W5	46,64	1,90	4,76	0,10211	317,71	-	13,06



w6	46,77	1,90	4,76	0,10182	318,32	-	13,06
----	-------	------	------	---------	--------	---	-------

Normalkraft in Wandmitte

Wand	Einwirkungen									
	N _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kN]	e _r [m]	e _r [m]	σ _{Rand} [kN/m ²]	σ _{Mitte} [kN/m ²]	h _r [m]	λ	f	
w1	41,81	2,38	0,05695	0,00945	-	191,15	2,300	9,86	0,00945	
w2	41,83	2,38	0,05692	0,00945	-	191,24	2,300	9,86	0,00945	
w3	278,91	74,44	0,26690	0,00945	-	122,60	2,300	9,86	0,00945	
w4	153,73	67,38	0,43829	0,00945	-	67,57	2,300	9,86	0,00945	
w5	41,28	2,38	0,05769	0,00945	-	188,69	2,300	9,86	0,00945	
w6	41,41	2,38	0,05750	0,00945	-	189,30	2,300	9,86	0,00945	

Widerstände

Wand	Widerstände				Wandfuß		
	β _R [kN/m ²]	β _{RHS} [kN/m ²]	β _{RZ} [kN/m ²]	zul τ [kN/m ²]	b _R [m]	h _R [m]	A _{RHS} [m ²]
w1	5874,00	110,00	480,00	174,03	0,175	1,250	0,21875
w2	5874,00	110,00	480,00	174,05	0,175	1,250	0,21875
w3	5874,00	110,00	480,00	168,85	0,175	13,000	2,27500
w4	5874,00	110,00	480,00	146,84	0,175	13,000	2,27500
w5	5874,00	110,00	480,00	173,54	0,175	1,250	0,21875
w6	5874,00	110,00	480,00	173,68	0,175	1,250	0,21875

Nachweisübersicht Wandfuß

Wand	σ _{Rand} [kN/m ²]	σ _{Mitte} [kN/m ²]	τ [kN/m ²]	γ [*] σ _{Rand} /1,33*β _R [-]	γ [*] σ _{Mitte} /β _R [-]	γ [*] τ/zul τ [kNm]
w1	320,17	-	13,06	0,05451	-	0,10
w2	320,26	-	13,06	0,05452	-	0,10
w3	-	147,12	26,18	-	0,03331	0,21
w4	-	92,10	23,69	-	0,02085	0,21
w5	317,71	-	13,06	0,05409	-	0,10
w6	318,32	-	13,06	0,05419	-	0,10

Nachweisübersicht Wandmitte

Wand	σ _{Rand} [kN/m ²]	σ _{Mitte} [kN/m ²]	γ [*] σ _{Rand} /1,33*β _R [-]	γ [*] σ _{Mitte} /β _R [-]
w1	-	191,15	-	0,04328
w2	-	191,24	-	0,04330
w3	-	122,60	-	0,02776
w4	-	67,57	-	0,01530
w5	-	188,69	-	0,04272
w6	-	189,30	-	0,04286

γ = 1,33



Zusammenfassung

Stockwerk 1	
Wand	Fehlgeschlagene Nachweise
w1	
w2	
w3	
w4	
w5	
w6	
w7	Normalkraft unten (St. & Vor), Normalkraft mitte (St. & Vor)
w8	Normalkraft unten (St. & Vor), Normalkraft mitte (St. & Vor)

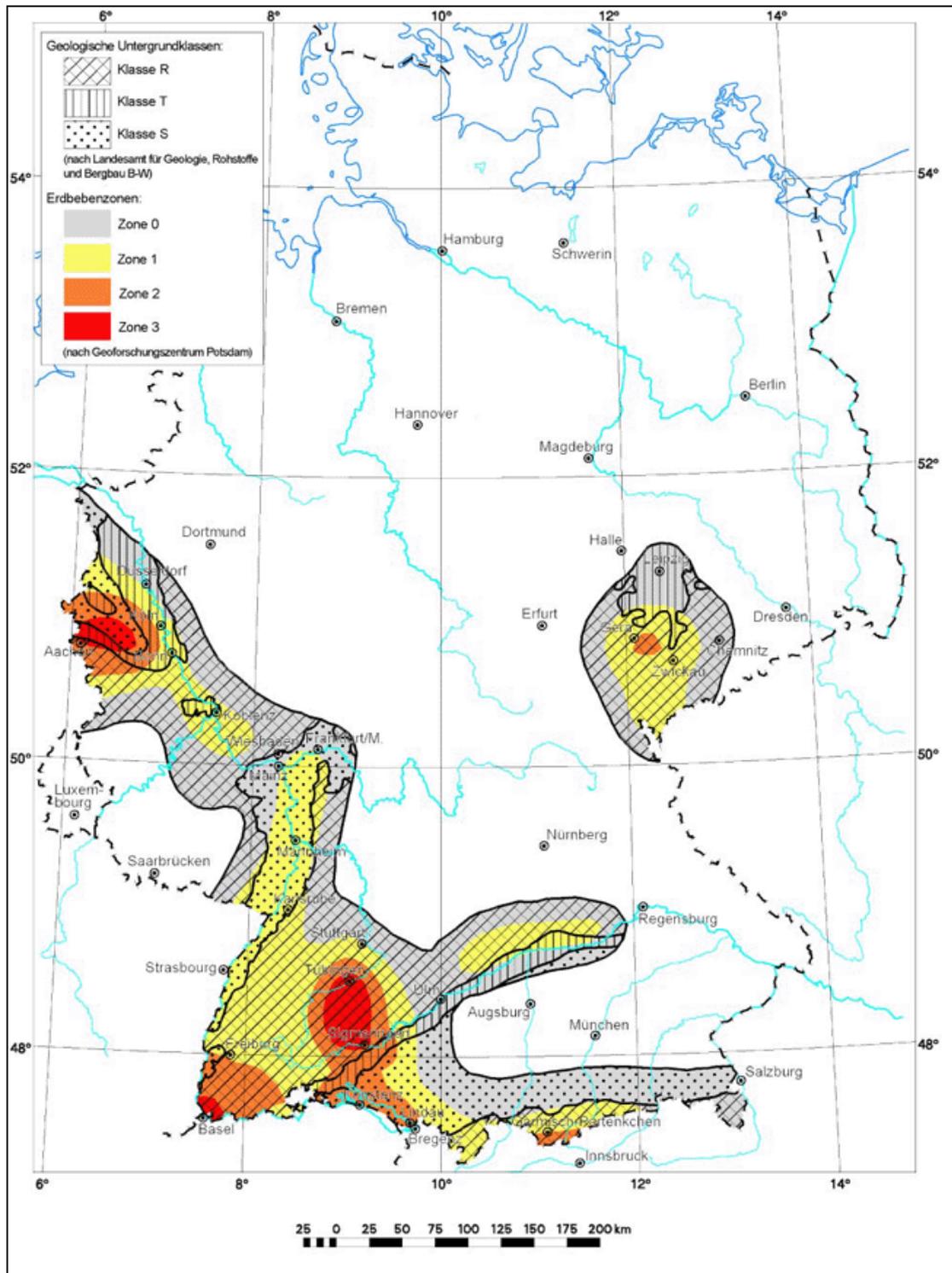
Stockwerk 2	
Wand	Fehlgeschlagene Nachweise
w1	
w2	
w3	
w4	
w5	
w6	
w7	Normalkraft unten (St. & Vor), Normalkraft mitte (St. & Vor)
w8	Normalkraft unten (St. & Vor), Normalkraft mitte (St. & Vor)

- Standsicherheitsnachweis Erdbeben: Rechnerischer Nachweis nach DIN 4149 (2005) in Kombination mit DIN 1053-1 erfolgreich

6. Theorie

6.1 Erdbebeneinwirkung

Die seismische Einwirkung wird durch ein Bemessungsspektrum nach DIN 4149 beschrieben, das auf Grundlage einer neuen Erdbebenzonierung (Zonen 0 bis 3), der am Standort vorliegenden geologischen Untergrundklasse (Klassen R, S, T) und der Baugrundklasse (A, B, C) aufgestellt wird (siehe nachstehende Abbildung).



Dem Spektrum liegt eine Referenz-Wiederkehrperiode von 475 Jahren zugrunde. Dies entspricht einer Wahrscheinlichkeit des Auftretens oder Überschreitens von 10 % innerhalb von 50 Jahren. Der Verlauf des elastischen Antwortspektrums wird durch vier Bereiche definiert:

Bereich I: $T_A \leq T \leq T_B$ $S_d(T) = a_g \cdot \gamma_I \cdot S \cdot [1 + T/T_B \cdot (\beta_0/q - 1)]$

Bereich II: $T_B \leq T \leq T_C$ $S_d(T) = a_g \cdot \gamma_I \cdot S \cdot \beta_0/q$

Bereich III: $T_C \leq T \leq T_D$ $S_d(T) = a_g \cdot \gamma_I \cdot S \cdot \beta_0/q \cdot T_C/T$

Bereich VI: $T \leq T_D$ $S_d(T) = a_g \cdot \gamma_I \cdot S \cdot \beta_0/q \cdot (T_C T_D)/T^2$

$S_d(T)$ Ordinate des Bemessungsspektrums in Abhängigkeit der Periode T

a_g Bemessungswert der Bodenbeschleunigung (Zone 0/1/2/3: 0/0,4/0,6/0,8 m/s^2)

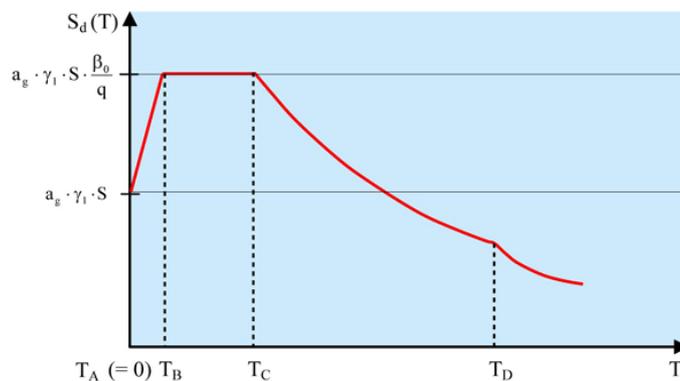
γ_I Bedeutungsbeiwert (Kategorie I-IV: 0,8/1,0/1,2/1,4)

β_0 Verstärkungsfaktor der Spektralbeschleunigung (2,5 für 5 % Dämpfung)

T_i Kontrollperioden des Antwortspektrums ($i = A, B, C, D$)

S Untergrundparameter in Abhängigkeit von Untergrund- und Baugrundklasse

Bei der in Abhängigkeit von der Erdbebenzone definierten Bodenbeschleunigung a_g handelt es sich um eine effektive Bodenbeschleunigung, die einen nominellen Wert zur Charakterisierung der Auswirkung eines Erdbebens in Bezug auf die üblichen Bauwerksfrequenzen darstellt. Effektive Bodenbeschleunigungen sind im Regelfall kleiner als maximale Bodenbeschleunigungen und eine direkte Umrechnung dieser Werte ist nur näherungsweise möglich (Meskouris et al., 2007).



Die Bedeutung eines Bauwerks wird durch die Zuordnung zu einer der Bedeutungskategorien I - IV berücksichtigt. Jeder Kategorie ist ein Bedeutungsbeiwert γ_I zugeordnet, mit dem das Spektrum linear skaliert wird. Damit erfolgt die seismische Bemessung für Bauwerke mit höherer Bedeutung mit erhöhten Erdbebenlasten. (Eingabe siehe Abschnitt 1.1.1)

Mit dem Verstärkungsfaktor β_0 wird die Erhöhung der Antwort des Einmassenschwingers gegenüber der Bodenbeschleunigung durch Umrechnung der Bodenbeschleunigung in eine Spektralbeschleunigung berücksichtigt. Hierbei wird eine Dämpfung von 5 % angesetzt, die für Mauerwerksbauten zutreffend ist. Abweichungen von diesem Regelwert sind in begründeten Ausnahmefällen möglich (vgl. DIN 4149 (2005)). (Eingabe siehe Abschnitt 1.1.2)

Die Kontrollperioden T_A , T_B , T_C und T_D und der Bodenparameter S sind in der DIN 4149 (2005) in Abhängigkeit der geologischen Untergrund- und Baugrundklasse tabelliert.



Das Bemessungsspektrum wird von MINEA basierend auf den Angaben in den Dialogfenstern **Allgemeine Gebäudedaten** (vgl. Abschnitt 1.1.1) und **Erdbebendaten** (vgl. Abschnitt 1.1.2) automatisch generiert.

Die Verhaltensbeiwerte q für Mauerwerk sind in Abhängigkeit der Mauerwerksart und des Geometrieverhältnisses h/l in nebenstehender Tabelle zusammengestellt. Bei der Berechnung des h/l Verhältnisses ist h die Geschosshöhe und l die zugehörige Wandlänge. Bei Werten von h/l zwischen 1 und 2 darf linear interpoliert werden. Maßgebend ist in jeder Richtung die längste Wand in der betrachteten Gebäuderichtung.

Mauerwerksart	q	
	$h/l \leq 1$	$h/l \geq 2$
unbewehrtes Mauerwerk	1,5	2,0
eingefasstes Mauerwerk	2,0	
bewehrtes Mauerwerk	2,5	



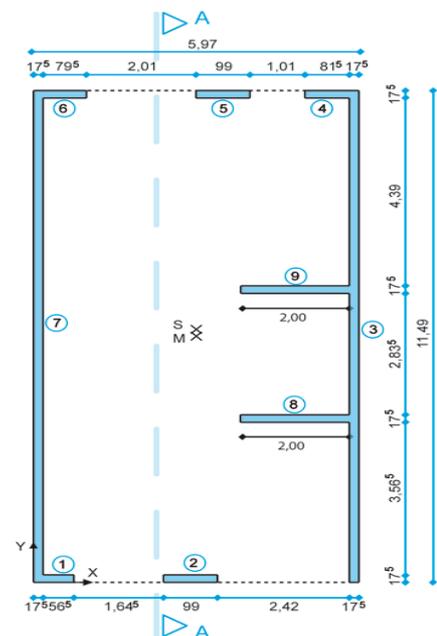
MINEA verwendet auf der sicheren Seite liegend einen q -Beiwert von 1,5, unabhängig von den vorliegenden Geometrieverhältnissen.

6.2 Berechnungsbeispiel Vereinfachter Nachweis

In den nachfolgenden Abbildungen sind der Grundriss und der Aufriss eines typischen Reihenhauses dargestellt. Die Innenwände sowie die Außenwände des Wohnhauses sind aus Kalksandsteinen der Steifigkeitsklasse 12 ausgeführt. Das Gebäude liegt in der Erdbebenzone 1, die vorliegende Baugrundklasse ist B und die Untergrundklasse R.

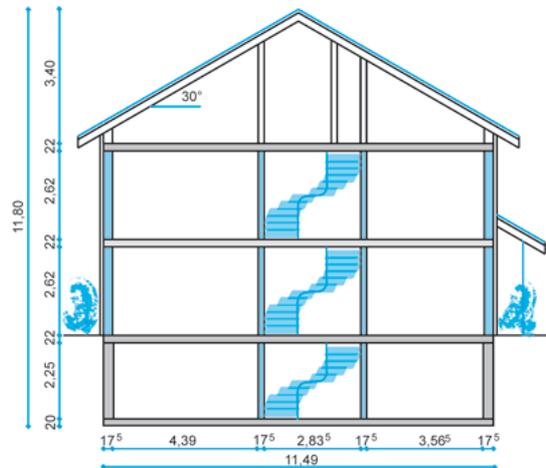
Nach DIN 4149 (2005), Tabelle 3 wird das Wohnhaus in die Bedeutungskategorie II mit einem Bedeutungsfaktor γ_i von 1,0 eingeordnet. Der Keller ist als steifer Kasten ausgebildet und die Masse der Dachkonstruktion beträgt weniger als 50% des darunter liegenden Geschosses. Damit verfügt das Haus nach DIN 4149 (2005) über zwei anrechenbare Vollgeschosse.

Der Massenschwerpunkt und der Schubmittelpunkt liegen nahe beieinander (vgl. Abbildung des Grundrisses) und die Längswände stellen eine ausreichende Torsionssteifigkeit des Gebäudes sicher. Weiterhin tragen die zur Aussteifung angesetzten Wände sämtliche Vertikallasten des Wohnhauses ab. Das Wohnhaus erfüllt die Regelmäßigkeitskriterien im Grund- und Aufriss, so dass bei Einhaltung der konstruktiven Regeln nach DIN 4149 (2005), Abschnitt



11.6 auf einen rechnerischen Nachweis verzichtet werden kann. Im Folgenden werden die konstruktiven Regeln auf das Reihenhaus angewendet.

Voraussetzung für die Anwendung der vereinfachten konstruktiven Regeln ist nach Absatz 11.6 (1) die Einhaltung der in den Abschnitten 11.1 bis 11.3 festgelegten allgemeinen Anforderungen für Mauerwerksbauten. Die Überprüfung dieser Anforderungen für das vorliegende Reihenhaus ist in folgender Tabelle zusammengefasst.



Absatz	Anforderungen	Erfüllt
11.1 (1)	Horizontallastabtrag über Mauerwerksschubwände	Ja
11.2 (1)	Anforderungen an die Mauerwerksbaustoffe (für Kalksandsteine der Steifigkeitsklasse 12 nach DIN 1053-1 (1996) erfüllt)	Ja
11.3 (1)	Einhaltung der Konstruktionsmerkmale nach DIN 4149 (2005) Abschnitt 4.2	Ja
11.3 (2)	Geschossdecke als starre Scheibe ausgebildet	Ja
11.3 (3)	Mindestanforderung an die Länge aussteifender Wände nach DIN 4149 (2005) Tabelle 14 für Erdbebenzone 1: $l = 0,74 \text{ m}$ Mindestanforderung für die Wandschlankheit (hk/t) nach DIN 1053-1 (1996)	Ja Ja

Wie die Tabelle zeigt, sind die Anforderungen der Abschnitte 11.1 bis 11.3 erfüllt, so dass der vereinfachte Nachweis nach Abschnitt 11.6 erfolgen darf. Der gesamte Nachweis der Einhaltung der konstruktiven Regeln ist in Tabelle 6 zusammengestellt. Kern des Nachweises ist neben der Einhaltung weiterer konstruktiver Anforderungen die Überprüfung der erforderlichen Schubwandflächen nach Tabelle 15 der DIN 4149 (2005). Diese Schubwandflächen sind in jede Hauptrichtung des Gebäudes zu ermitteln. Für das untersuchte Reihenhaus können alle Wände berücksichtigt werden, da die Mindestwandlänge von 0,74 m von allen Wänden erfüllt wird.

Die Auswertung in folgender Tabelle zeigt, dass die Konstruktionsregeln eingehalten werden und somit auf einen rechnerischen Nachweis verzichtet werden kann. Der Nachweis gelingt jedoch nur in Erdbebenzone 1. Für die Erdbebenzone 2 kann der vereinfachte Nachweis in Querrichtung nicht mehr geführt werden, da die erforderliche Schubwandfläche in Querrichtung nicht mehr ausreichend ist.

Absatz 11.6	Konstruktionsregel	Erfüllt												
(1)	Erfüllung der allgemeinen Anforderungen der Abschnitte 11.1 - 11.3	Ja												
(2)	Kompakter, annähernd rechteckiger Grundriss Längenverhältnis von $b/l = 5,97/11,49 = 0,52 \geq 0,25$	Ja												
(3)	Anzahl der Vollgeschosse: $2 < 4$ (DIN 4149 (2005), Tabelle 8 für EZ I, BK II) Maximale Geschosshöhe: $2,84 \text{ m} \leq 3,50 \text{ m}$	Ja												
(4)	Steifigkeitsmittelpunkt und Massenschwerpunkt liegen nahe beieinander ausreichende Torsionssteifigkeit	Ja												
(5)	Aussteifende Wände über alle Geschosse durchgehend	Ja												
(6)	Aussteifende Wände tragen den überwiegenden Teil der Vertikallasten Vertikallasten verteilen sich auf die aussteifenden Wände in beiden Gebäuderichtungen	Ja												
(7)	<p>Mindestschubwandflächen nach Tabelle 15 der Norm:</p> <p>Eingangswerte $a_g = 0,4 \text{ m/s}^2$ (DIN 4149 (2005), Tabelle 2, Erdbebenzone 1) $S = 1,25$ (DIN 4149 (2005), Tabelle 4, Untergrundkombination B-R) $\gamma_i = 1,0$ (DIN 4149 (2005), Tabelle 3, Wohngebäude) $A_g = 68,6 \text{ m}^2$ (Geschossgrundrissfläche) $l_{ax} = 1,240 \text{ m}$ (mittlere Wandlänge in x-Richtung) $l_{ay} = 11,23 \text{ m}$ (mittlere Wandlänge in y-Richtung)</p> <p>Erforderliche Schubwandflächen</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Querrichtung</th> <th style="width: 50%;">Längsrichtung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> Beiwert k_x $k_x = 1$ (Anteil Schubwände $> 2 \text{ m}$: 29 % < 70 %) </td> <td> Beiwert k_y $k_y = 1 + (l_{ay} - 2)/4 = 3,31 \leq 2$ (Anteil Schubwände $> 2 \text{ m}$: 100 % > 70 %) </td> </tr> <tr> <td> Linke Spalte in Tabelle 15 der Norm $a_g \cdot S \cdot \gamma_i = 0,5 \leq 0,06 \cdot 9,81 \cdot k_x = 0,59$ </td> <td> Linke Spalte in Tabelle 15 der Norm $a_g \cdot S \cdot \gamma_i = 0,5 \leq 0,06 \cdot 9,81 \cdot k_y = 1,18$ </td> </tr> <tr> <td> Erforderliche Schubwandfläche A_{sx} erf. $A_{sx} = 2\% \cdot 68,6 \text{ m}^2 = 1,37 \text{ m}^2$ </td> <td> Erforderliche Schubwandfläche A_{sy} erf. $A_{sy} = 2\% \cdot 68,6 \text{ m}^2 = 1,37 \text{ m}^2$ </td> </tr> <tr> <td colspan="2">Vorhandene Schubwandflächen</td> </tr> <tr> <td>Querrichtung</td> <td>Längsrichtung</td> </tr> </tbody> </table>	Querrichtung	Längsrichtung	Beiwert k_x $k_x = 1$ (Anteil Schubwände $> 2 \text{ m}$: 29 % < 70 %)	Beiwert k_y $k_y = 1 + (l_{ay} - 2)/4 = 3,31 \leq 2$ (Anteil Schubwände $> 2 \text{ m}$: 100 % > 70 %)	Linke Spalte in Tabelle 15 der Norm $a_g \cdot S \cdot \gamma_i = 0,5 \leq 0,06 \cdot 9,81 \cdot k_x = 0,59$	Linke Spalte in Tabelle 15 der Norm $a_g \cdot S \cdot \gamma_i = 0,5 \leq 0,06 \cdot 9,81 \cdot k_y = 1,18$	Erforderliche Schubwandfläche A_{sx} erf. $A_{sx} = 2\% \cdot 68,6 \text{ m}^2 = 1,37 \text{ m}^2$	Erforderliche Schubwandfläche A_{sy} erf. $A_{sy} = 2\% \cdot 68,6 \text{ m}^2 = 1,37 \text{ m}^2$	Vorhandene Schubwandflächen		Querrichtung	Längsrichtung	Ja
Querrichtung	Längsrichtung													
Beiwert k_x $k_x = 1$ (Anteil Schubwände $> 2 \text{ m}$: 29 % < 70 %)	Beiwert k_y $k_y = 1 + (l_{ay} - 2)/4 = 3,31 \leq 2$ (Anteil Schubwände $> 2 \text{ m}$: 100 % > 70 %)													
Linke Spalte in Tabelle 15 der Norm $a_g \cdot S \cdot \gamma_i = 0,5 \leq 0,06 \cdot 9,81 \cdot k_x = 0,59$	Linke Spalte in Tabelle 15 der Norm $a_g \cdot S \cdot \gamma_i = 0,5 \leq 0,06 \cdot 9,81 \cdot k_y = 1,18$													
Erforderliche Schubwandfläche A_{sx} erf. $A_{sx} = 2\% \cdot 68,6 \text{ m}^2 = 1,37 \text{ m}^2$	Erforderliche Schubwandfläche A_{sy} erf. $A_{sy} = 2\% \cdot 68,6 \text{ m}^2 = 1,37 \text{ m}^2$													
Vorhandene Schubwandflächen														
Querrichtung	Längsrichtung													

	$A_{S1} = 0,2 \cdot 0,74 = 0,13 \text{ m}^2$ $A_{S2} = 0,2 \cdot 0,99 = 0,17 \text{ m}^2$ $A_{S4} = 0,2 \cdot 0,99 = 0,17 \text{ m}^2$ $A_{S5} = 0,2 \cdot 0,99 = 0,17 \text{ m}^2$ $A_{S6} = 0,2 \cdot 0,97 = 0,17 \text{ m}^2$ $A_{S8} = 0,175 \cdot 2,00 = 0,35 \text{ m}^2$ $A_{S9} = 0,175 \cdot 2,00 = 0,35 \text{ m}^2$ vorh. $A_{Sx} = 1,51 \text{ m}^2 > \text{erf. } A_{Sx} = 1,37 \text{ m}^2$	$A_{S3} = 0,175 \cdot 11,32 = 1,98 \text{ m}^2$ $A_{S7} = 0,175 \cdot 11,14 = 1,98 \text{ m}^2$ vorh. $A_{Sy} = 3,93 \text{ m}^2 > \text{erf. } A_{Sy} = 1,37 \text{ m}^2$	
(8)	Je Gebäuderichtung mindestens zwei Wände mit $l = 1,99 \text{ m}$		Ja

6.3 Nachweis nach DIN 1053-100 (bzw. DIN 1053-1) in Kombination mit DIN 4149

6.3.1 Tragwerksberechnung für den rechnerischen linearen Nachweis (2D)

6.3.1.1 Berechnungsverfahren

Wird das Schwingungsverhalten nur unwesentlich von höheren Schwingungsformen beeinflusst, kann das vereinfachte Antwortspektrumverfahren angewendet werden, bei dem nur die erste Grundschwingform Berücksichtigung findet. Diese Bedingung kann als erfüllt betrachtet werden, wenn eine der folgenden Bedingungen nach Abschnitt 6.2.2.1 der DIN 4149 (2005) eingehalten wird:

- Grundriss und Aufriss erfüllen die Regelmäßigkeitskriterien nach Abschnitt 4.3.2 und 4.3.3 der Norm

oder

- die Regelmäßigkeit für den Aufriss nach Abschnitt 4.3.3 der DIN 4149 (2005) ist erfüllt und es liegt eine symmetrische Verteilung von Horizontalsteifigkeit und Masse vor

und

die Grundschwingzeit T_1 ist höchstens gleich $4 \cdot T_c$, wobei T_c eine Kontrollperiode des Antwortspektrums ist.



Diese Bedingungen sind für Mauerwerksbauten in aller Regel eingehalten, so dass das vereinfachte Antwortspektrumverfahren mit zwei ebenen Modellen in den Hauptrichtungen angewendet werden kann.

In MINEA kommt in dem **2D Nachweis** ausschließlich das **vereinfachte Antwortspektrumverfahren** zum Einsatz. Untersucht werden die Hauptrichtungen, d.h. die X- und Y-Richtung wie im Zeichenbereich von MINEA abgebildet.

Im **3D Nachweis** wird das **Antwortspektrumverfahren unter Berücksichtigung mehrerer Schwingungsformen** angewendet.

6.3.1.2 Berechnungsmodell

In MINEA werden ebene Berechnungsmodelle verwendet. Die planmäßigen und unplanmäßigen Torsionseinwirkungen werden gemäß DIN 4149 (2005) wie nachfolgend beschrieben berücksichtigt.

Dazu sind die Systemsteifigkeiten in die x- und y-Richtung zu berechnen. Diese ergeben sich durch Aufsummierung der Wandsteifigkeiten in die beiden Richtungen:

$$k_x = \sum_{i=1}^k k_{x,i}$$

$$k_y = \sum_{i=1}^k k_{y,i}$$

Hierbei werden die Ersatzsteifigkeiten der Wände unter Berücksichtigung der Schubverformungen bei längeren Wänden nach Müller und Keintzel (1984) bestimmt:

$$I_E = \frac{I}{\left(1 + \frac{3,64 EI}{h^2 GA}\right)}$$

I_E reduziertes Wandträgheitsmoment

I Wandträgheitsmoment

h Wandhöhe

E Elastizitätsmodul

G Schubmodul

A Wandfläche

6.3.1.3 Torsionswirkungen

Tragwerke mit unsymmetrischer Verteilung von Horizontalsteifigkeit und Masse können mit zwei ebenen Systemen in die Tragwerkshauptrichtungen untersucht werden, wenn folgende Anforderungen nach Abschnitt 6.2.2.4 der DIN 4149 (2005) erfüllt sind:

- Die Bauwerkshöhe überschreitet 10 m nicht und das Bauwerk weist gut verteilte steife Außen- und Innenwände auf.
- Die Deckenscheiben sind starr ausgebildet.
- Die Steifigkeitsmittelpunkte und Massenschwerpunkte liegen näherungsweise auf einer vertikalen Geraden und es wird in jeder der beiden Berechnungsrichtungen folgende Bedingung eingehalten: $r^2 > I_s^2 + e_0^2$



In der Berechnungsformel ist I_s^2 das Quadrat des „Trägheitsradius“, das dem Quotienten aus dem Massenträgheitsmoment des Geschosses für Drehungen um die vertikale Achse durch seinen Massenschwerpunkt und der Geschossmasse entspricht. Bei gleichmäßig verteilter Masse ergibt sich für einen Rechteckquerschnitt mit den Abmessungen L und B der Trägheitsradius gerade zu:

$$I_s^2 = (L^2 + B^2)/12$$

Mit r^2 wird das Quadrat des „Torsionsradius“ bezeichnet, das dem Verhältnis zwischen der Torsions- und der Horizontalsteifigkeit des Geschosses in der betrachteten Berechnungsrichtung entspricht:

$$r^2 = \frac{k_T}{k} = \frac{\sum_{i=1}^k k_i \cdot r_i^2 + \sum_{j=1}^l k_j \cdot r_j^2}{k = \sum_{i=1}^k k_i}$$

k_i, k_j Steifigkeiten der Aussteifungselemente parallel und senkrecht zur Erdbebenrichtung

k_T Torsionssteifigkeit des betrachteten Geschosses

k, l Anzahl der Aussteifungselemente parallel und senkrecht zur Erdbebenrichtung

r_i, r_j Abstände der Aussteifungselemente zum Steifigkeitsmittelpunkt

k Translationssteifigkeit in Erdbebenrichtung $k = \sum_{i=1}^k k_i$

Für die gewählten ebenen Systeme bietet die Norm in Abhängigkeit vom Erfüllungsgrad der Bedingungen a), b) und c) verschiedene Möglichkeiten der Berücksichtigung von Torsionswirkungen an.

In MINEA wird die Erfüllung der Bedingungen b) und c) vorausgesetzt. Die Berücksichtigung der Torsionswirkung erfolgt immer mittels des genaueren rechnerischen Verfahrens, bei dem die Torsionswirkung in jeder Richtung unter Berücksichtigung der tatsächlichen Exzentrizität e_0 , der zusätzlichen Exzentrizität e_2 (dynamische Wirkung von gleichzeitigen Translations- und Torsionsschwingungen) und der zufälligen Exzentrizität e_1 angesetzt wird. Die zusätzliche Exzentrizität e_2 ergibt sich als Minimum aus den folgenden Berechnungsformeln:

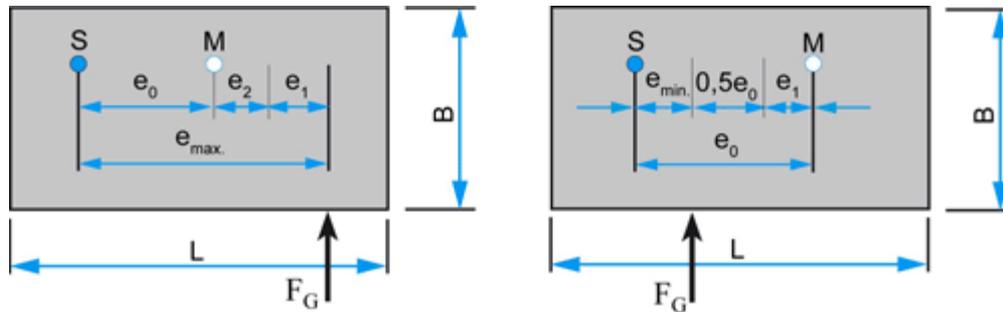
$$e_2 = 0,1 \cdot (L + B) \cdot \sqrt{\frac{10 \cdot e_0}{L}} \leq 0,1 \cdot (L + B)$$

$$e_2 = \frac{1}{2e_0} \left[I_s^2 - e_0^2 - r^2 + \sqrt{(I_s^2 + e_0^2 - r^2)^2 + 4 \cdot e_0^2 \cdot r^2} \right]$$

Mit den Exzentrizitäten e_0 , e_1 und e_2 sind je Geschoss die Exzentrizitäten e_{\min} und e_{\max} zu bestimmen (vgl. nachfolgende Abbildung):

$$e_{\max} = e_0 + e_1 + e_2$$

$$e_{\min} = 0,5 e_0 - e_1$$



Unter Einwirkung der horizontalen Erdbebenkräfte F_G resultieren aus den Exzentrizitäten e_0 , e_1 und e_2 zusätzliche Torsionsmomente. Die Horizontalkräfte und Torsionsmomente müssen auf die Schubwände verteilt werden. Für ein Tragwerk mit senkrecht zueinander angeordneten Schubwänden kann die Verteilung entsprechend der Wandsteifigkeiten erfolgen. Für die Aussteifungselemente in Erbebenrichtung (Index i) und senkrecht dazu liegende Aussteifungselemente werden die Verteilungszahlen s_i , s_j bestimmt, die einen prozentualen Anteil der insgesamt vom Geschoss aufzunehmenden horizontalen Erdbebenersatzlast F_G darstellen.

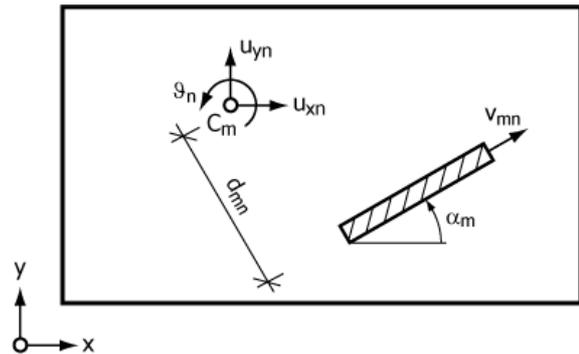
$$s_i = \frac{k_i}{k} \left(1 \pm \frac{k \cdot r_i \cdot e}{k_T} \right), \quad s_j = \frac{k_j \cdot r_j \cdot e}{k_T}$$

Liegen die Aussteifungselemente mit beliebiger Richtung vor, so ist die Aufteilung unter Berücksichtigung der Ausrichtung der schrägen Wände vorzunehmen. Hier bietet sich eine matrixielle Formulierung an.

Basierend auf einem „Pseudo 3D Modell“ wird die Quersteifigkeitsmatrix jedes aussteifenden Elements auf den horizontalen Freiheitsgrad entlang der Wandebene kondensiert. Nachfolgend wird die Aufstellung der Gesamtsteifigkeitsmatrix gezeigt.

Es wird davon ausgegangen, dass alle aussteifenden Wandelemente gebäudehoch ausgeführt sind. Da Stockwerksdecken mit aussteifender Scheibenwirkung vorliegen, müssen nur die horizontalen Verschiebungen u_x , u_y des Massenschwerpunktes sowie die Rotation ϑ der Stockwerksdecke um die z-Achse als aktive Freiheitsgrade berücksichtigt werden.

Die in nebenstehender Abbildung dargestellte Einzelwand besitzt den Hebelarm d_{mn} (bezogen auf den Massenschwerpunkt) und den Winkel α_m (positiv gegen den Uhrzeigersinn, bezogen auf die x-Achse). Die Wandverschiebung v_{mn} kann als Funktion der Stockwerksverschiebungen u_x , u_y und der Rotation ϑ_n des Stockwerks n ausgedrückt werden:



$$v_{mn} = \begin{pmatrix} \cos \alpha_m & \sin \alpha_m & d_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_{xn} \\ u_{yn} \\ \vartheta_n \end{pmatrix}$$

Für die Wand m und alle n Stockwerke erhält man mit

$$\underline{V}_m = \underline{A}_m \underline{U}$$

Mit

$$\underline{V}_m^T = (v_{m1}, v_{m2}, \dots, v_{mn})$$

$$\underline{U}^T = (u_{x1}, u_{x2}, \dots, u_{xn}, u_{y1}, u_{y2}, \dots, u_{yn}, \vartheta_1, \vartheta_2, \dots, \vartheta_n)$$

$$\underline{A}_m = [\cos \alpha_{ml} \quad \sin \alpha_{ml} \quad \text{diag}[d_{mn}]]$$

Dabei ist

\underline{V}_m Wandverschiebung der Wand m in allen n Stockwerken

\underline{U} Verschiebungen aller Freiheitsgrade (u_{xn} , u_{yn} , ϑ_n) in allen n Stockwerken

\underline{A}_m kinematische Transformationsmatrix

Im globalen Koordinatensystem ergibt sich die $(3n, 3n)$ -Steifigkeitsmatrix für Wand m zu

$$\underline{\tilde{K}}_m = \underline{A}_m^T \underline{K}_m \underline{A}_m$$

und die Quersteifigkeit des Gebäudes als Summe aller m aussteifenden Elemente zu

$$\underline{\tilde{K}}_{ges} = \sum \underline{\tilde{K}}_m$$

Für orthogonale Wände ergeben sich mit der matriziellen Formulierung identische Verteilungszahlen.

6.3.2 Nachweisverfahren

Im Folgenden werden die besonderen Regeln für Mauerwerk nach Abschnitt 11 der DIN 4149 (2005) erläutert. Diese beinhalten zusätzliche Anforderungen an Mauerwerksbaustoffe, spezielle konstruktive Regeln und legen die Bedingungen für den rechnerischen Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit fest.

6.3.2.1 Anforderungen an Mauerwerksbaustoffe und Konstruktionsregeln

Als Mauerwerksbaustoffe dürfen in deutschen Erdbebengebieten generell alle Mauersteine und Mauermörtel nach DIN 1053-1 (1996) verwendet werden. Auf Grund der hohen und zyklischen Schubbeanspruchung von Mauerwerkswänden im Erdbebenfall dürfen jedoch nach DIN 4149 (2005), Abschnitt 11.2 in den Erdbebenzonen 2 und 3 Mauersteine ohne durchlaufende Innenstege in Wandlängsrichtung nur verwendet werden, wenn sie eine mittlere Steindruckfestigkeit von mindestens $2,5 \text{ N/mm}^2$ in Wandlängsrichtung aufweisen. Diese Anforderung ist für Kalksandsteine nach DIN V 106 für die in der Praxis angebotenen Festigkeitsklassen stets erfüllt.

Wichtigste allgemeine Konstruktionsregel sind die verschärften Anforderungen an Schlankheit, Wandstärke und Länge der aussteifenden Schubwände gegenüber der DIN 1053-1 (1996) bzw. der DIN 1053-100 (2007). Durch diese Anforderungen soll sichergestellt werden, dass die aussteifenden Wände infolge von Querbeschleunigungen nicht senkrecht zu ihrer Ebene versagen. Zusätzlich sind in allen Vollgeschossen die Decken als starre Scheiben auszubilden.

Erdbebenzone	h_e/t	t [mm]	l [mm]
1	nach DIN 1053-1(1996)		≥ 740
2	≤ 18	$\geq 150^*$	≥ 980
3	≤ 15	≥ 175	≥ 980

h_e : Knicklänge, t: Wanddicke, l: Wandlänge
 *Wände der Wanddicke $\geq 115 \text{ mm}$ dürfen zusätzlich berücksichtigt werden, wenn $h_e/t \leq 15$ ist

6.3.2.2 Nachweis durch Einhaltung konstruktiver Regeln

Auf einen rechnerischen Erdbebennachweis von Mauerwerksbauten kann verzichtet werden, wenn zusätzlich zu den Anforderungen der Abschnitte 11.1 bis 11.3 folgende konstruktive Regeln nach Abschnitt 11.6 der DIN 4149 (2005) eingehalten werden.

- Kompakter Grundriss mit Längenverhältnis von $b/l \geq 0,25$
- Maximale Anzahl der Vollgeschosse \leq Grenzwert nach Tabelle 8 der Norm
- Maximale Geschosshöhe $\leq 3,50 \text{ m}$
- Steifigkeitsmittelpunkt und Massenschwerpunkt liegen nahe beieinander
- Ausreichende Torsionssteifigkeit muss sichergestellt sein
- Aussteifende Wände müssen über alle Geschosse durchgehen
- Aussteifende Wände müssen den überwiegenden Teil der Vertikallasten tragen
- Vertikallast muss auf die Wände in beiden Gebäuderichtungen verteilt sein
- Je Gebäuderichtung mindestens zwei Wände mit $l \geq 1,99 \text{ m}$
- Einhaltung der Mindestwerte für die auf die Geschossgrundrissfläche bezogene Schubwandquerschnittsfläche je Gebäuderichtung (siehe nachfolgenden Tabelle)

Anzahl der Vollgeschosse	$a_g \cdot S \cdot \gamma_1$								
	$\leq 0,06 \cdot g \cdot k^a$			$\leq 0,09 \cdot g \cdot k^a$			$\leq 0,12 \cdot g \cdot k^a$		
	Steinfestigkeitsklasse nach DIN 1053-1 (1996) ^{b,c}								
	4	6	≥ 12	4	6	≥ 12	4	6	≥ 12
1	0,02	0,02	0,02	0,03	0,025	0,02	0,04	0,03	0,02
2	0,035	0,03	0,02	0,055	0,045	0,03	0,08	0,05	0,04
3	0,065	0,04	0,03	0,08	0,065	0,05	Kein vereinfachter Nachweis zulässig (KvNz)		
4	KvNz	0,05	0,04	KvNz					

^a Für Gebäude, bei denen mindestens 70 % der betrachteten Schubwände in einer Richtung länger als 2 m sind, beträgt der Beiwert $k = 1 + (l_w - 2)/4 \leq 2$. Dabei ist l_w die mittlere Wandlänge der betrachteten Schubwände in m. In allen anderen Fällen beträgt $k = 1$. Der Wert γ_1 wird nach Abschnitt 5.3 der Norm bestimmt.

^b Bei Verwendung unterschiedlicher Steinfestigkeitsklassen, z.B. für Innen- und Außenwände, sind die Anforderungswerte im Verhältnis der Flächenanteile der jeweiligen Steinfestigkeitsklasse zu wichten.

^c Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden

Aus der dargestellten Tabelle wird deutlich, dass die prozentuale Bestimmung der Mindestquerschnittsflächen der Schubwände je Gebäuderichtung von der Anzahl der Vollgeschosse, der Steinfestigkeitsklasse, dem Bemessungswert der Bodenbeschleunigung a_g , dem Untergrundparameter S sowie dem Bedeutungsbeiwert γ_1 abhängig ist. Die Einhaltung der konstruktiven Regeln ist einfach durchzuführen und sollte daher, wenn möglich, dem rechnerischen Nachweis vorgezogen werden.

Es ist zu ergänzen, dass dieser vereinfachte Nachweis auf Erfahrungswerten basiert und deshalb in vielen Fällen erbracht werden kann, in denen ein linearer rechnerischer Nachweis auf Grund der konservativen Vorgaben für den Verhaltensbeiwert q nicht mehr gelingt.

6.3.2.3 Rechnerischer Nachweis nach DIN 1053-100

Der rechnerische Nachweis kann mit dem vereinfachten oder dem genaueren Verfahren nach DIN 1053-100 (2007) geführt werden. Der hierfür anzusetzende Bemessungswert der Beanspruchungen E_{dAE} ergibt sich entsprechend der Kombinationsregeln nach DIN 1055-100 (2001) zu:

$$E_{dAE} = E \left\{ \sum G_{kj} \oplus P_k \oplus \gamma_1 A_{Ed} \oplus \sum_{i \geq 1} \psi_{2i} Q_{ki} \right\}$$

 G_{kj}

Charakteristischer Wert der ständigen Einwirkung j

 Q_{ki}

Charakteristischer Wert der veränderlichen Einwirkung i

 ψ_{2i}

Kombinationsbeiwert für die veränderliche Einwirkung i

 P_k

Vorspannung

 γ_1

Wichtungsfaktor für Erdbeben nach DIN 1055-100 (2001) ($\gamma_1 = 1,0$)

Der Bemessungswert der Erdbebeneinwirkung A_{Ed} ist hierbei unter Berücksichtigung der Lasten aus Eigengewicht zuzüglich anteilig wirkender Nutzlasten der einzelnen Geschosse zu berechnen:

$$A_{Ed} = A \left\{ \sum G_{kj} \oplus \sum \psi_{Ei} Q_{ki} \right\} = A \left\{ \sum G_{kj} \oplus \sum \phi \psi_{2i} Q_{ki} \right\}$$

 ϕ

Beiwert nach Tabelle 6, DIN 4149 (2005)

 ψ_{2i}

Kombinationsbeiwert nach DIN 1055-100 (2001)

Bei dem Nachweis nach der DIN 1053-100 (2007) werden entsprechend dem semi-probabilistischen Sicherheitskonzept für die Bemessungssituation Erdbeben auf der Materialseite Teilsicherheitsbeiwerte von 1,2 für Mauerwerk und von 1,0 für den Betonstahl von bewehrtem Mauerwerk angesetzt.

Maßgebender Schnitt für den Nachweis ist in der Regel die Einspannung am Wandfuß, wo das maximale Moment auftritt. Die Spannungsverteilung darf nach DIN 1053-100 (2007) linear angenommen werden. Es gilt die Bernoulli-Hypothese und die Annahme einer linearen Spannungs-Dehnungskurve. Zugspannungen dürfen nicht in Ansatz gebracht werden und Schubspannungen können nur im überdrückten Querschnittsbereich übertragen werden. Die für statische Belastungen von der DIN 1053-100 (2007) geforderte Begrenzung des Klaffens der Querschnitte bis maximal zum Schwerpunkt und die Einhaltung von Randdehnungen sind für die Erdbebenbemessung nach DIN 4149 (2005) aufgrund der kurzen Einwirkungszeiten der seismischen Kräfte nicht zu berücksichtigen.

Der Nachweis der zentrischen und exzentrischen Druckbeanspruchung wird mit dem vereinfachten Verfahren geführt. Hierzu wird die einwirkende Normalkraft N_{ED} der aufnehmbaren Normalkraft N_{RD} gegenübergestellt. Der Bemessungswert der aufnehmbaren Normalkraft N_{RD} wird nach DIN 1053-100 (2007), Abschnitt 8.9.1.1 bestimmt:

$$N_{RD} = \Phi_1 \cdot A \cdot f_d \quad \text{mit} \quad f_d = \frac{\eta \cdot f_k}{\gamma_M} \quad \text{und} \quad \Phi_1 = 1 - 2 \cdot e/b$$

 Φ_1 Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Schlankheit und Exzentrizitäten A die Gesamtfläche des Querschnitts f_d der Bemessungswert der Druckfestigkeit des Mauerwerks η Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung von Langzeiteinflüssen f_k charakteristische Druckfestigkeit des Mauerwerks γ_M Teilsicherheitsbeiwert e Exzentrizität der Last: $e = M_{ED}/N_{ED}$ b Länge der Wandscheibe

Für den Lastfall Erdbeben ergibt sich der Abminderungsbeiwert η zu 1,0 und der Teilsicherheitsbeiwert γ_M wird nach DIN 4149 (2005), Tabelle 16 mit 1,2 angesetzt. Φ_1 ist der Abminderungsfaktor für vorwiegend biegebeanspruchte Wandscheiben und berechnet sich in Abhängigkeit von der Lastexzentrizität e und der Wandlänge b .

Der Schubnachweis wird mit dem genaueren Verfahren nach DIN 1053-100 (2007), Abschnitt 9.9.5 geführt. Zur Bestimmung des Schubwiderstandes wird hierzu die charakteristische Schubfestigkeit f_{vk} als Minimum der folgenden Ausdrücke bestimmt:

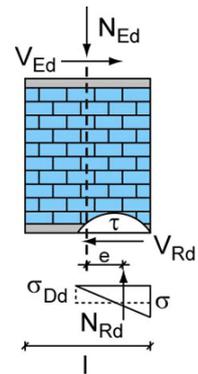
$$f_{vk} = \min \left\{ f_{vk0} + \bar{\mu} \cdot \sigma_{Dd} ; 0,45 \cdot f_{bz} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_{Dd}}{f_{bz}}} \right\}$$

Hierin ist f_{vk0} die abgeminderte Haftscherfestigkeit, wobei der Wert unter der Annahme unvermörtelter Stoßfugen halbiert werden darf, μ der abgeminderte Reibungsbeiwert, der mit 0,4 angenommen wird, und f_{bz} die Steinzugfestigkeit, die sich aus dem charakteristischen Wert der Steindruckfestigkeit f_{bk} (Steinfestigkeitsklasse) wie folgt berechnet:

$$f_{bz} = 0,033 \cdot f_{bk}$$

Der Bemessungswert der zugehörigen Druckspannung σ_d (siehe Abbildung) ist der Quotient aus dem Bemessungswert der einwirkenden Druckkraft und der überdrückten Querschnittsfläche A_C :

$$\sigma_{Dd} = \frac{N_{Ed}}{A_C} \text{ mit } A_C = 1,5 \cdot (l - 2 \cdot e) \cdot d$$



Mit der charakteristischen Schubfestigkeit kann der Bemessungswert des Bauteilwiderstandes bei Querkraftbeanspruchung bestimmt werden:

$$V_{Rd} = \alpha_s \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_M} \cdot d/c$$

Hierbei ist der Schubtragfähigkeitsbeiwert α_s bei Erdbebenbeanspruchung anzusetzen. Für Wandscheiben ergibt sich als α_s das Minimum aus den beiden Werten $1,125 \cdot l$ und $1,3333 \cdot l_c$, wobei l_c die Länge des Überdrückten Querschnittes ist und mit $l_c = 1,5 \cdot (l - 2e)$ berechnet wird. Der Faktor c berücksichtigt die Schubspannungsverteilung im Querschnitt und nimmt in Abhängigkeit vom Verhältnis der Gesamtwandhöhe zur Wandlänge Werte zwischen 1 und 1,5 an.

6.3.2.4 Rechnerischer Nachweis nach DIN 1053-1

Bei dem Nachweis nach der DIN 1053-1 (1996) in Kombination mit der DIN 4149 (2005) wird für die Bemessungssituation Erdbeben ein globaler Sicherheitsbeiwerte von 1,33 angesetzt.

Die Bemessung erfolgt durch den Nachweis an der Einspannung am Wandfuß und den Nachweis der Knicksicherheit. Die Knicksicherheit darf dabei an Stelle einer genauen Berechnung durch Bemessung der Wand in halber Geschosshöhe nachgewiesen werden. Die Nachweise erfolgen nach DIN 1053-1 (1996) auf der Grundlage einer linearen Spannungsverteilung und ebenbleibender Querschnitt. Zugspannungen dürfen nicht in Ansatz gebracht werden und Schubspannungen können nur im überdrückten Querschnittsbereich übertragen werden. Die für statische Belastungen geforderte Begrenzung des Klaffens der Querschnitte bis maximal zum Schwerpunkt und die Einhaltung von Randdehnungen sind für die Erdbebenbemessung nach DIN 4149 (2005) aufgrund der kurzen Einwirkungszeiten der seismischen Kräfte nicht zu berücksichtigen.

Der Nachweis der zentrischen und exzentrischen Druckbeanspruchung wird mit dem genaueren Verfahren nach DIN1053-1 (1996), Abschnitt 7.9.1 geführt. Es ist nachzuweisen das die γ -fache Belastung ohne Mitwirkung des Mauerwerks auf Zug im Bruchzustand aufgenommen werden kann. Dabei ergibt sich der Rechenwert der Druckfestigkeit des Mauerwerks β_R zu:

$$\beta_R = 2,67 \cdot \sigma_o$$

mit:

σ_o Grundwert der zulässigen Druckspannung nach DIN1053-1 (1996), Tabelle 4a, 4b oder 4c

Nach DIN 1053-1 (1996) sind zwei Spannungsnachweise zu führen. Bei exzentrischer Beanspruchung darf im Bruchzustand die Kantenpressung (Randspannung) den Wert $1,33 \beta_R$, die mittlere Spannung den Wert β_R nicht überschreiten. Im Folgenden wird kurz erläutert wann die mittlere Spannung und wann die Randspannung für den Nachweis maßgebend ist:

Im ungerissenen Querschnitt beträgt die größte Randspannung $\sigma_R = N/(b \cdot d) \cdot (1 + m)$ mit $m = 6 \cdot e/d$ (bezogene Ausmitte). Die vorhandene mittlere Spannung bei mittig angreifender Normalkraft ergibt sich zu $\sigma_m = N/(b \cdot d)$. Ist der Querschnitt durch die Normalkraft ausgenutzt ($\sigma_m = \beta_R / \gamma$), kann bis zur zulässigen Randspannung $\sigma_R = 1,33 \cdot \beta_R / \gamma$ noch ein zusätzlicher Spannungsanteil $\Delta\sigma_R = 0,33 \cdot \beta_R / \gamma = N/(b \cdot d) \cdot m$ aufgenommen werden, was einer bezogenen Ausmitte $m = 0,33 = 1/3$ bzw. $e = d/18$ entspricht. Dies bedeutet, dass der Spannungsnachweis nach DIN 1053-1 (1996), Abschnitt 7.9.5 für Ausmitten $e \leq d/18$ für die mittlere Spannung und bei Ausmitten $e > d/18$ für die Randspannung maßgebend ist. Im teilweise gerissenen Querschnitt ($\sigma_m = 1/2 \cdot \sigma_R$) ist immer der Nachweis der Randspannungen maßgebend.

Bei der Bemessung der Wand in halber Geschosshöhe als Nachweis der Knicksicherheit muss neben der planmäßigen Exzentrizität e folgende zusätzliche Exzentrizität f berücksichtigt werden:

$$f = \lambda \cdot \frac{1+m}{1800} \cdot h_k$$

mit:

$$\lambda = \frac{h_k}{d} \quad \text{Schlankheit der Wand (} h_k \text{ Knicklänge der Wand)}$$

$$m = \frac{6 \cdot e}{d} \quad \text{bezogene planmäßige Exzentrizität in halber Geschosshöhe}$$

Der Schubnachweis wird mit dem genaueren Verfahren nach DIN 1053-1 (1996), Abschnitt 7.9.5 geführt. Dabei sind die Schubspannungen nach der technischen Biegelehre bzw. nach der Scheibentheorie für homogenes Material zu ermitteln, wobei klaffende Fugen nicht in Rechnung gestellt werden dürfen.

Die vorhandenen Schubspannungen τ und zugehörige Normalspannung σ (in der Mitte der überdrückten Zone) müssen für den Nachweis folgenden Bedingungen einhalten:

$$\gamma \cdot \tau \leq \beta_{RHS} + \mu \cdot \sigma$$

$$\gamma \cdot \tau \leq 0,45 \cdot \beta_{RZ} \cdot \sqrt{1 + \sigma / \beta_{RZ}}$$

mit:

β_{RHS} Rechenwert der abgeminderten Haftscherfestigkeit.

Es gilt $\beta_{RHS} = 2 \sigma_{oHS}$ (mit σ_{oHS} nach Tabelle 5, DIN1053-1 (1996))

μ Rechenwert des abgeminderten Reibungsbeiwertes.

$\mu = 0,4$ für alle Mörtelgruppen.

β_{RZ} Rechenwert der Steinzugfestigkeit. Es gilt:

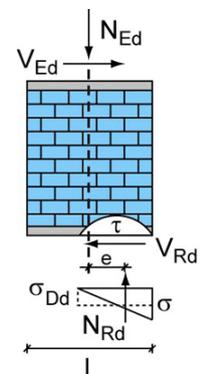
$\beta_{RZ} = 0,025 \beta_{Nst}$ für Hohlblocksteine

$\beta_{RZ} = 0,033 \beta_{Nst}$ für Hochlochsteine und Steine mit Grifföffnungen und Grifflöchern

$\beta_{RZ} = 0,040 \beta_{Nst}$ für Vollsteine ohne Grifföffnungen oder Grifflöcher

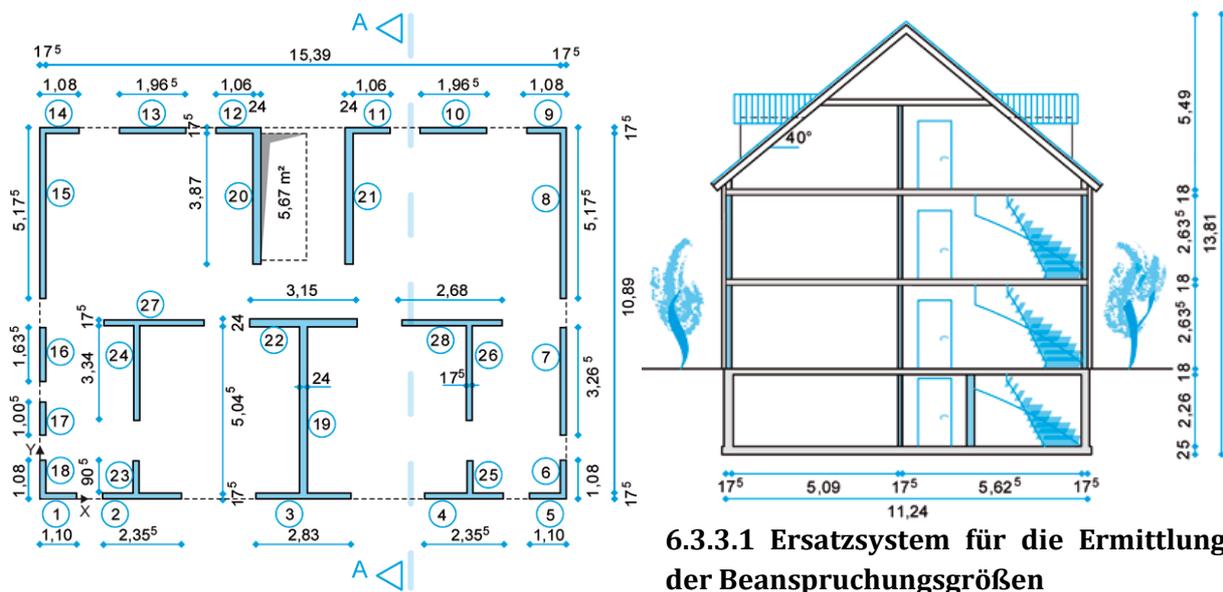
β_{Nst} Nennwert der Steindruckfestigkeit (Steindruckfestigkeitsklasse)

σ Normalspannung in der Mitte der überdrückten Zone

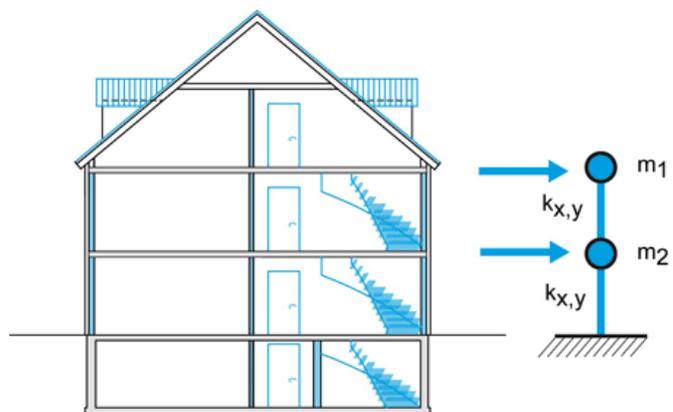


6.3.3 Berechnungsbeispiel rechnerischer linearer Nachweis

Der rechnerische Nachweis wird im Folgenden exemplarisch an einem 2-geschossigen Mehrfamilienhaus durchgeführt. Der Grundriss und der Aufriss des untersuchten Objektes sind in nachfolgenden Abbildungen dargestellt. Der Keller ist als steifer Kasten ausgebildet, dem sich zwei Vollgeschosse mit tragenden Mauerwerkswänden aus Kalksandstein und eine Dachkonstruktion in Satteldachform mit einer Dachneigung von 40° anschließen. Die tragenden Mauerwerkswände werden aus Kalksandsteinen mit Dünnbettmörtel in der Wanddicke 240 mm (Steindruckfestigkeitsklasse 12) für Treppenraum- und Wohnungstrennwände und in der Wanddicke 175 mm (Steindruckfestigkeitsklasse 20) für die Außenwände, sowie allen übrigen Innenwände ausgeführt. Für das skizzierte Projekt wird der rechnerische Standsicherheitsnachweis nach DIN 4149 in der Erdbebenzone 1 mit der Untergrundkombination C-S geführt.



Die Antwort des Gebäudes auf dynamische Beanspruchungen im Falle eines Erdbebens wird durch die Steifigkeit des horizontalen Aussteifungssystems und durch die Verteilung der Stockwerksmassen bestimmt. Das Gebäude wird durch einen Zweimassenschwinger mit konzentrierten Massen auf den Stockwerkebenen abgebildet (vgl. Abbildung) und die Berechnung erfolgt nach dem vereinfachten Antwortspektrenverfahren. Die Massen des Schwingers entsprechen dem Eigengewicht und den veränderlichen Masseanteilen auf den Stockwerkebenen. Die Steifigkeiten des Ersatzstabes sind die Geschossteifigkeiten, die aus den einzelnen Wandsteifigkeiten zu berechnen sind. Die Ermittlung der Erdbebenersatzkräfte und der daraus resultierenden Wandbeanspruchungen erfolgt getrennt für die x-



und y-Richtung. Eine Kombination der Beanspruchungsgrößen ist nach DIN 4149 (2005), Abschnitt 6.2.4.1 (5) nicht erforderlich, da die Regelmäßigkeitskriterien im Grundriss erfüllt sind und der Horizontallastabtrag ausschließlich über Wände erfolgt.

6.3.3.1.1 Ermittlung der Stockwerksmassen

Die Stockwerksmassen setzen sich aus den ständigen und veränderlichen Massen der Decken sowie dem Wandeigengewicht zusammen. Der Beiwert ϕ zur Beschreibung der Stockwerksnutzung wird nach DIN 4149 (2005), Tabelle 6 für eine unabhängige Stockwerksnutzung gewählt und der Kombinationsbeiwert ψ_2 wird nach DIN 1055-100 (2001) angesetzt. Abweichend von der DIN 1055-100 (2001) wird jedoch gemäß der Einführungserlasse der Bundesländer bei der Bestimmung der Massen der Dachkonstruktion zusätzlich zum Eigengewicht eine Schneelast mit einem Kombinationsbeiwert $\psi_2 = 0,5$ angesetzt. Im vorliegenden Fall wurde die Schneelast für eine Dachneigung von 40° in der Schneelastzone II und eine Standorthöhe von 245 m über N.N. nach 1055-5 (2005) ermittelt. Die folgende Tabelle beinhaltet die Zusammenstellung der Stockwerksmassen aus Eigengewicht und Verkehrslasten mit den dazugehörigen Kombinationsbeiwerten. Die Masse der Dachkonstruktion beträgt mit 25 t weniger als 50% des darunter liegende Vollgeschosses mit 155 t. Dementsprechend wird das Dachgeschoss nicht als eigenständiges Vollgeschoss berücksichtigt, sondern die Masse der Dachkonstruktion wird dem darunter liegenden Vollgeschosses aufgeschlagen. Für das Ersatzsystem in Abschnitt 6.3.3.1 ergeben sich damit folgende Massen:

- $m_1 = 155 \text{ t} + 25 \text{ t} = 180 \text{ t}$
- $m_2 = 183 \text{ t}$

		Decke über Erdgeschoss	Decke über Obergeschoss	Dachkonstruktion
Deckenlasten	Geschossfläche	$A_{EG} = 171,25 \text{ m}^2$	$A_{OG} = 171,25 \text{ m}^2$	$A_{Grundfl.} = 171,25 \text{ m}^2$
	Ständige Lasten	Stahlbetondecke inkl. Bodenaufbau	Stahlbetondecke inkl. Bodenaufbau	Satteldachkonstruktion
		$g_k = 6 \text{ KN/m}^2$	$g_k = 6 \text{ KN/m}^2$	$g_k = 1,2 \text{ KN/m}^2$ (Grundfl.)
	Veränderliche Lasten	Nutzlast inkl. Trennwandzuschlag	Nutzlast inkl. Trennwandzuschlag	Schneelast
		$q_k = 2,7 \text{ KN/m}^2$	$q_k = 2,7 \text{ KN/m}^2$	$q_k = 0,45 \text{ KN/m}^2$
	ϕ - Beiwert	0,5 [-]	1,0 [-]	1,0 [-]
	ψ_2 - Beiwert	0,3 [-]	0,3 [-]	0,5 [-]
Wandlasten	Wandfläche	$A_W = 12,68 \text{ m}^2$	$A_W = 12,68 \text{ m}^2$	-
	Wandhöhe	$h = 2,81 \text{ m}$	$h = 1,41 \text{ m}$	-
	Dichte des MW	$\rho_{MW} = 2 \text{ t/m}^3$	$\rho_{MW} = 2 \text{ t/m}^3$	-
	Wandeigengewicht	$G_{k,MW} = 700 \text{ KN}$	$G_{k,MW} = 350 \text{ KN}$	-
Summen	$\sum G_{ki}$	$171,25 \cdot 6 + 700 = 1727,50 \text{ KN}$	$171,25 \cdot 6 + 350 = 1377,50 \text{ KN}$	$171,25 \cdot 1,2 = 205,50 \text{ KN}$
	$\sum \phi \cdot \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$171,25 \cdot (2,7 \cdot 0,5 \cdot 0,3) = 69,36 \text{ KN}$	$171,25 \cdot (2,7 \cdot 1,0 \cdot 0,3) = 138,71 \text{ KN}$	$171,25 \cdot (0,45 \cdot 1,0 \cdot 0,5) = 38,53 \text{ KN}$
	$\sum G_{ki} + \sum \phi \cdot \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$1797 \text{ KN} \approx 183 \text{ t}$	$1516 \text{ KN} \approx 155 \text{ t}$	$244 \text{ KN} \approx 25 \text{ t} < 0,5 \cdot 155 \text{ t} = 78 \text{ t}$

6.3.3.1.2 Ermittlung der Systemsteifigkeiten

Die Systemsteifigkeit wird getrennt für die x- und die y-Richtung aus den Einzelwandsteifigkeiten berechnet. Die Geometrie- und Materialdaten der einzelnen Wandscheiben sind in der Tabelle am Ende von Abschnitt 6.3.3.2 zusammengestellt. Alle Mauerwerkswände des Grundrisses weisen Längen > 980 mm auf, so dass in den Erdbebenzonen 1 und 2 die Anforderungen nach Tabelle 14 der DIN 4149 (2005) erfüllt sind. Damit können alle Wandscheiben zur Bestimmung der Systemsteifigkeiten herangezogen werden. Die einzelnen Wandsteifigkeiten sind unter Berücksichtigung der Abminderung infolge Schubverformungen zu ermitteln (Abschnitt 6.3.1.2). Exemplarisch ergibt sich für die Wand 1 mit einer Dicke von $d = 175$ mm und einer rechnerischen Länge von $l = 1,01$ m ein Steifigkeitsbeitrag in x-Richtung von

$$k_{x,1} = E \cdot I_{x,1} = E \cdot 0,175 \cdot 1,01^3 / 12 = E \cdot 0,015 \text{ KNm}^2$$

Mit der Berücksichtigung der Schubverformung nach Abschnitt 6.3.1.2 ergibt sich eine leicht abgeminderte Einzelwandsteifigkeit:

$$\begin{aligned} k_{x,1} &= E \cdot I_{\text{Ex},1} = E \cdot \frac{I}{\left(1 + \frac{3,64EI}{h^2 GA}\right)} \\ &= E \cdot \frac{0,015}{\left(1 + \frac{3,64 \cdot 0,015}{5,62^2 \cdot 0,4 \cdot 0,175 \cdot 1,01}\right)} = E \cdot 0,0146 \text{ KNm}^2 \end{aligned}$$

Die Steifigkeitswerte der übrigen Wandscheiben des Grundrisses können analog ermittelt werden und sind in der oben genannten Tabelle zusammengestellt. Der in der Tabelle angegebene rechnerische Elastizitätsmodul wurde hierbei aus der charakteristischen Druckfestigkeit abgeleitet. Mit der charakteristischen Druckfestigkeit $f_k = 6,9$ N/mm² bzw. 10 N/mm² nach DIN 1053-100, Tabelle 5 für Kalksandsteine der Steindruckfestigkeitsklasse 12 bzw. der Steindruckfestigkeitsklasse 20 ergibt sich der jeweilige Elastizitätsmodul nach DIN 1053-100, Tabelle 3 zu:

$$\text{SFK 12: } E = 950 \cdot f_k = 6.555.000 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{SFK 20: } E = 950 \cdot f_k = 9.500.000 \text{ kN/m}^2$$

(Der E-Modul nach DIN 1053-1 ergibt sich entsprechend nach Tabelle 2 (DIN 1053-1, 1996)).

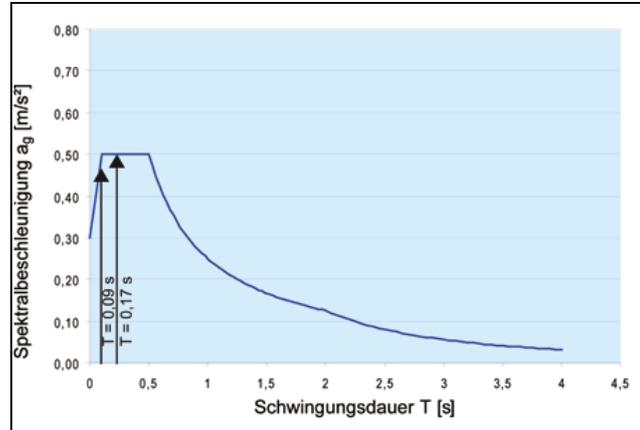
Damit ergeben sich folgende resultierende Gesamtsteifigkeiten des Ersatzstabes:

$$k_x = \sum_{i=1}^k k_{x,i} = 16591456 \text{ KNm}^2$$

$$k_y = \sum_{i=1}^k k_{y,i} = 59551124 \text{ KNm}^2$$

6.3.3.1.3 Ermittlung der Erdbebenersatzkräfte in x- und y-Richtung

Für die Anwendung des vereinfachten Antwortspektrenverfahrens wird mit dem Zweimassenschwinger die erste Eigenfrequenz bzw. Periode des Tragwerks in den beiden Gebäuderichtungen berechnet. Dies kann mittels geeigneter Software über eine Modalanalyse oder durch eine Abschätzung mit der Formel nach Müller und Keintzel (1984) erfolgen. In diesem konkreten Beispiel wird über eine Modalanalyse mit dem Programm MINEA (2008) die Grundschwingzeit zu 0,17 s in x-Richtung und zu 0,09 s in y-Richtung ermittelt.



Mit den ermittelten Perioden werden die zugehörigen Spektralbeschleunigungen nach DIN 4149 (2005) aus Antwortspektrum des Gebäudestandorts bestimmt. Dabei wird ein Verhaltensbeiwert von $q = 1,5$ für unbewehrtes Mauerwerk nach DIN 4149 (2005), Tabelle 17 angesetzt. Die nebenstehende Abbildung zeigt, dass sich für beide Richtungen unterschiedliche Spektralbeschleunigung ($0,5 m/s^2$ für die x-Richtung und $0,48 m/s^2$ für die y-Richtung) ergeben.

Aus der Gesamtmasse des Tragwerks und den ermittelten Spektralbeschleunigungen werden die Gesamterdbebenkräfte berechnet. Sie ergeben sich mit dem Korrekturfaktor λ , der für Tragwerke mit nicht mehr als drei Stockwerken mit 1,0 anzusetzen ist, zu:

x-Richtung: $F_{b,x} = S_d(T_1) \cdot M \cdot \lambda = 0,5 \cdot 363 \cdot 1,0 = 181,5 \text{ kN}$

Kraftverteilung		Erdbebenzone 1	
<p>The diagram shows a two-story frame with a fixed base. Horizontal forces F_2 and F_1 are applied to the top and middle floors, respectively, pointing to the right. A base reaction force F_b is shown at the bottom, pointing to the left.</p>		x-Richtung	y-Richtung
	F_2	120,2 kN	115,3 kN
	F_1	61,3 kN	58,9 kN
	F_b	181,5 kN	174,2 kN

y-Richtung: $F_{b,y} = S_d(T_1) \cdot M \cdot \lambda = 0,48 \cdot 363 \cdot 1,0 = 174,2 \text{ kN}$

Die Verteilung der Gesamterdbebenkräfte erfolgt vereinfachend höhen- und massenproportional auf die einzelnen Stockwerkebenen. Damit ergeben sich die in nachstehender Tabelle angegebenen Stockwerkskräfte für die Erdbebenzone 1.

6.3.3.2 Verteilung der Erdbebenersatzkräfte auf die Wandscheiben

Die Summe der Erdbebenlasten wird entsprechend der jeweiligen Wandsteifigkeiten auf die Einzelwände verteilt. Dafür werden die Verteilungszahlen s_{ix} für die Bebenkomponente in x-Richtung und s_{iy} für die Bebenkomponente in y-Richtung ermittelt. Die Verteilungszahlen für die Aussteifungselemente parallel (Index i) und senkrecht (Index j) zur Belastungsrichtung ergeben sich gemäß dem in Abschnitt 6.3.1.3 geschilderten Vorgehen zu:



$$s_i = \frac{k_i}{k} \left(1 \pm \frac{k \cdot r_i \cdot e}{k_T} \right), \quad s_j = \frac{k_j \cdot r_j \cdot e}{k_T}$$

k_i, k_j Steifigkeiten der Aussteifungselemente parallel und senkrecht zur Erdbebenrichtung

k_T Torsionssteifigkeit des betrachteten Geschosses, $k_T = \sum_{i=1}^n k_i \cdot r_i^2 + \sum_{j=1}^l k_j \cdot r_j^2$

n, l Anzahl der Aussteifungselemente parallel und senkrecht zur Erdbebenrichtung

r_i, r_j Abstände der Aussteifungselemente zum Steifigkeitsmittelpunkt

k Translationssteifigkeit in Erdbebenrichtung, $k = \sum_{i=1}^k k_i$

Wie in Abschnitt 6.3.1.3 beschrieben ist dabei die Torsionswirkung zu berücksichtigen. Da bei dem untersuchten Grundriss eine unsymmetrische Verteilung der Horizontalsteifigkeit und der Masse vorliegt, wird der nach Norm erforderliche Ansatz der Torsion anhand der Bedingungen in Tabelle 9 ermittelt. Sind alle Bedingungen erfüllt, so kann die Torsion entweder über den vereinfachten Ansatz nach Abschnitt 6.2.2.4.2 (6) oder mit dem genaueren Torsionsansatz nach Abschnitt 6.2.2.4.2 (11) der DIN 4149 (2005) ermittelt werden.

Bedingungen nach DIN 4149 (2005), Abschnitt 6.2.2.4.2 (3)		Erfüllt
a)	Die Bauwerkshöhe überschreitet 10 m nicht und das Bauwerk weist gut verteilte steife Außen- und Innenwände auf.	ja
b)	Die Deckenscheiben sind starr ausgebildet.	ja
c)	Die Steifigkeitsmittelpunkte und Massenschwerpunkte liegen näherungsweise auf einer vertikalen Geraden.	ja
c)	in jeder der beiden Berechnungsrichtungen ist folgende Bedingung eingehalten: $r^2 > I_s^2 + e_0^2$	ja

Nicht einfach überprüfbar ist hierbei die Bedingung, ob der Torsionsradius r^2 größer als die Summe aus Trägheitsradius I_s^2 und dem Quadrat der tatsächlichen Exzentrizitäten e_0^2 ist. Dies muss rechnerisch überprüft werden, da bei Verletzung dieser Bedingung unabhängig von dem Verfahren zur Berücksichtigung der Torsionswirkung die Erdbebenbeanspruchungen zusätzlich pauschal mit dem Faktor 1,25 zu erhöhen ist.

Das Quadrat des Trägheitsradius I_s ergibt sich für den hier vorliegenden rechteckigen Grundriss zu:

$$I_s^2 = (L^2 + B^2)/12 = (15,74^2 + 11,24^2)/12 = 31,17\text{m}^2$$

Der Torsionsradius wird getrennt für die x- bzw. die y-Richtung aus dem Verhältnis der Torsionssteifigkeit

$$k_T = \sum_{i=1}^n k_i \cdot r_i^2 + \sum_{j=1}^l k_j \cdot r_j^2 = 2128397550 \text{ KNm}^2$$



zu den richtungsabhängigen Translationssteifigkeiten berechnet (Abschnitt 3.3.3.2). Für das Mehrfamilienhaus ergeben sich mit den Steifigkeitsanteilen der Einzelwände folgende Werte:

$$r_x^2 = \frac{k_T}{k_x} = \frac{2128397550}{16591456} = 128,28$$

$$r_y^2 = \frac{k_T}{k_y} = \frac{2128397550}{59551124} = 35,74$$

Die tatsächliche Exzentrizität e_0 ist der Abstand zwischen dem Steifigkeitsmittelpunkt und dem Massenschwerpunkt. Der Massenschwerpunkt ergibt sich unter Vernachlässigung des Einflusses des Wandeigengewichtes und der Öffnung im Treppenhaus als Mittelpunkt der Deckenfläche zu:

$$x_M = 7,87 \text{ m}$$

$$y_M = 5,62 \text{ m}$$

ausreichend genau berechnet werden. Der Steifigkeitsmittelpunkt ergibt sich mit den Steifigkeitswerten zu:

$$x_S = \frac{\sum_i E_{x,i} \cdot I_{x,i} \cdot x_{s,i}}{\sum_i E_{x,i} \cdot I_{x,i}} = 8,28 \text{ m}$$

$$y_S = \frac{\sum_i E_{y,i} \cdot I_{y,i} \cdot y_{s,i}}{\sum_i E_{y,i} \cdot I_{y,i}} = 4,33 \text{ m}$$

bestimmt. Im vorliegenden Fall zeigt sich anhand der Zusammenstellung der Ergebnisse in nachfolgender Tabelle, dass sowohl in x- als auch in y-Richtung die Bedingung c) der vorangegangenen Tabelle eingehalten ist und somit keine pauschale Erhöhung der Erdbebenbeanspruchung erforderlich wird.

	e_0	e_0^2	r^2	I_S^2	$r^2 > I_S^2 + e_0^2$
x-Richtung	$8,28 - 7,87 = 0,41 \text{ m}$	$0,17 \text{ m}^2$	$128,28 \text{ m}^2$	$31,17 \text{ m}^2$	ja
y-Richtung	$5,62 - 4,33 = 1,29 \text{ m}$	$1,66 \text{ m}^2$	$35,74 \text{ m}^2$	$31,17 \text{ m}^2$	ja

Auf Grund der Einhaltung sämtlicher Bedingungen kann die Torsionswirkung nach dem vereinfachten Ansatz nach Abschnitt 6.2.2.4.2 (6) oder mit dem genauer Torsionsansatz nach Abschnitt 6.2.2.4.2 (11) der DIN 4149 (2005) berücksichtigt werden. Im Rahmen dieses Beispiels wird die Torsion mit dem genauen Torsionsansatz durch eine kombinierte Betrachtung der tatsächlichen Exzentrizität e_0 , der zusätzlichen Exzentrizität e_2 und der zufälligen Exzentrizität e_1 berücksichtigt. Aus diesen Werten werden die anzusetzenden Exzentrizitäten e_{\min} und e_{\max} getrennt für beide Untersuchungsrichtungen bestimmt (Abschnitt 3.3.1).



$$e_{\max} = e_0 + e_1 + e_2$$

$$e_{\min} = 0,5 \cdot e_0 - e_1$$

Die zufällige Exzentrizität berechnet sich mit der Abmessung L_i des Bauwerksgeschosses senkrecht zur Erdbebenrichtung zu

$$e_1 = \pm 0,05 \cdot L_i \Rightarrow \begin{aligned} e_{1,x} &= \pm 0,05 \cdot 15,74 = 0,787 \text{ m} \\ e_{1,y} &= \pm 0,05 \cdot 11,24 = 0,562 \text{ m} \end{aligned}$$

Die zusätzliche Exzentrizität e_2 ergibt sich als Minimum der folgenden beiden Berechnungsformeln:

$$e_2 = \min \left\{ \begin{aligned} &0,1 \cdot (L + B) \cdot \sqrt{\frac{10 \cdot e_0}{L}} \leq 0,1 \cdot (L + B) \\ &\frac{1}{2 \cdot e_0} \left[l_s^2 - e_0^2 - r^2 + \sqrt{(l_s^2 + e_0^2 - r^2)^2 + 4 \cdot e_0^2 \cdot r^2} \right] \end{aligned} \right.$$

und wird getrennt für die x- und die y-Richtung berechnet. In diesem Berechnungsbeispiel ergeben sich für die x-Richtung folgende Werte:

$$e_{2,x} = \min \left\{ \begin{aligned} &0,1 \cdot (15,74 + 11,24) \cdot \sqrt{\frac{10 \cdot 0,41}{15,74}} = 1,377 \leq 0,1 \cdot (15,74 + 11,24) = 2,698 \\ &\frac{1}{2 \cdot 0,41} \left[31,17 - 0,41^2 - 128,28 + \sqrt{(31,17 + 0,41^2 - 128,28)^2 + 4 \cdot 0,41^2 \cdot 128,28} \right] = 0,131 \end{aligned} \right.$$

Analog wird für die y-Richtung eine zusätzliche Exzentrizität von $e_{2,y} = 2,698 \text{ m}$ bestimmt. Eine Zusammenfassung der im untersuchten Grundriss anzusetzenden Exzentrizitäten und ihrer Kombinationswerte e_{\min} und e_{\max} ist in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

Bebenrichtung	Exzentrizitäten				
	e_0	e_1	e_2	e_{\min}	e_{\max}
x-Richtung	0,410 m	0,787 m	0,131 m	-0,582 m	1,329 m
y-Richtung	1,287 m	0,562 m	2,698 m	0,082 m	4,547 m

Mit den ermittelten Exzentrizitäten können die Verteilungszahlen der Einzelwandscheiben s_{ix} für die Bebenkomponente in x-Richtung und s_{iy} für die Bebenkomponente in y-Richtung bestimmt werden. Exemplarisch ergeben sich für die Wand 1 folgende Verteilungszahlen:

$$s_{1x} = \frac{k_{1x}}{k_x} \cdot \left(1 + \frac{k_x \cdot r_{1y} \cdot e_{y,\min}}{k_T} \right) = \frac{139327}{16591456} \cdot \left(1 + \frac{16591456 \cdot (4,33 - 0,088) \cdot 0,082}{2128397550} \right) = 0,0084$$

$$s_{1y} = r_{1y} \cdot e_{x,\max} \cdot \frac{k_{1x}}{k_T} = (4,33 - 0,088) \cdot 1,329 \cdot \frac{139327}{2128397550} = 0,00036$$

Dementsprechend können die Beanspruchungen der Wandscheibe 1 mit den berechneten Stockwerkskräften wie folgt ermittelt werden:



Beanspruchung in x-Richtung:

$$V_{ED} = 0,0084 \cdot 181,5 = 1,52 \text{ KN}$$

$$M_{ED} = 0,0084 \cdot (120,2 \cdot 5,62 + 61,3 \cdot 2,81) = 7,12 \text{ kNm}$$

Beanspruchung in y-Richtung:

$$V_{ED} = 0,00036 \cdot 174,2 = 0,06 \text{ KN}$$

$$M_{ED} = 0,00036 \cdot (115,3 \cdot 5,62 + 58,9 \cdot 2,81) = 0,29 \text{ kNm}$$

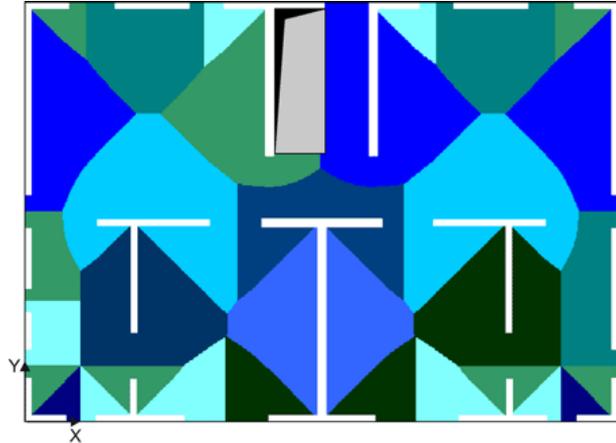
In nachfolgender Tabelle sind die ermittelten Verteilungszahlen zusammengefasst. Die resultierenden Bemessungswerte der Beanspruchungen aller Wandscheiben können der Tabelle in Abschnitt 6.3.3.3 entnommen werden.

NR.	l	d	x _{SI}	y _{SI}	I _{Ex} /I _{Ey}	E-Modul a)	f _k	σ _o	SFK	f _{bz} / β _{RZ}	f _{vk0} / β _{RHS}	s _{ix}	s _{iy}
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m ⁴]	[kN/m ²]	[MN/m ²]		[-]	[MN/m ²]	[MN/m ²]	[-]	[-]
1	1,01	0,175	0,60	0,09	0,01	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,008	0,000
2	2,36	0,175	3,05	0,09	0,17	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,096	0,004
3	2,83	0,175	7,87	0,09	0,28	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,158	0,007
4	2,36	0,175	12,69	0,09	0,17	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,096	0,004
5	1,01	0,175	15,15	0,09	0,01	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,008	0,000
6	0,99	0,175	15,65	0,59	0,01	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,002	0,002
7	3,27	0,175	15,65	3,56	0,40	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,060	0,072
8	5,09	0,175	15,65	8,61	1,19	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,177	0,072
9	0,99	0,175	15,16	11,15	0,01	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,010	0,001
10	1,97	0,175	12,53	11,15	0,10	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,072	0,004
11	1,97	0,175	9,84	11,15	0,02	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,016	0,001
12	1,18	0,175	5,91	11,15	0,02	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,016	0,001
13	1,18	0,175	3,21	11,15	0,10	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,072	0,004
14	1,97	0,175	0,59	11,15	0,01	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,010	0,001
15	0,99	0,175	0,09	8,61	1,19	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,197	0,247
16	1,64	0,175	0,09	4,37	0,06	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,010	0,012
17	1,01	0,175	0,09	2,43	0,01	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,002	0,003
18	0,99	0,175	0,09	0,59	0,01	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,002	0,003
19	5,25	0,240	7,87	2,73	1,74	9500000	6,90	2,2	12	0,40	0,11	0,010	0,195
20	3,96	0,240	6,50	9,17	0,90	9500000	6,90	2,2	12	0,40	0,11	0,022	0,106
21	3,96	0,240	9,25	9,17	0,90	9500000	6,90	2,2	12	0,40	0,11	0,012	0,101
22	3,15	0,240	7,87	5,35	0,50	9500000	6,90	2,2	12	0,40	0,11	0,207	0,002
23	0,99	0,175	2,90	0,59	0,01	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,002	0,003
24	3,43	0,175	2,90	3,64	0,46	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,050	0,088
25	0,99	0,175	12,84	0,59	0,01	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,001	0,002
26	3,43	0,175	12,84	3,64	0,46	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,042	0,078
27	2,68	0,175	3,52	5,35	0,24	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,142	0,001
28	2,68	0,175	12,23	5,35	0,24	9500000	10,00	3,2	20	0,66	0,11	0,142	0,001

a) E-Modul nach DIN 1053-100

6.3.3.3 Standsicherheitsnachweise nach DIN 1053-100 (2007)

Zur Durchführung der Standsicherheitsnachweise sind nach DIN 1055-100 (2001) die horizontalen Beanspruchungen infolge Erdbeben mit den Vertikallasten infolge Eigengewicht zuzüglich 30% der Verkehrslasten zu überlagern. Die Wandnormalkräfte wurden über Lasteinzugsflächen (vgl. nebenstehende Abbildung) mit dem Programm MINEA (2008) ermittelt und sind für alle Wandscheiben in der Tabelle in Abschnitt 6.3.3.3.3 zusammengestellt. Für die bereits vorher betrachtete Wandscheibe 1 ergibt sich ein Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft von $N_{ED} = 36,21 \text{ KN}$.



Mit den ermittelten Beanspruchungen werden die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit für zentrische und exzentrische Druckbeanspruchung sowie für den Schub am Wandfuß im Erdgeschoss geführt. Auf den Nachweis der Knicksicherheit wird im Rahmen dieser Broschüre verzichtet. Die Nachweise werden exemplarisch für die Wand 1 in der Erdbebenzone 1 geführt. Für alle anderen Wände finden sich die Ergebnisse in der Tabelle in Abschnitt 6.3.3.3.3.

6.3.3.3.1 Nachweis der zentrischen und exzentrischen Druckbeanspruchung

Der Nachweis der zentrischen und exzentrischen Druckbeanspruchung wird mit dem vereinfachten Verfahren geführt. Hierzu wird die einwirkende Normalkraft N_{ED} der aufnehmbaren Normalkraft N_{RD} gegenübergestellt. Der Bemessungswert der aufnehmbaren Normalkraft N_{RD} wird nach DIN 1053-100 (2007), Abschnitt 8.9.1.1 bestimmt:

$$N_{RD} = \Phi_1 \cdot A \cdot f_d \quad \text{mit} \quad f_d = \frac{\eta \cdot f_k}{\gamma_M} \quad \text{und} \quad \Phi_1 = 1 - 2 \cdot e/b$$

Φ_1 Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Schlankheit und Exzentrizitäten

A die Gesamtfläche des Querschnitts

f_d der Bemessungswert der Druckfestigkeit des Mauerwerks

η Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung von Langzeiteinflüssen

f_k charakteristische Druckfestigkeit des Mauerwerks

γ_M Teilsicherheitsbeiwert

e Exzentrizität der Last: $e = M_{ED}/N_{ED}$

b Länge der Wandscheibe

Für den Lastfall Erdbeben ergibt sich der Abminderungsbeiwert η zu 1,0 und der Teilsicherheitsbeiwert γ_M wird nach DIN 4149 (2005), Tabelle 16 mit 1,2 angesetzt. Φ_1 ist der Abminderungsfaktor für vorwiegend biegebeanspruchte Wandscheiben und berechnet sich in Abhängigkeit von der Lastexzentrizität e und der Wandlänge b . Die Lastexzentrizität für Wand 1 beträgt für die Untersuchung in Erdbebenzone 1:

$$e = M_{ED}/N_{ED} = 7,12/36,21 = 0,20 \text{ m}$$

Mit dem Abminderungsfaktor

$$\Phi_1 = 1 - 2 \cdot 0,20/1,01 = 0,604 \text{ m}$$

und

$$f_d = 1,0 \cdot 10/1,2 = 8,333 \text{ N/mm}^2$$

ergibt sich damit der Widerstand am Wandfuß zu:

$$N_{Rd} = 0,604 \cdot 0,177 \cdot 8333 = 890,9 \text{ kN} > 36,21 \text{ kN} = N_{Ed}$$

Der Nachweis für exzentrische Druckbeanspruchung ist daher für Wand 1 erbracht.

6.3.3.2 Schubnachweis

Der Schubnachweis wird mit dem genaueren Verfahren nach DIN 1053-100 (2007), Abschnitt 9.9.5 geführt. Zur Bestimmung des Schubwiderstandes wird hierzu die charakteristische Schubfestigkeit f_{vk} als Minimum der folgenden Ausdrücke bestimmt:

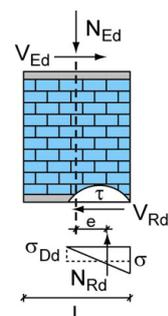
$$f_{vk} = \min \left\{ f_{vk0} + \bar{\mu} \cdot \sigma_{Dd} ; 0,45 \cdot f_{bz} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_{Dd}}{f_{bz}}} \right\}$$

Hierin ist f_{vk0} die abgeminderte Haftscherfestigkeit, wobei der Wert unter der Annahme unvermörtelter Stoßfugen halbiert werden darf, μ der abgeminderte Reibungsbeiwert, der mit 0,4 angenommen wird, und f_{bz} die Steinzugfestigkeit, die sich aus dem charakteristischen Wert der Steindruckfestigkeit f_{bk} (Steinfestigkeitsklasse) wie folgt berechnet:

$$f_{bz} = 0,033 \cdot f_{bk}$$

Der Bemessungswert der zugehörigen Druckspannung σ_d (vgl. untenstehende Abbildung) ist der Quotient aus dem Bemessungswert der einwirkenden Druckkraft und der überdrückten Querschnittsfläche A_C :

$$\sigma_{Dd} = \frac{N_{Ed}}{A_C} \text{ mit } A_C = 1,5 \cdot (\ell - 2 \cdot e) \cdot d$$



Mit der charakteristischen Schubfestigkeit kann der Bemessungswert des Bauteilwiderstandes bei Querkraftbeanspruchung bestimmt werden:



$$V_{Rd} = \alpha_s \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_M} \cdot d/c$$

Hierbei ist der Schubtragfähigkeitsbeiwert α_s bei Erdbebenbeanspruchung anzusetzen. Für Wandscheiben ergibt sich als α_s das Minimum aus den beiden Werten $1,125 \cdot l$ und $1,3333 \cdot l_c$, wobei l_c die Länge des Überdrückten Querschnittes ist und mit $l_c = 1,5 \cdot (l - 2e)$ berechnet wird. Der Faktor c berücksichtigt die Schubspannungsverteilung im Querschnitt und nimmt in Abhängigkeit vom Verhältnis der Gesamtwandhöhe zur Wandlänge Werte zwischen 1 und 1,5 an.

Mit diesen Formeln wird der Schubnachweis von Wand 1 für die Erdbebenzone 1 geführt. Der überdrückte Querschnitt A_C und damit die Druckspannungen σ_{Dd} der Wand berechnen sich zu:

$$A_C = 1,5 \cdot \left(1,01 - 2 \cdot \frac{7,12}{36,21} \right) \cdot 0,175 = 0,16 \text{ m}^2$$

$$\sigma_{Dd} = \frac{36,21}{0,16} = 223,3 \text{ kN/m}^2$$

Aus der Steinfestigkeitsklasse 20 ergibt sich für Steine mit Grifföffnungen (DIN 1053-100 (2007), Abschnitt 9.9.5) eine Steinzugfestigkeit von

$$f_{bz} = 0,033 \cdot 20 \cdot 1000 = 660 \text{ kN/m}^2$$

Für Dünnbettmörtel ist nach DIN 1053-100 (2007), Tabelle 6 für unvermörtelte Stoßfugen eine Haftscherfestigkeit f_{vk0} von $0,11 \text{ N/mm}^2$ anzusetzen.

$$f_{vk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 110 + 0,4 \cdot 223,3 = 199,32 \text{ kN/m}^2 \\ 0,45 \cdot 660 \cdot \sqrt{1 + \frac{223,3}{660}} = 172,75 \text{ kN/m}^2 \end{array} \right\}$$

$$l_c = 1,5 \cdot \left(1,01 - 2 \cdot \frac{7,12}{36,21} \right) = 0,925 \text{ m} < 1,00 \text{ m}$$

Der Schubtragfähigkeitsbeiwert α_s bestimmt sich hier zu:

$$\alpha_s = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,125 \cdot l = 1,125 \cdot 1,01 = 1,136 \\ 1,333 \cdot l_c = 1,333 \cdot 0,925 = 1,233 \end{array} \right\}$$

Mit dem Faktor c , der in Abhängigkeit von der Gesamthöhe h_w zur Wandlänge l bestimmt wird

$$\frac{h_w}{l} = \frac{5,62}{1,01} = 5,62 > 2 \Rightarrow c = 1,5$$

Kann schließlich der Schubwiderstand am Wandfuß zu

$$V_{Rd} = 1,136 \cdot \frac{172,75}{1,2} \cdot \frac{0,175}{1,5} = 19,1 \text{ kN} > V_{Ed} = 1,52 \text{ kN}$$

ermittelt werden. Der Schubnachweis ist daher am Fuß der Wand 1 erbracht.

6.3.3.3 Ergebnisse der Nachweise

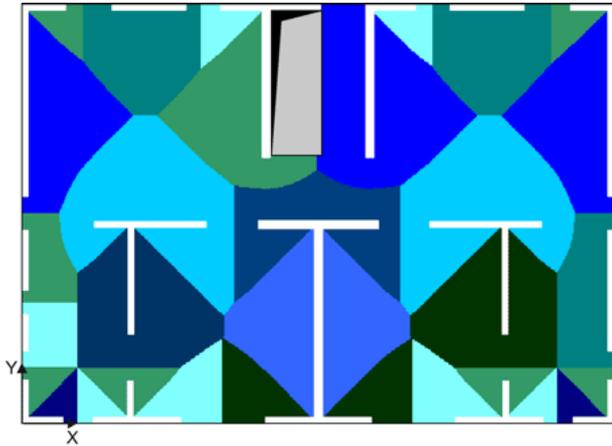
Die Nachweise sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt. In der Erdbebenzone 1 sind sämtliche Wandnachweise erfüllt.

NR.	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	N_{Rd}	V_{Rd}	N_{Ed}/N_{Rd}	V_{Ed}/V_{Rd}	e/l
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]	[-]	[-]
1	36,21	1,52	7,10	900,99	22,02	0,04	0,07	0,19
2	108,87	17,42	81,37	1254,46	50,64	0,09	0,34	0,32
3	155,10	28,73	134,20	1603,42	69,78	0,10	0,41	0,31
4	108,87	17,42	81,37	1254,46	50,64	0,09	0,34	0,32
5	36,51	1,52	7,10	905,75	22,05	0,04	0,07	0,19
6	35,94	0,43	2,01	1280,64	18,66	0,03	0,02	0,06
7	150,45	12,58	58,75	3622,50	79,64	0,04	0,16	0,12
8	239,13	36,90	172,35	5320,78	166,59	0,04	0,22	0,14
9	39,51	1,78	8,33	828,67	23,38	0,05	0,08	0,21
10	154,11	13,07	61,03	1710,59	66,67	0,09	0,20	0,20
11	47,27	2,99	13,97	858,62	26,59	0,06	0,11	0,25
12	47,98	2,99	13,97	871,38	26,99	0,06	0,11	0,25
13	154,11	13,07	61,03	1710,59	66,67	0,09	0,20	0,20
14	39,36	1,78	8,33	826,34	23,37	0,05	0,08	0,21
15	239,13	42,98	200,74	4974,46	172,11	0,05	0,25	0,16
16	79,77	2,17	10,14	2013,56	35,41	0,04	0,06	0,08
17	58,71	0,52	2,45	1344,05	22,76	0,04	0,02	0,04
18	36,23	0,50	2,34	1255,32	18,86	0,03	0,03	0,07
19	351,55	33,93	158,48	6003,53	228,10	0,06	0,15	0,09
20	244,22	18,45	86,15	4491,14	142,44	0,05	0,13	0,09
21	317,50	17,57	82,08	4751,28	156,50	0,07	0,11	0,07
22	233,13	37,51	175,18	2273,04	119,03	0,10	0,32	0,24
23	48,75	0,46	2,15	1314,91	20,83	0,04	0,02	0,04
24	224,43	15,27	71,31	4070,92	99,04	0,06	0,15	0,09
25	48,75	0,41	1,93	1328,41	20,74	0,04	0,02	0,04
26	224,43	13,67	63,84	4168,07	97,82	0,05	0,14	0,08

27	259,78	25,78	120,41	2556,50	98,44	0,10	0,26	0,17
28	259,78	25,78	120,41	2556,50	98,44	0,10	0,26	0,17

6.3.3.4 Standsicherheitsnachweise nach DIN 1053-1 (1996)

Zur Durchführung der Standsicherheitsnachweise sind nach DIN 1055-100 (2001) die horizontalen Beanspruchungen infolge Erdbeben mit den Vertikallasten infolge Eigengewicht zuzüglich 30% der Verkehrslasten zu überlagern. Die Wandnormalkräfte wurden über Lasteinzugsflächen (vgl. nebenstehende Abbildung) mit dem Programm MINEA (2008) ermittelt und sind für alle Wandscheiben in der Tabelle in Abschnitt 6.3.3.4.3 zusammengestellt. Für die bereits vorher betrachtete Wandscheibe 1 ergibt sich ein Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft von $N_{ED} = 36,24 \text{ kN}$.



Mit den ermittelten Beanspruchungen werden die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit für zentrische und exzentrische Druckbeanspruchung sowie für den Schub am Wandfuß im Erdgeschoss geführt. Die Knicksicherheit wird nach DIN 1053-1, Abschnitt 7.9.2 durch Bemessung der Wand in halber Geschosshöhe nachgewiesen. Die Nachweise werden exemplarisch für die Wand 1 in der Erdbebenzone 1 im Erdgeschoss geführt. Für alle anderen Wände im Erdgeschoss finden sich die Ergebnisse für den Wandfuß in der Tabelle in Abschnitt 6.3.3.4.3.

6.3.3.4.1 Nachweis der zentrischen und exzentrischen Druckbeanspruchung

Der Nachweis der zentrischen und exzentrischen Druckbeanspruchung wird mit dem genauen Verfahren nach DIN 1053-1, Abschnitt 7.9.1 geführt. Hierzu wird (abhängig von der Ausmitte e) die mittlere Spannung bzw. Randspannung der Druckfestigkeit des Mauerwerks gegenübergestellt:

$$e \leq d/18: \quad \sigma_m = \frac{N}{b \cdot d} \leq \frac{\beta_R}{\gamma}$$

$$d/18 < e \leq d/2 \quad \sigma_R = \frac{N}{b \cdot d} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot e}{d}\right) \leq 1,33 \cdot \frac{\beta_R}{\gamma}$$

Wandfuß:

$N = 36,24 \text{ kN}$

$M_z = 7,11 \text{ kNm}$

$d = 1,01 \text{ m}$ (Wandlänge)



Da die Ausmitte $e=M/N=7,11/36,24=0,20$ zwischen $d/18=0,06$ und $d/2=0,51$ liegt, muss der Nachweis am Wandfuß für die Randspannungen geführt werden. Für den Rechenwert der Druckfestigkeit β_R ergibt sich:

$$\beta_R = 2,67 \cdot \sigma_o = 8544 \text{ kN/m}^2$$

mit:

$$\sigma_o = 3200 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{SFK 20, Dünnbettmörtel})$$

nach Tabelle 4b, DIN 1053-1 (1996)

Für den Lastfall Erdbeben ergibt sich der globale Teilsicherheitsbeiwert γ nach DIN 4149 (2005), Abschnitt 11.7.3 zu 1,33.

Nachweis:

$$\sigma_R = \frac{36,24}{0,175 \cdot 1,01} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 0,20}{1,01}\right) = 447 \text{ kN/m}^2 \leq 1,33 \cdot \frac{8544}{1,33} = 8544 \text{ kN/m}^2$$

Der Nachweis für exzentrische Druckbeanspruchung ist daher für Wand 1 am Wandfuß erbracht.

Wandmitte:

$$N = 31,37 \text{ kN}$$

$$M_z = 4,97 \text{ kNm} \quad e_y = 0,158 \text{ m}$$

$$h_k = 1,96 \text{ m}$$

$$d = 1,01 \text{ m} \quad (\text{Wandlänge})$$

$$b = 0,175 \text{ m} \quad (\text{Wandbreite})$$

$$\lambda = h_k/b = 11,2$$

$$m = 0 \quad \text{bezogene planmäßige Exzentrizität}$$

$$f = \lambda \cdot \frac{1+m}{1800} \cdot h_k = 0,0122$$

$$e_z = 0,0122 + (\text{planmäßige Exzentrizität in Wandmitte} = 0)$$

$$= 0,0122$$

$$\rightarrow \mu = 2,02 \quad \text{Beiwert für zweiachsiger Ausmitte}$$

$$\sigma_R = \mu \cdot \frac{N}{b \cdot d} = 2,02 \cdot \frac{31,37}{0,175 \cdot 1,01} = 359 \text{ kN/m}^2 \leq 1,33 \cdot \frac{\beta_R}{\gamma} = 8544 \text{ kN/m}^2$$

Der Spannungsnachweis für Wand 1 in Wandmitte ist erbracht.

6.3.3.4.2 Schubnachweis am Wandfuß:

$$V_{ed} = 1,52 \text{ kN}$$

$$\rightarrow \tau = 14,08 \text{ kN/m}^2$$

Der Schubnachweis wird mit dem genaueren Verfahren nach DIN 1053-1 (1996), Abschnitt 7.9.5 geführt. Zur Bestimmung des Schubwiderstandes wird hierzu das Minimum der folgenden Ausdrücke bestimmt:

$$zul\tau = \min \left[\frac{\beta_{RHS} + \mu \cdot \sigma}{0,45 \cdot \beta_{RHS} \cdot \sqrt{1 + \sigma / \beta_{RZ}}} \right] = 199,4 \text{ kN/m}^2$$

mit:

$$\beta_{RHS} = 110 \text{ kN/m}^2$$

Rechenwert der abgeminderten Haftscherfestigkeit.

$$\beta_{RHS} = 2 \sigma_{oHS} \quad (\sigma_{oHS} \text{ nach Tabelle 5, DIN1053-1 (1996)})$$

$$\mu = 0,4$$

Rechenwert des abgeminderten Reibungsbeiwertes

$$\beta_{RZ} = 0,033 \beta_{Nst} = 660 \text{ kN/m}^2$$

Rechenwert der Steinzugfestigkeit

$$\beta_{Nst} = 20$$

Nennwert der Steindruckfestigkeit (SFK)

$$\sigma = \sigma_R / 2 = 200 \text{ kN/m}^2$$

Normalspannung in der Mitte der überdrückten Zone

Die abgeminderte Haftscherfestigkeit β_{RHS} darf unter der Annahme unvermörtelter Stoßfugen halbiert werden.

Damit lautet der Nachweis wie folgt:

$$\gamma \cdot \tau = 18,72 \text{ kN/m}^2 \leq zul\tau = 199,4 \text{ kN/m}^2$$

Der Schubnachweis am Fuß der Wand 1 ist erbracht.

6.3.3.4.3 Ergebnisse der Nachweise

Die Nachweise sind für die Wände im Erdgeschoss (Wandmitte) in nachfolgender Tabelle zusammengestellt. In der Erdbebenzone 1 sind sämtliche Wandnachweise erfüllt.

NR.	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	σ_R bzw. σ_m	τ	β_R	zul τ	$\gamma \sigma_R / 1,33 \beta_R$ bzw. $\gamma \sigma_m / \beta_R$	$\gamma \tau / \text{zul } \tau$
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]
1	36,24	1,52	7,11	446,99	14,08	8544	199,40	0,05	0,09
2	108,87	17,44	81,46	966,22	84,88	8544	303,24	0,11	0,37
3	154,77	28,77	134,35	1078,02	100,18	8544	325,60	0,13	0,41
4	108,87	17,44	81,46	966,22	84,88	8544	303,24	0,11	0,37
5	36,46	1,52	7,11	447,97	14,02	8544	199,40	0,05	0,09
6	35,94	0,43	2,00	277,31	3,70	8544	165,46	0,03	0,03
7	150,31	12,50	58,39	450,85	21,88	8544	200,17	0,06	0,15
8	239,09	36,68	171,30	495,10	41,18	8544	209,02	0,06	0,26
9	39,43	1,60	7,46	491,05	14,91	8544	208,21	0,06	0,10
10	153,94	11,69	54,62	934,26	43,11	8544	296,85	0,11	0,19
11	47,30	2,68	12,51	553,39	23,49	8544	220,68	0,06	0,14
12	47,30	2,68	12,51	553,39	23,49	8544	220,68	0,06	0,14
13	153,94	11,69	54,62	934,26	43,11	8544	296,85	0,11	0,19
14	39,37	1,60	7,46	490,79	14,93	8544	208,16	0,06	0,10
15	239,14	51,07	238,58	588,76	62,86	8544	227,75	0,07	0,37
16	79,61	2,58	12,05	432,82	12,26	8544	196,56	0,05	0,08
17	58,60	0,62	2,91	333,17	5,31	8544	243,27	0,05	0,03
18	36,16	0,60	2,78	306,01	5,16	8544	171,20	0,04	0,04
19	351,45	33,92	158,42	422,40	26,91	5874	194,48	0,05	0,18
20	243,85	19,18	89,57	399,38	20,18	5874	189,88	0,05	0,14
21	317,05	17,35	81,04	462,80	18,26	5874	202,56	0,05	0,12
22	232,76	36,65	171,17	770,07	60,26	5874	250,26	0,09	0,32
23	48,69	0,52	2,44	281,05	4,52	8544	222,42	0,04	0,03
24	224,29	17,28	80,73	609,66	28,81	8544	231,93	0,07	0,17
25	48,69	0,41	1,91	281,05	3,55	8544	222,42	0,04	0,02
26	224,25	13,57	63,37	558,93	22,63	8544	221,79	0,07	0,14
27	259,31	25,28	118,08	1116,65	55,75	8544	333,33	0,13	0,22
28	259,31	25,28	118,08	1116,65	55,75	8544	333,33	0,13	0,22

7. Literaturverzeichnis

- [1] Deutsches Institut für Normung (DIN), DIN 1053-1: Mauerwerk - Teil 1: Berechnung und Ausführung. November 1996.
- [2] Deutsches Institut für Normung (DIN), DIN 1053-100: Mauerwerk - Berechnung auf der Grundlage des semiprobabilistischen Sicherheitskonzepts, September 2007.
- [3] Deutsches Institut für Normung (DIN), DIN 1055-100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln, März 2001.
- [4] Deutsches Institut für Normung (DIN), DIN 4149: Bauten in deutschen Erdbebengebieten, April 2005.
- [5] EN 1998-1:2004: Comité Européen de Normalisation: Eurocode 8 - Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben, Teil 1-6, Brüssel, November 2004.
- [6] Meskouris K., Hinzen K.-G., Butenweg C., Mistler M.: Bauwerke und Erdbeben, 3., erweiterte und aktualisierte Auflage mit Anwendungen nach DIN 4149:2005, Vieweg-Verlag, 2011.
- [7] Müller F.P., Keintzel E.: Erdbebensicherung von Hochbauten, Verlag Ernst und Sohn, 1984.