

Diploma Thesis

Re-dimensioning tables for masonry shear walls of the Wiener Gründerzeit period in the load case earthquake

Submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Diplom-Ingenieur
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

DIPLOMARBEIT

Nachbemessungstabellen für gemauerte, gründerzeitliche Schubwände im Lastfall Erdbeben

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Raphael Sonnek, BSc

Matr.Nr.: 01129425

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Andreas Kolbitsch**

Dipl.-Ing. **Amel Karic, BSc**

Institut für Hochbau und Technologie
Forschungsbereich: Hochbaukonstruktionen und Bauwerkserhaltung
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13/206-04, A-1040 Wien

Wien, im April 2022

Danksagung

Meine Danksagung richtet sich an alle, die mich bei der Erarbeitung der Diplomarbeit und während meiner Studienzeit unterstützt haben:

- Herrn Univ.Prof.i.R. Dipl.-Ing. Dr. techn. Andreas Kolbitsch für die Betreuung und Korrektur der Arbeit,
- Herrn Dipl. Ing. Amel Karic BSc, für seine sachdienlichen Anleitungen, seine hilfreiche Unterweisung und seine Einsatzbereitschaft.
- Herrn Dipl.-Ing. Dr. Viktor Dunjic dafür, dass er Kontakte zu offiziellen Stellen hergestellt hat, für seine Hilfsbereitschaft, sein Engagement und das große Interesse, mit dem er den Fortschritt der Arbeit verfolgt und unterstützt hat.
- Herrn Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Karl Deix für die Bereitstellung zahlreicher objektbezogener Daten,
- Herrn Denis Stjepovic BSc für seine hilfreichen Anmerkungen und lehrreichen Erklärungen
- und meine Mutter, Frau Mag.^a Christa Sonnek, für die Unterstützung bis zum letzten Tag meines Studiums.

Kurzfassung

Gründerzeithäuser mit ihren eleganten und stilvollen Fassaden prägen das Stadtbild Wiens und rund ein Viertel aller Wohnungen der Bundeshauptstadt befinden sich auch heute noch in diesem Altbaubestand. Sanierungen, Umbauten und Dachgeschossausbauten helfen, die Wohnqualität in ihnen zu verbessern beziehungsweise neuen Wohnraum zu schaffen. Für bauliche Veränderungen an diesen Bestandsobjekten bedarf es laut der Verordnungen aber nicht nur der Einhaltung bautechnischer Erfordernisse in Bezug auf Wärme-, Brand- und Schallschutz, sondern auch hinsichtlich der Erdbebensicherheit zum Schutz der BewohnerInnen. Immerhin beträgt die Anzahl der in Österreich gemessenen seismischen Bewegungen mehrere hundert pro Jahr, wobei das Wiener Becken zu den besonders aktiven Zonen zählt. Nachbemessungen in Gründerzeithäusern wurden bis jetzt gemäß dem EUROCODE 8, der europaweit den technischen Standard zur Erdbebensicherheit von Gebäuden vorgibt, und nach dem Leitfaden der Kammer der ZiviltechnikerInnen vorgenommen, welcher den Erfüllungsfaktor im Lastfall Erdbeben mittels Pushover-Analyse feststellt.

In dieser Arbeit wurden – auf diesem Leitfaden aufbauend – für nicht tragende Zwischenwände in gründerzeitlichen Häusern, die die Weiterleitung der Horizontallasten von den Außen- zu den Mittelmauern im Erdbebenfall gewährleisten, zum Nachweis der Erdbebensicherheit Schubtafeln erarbeitet. Da sich Gründerzeithäuser infolge der damals herrschenden Bauordnung in ihrer Konstruktionsweise betreffend Baupläne und verwendeter Baumaterialien stark ähneln, konnte mithilfe der Parameter Geschossanzahl, Baugrundklasse, Wandstärken und Einflussflächen eine numerische Analyse durchgeführt werden, deren Ergebnisse eine allgemeine Anwendung der Schubtafeln in der Praxis unter Einhaltung bestimmter Voraussetzungen möglich machen.

Abstract

Apartment buildings of the Gründerzeit era in Vienna with their elegant and stylish façades are typical of the town's cityscape. Almost a quarter of all flats in the federal capital are still located in these old buildings. Renovations, alterations, and loft extensions help to improve the quality of living in them as well as create new living space. However, according to regulations, structural changes to these buildings do not only require compliance with structural requirements in terms of heat, fire, and sound insulation, but also in terms of earthquake safety to protect the residents. After all, the number of seismic movements measured in Austria amounts to several hundred per year, with the Vienna Basin being one of the particularly active zones. Post-design measurements in houses of the Gründerzeit era have so far been carried out in accordance with EUROCODE 8, which sets the technical standards for earthquake safety of buildings throughout Europe, and in accordance with the guidelines of the Kammer der ZiviltechnikerInnen, which determine the fulfilment factor in the earthquake load case by means of pushover analysis.

In this work, which is based on these guidelines, shear tables were developed for the verification of earthquake safety in Viennese Gründerzeit houses. The tables pertain to non-load-bearing partition walls, which ensure the transmission of horizontal loads from the outer to the middle walls in the event of an earthquake. As a result of the building regulations in force at the time, the construction methods of Viennese Gründerzeit houses are very similar regarding building plans and the use of building materials. Therefore, it was possible to carry out a numerical analysis with the help of certain parameters, namely number of storeys, building ground class, wall thicknesses and areas of influence. The results of the analysis show that the shear tables can be generally applied in practice if certain requirements are met.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
2	Forschungsstand	3
3	Wiener Gründerzeithäuser	5
3.1	Historischer Abriss	5
3.2	Baustoffe der Gründerzeit	6
3.2.1	Holz	6
3.2.2	Stahl	6
3.2.3	Ziegel	7
3.2.4	Mörtel	8
3.3	Verbundwerkstoff Mauerwerk	10
3.4	Mauerwerkswände – Wandscheiben aus Mauerwerk	10
3.5	Charakteristische Bauweise der Gründerzeit	11
3.5.1	Mauerwerkswände im Gründerzeithaus	11
3.5.2	Deckensysteme	12
3.5.3	Geschoss-, Grundriss- und Aufrissgestaltung	15
3.6	Erdbebenproblematik von Gründerzeithäusern	16
4	Begriffsdefinitionen	18
4.1	Erdbeben – Ursachen und Entstehung	18
4.2	Begriffe aus dem Erdbebeningenieurwesen	18
4.3	Physikalische Grundlagen der Baudynamik	20
5	EUROCODE 8	24
5.1	ÖNORM EN 1998-1:2013 und ÖNORM B 1998-1:2017	24
5.1.1	Zonen, Baugrundklassen und Bedeutungskategorien	24
5.1.2	Antwortspektren	27
5.1.3	Regelmäßigkeiten	29
5.1.4	Berechnungsverfahren für den Nachweis der Erdbebensicherheit	30
5.2	ÖNORM EN 1998-3:2013 und ÖNORM B 1998-3:2018	30
6	Verhalten von Mauerwerksbauten im Lastfall Erdbeben	32
6.1	Unterschied zwischen bewehrtem und unbewehrtem Mauerwerk	32
6.2	Versagensformen von Mauerwerk	33
6.2.1	Versagensmechanismen in der Ebene	33
6.2.2	Versagensmechanismen aus der Ebene	35
6.3	Verhalten von gründerzeitlichen Mauerwerksbauten unter seismischer Belastung	36
6.4	Bemessungsmethoden für Mauerwerksbauten	36
6.5	Berechnungsmodelle für Mauerwerk	37
6.5.1	Ersatzstabsystem	37
6.5.2	Ebenes Rahmenmodell	38
6.5.3	Pseudo 3D-Modelle mit äquivalenten Rahmenmodellen	39
7	Pushover-Analyse	40

7.1	Die Kapazitätsspektrum-Methode	41
7.2	Die N2-Methode	41
7.3	Vergleich der beiden Methoden	42
7.4	Schrittweiser Ablauf der Pushover-Berechnung	42
8	Pushover-Analyse mittels Microsoft Excel-Tool	51
8.1	Eingangsdaten	51
8.2	Aufbau und Eingabeablauf in Excel	52
8.3	Ergebnisse	58
9	Statistische Studie von Bestandsgebäuden und sich daraus ableitende Schubtafeln	61
9.1	Parameterstudie - Mauerwerkskennwerte	61
9.1.1	Steindruckfestigkeit $f_{b,k}$ der untersuchten Gebäude	62
9.1.2	Mörteldruckfestigkeit f_m der untersuchten Gebäude	63
9.1.3	Einfluss der Kennwerte $f_{b,k}$ und $f_{m,k}$ auf den Erfüllungsfaktor α	65
9.2	Parameterstudie – Gebäudegeometrie und Baugrundklasse	66
9.2.1	Auswertung der Gebäudehöhe	66
9.2.2	Lasteinflussfläche auf Zwischenwände	69
9.2.3	Analyse des Erfüllungsfaktors in Abhängigkeit von Gebäudehöhe, Einflussflächen, Wandlängen und Baugrundklassen	71
9.2.4	Diskussion der Wandlängen in Abhängigkeit der Geschosshöhe	73
9.3	Aufbau der Schubtafeln und ihre Anwendungsgrenzen	74
9.3.1	Abgeleitete Schubtafeln für gemauerte, gründerzeitliche Zwischenwände	74
9.3.2	Schubtafel für Gebäude mit fünf oberirdischen Geschossen	75
9.3.3	Schubtafel für Gebäude mit vier oberirdischen Geschossen	76
9.3.4	Schubtafel für Gebäude mit drei oberirdischen Geschossen	77
9.4	Anwendung am Beispiel	78
10	Schlussfolgerung und Ausblick	79
	Literaturverzeichnis	81
	Abbildungsverzeichnis	84
	Tabellenverzeichnis	86
	Anhang A – Auswertungstabellen der maßgebenden Parameter für Baugrundklasse B	87
	Anhang B – Auswertungstabellen der maßgebenden Parameter für Baugrundklasse C	97
	Anhang C – Auswertungstabellen der maßgebenden Parameter für Baugrundklasse D	107

1 Einleitung

Gründerzeithäuser mit ihren dekorativen Fassadenelementen sind charakteristisch für das Stadtbild Wiens und erfreuen sich aufgrund der Vielfalt ihrer Nutzungsmöglichkeiten noch immer größter Beliebtheit, was sich unter anderem auch an den zahlreichen Dachgeschossausbauten der letzten Jahre zeigt. Trotz ihres optisch eindrucksvollen Erscheinungsbildes weisen diese Gebäude in den Konstruktionen – vom heutigen Standpunkt aus gesehen – besonders unter seismischen Beanspruchungen Schwächen auf. Hauptgrund dafür ist der damalige geo- und bautechnische Wissensstand der Gründerzeit, der die Erdbebeneinwirkung bei der Auslegung und Konstruktion von Gebäuden nicht berücksichtigen konnte, was sich beispielsweise bei den Auswirkungen des Seebeben Bebens 1972 zeigte.

Nicht nur das im Vergleich zu heute noch nicht so ausgereifte bautechnische, sondern auch das baulastmechanische Wissen tragen heute zur Problematik bei der Nachbemessung und Abschätzung des Verhaltens von Gründerzeithäusern im Erdbebenfall bei. Besonders in den verwendeten Deckensystemen wird das deutlich. In der heutigen Bauweise werden Deckensysteme als schubsteife Elemente ausgeführt, die somit einen Starrkörper darstellen, und werden infolge horizontaler Einwirkungen als Scheibe belastet. Durch die sich dadurch einstellende Scheibenwirkung können einwirkende Horizontallasten anteilmäßig zufolge der Widerstände der einzelnen anschließenden Wände zugeteilt werden. Bei Gründerzeithäusern ist dies nicht der Fall. Hier wurden bis auf wenige Ausnahmehereiche, wie Waschküchen und/oder auch Gänge, aus Gründen der Gewichts- und Baukostenreduktion hölzerne Konstruktionen für die Zwischendecken verwendet, wodurch keine Scheibenwirkung erzielt werden kann. Diese Problematik ist bis heute präsent und ist einer der wesentlichsten Aspekte der baulastmechanischen Betrachtung derartiger Konstruktionen. Das schubweiche Deckensystem in Gründerzeithäusern ist die Ursache dafür, dass seismischen Einwirkungen nicht steifigkeitsproportional den anstehenden Wänden zugeordnet werden können. Die daraus resultierende Betrachtungsweise der Zwischenwände als einzelne Kragarme stellt aufgrund des komplexen Verhaltens von Mauerwerk unter Horizontalbelastung den derzeit zweckdienlichsten Bemessungsansatz zur Nachmodellierung der statischen Betrachtungsweise dar. Die nicht als tragende Wände in das Tragwerk integrierten Zwischenwände sind dennoch primär seismische Bauteile und somit neuralgische Punkte des Tragwerksystems.

Gründerzeithäuser wurden theoretisch streng genormt nach der damals vorherrschenden Bauordnung errichtet, wodurch sich die Gebäude in Grund- und Aufriss stark ähneln. Sogar die zu verwendenden Werkstoffe und die Dimensionierung tragender Wandelemente waren reglementiert. In vielen Fällen aber stimmen Konsenspläne und tatsächliche Bauausführung nicht miteinander überein, was die baulastmechanische Wirkungsweise verändert und Nachbemessungen erschwert. Mauerwerk ist der charakteristische Werkstoff der Gründerzeithäuser. Sein komplexes Verhalten unter seismischer Belastung ist ein weiterer Punkt, der die Nachbemessung erschwert. All diese Faktoren machen es schwierig, die tatsächliche Einschätzung der Schwachstellen bei Gründerzeithäusern zu erfassen.

Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt auf den gemauerten Zwischenwänden von Gründerzeithäusern aufgrund ihrer aussteifenden Wirkungsweise. Allgemein werden aussteifende Wände auch als Schubwände bezeichnet, worunter auch Zwischenwände von Gründerzeithäusern fallen. Diese Wände haben einen hohen Einfluss auf die globale Steifigkeit der Häuser. Nicht berücksichtigt werden in dieser Arbeit Außen- und Mittelmauern.

Ziel dieser Arbeit ist es, eine grafische Aufbereitung des zu erwartenden Sicherheitsniveaus einer Zwischenwand eines Gründerzeitwohnhauses in Form von Schubtafeln zu erstellen. Durch die zur Gründerzeit vorherrschende Wiener Bauordnung wurde im Gegensatz zu heute so gut wie jedes Haus gleich gebaut. Daher war auch das konstruktive statische System immer gleich. Aus diesem Grund bietet sich die Erstellung allgemein gültiger Schubtafeln an. Diese soll Zeitersparnis bei den Nachberechnungen bringen und eine einheitliche Übersicht für Grobabschätzungen bieten. Solche Berechnungen sind immer dann erforderlich, wenn keine lastneutrale Veränderung des Tragwerks stattfindet. Das ist insbesondere bei Dachgeschossausbauten der Fall.

Zunächst werden in der Arbeit grundlegende Informationen geliefert, die sich auf Wiener Gründerzeithäuser im Allgemeinen beziehen sowie auf ihre Konstruktionsweise. Dem Werkstoff Mauerwerk wird besonderes Augenmerk gewidmet, weil dieser die vorherrschende Bausubstanz der damaligen Zeit war. Ein weiteres Kapitel beschäftigt sich mit den grundlegenden Definitionen im Zusammenhang mit Geo- und Baudynamik. Darauf aufbauend schließt sich das Kapitel über den EUROCODE 8 an, das Regelwerk für technische Standards bei der Bemessung und Konstruktion von Bauwerken in Erdbebengebieten. In Kapitel 6 wird das Verhalten von Mauerwerksbauten im Lastfall Erdbeben diskutiert, wobei auf verschiedene Versagensmechanismen und die anzusetzenden Rechenmodelle eingegangen wird. Im Anschluss daran wird das im EUROCODE 8 verankerte Pushover-Verfahren näher erläutert, mit dem die untersuchten Objekte in der Arbeit analysiert wurden. Das verwendete Bemessungsverfahren der Pushover-Methode wurde in Anlehnung an die Erläuterungen der Bundeskammer der ZiviltechnikerInnen noch weiter modifiziert, um die Gesamtheit des Hauses zu berücksichtigen. Mittels Tabellenkalkulationsprogramms wurde für jedes einzelne Haus eine Pushover-Analyse durchgeführt. Schließlich wurden die gesammelten Ergebnisse durch statistische Analyse auf gemeinsame Faktoren bei variablen Parametern geprüft, anschließend ausgewertet und in Form von Schubtafeln aufbereitet.

Für die Erstellung dieser Tafeln wurden Daten von mehr als 25 realen Objekten dieser Epoche aus dem Zeitraum zwischen 1861 und 1912 und an unterschiedlichen Standorten südwestlich der Donau in Wien gesammelt und ausgewertet. Bei der Auswahl berücksichtigt wurden die Parameter Geschosshöhe, Trakttiefe, Wandstärke, Wandlänge sowie die für den Raum Wien zutreffenden Baugrundklassen. Dabei werden die Häuser im Originalzustand betrachtet, das heißt, dass bauliche Änderungen, wie Ausbauten, Umbauten und Instandsetzungen nicht berücksichtigt werden. Ein zusätzliches Auswahlkriterium für die Untersuchungen war eine hohe vertikale Regelmäßigkeit der Häuser, was bedeutet, dass vorrangig im Erdgeschoss schubsteife Elemente wie Außen- und Mittelmauern durchgehend und nicht aufgelöst ausgeführt sind. Regelmäßigkeit bedeutet in diesem Fall, dass Zwischenwände vom Erdgeschoss bis zum obersten Geschoss durchlaufen. Häuser, in denen bereits im Erdgeschoss der Großteil der Zwischenwände durch Stahlträger ausgewechselt wurde, um beispielsweise Platz für Lokaltitäten zu schaffen, können nicht als regelmäßig betrachtet werden. Gebäude, bei denen nur fallweise ein Wechsel vorliegt, gelten in dem Fall als regelmäßig.

Die Berechnungen zur Erfüllung des Tragwerkswiderstands für den Lastfall Erdbeben sind im Allgemeinen zeitaufwändig, umständlich und nur für den Bearbeiter selbst leicht nachvollziehbar. Grobe Vorabschätzungen, wie sie im modernen Hochbau für Tragwerkelemente üblich sind, existieren in Bezug auf Zwischenwände in Bestandsobjekten nicht. Die Schubtafeln sollen eine Vereinfachung der Vorgangsweise bei den durchzuführenden Berechnungen für Erdbebeneinwirkung auf Gründerzeithäuser ermöglichen.

2 Forschungsstand

Lange Zeit galt das Hauptaugenmerk der Forschung den Baustoffen Stahl, Stahlbeton und Beton, der aufgrund seiner Eigenschaften und seiner Wandelbarkeit der beliebteste und meistgenutzte Baustoff ist. Erst in den letzten Jahrzehnten erfolgte eine Rückbesinnung auf traditionelle Werkstoffe wie Mauerwerk, was eine Reihe von wissenschaftlichen Untersuchungen, Studien und Arbeiten an Bestandsgebäuden zur Folge hatte.

Mit allgemeiner Konstruktionsweise von Gründerzeithäusern, unter anderem mit Deckenkonstruktionen und Mauerwerk, hat sich bereits 1989 A. Kolbitsch (*Altbaukonstruktionen – Charakteristika, Rechenwerte, Sanierungsansätze*) auseinandergesetzt. Vom selben Autor stammt auch das Skript *Erhaltung und Erneuerung von Hochbauten Ausgabe 2019/2020* zur Lehrveranstaltung an der TU Wien und gemeinsam mit W. Kirchmayer und R. Popp *Dachgeschoßausbau in Wien, 2016*. Darin werden rechtliche, planungstechnische und statisch konstruktive Grundlagen zum Dachgeschossausbau von Wiener Gründerzeithäusern erläutert.

Mit dem Werkstoff Mauerwerk, aus dem Gründerzeithäuser errichtet wurden, haben sich außer A. Kolbitsch auch mehrere Experten auseinandergesetzt. A. Pech et al. (*Ziegel im Hochbau – Theorie und Praxis, 2. Auflage Birkhäuser 2018*) legt ein umfassendes Werk zu Verwendung und Eigenschaften von Ziegeln sowie theoretische Bemessung und praktische Anwendungsbeispiele vor. Die Inhalte der Abschnitte des Buches beziehen sich vorwiegend auf Neubauten, können aber auch auf Altbauten umgelegt werden. In diesem Zusammenhang ist besonders der periodisch erscheinende *Mauerwerk Kalender* zu nennen (Hrsg. Wolfram Jäger), der mit Beiträgen namhafter Wissenschaftler und Techniker zu aktuellen und historischen Themen auf diesem Gebiet umfassende Informationen liefert.

Schäfer und Hilsdorf haben sich mit Mörtel auseinandergesetzt (*Der Mörtel in historischem Mauerwerk*. In: Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, Sonderforschungsbereich 315, Universität Karlsruhe, Ernst & Sohn, Berlin, 1989.) T. Furtmüller, C. Adam und C. Niederegger führten Untersuchungen nicht nur an historischen Ziegeln, sondern auch an originalem Mörtel durch (*Seismic capacity of old masonry buildings in Vienna: Laboratory testing on bricks, mortar, and small-scale brick masonry, 2013*).

Seismische Beobachtungen führt die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Österreich (ZAMG) durch, die eine seit 1997 gültige Erdbebenkarte für das gesamte Bundesgebiet erstellt hat. Darauf werden alle seit 1900 festgestellten Epizentren erfasst. Auch für den Raum Wien hat die ZAMG eine eigene Zonenkarte erstellt. Diese Karten (Zonenkarten auf der Website der ZAMG) dienen als Basis für die Auslegung von Neubauten und Bestandsverstärkungen von Altbauten.

Da das Wiener Becken zu den besonders aktiven Zonen zählt, wurden bereits mehrere Untersuchungen in Bezug auf Erdbebengefährdung von Bestandsgebäuden vorgenommen. Besonders hervorzuheben ist das Projekt SEISMID, das Forschung in den Bereichen Erdbebeneinwirkung, Gebäudewiderstand und messtechnische in-situ Standsicherheitsbeurteilung von Gebäuden betrieben hat. Langfristiges Projektziel war die Entwicklung nachvollziehbarer Methoden zur richtigen Erfassung des seismischen Widerstands von Altbauten in Wien. Namhafte Wissenschaftler (G. Achs, C. Adam, T. Furtmüller, F. Kopf, A. Strauss, und andere) haben an diesem umfangreichen Forschungsprojekt teilgenommen, das zwischen 2007 und 2010 stattgefunden hat. Die

gesammelten Forschungsergebnisse wurden im Buch *Erdbeben im Wiener Becken, Beurteilung, Gefährdung, Standortrisiko*, VCE Holding GmbH, Wien 2011 veröffentlicht.

Außerdem wurden seismische Auswirkungen auf bestehende Mauerwerksgebäude in mehreren Fachartikeln diskutiert. L. Moschen, K. Tsalouchidis und C. Adam diskutieren eine Strategie zur Abschätzung der Antwort von Wiener Gründerzeithäusern aus der Erdbebenzone 3 mithilfe von nichtlinearen Zeitverlaufsberechnungen (*Tragwerksantwort Wiener Gründerzeithäuser unter Erdbebenanregung auf Grundlage des Wiener Erdbebensatzes*, Bauingenieur, Bd. 94, Nr. 12, pp. 461 - 471, 2019). F. Kopf und C. Adam stellen rechnerische Verfahren zum Nachweis der Tragsicherheit von Gründerzeithäusern unter Erdbebeneinwirkung vor auf Grundlage von baulastdynamischen Messungen (*Baulastdynamische Untersuchungen an Wiener Gründerzeithäusern*, Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift, 159. Jg., Heft 1-12/2014). A. Karic, J. Atalic, und A. Kolbitsch, beschäftigten sich in *Seismic Vulnerability of Historic Brick Masonry Buildings in Vienna*, Springer 2022 mit der seismischen Anfälligkeit historischer Mauerwerksgebäude und setzen sich dabei mit den Auswirkungen des Bebens vom 22. März 2020 in Zagreb auseinander. Die aus der österreichisch-ungarischen Monarchie stammenden Gebäude sind mit Wiener Gründerzeithäusern vergleichbar.

Auch Dissertationen beschäftigen sich mit dem Tragwerkswiderstand unter Erdbebeneinwirkung: C. Gellert, *Nichtlinearer Nachweis von unbewehrten Mauerwerksbauten unter Erdbebeneinwirkung*, Aachen 2010; G. Achs, *Erdbebengefährdung von Gründerzeithäusern – Beurteilung, Klassifizierung und experimentelle Untersuchungen*, Wien 2011; H. Norda, *Beitrag zum statischen nichtlinearen Erdbebennachweis von unbewehrten Mauerwerksbauten unter Berücksichtigung einer und höherer Modalformen*, Düsseldorf 2012 und V. Dunjic, *Tragfähigkeitsbewertung ausgewählter gründerzeitlicher Mauerwerkskonstruktionen*, Wien 2017.

Für die dynamische Bemessung wurden mehrere Untersuchungen angestellt. S. Lu hat im Beitrag zum *Mauerwerk Kalender 2010 (Mauerwerk und Erdbeben – Bemessungsansätze, aktuelle Forschung und Normungslage in Europa)* die Pushover-Analyse als Bemessungsmethode für Mauerwerksbauten thematisiert. Eines der Standardwerke zu diesem Thema liegt von K. Meskouris et al. vor (*Bauwerke und Erdbeben, Grundlagen – Anwendung – Beispiele*, 3. Auflage, Vieweg+Teubner, 2011), der eine umfassende Darstellung der Erdbebenthematik gibt. Peter Bauer und Co-Autoren haben in Form von mehreren Erläuterungen einen Leitfaden für die Nachbemessung von Wiener Gründerzeithäusern, besonders für Zwischenwände, für die Kammer der ZiviltechnikerInnen erarbeitet, nach dem bis heute gearbeitet wird.

Alle diese wissenschaftlichen Erkenntnisse über Mauerwerksbauten fließen in das Regelwerk des EUROCODE 8 und seiner Nationalen Anhänge ein, der Vorgaben für die Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben angibt. Für ein eigenes Teildokument (*ÖNORM EN 1998-3:2013 Teil 3: Beurteilung und Ertüchtigung von Gebäuden*) beschäftigt sich mit Bestandsgebäuden.

3 Wiener Gründerzeithäuser

Die städtebauliche Struktur Wiens weist einen besonders hohen Anteil an Gründerzeithäusern auf. Der Grund für die große Anzahl solcher Häuser in Wien ist die ökonomische und soziale Entwicklung, die die Stadt im 19. Jahrhundert durchlaufen hat. Die Häuser sind leicht an ihrer prunkvollen Fassadengestaltung, ihrem imposanten Erscheinungsbild und den flexiblen Nutzungsmöglichkeiten zu erkennen. Die Stadt Wien ist nach wie vor um die Erhaltung dieser Häuser bemüht, sowohl um ihre Sanierung als auch um ihre Anpassung an moderne Wohnbedürfnisse („Masterplan Gründerzeit“). Da sich trotz reger Bautätigkeit noch immer jede vierte Wohnung in einem Gründerzeit-Bau befindet [1] und somit ein großer Teil der Wiener Bevölkerung in diesen Gebäuden wohnt, ist auch das Verhalten der Tragstruktur im eventuellen Erdbebenfall in Bezug auf erdbebensichere Nachrüstung und allgemeine Sicherheit von großem Interesse. Aufgrund des steigenden Wohnraumbedarfs in Wien werden unter anderem auch immer mehr Dachgeschosse von Gründerzeithäusern ausgebaut. Für einen derartigen Ausbau ist der gesetzlichen Lage zufolge ein Erdbebennachweis zu führen, da einerseits eine signifikante Lasterhöhung erfolgt und andererseits die Anzahl der Bewohner steigt, was auf die Berechnungen laut ÖNORM B 1998-3:2018 [2] Auswirkungen hat.

3.1 Historischer Abriss

Die Epoche der Gründerzeit ist in Wien zwischen der Märzrevolution 1848 und dem Ausbruch des Ersten Weltkriegs 1914 bzw. dem Untergang der Monarchie 1918 anzusetzen. Bezeichnet wird damit in erster Linie eine ökonomische Phase, die durch starken wirtschaftlichen Aufschwung geprägt war, durch Industrialisierung und Technisierung. Liberalistisch-kapitalistische Ideen bestimmten das Denken der Zeit. Zahlreiche neue Unternehmen wurden gegründet, das Eisenbahnsystem wurde ausgebaut, was mit der Errichtung von Wiener Nordbahnhof und dem Westbahnhof einherging. Der Monumentalbau des Arsenal, der 1856 fertiggestellt wurde, leitete eine neue Bauära ein, in der mit Vorliebe auf Stilrichtungen vergangener Jahrhunderte zurückgegriffen wurde. Im architekturgeschichtlichen Verständnis bezeichnet Gründerzeit einen Baustil mit den verschiedenen Stilrichtungen des Historismus, unter welchem Begriff dieser Stilpluralismus zusammengefasst wird.

1857 erfolgte die Entscheidung des Kaisers, die obsolet gewordene Stadtbefestigungsmauer zu schleifen, die Basteien niederzureißen und das davor liegende Glacis als Projekt der Stadterweiterung auszubauen. Gleichzeitig wurde mit der Anlage der Ringstraßenzone und der Errichtung von Pracht- und Monumentalbauten des Hofes und des Staates begonnen.

Die Einwohnerzahl Wiens stieg von 440.000 Einwohnern im Jahr 1840 auf eine Rekordzahl von 2.238.000 Einwohnern im Jahr 1918. Dieses Bevölkerungswachstum ist nicht nur der Eingemeindung der Vorstädte (1859) und Vororte (1890/92) sowie einem Anstieg der Geburtenrate geschuldet, sondern hauptsächlich dem Zuzug Hunderttausender von Arbeitskräften aus Böhmen, Mähren und Schlesien. Die Folge waren eklatante Wohnungsnot und Überfüllung der Wohnungen sowie starke Wohnungsnachfrage. Gleichzeitig löste der wirtschaftliche Aufschwung einen enormen Bauboom aus, Grundstückspreise stiegen und Zinshäuser wurden zu Spekulationsobjekten.

Ab 1857 kommt es daher auch zum vermehrten Bau von Wohnhäusern. Mehr als 450.000 Wohnungen entstehen. [3] Die Häuser beherbergen verschiedene soziale Schichten und sind

als nutzungsneutral anzusehen, denn in ihnen wird nicht nur gewohnt, sondern auch gearbeitet. [1] Sie zeichnen sich unter anderem durch eine großzügige Raumhöhe aus, die gesundheitsökonomische Gründe hatte, da Wien immer wieder von Seuchen heimgesucht wurde und man hoffte, dass ausreichend Luft und Licht in Wohnräumen sich positiv auf die Gesundheit auswirken würden. Andere Charakteristika sind einerseits die Gebäudehöhe und andererseits die dekorative und reiche Ausstattung der Fassade. Beides hatte nicht nur Einfluss auf das Image, sondern auch auf den Marktwert des Hauses und bestimmte ihn mit.

Die gesetzlichen Richtlinien im Bauwesen, erstmals 1829 erlassen, wurden in mehreren Dekreten immer wieder ergänzt, adaptiert und erweitert. In der Bauordnung aus dem Jahr 1859 wurden die Anzahl der Geschosse für Wohnbauten je nach Grundstückslage festgesetzt, die maximale Gebäudehöhe (24,7 m) sowie die Raumhöhe (3,16 m). 1883 erfolgte die letzte Ausgabe der Bauordnung, die zum Großteil bis weit ins 20. Jahrhundert hinein Gültigkeit behielt. [1] Die Wiener Gründerzeithäuser folgen in ihrer Konstruktionsweise diesen Normen und Vorgaben.

3.2 Baustoffe der Gründerzeit

Die verwendeten Baustoffe der Gründerzeit waren hauptsächlich Ziegel, Mörtel, Holz, Stahl und Naturstein. Stahl und Naturstein spielten jedoch eine untergeordnete Rolle, wobei Naturstein im Allgemeinen für Zierelemente, Gewölbekonstruktionen und Stiegen eingesetzt wurde, und daher in dieser Arbeit nicht behandelt wird. Ziegel und Mörtel wiederum bilden die Grundlage für den Verbundwerkstoff Mauerwerk. Für die damalige Zeit lag der Vorteil des Ziegelmauerwerks in der einfachen und schnellen Herstellung. Außerdem bezog sich die Bauordnung in ihren Vorgaben explizit auf Ziegel, Mörtel und Mauerstärken. Die Deckenkonstruktionen bestanden in den oberirdischen Geschossen primär aus Holzkonstruktionen. [4] [5]

3.2.1 Holz

Dieser Werkstoff wurde nur für Deckenkonstruktionen und Dachgespärre eingesetzt. Auf Deckenkonstruktionen wird unter 3.5.2 genauer eingegangen.

3.2.2 Stahl

Stahl wurde in Form von Schließen und Trägern verwendet. Die Stahlträger wurden in erster Linie zur Ausbildung von Platzdecken oder der Unterfangung von Zwischenwänden sowie der Gestaltung von Überlagern verwendet. Sie wurden zumeist im Grundriss nummeriert und die Profile im Plan dargestellt. Nachfolgende Grafiken (Abb. 1) stellen Angaben aus Konsensplänen dar.

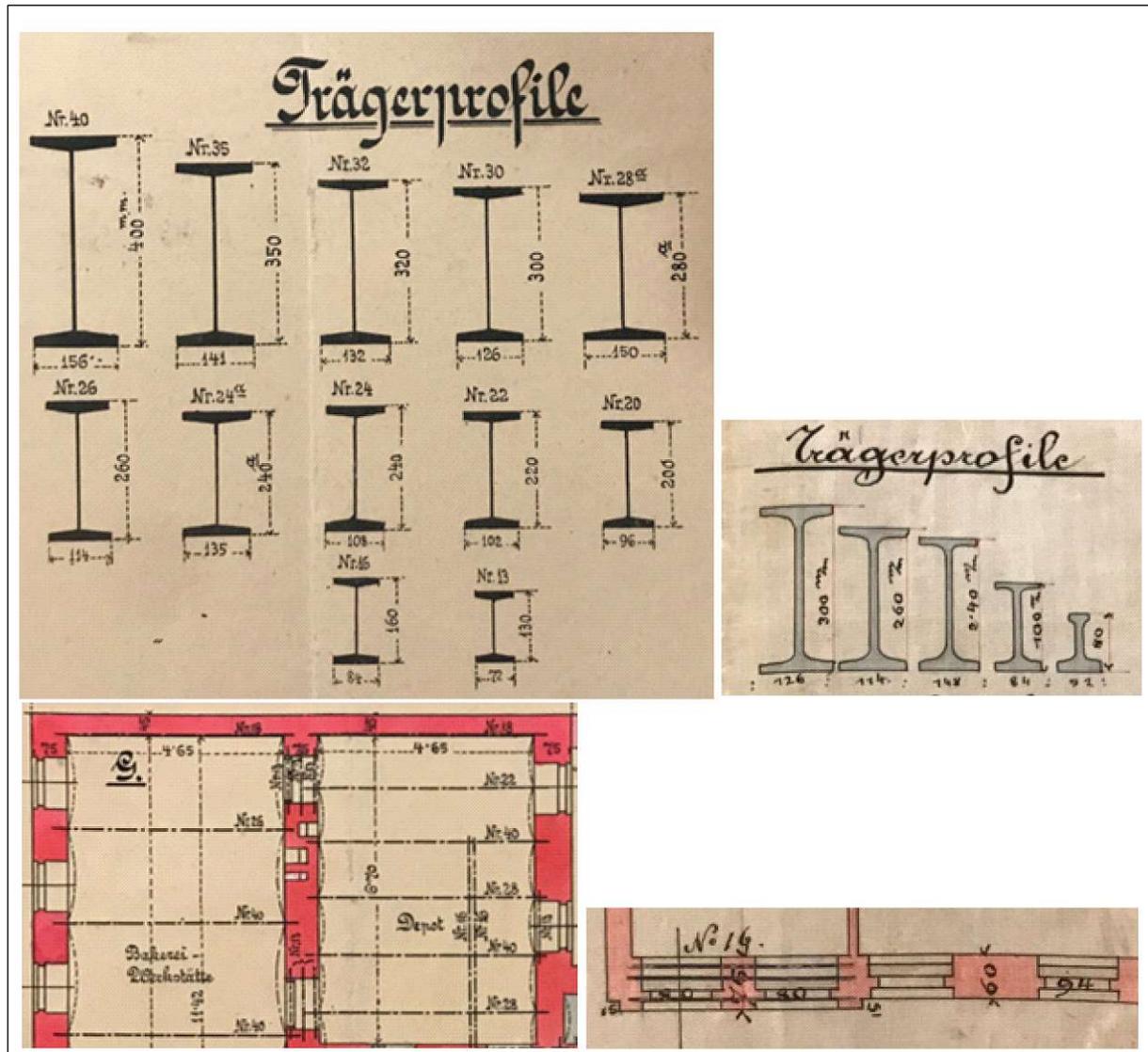


Abb. 1 Darstellung von Stahlprofilen (oben) und Stahlträgern im Grundriss (unten) in Konsensplänen

3.2.3 Ziegel

Für das Mauerwerk wurden Vollziegel im Wiener Normalformat (29,2/14,2/6,9 cm) verwendet [5]. Diese wurden zunächst handgefertigt, gegen Ende des 19. Jahrhunderts maschinell mit Strangpressen erzeugt, wodurch eine weitaus genauere und gleichmäßigere Form erzielt werden konnte. Zusätzlich ermöglichte dies die Serienproduktion, womit die hohe Nachfrage gedeckt werden konnte. Durch die maschinelle Fertigung war es auch möglich, die Streuung der Materialparameter (Druckfestigkeit, Spaltzugfestigkeit, E-Modul, Querdehnungszahl) zu reduzieren. Insgesamt lässt sich sagen, dass maschinell gefertigte Ziegel eine bessere mechanische Eigenschaft aufwiesen als handgestrichene [6].

Bereits die Bauordnung von 1859 legte das Ziegelformat fest. Nachstehende Tabelle (Tabelle 1) gibt eine Übersicht über die Ziegelhersteller und die zur gegebenen Zeit gültigen Formate an. Die Ziegeleien kennzeichneten ihre Produkte durch einen Stempel, z.B. Staatswappen bzw. „W“ für den Hersteller Wienerberger.

Jahr	Mauerziegel
bis 1857	<ul style="list-style-type: none"> • Fa. Alois Miesbach (Wien, Meidling) - Staatswappen im Ziegelstempel - Ziegelformat: 70 x 138 x 288 [mm] • Giacomo Corrigliano (Inzersdorf) - Ziegelformat 70 x 138 x 288 [mm]
ab 1857	<ul style="list-style-type: none"> • Fa. Henrich Drasche (Nachfolger von Alois Miesbach) - Ziegelformat: 66 x 144 x 301 [mm]
ab 1869	<ul style="list-style-type: none"> • Fa. Wienerberger - Ziegelformat: 70 x 145 x 300 [mm] – metrisches Format Buchstabe „W“ im Wappen - Ziegelformat 70 x 140 x 290 [mm] – als souveränes österr. Format

Tabelle 1 Historische Ziegelformate und -brennereien nach G. Achs [7]

Stempel und mechanische Kenngrößen lassen Rückschlüsse auf Bauzeitalter und ggf. die vorherrschende Bauordnung zu, was hilfreich ist, wenn Konsenspläne nicht aufliegen. Es lässt sich weiters feststellen, dass in den später eingegliederten Stadtgebieten mehrfach auch Abbruchreste zur Wiederverwendung gelangten [8], wodurch auch niedrigere Materialkennwerte zu erwarten sind. Dies kann sich gravierend auf die Druckfestigkeit f_b des Ziegels auswirken, dessen wichtigste Eigenschaft die schadlose Übertragung bzw. Ableitung von Druckkräften ist.

Nachstehende Tabelle (Tabelle 2) gibt mittlere Materialkennwerte von gründerzeitlichen Mauerwerksziegeln an.

Quelle	Mittlere Druckfestigkeit [N/mm ²]	Mittlere E-Modul [N/mm ²]
Furtmüller und Adam, 2009	29,50	12055,00
Pech, 2010	22,50	-
Zimmermann und Strauss, 2010	19,30	13489,00

Tabelle 2 Kennwerte für gründerzeitliche Mauerwerksziegel nach G. Achs et al. [6]

3.2.4 Mörtel

Der Mörtel hat im Mauerwerksbau die Aufgabe, die einzelnen Ziegelsteine kraftschlüssig in den Lager- und Stoßfugen miteinander zu verbinden und ggf. Unebenheiten auszugleichen. [9]. Mörtel stellt sicher, dass sich die unbewehrte Mauerwerkswand wie ein einzelnes Bauelement verhält [9].

Hauptbestandteile von Mörtel sind Gesteinskörnung, Wasser und Bindemittel, wie etwa Kalk. Bereits in der Bauordnung von 1859 wurde Kalk als Bindemittel erwähnt, 1883 wurde explizit die Verwendung von Kalkmörtel vorgeschrieben [7]. Im Vergleich zu heute verwendetem Mörteln weist der damals verwendete Mörtel nur eine Druckfestigkeit bis 2,0 N/mm² auf [6], was bedeutet, dass seine mechanischen Eigenschaften weit unter den heute festgelegten Richtlinien liegen. Die Druckfestigkeit f_m hängt von Bindemittel, Mischungsverhältnis und

Porosität ab. [6] Mit steigendem hydraulischem Anteil im Mörtel steigt auch der E-Modul. Nachstehende Grafik (Abb. 2) illustriert eine Gegenüberstellung der Spannungs-Dehnungslinie zwischen Kalkmörtel der Gründerzeit und heutzutage verwendeten Mörteln.

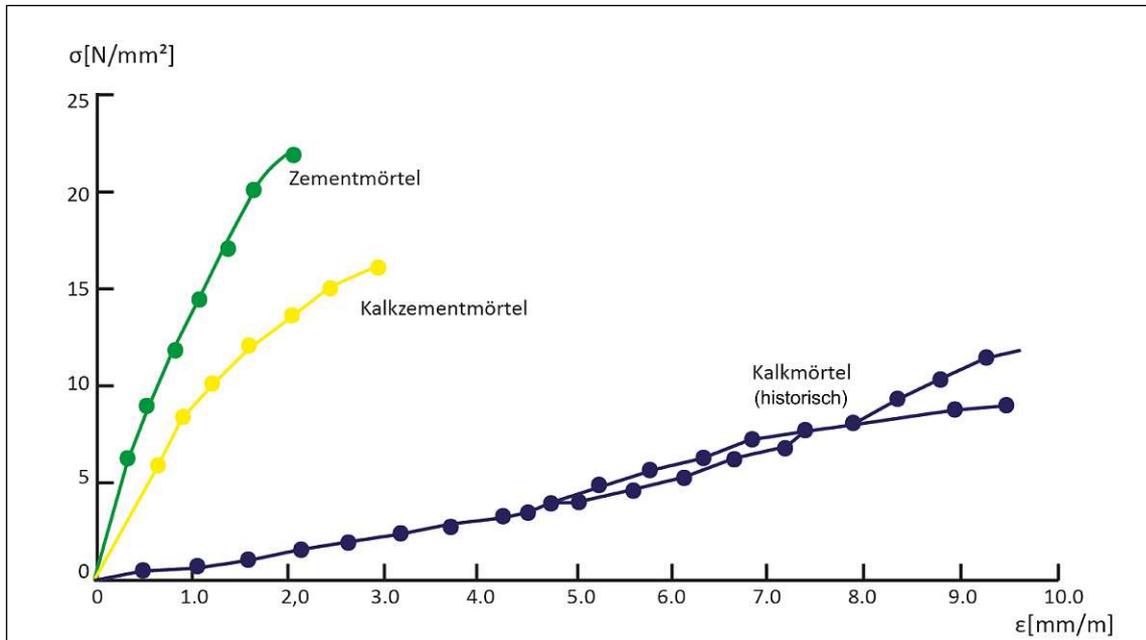


Abb. 2 Gegenüberstellung von Mörtel nach Schäfer und Hilsdorf (1990). In: [6]

Für hochbelastete Mauerwerksteile wurde im Gründerzeithaus statt gewöhnlichem Kalkmörtel auch höherwertiger Mörtel verwendet, z.B. Portlandzement. Hinweise dazu lassen sich aus Konsensplänen ersehen, wie aus nachstehender Abbildung (Abb. 3) zu entnehmen ist.

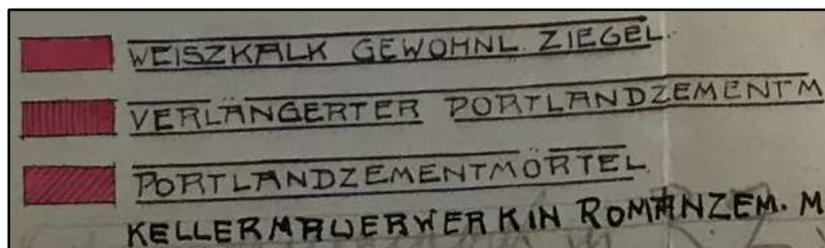


Abb. 3 Mörtelangaben aus einem Konsensplan

Bei Schub- und Biegebeanspruchung ist die Haftscherfestigkeit zwischen Ziegel und Mörtel von besonderer Bedeutung [6]. Die wichtigste Funktion von Mörtel ist die Übertragung von Schubkräften. Daher kommt es bei der Auslegung des Bauwerks auf die richtige Wahl von Ziegel und Mörtel an, weil sie das Tragverhalten von Mauerwerk maßgebend bestimmen. [6] Die Kombination aus Mörtel und Ziegel legt sowohl statischen als auch dynamischen Eigenschaften des Mauerwerks fest. Dies wurde allerdings bei der Ausführung von Gründerzeithäusern aufgrund des unzureichenden Wissens bei dynamischer Beanspruchung nicht berücksichtigt. Damals war die Hauptaufgabe des Mörtels die Verbindung der Mauersteine und das Ausfüllen der Fugen, wodurch das Mauerwerk zur kraftschlüssigen Lastabtragung gebildet wurde.

3.3 Verbundwerkstoff Mauerwerk

Mauerwerk ist ein Verbundwerkstoff aus Ziegeln und Mörtel. Der Zusammenhalt zwischen Ziegeln und Mörtel beruht auf Bindungskräften zwischen den beiden Komponenten. [9] Die Verbundeigenschaften zwischen den beiden Werkstoffen werden durch die Kenngrößen Reibungsbeiwert, Haftscherfestigkeit und Haftzugfestigkeit beschrieben. Der Verbund entsteht in der Lager- bzw. Stoßfuge und wird durch die Druckfestigkeit, die Zugfestigkeit, die Biegefestigkeit und die Schubfestigkeit charakterisiert.

Die Hauptaufgabe von Mauerwerk ist die Ableitung von Normalkräften. Daher ist die wichtigste statische Kenngröße von Mauerwerk die Druckfestigkeit f_k , die sich nach ÖNORM EN 1996-1:2013 [10] wie folgt ermitteln lässt:

$$f_k = k * f_b^\alpha * f_m^\beta$$

- f_k = Charakteristische Mauerwerk-Druckfestigkeit [N/mm²]
- K = Beiwert [-]
- f_b = Ziegeldruckfestigkeit [N/mm²]
- f_m = Mörteldruckfestigkeit [N/mm²]
- α = Exponent
- β = Exponent

Die Exponenten und der Beiwert sind der ÖNORM EN 1996-1:2013 [11] bzw. ÖNORM B 4008-1:2018 [12] zu entnehmen.

Die Schubfestigkeit f_{vk} ist vor allem für die horizontale Trag- bzw. Widerstandsfähigkeit von besonderer Bedeutung und somit eine der wichtigsten Kenngrößen zur Beurteilung der Querkrafttragfähigkeit. [13] Deshalb ist sie für dynamische Beanspruchung von großer Bedeutung.

Zug- und Biegefestigkeit werde in dieser Arbeit nicht thematisiert.

3.4 Mauerwerkswände – Wandscheiben aus Mauerwerk

Mauerwerkswände werden im Verband angeordnet, um die Tragfähigkeit zu erhöhen. Dabei gibt es verschiedene Möglichkeiten zur Gestaltung von Mauerwerksverbänden. Die am häufigsten verwendeten Formen sind aus Abbildung (Abb. 4) ersichtlich [7] [9].

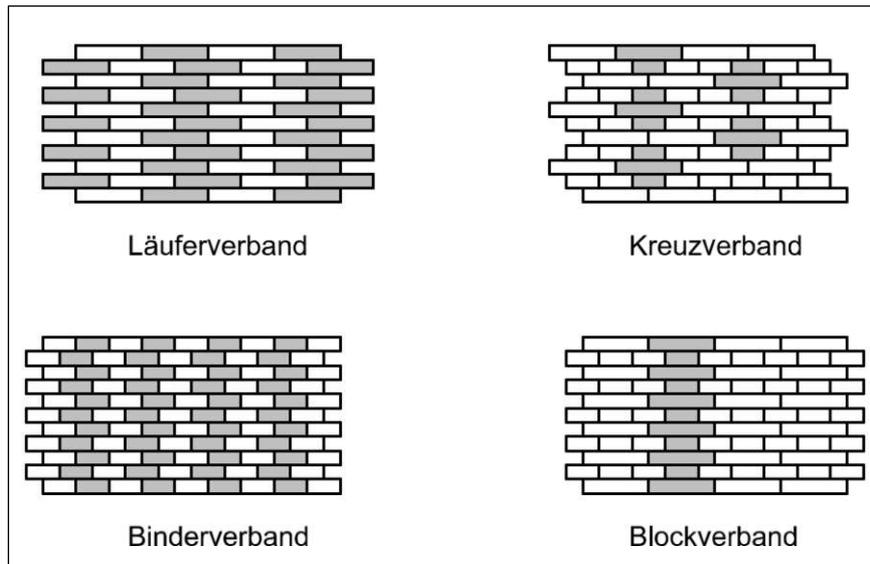


Abb. 4 Historische Mauerwerksverbände nach G. Achs et al. [6]

3.5 Charakteristische Bauweise der Gründerzeit

Die Konstruktionsweise von Gründerzeithäusern ist aufgrund der damaligen Reglementierung (handwerklich tradierte Konstruktionsregeln, Bauordnung, etc.) weitgehend einheitlich. Das betrifft die Baukonstruktionsausführung (Wände, Deckensysteme, etc.) sowie die Baukonstruktionsanordnung (Trakttiefen, Raumhöhe, etc.)

3.5.1 Mauerwerkswände im Gründerzeithaus

Die Konsenspläne zeigen im Allgemeinen Außen- und Mittelmauern, Zwischenwände, Feuermauern, Stahlträger und Deckenspannrichtung mit der jeweiligen Nummer bzw. Dimension. Das technische Wissen für anspruchsvollere Konstruktionsweisen, wie heute üblich, war damals noch nicht vorhanden und entwickelte sich erst im Zuge der Materialforschungen des 20. Jahrhunderts. [14]

Grundrisse der Wiener Gründerzeithäuser bestehen aus tragenden Außen- und Mittelmauern sowie nicht tragenden Feuermauern und Zwischenwänden. Letztere werden in historischen Bauordnungen als Scheidewände bezeichnet.

Die Ausführung der Mauern und Wände wurde in den Bauordnungen reglementiert. Die Mauerstärke für Außen- und Mittelmauern orientierte sich an der Höhe des Bauwerks, worauf in Kapitel 3.4.2 genauer eingegangen wird. Für Zwischenwände wurde in der Bauordnung von 1883 eine Mindeststärke von 15 cm vorgegebenen, sofern diese Wände nicht als einseitiges Auflager dienten. Letzteres betrifft im Grunde nur Eckgebäude, wo die Spannrichtung der Decke gewechselt werden musste.

Tragende Mauerwerkswände wurden durch die in nachfolgender Abbildung (Abb. 5) angegebenen Wandstärken in Abhängigkeit der Trakttiefe in der Bauordnung von 1883 geregelt.

Tramdecken bei Trakttiefe < 6,50 m

Stockwerk	Stiegenhausmauer	Lichthofmauer	Feuermauer	Mittelmauer	belastete Hauptmauer
4. Stock	45	45	30	45	30
3. Stock	45	45	30	45	30
2. Stock	45	45	30	45	30
1. Stock	45	45	30	45	30
EG	45	45	30	45	30
KG	60	60	45	60	60

Dicke der Hauptmauern bei anderen Deckensystemen (Trakttiefe < 6,50m)						
Stockwerk	Doppelbaumdecke			Tramtraversendecke		
4. Stock	45					45
3. Stock	60	45				45
2. Stock	75	60	45			45
1. Stock	90	75	60	45		45
Erdgeschoss	105	90	75	60	45	45 (60 bei EG-Höhe > 5m)

Abb. 5 Reglementierte Mauerstärken nach A. Kolbitsch [4]

Wie bereits eingangs erwähnt, reglementierten die Bauordnungen sämtliche konstruktiven Vorgaben, wodurch die Häuser in statischer Hinsicht ident sind. [5] [15] Allerdings lässt sich aus keinem Konsensplan und auch nicht aus der historischen Bauordnung entnehmen, welche Art von Mauerwerksverband ausgeführt wurde bzw. ausgeführt hätten werden sollen. Demzufolge kann bei Zwischenwänden nicht immer von einem kraftschlüssigen Verband, wie in nachfolgender Grafik (Abb. 6) dargestellt, ausgegangen werden.

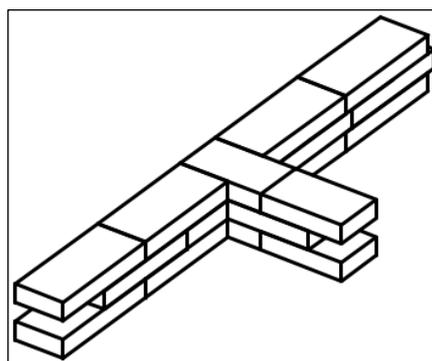


Abb. 6 Kraftschlüssiger Verband nach K. Meskouris et al. [16]

3.5.2 Deckensysteme

Für die Decke über dem Kellergeschoss, in seltenen Fällen auch über dem Erdgeschoss, wurde eine Platzdecke, auch Kappendecke genannt, verwendet. Sie stellt unter den damaligen Deckenkonstruktionen eine Massivdecke dar und besteht aus [4] [5] einem Ziegelgewölbe, welches sich zwischen Walz- und Eisenträgern erstreckt. Bei dieser Konstruktion entstehen

hohen Horizontalkräfte in den Auflagerbereichen, weshalb Schließen zur Lagesicherheit eingebaut wurden.

In den Obergeschossen wurden unterschiedliche Bauweisen verwendet: Dippelbaumdecken, Tramdecken, Tramtraversdecken und gelegentlich auch Fehltramdecken. Sie zählen zu den schubweichen Konstruktionen und wurden zwischen Außen- und Mittelmauer gespannt. Das daraus erkennbare statische System entspricht dem Einfeldträger. Durch die Holzkonstruktionen konnten kostengünstig die üblichen Spannweiten zwischen 4,00 m und 6,00 m überspannt werden.

Dippelbaumdecke

Sie ist das älteste und materialaufwändigste Deckensystem der Gründerzeithäuser. Bis 1830 wurden Dippelbaumdecken generell als Zwischendecken eingesetzt. Ab ca. 1860 wurden aufgrund des hohen Materialaufwandes und der Schaffung eines durchlaufenden Auflagerbereichs Dippelbaumdecken nur noch als Abschlussdecke zum Dachgeschoss eingesetzt. Mit der Bauordnung von 1868 wurde aus brandschutztechnischen Gründen vorgeschrieben, dass die Decke zum Dachgeschoss hin als Dippelbaumdecken auszuführen ist, falls keine Massivdecke ausgeführt wird. [4] [5] Aus den für diese Arbeit untersuchten Objekten und den vorhandenen Konsensplänen geht jedoch hervor, dass nicht überall als Abschlussdecke eine Dippelbaumdecke eingesetzt wurde. In mehreren Objekten wurde eine Tramdecke verwendet.

Tramdecke

Bei den Tramdeckenkonstruktionen wurden im Abstand zw. 0,75 m und 1,0 m Träme zwischen den tragenden Wänden mit einer Stärke bis zu 24,0 cm hochkant verlegt. Der daraus entstehende Vorteil war, dass somit kein durchgehendes Auflager mehr geschaffen werden musste, sondern nur stellenweise alle 0,75 m bis 1,0 m. Zum Schutz gegen Fäulnis wurden in den Auflagerbereichen „Tramkasteln“ vorgesehen. Dieses Deckensystem ist in den untersuchten Objekten dieser Arbeit das meistverwendete System für Geschossdecken.

Sonstige Deckensysteme

Weitere Deckensysteme stellten die Fehltramdecke, die Tramdecke mit abgesenkter Sturzschalung und die Tramtraversdecke dar. Diese Decken wurden jedoch in keinem der untersuchten Objekte der Arbeit vorgefunden. Fehltramdecken finden sich vor allem in Repräsentationsbauten wieder. Tramdecken mit abgesenkter Sturzschalung finden sich eher in Wohngebäuden mit sehr niedrigen Standards. [4]

Die Tramtraversdecke stellt den Übergang zu den stählernen Deckenkonstruktionen dar. Sie wurde vorwiegend für Prunk-, Schul- und Verwaltungsbauten verwendet, wo höhere Spannweiten als im gewöhnlichen Wohnbau erforderlich waren. In Wien findet man solche Deckensysteme vor allem im Bereich der Ringstraßenbauten. [4]

Die wichtigsten Deckensysteme aus der Gründerzeit sind in nachfolgender Abbildung (Abb. 7) dargestellt.

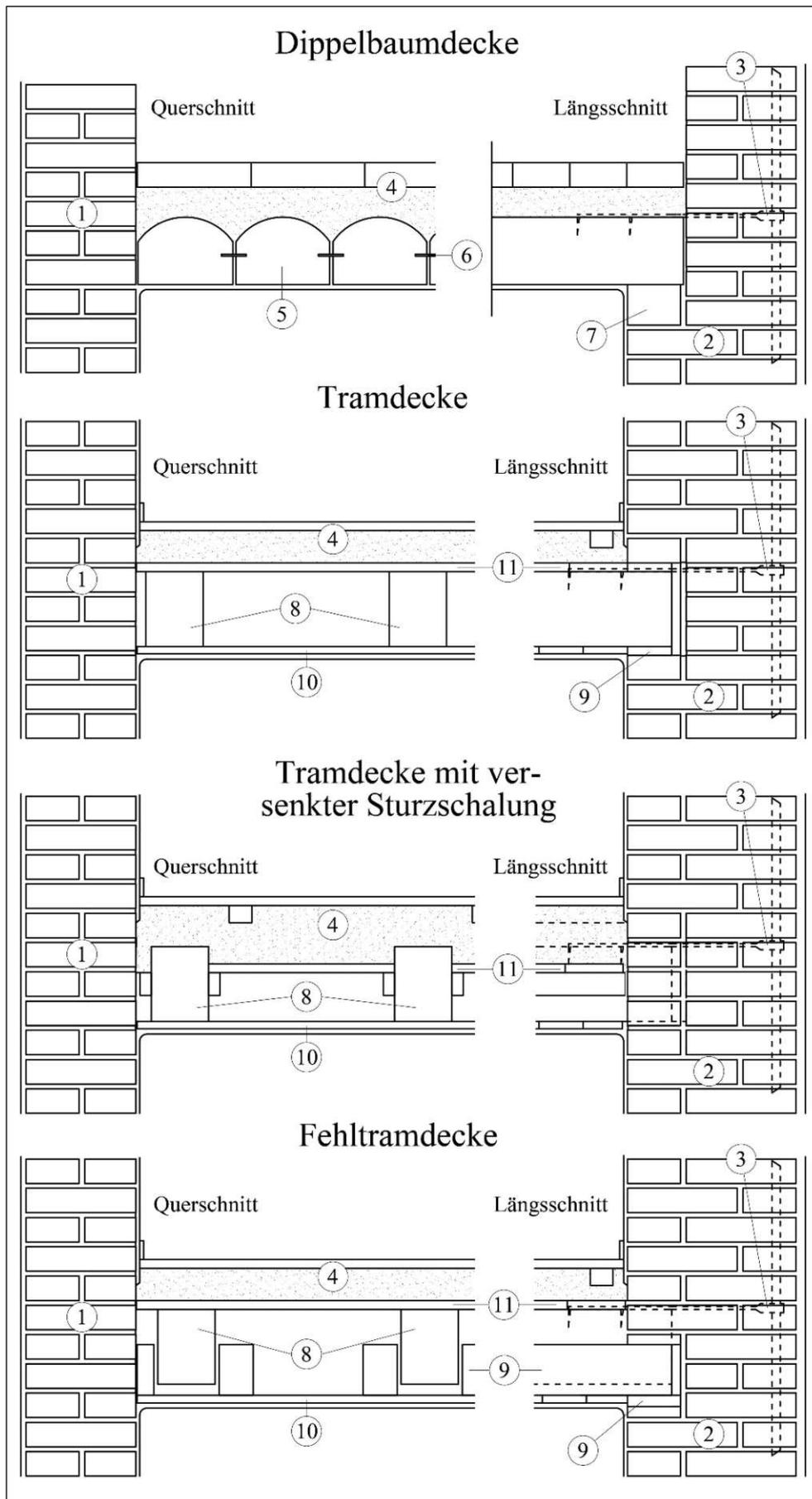


Abb. 7 Hölzerne Deckenkonstruktionen der Gründerzeit

3.5.3 Geschoss-, Grundriss- und Aufrissgestaltung

Die Pläne der Gründerzeithäuser zeigen die Grundrisse der Geschosse, den Aufriss sowie ein bis zwei Schnitte durch das Gebäude, die die Raumhöhen und Deckensysteme und teilweise Parapethöhen definierten (Abb. 8). Nur in seltenen Fällen gibt es detaillierte Darstellungen in Form von weiteren Schnitten und Stiegenläufen. Sämtliche Pläne sind manuell erstellt und im Verhältnis zu heutigen Plänen nur großzügig bemaßt, wie ebenfalls aus nachstehender Abbildung (Abb. 8) ersichtlich ist. Details sind vernachlässigt, so fehlen z.B. bauliche Ausbildungen (Sturzbereich, Anschlussbereiche etc.) und Angaben, wie beispielsweise Achsen. Angegeben sind Mauerstärken und lichte Abstände. Im Unterschied zu heute regelten die Pläne auch die statischen Vorgaben.

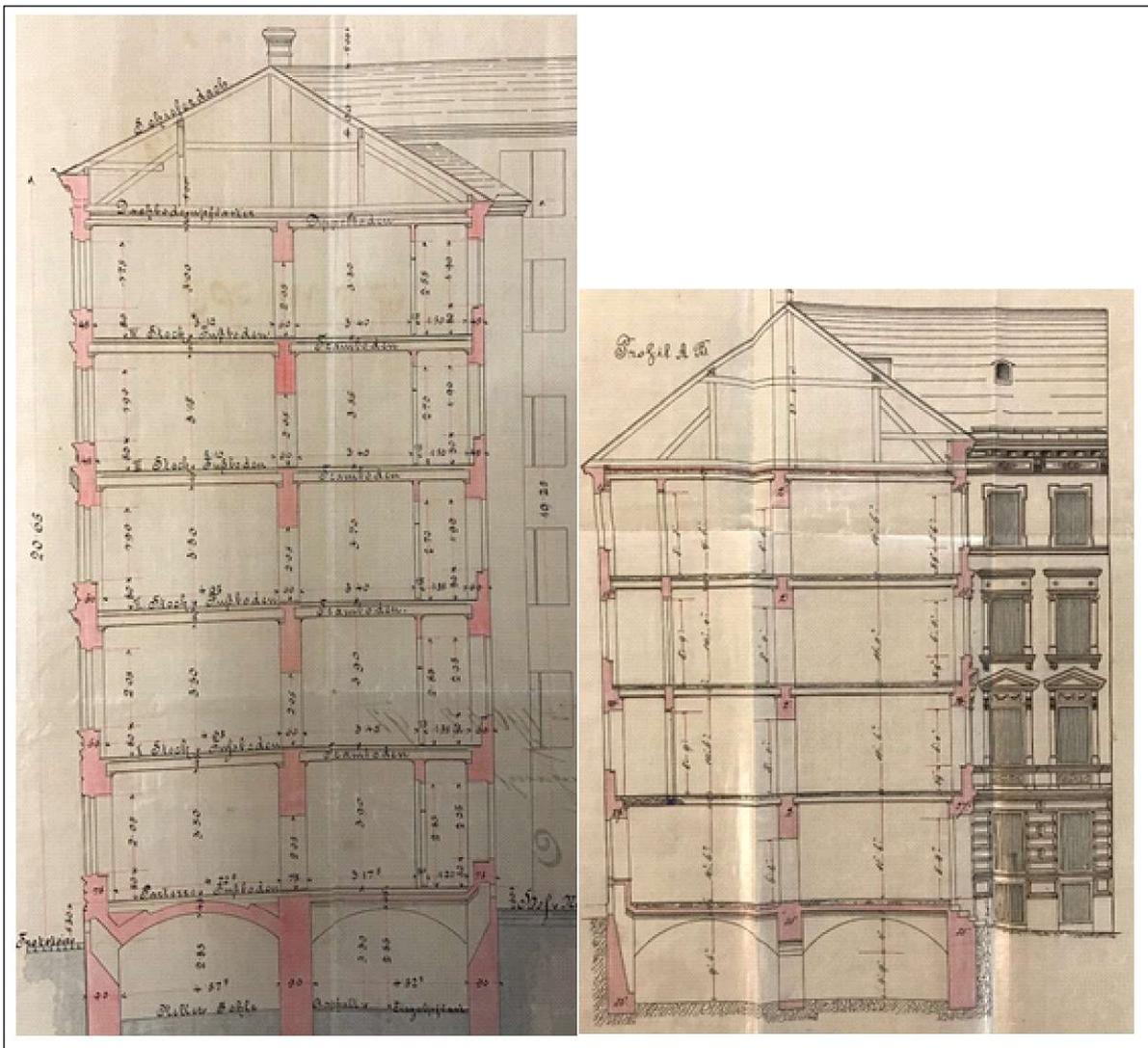


Abb. 8 Schnitte klassischer Gründerzeithäuser, detailliert (links) und undetailliert (rechts)

Die Bauordnung setzte die maximale Gebäudehöhe mit 24,70 m fest und eine Mindestraumhöhe von 3,16 m [3]. Jedoch lässt sich aus den eingesehenen Konsensplänen erkennen, dass diese Vorgaben nicht überall eingehalten wurden. Die maximale Anzahl an Geschossen für Wohnbauten war je nach Lage begrenzt.

Bei der Geschossgestaltung lässt sich eine Regelmäßigkeit bei der Anordnung der Wände erkennen. Ausnahme stellt dabei oft das Erdgeschoss dar, welches abhängig von der Lage

innerhalb der Stadt entweder als Wohnraum oder als Geschäftslokalität genutzt wurde. Für die Nutzung der Geschäftslokalitäten wurden Wände aus den Obergeschossen durch Stahlträger abgefangen. Oft findet man im Erdgeschoss Gassenläden, die entsprechenden Platzbedarf hatten.

Die tragenden Wände, Außen- und Mittelmauer, waren in ihrer Stärke abhängig von der Geschosszahl definiert, wie bereits in 3.5.1 erwähnt.

Aus den Konsensplänen ist ersichtlich, dass die tragenden Wände vollkommen regelmäßig angeordnet sind, ebenso Feuermauern, die allerdings zu den nicht tragenden Wänden zählen. Nicht tragende Wände (Zwischenwände) sind bis auf einige Ausnahmen ebenfalls regelmäßig angeordnet, das bedeutet, dass die Geschosswände übereinander stehen. Im Grundriss eingezeichnete Stahlträger lassen darauf schließen, dass im darüber liegenden Geschoss eine Zwischenwand errichtet wurde. In diesen Fällen liegt keine Regelmäßigkeit für die Zwischenwand vor.

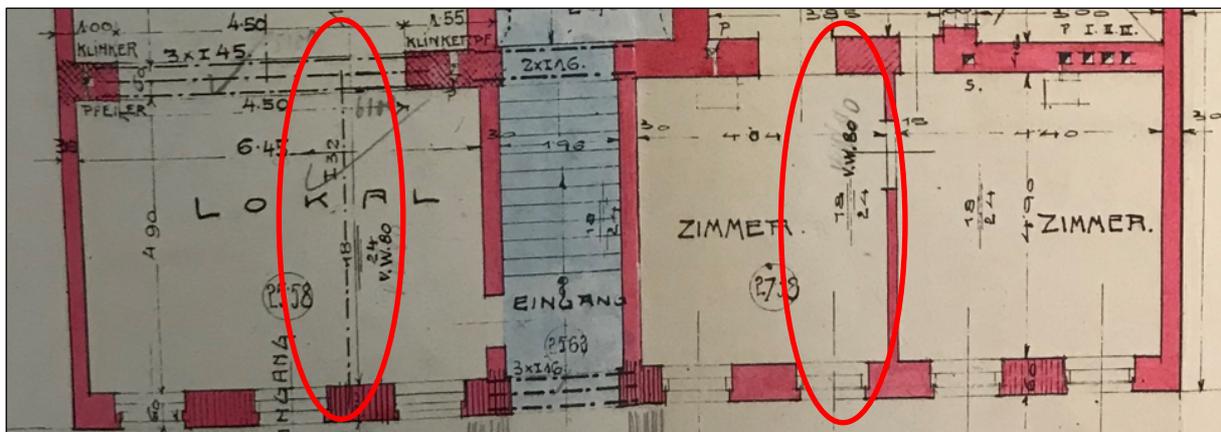


Abb. 9 Deckenspannrichtung und Wechsel mit Stahlträger

Aus den Plänen sind auch Deckenspannrichtungen in Form von Dimensionsangaben (Abb. 9) der verwendeten Holzkonstruktion herauszulesen. Auch Gewölbe- und Platzdecken sind in den Plänen dargestellt.

Charakteristikum der Aufrisse ist die Regelmäßigkeit in der Fassade. Alle Öffnungen im Mauerwerk liegen in einer Flucht.

3.6 Erdbebenproblematik von Gründerzeithäusern

Die Schadensanfälligkeit bis hin zur Kollapsgefährdung von Gründerzeithäusern ist von mehreren Faktoren abhängig. Vorrangig sind schubweiche Decken, schlanke Querwände mit geringer Vertikallast und vertikale Unregelmäßigkeiten sowie auch die Qualität der Arbeiten bei Bauausführung zu nennen, aber auch der gegenwärtige Zustand.

Die größte Schwachstelle von Gründerzeithäusern stellt das schubweiche Deckensystem dar. Dieses kann aufgrund fehlender Scheibenwirkung bei Einwirkungen von Horizontallasten die seismischen Kräfte nicht steifigkeitsproportional den stehenden Elementen zuordnen. [9] [15] [17] Bei derartigen Systemen entfällt zudem die Möglichkeit der Umlagerung von Horizontalkräften zwischen den benachbarten Scheiben. Somit erfolgt die Zuteilung der Horizontalkräfte anteilmäßig über die Lasteinflussflächen. Es erfolgt keine Aufteilung nach Steifigkeit bzw. Umlagerung bei Ausfall, womit im Grunde verdeutlicht werden kann, dass

Torsion im Gründerzeithaus de facto nicht auftreten kann [9]. Dennoch wurde, wenn auch nur minimal, im SEISMID Projekt messtechnisch geringfügige Torsionsschwingungen nachgewiesen. [7] [17]

Ein weiterer Faktor für die Vulnerabilität der Gebäude sind fehlende Regelmäßigkeiten. Wie bereits in 3.5.3 erwähnt, tragen Wechsel in der Decke über Erdgeschoss zu fehlender Steifigkeit bei. Die nicht als tragende Wände in das Tragwerk integrierten Zwischenwände sind jedoch primär seismische Bauteile und somit neuralgische Punkte des Tragwerksystems. Im Laufe der Zeit wurden die Gebäude im Zuge von Nutzungsänderungen umgebaut, wobei auch Mauern entfernt wurden. Das hat einen Steifigkeitsverlust des jeweiligen Gebäudes zur Folge und kann das Tragverhalten bei Erdbeben maßgeblich beeinflussen. [6]

Im Lastfall Erdbeben werden zudem schlanke Zwischenwände, die im Grunde nicht zur Lastabtragung beitragen, sondern lediglich ihr Eigengewicht abtragen, zur Lastableitung herangezogen. [15] Auf das Verhalten von Mauerwerkswänden im Lastfall Erdbeben wird in Kapitel 6 detaillierter eingegangen.

Auch die vorhandene Ausbildung des Kellergeschosses (vollunterkellert, teilweise unterkellert, Souterrain, etc.) bestimmt die Auswirkung der seismischen Einwirkung, wie in einer erst kürzlich erschienenen Untersuchung gezeigt werden konnte. [18]

Als schwer fassbare und damit unbekannte Größen bleiben die Qualität bei der Ausführung der Bauwerke und der gegenwärtige tatsächliche Zustand zufolge Witterungseinflüssen, Umbauten und Kriegereignissen anzumerken. Das gilt auch für Mauerwerksverbände, da nicht vorausgesetzt werden kann, dass Zwischenwände kraftschlüssig mit den anstehenden Querwänden verbunden sind. Dadurch kann die mitwirkende Breite, wie sie in ÖNORM EN 1996-1:2013 [11] definiert ist, nur nach genauerer Untersuchung angesetzt werden.

4 Begriffsdefinitionen

Erdbeben sind außergewöhnliche Einwirkungen auf Tragwerke. Sie sind nur von kurzer Dauer, können aber verheerende Auswirkungen zeitigen. Die folgenden Abschnitte bringen allgemeine Informationen zu Erdbeben, erklären Ursache, Entstehung, häufig verwendete Termini und baodynamische Ansätze zur Bemessungsgrundlage.

4.1 Erdbeben – Ursachen und Entstehung

Erdbeben sind Erschütterungen der Erdkruste, die verschiedenste Ursachen haben können. Es wird zwischen natürlichen und induzierten Erdbeben unterschieden. Natürliche Erdbeben entstehen durch eine unterirdische Massenverlagerung und werden in tektonische, vulkanische und Einsturzbeben eingeteilt. Als induzierte Beben werden Erschütterungen bezeichnet, die durch menschliche Eingriffe in die Natur entstehen. Beispiele dafür sind die Rohstoffgewinnung bei Untertagebau oder die Errichtung von Talsperren.

Die spürbaren Beben sind allerdings zumeist tektonischen Ursprungs. Sie entstehen, wenn entlang einer Bruchzone eine schlagartige Plattenverschiebung stattfindet. Derartige Zonen können sich sowohl an einer Plattengrenze als auch im Platteninneren ausbilden, wobei als Platten „starre Teile der Erdkruste und die darunter liegenden Bereiche des oberen Erdmantels“ [19] gelten. Durch den flüssigen Erdkern und der daraus resultierenden inneren Strömung des flüssigen Gesteins werden die Platten jedes Jahr wenige Zentimeter verschoben. Sie können im Falle eines Aufeinandertreffens sowohl untereinander als auch übereinander geschoben werden oder miteinander kollidieren. Dies wird dann als Erdbeben wahrgenommen. Im Falle einer Kollision können sich Gebirge bilden, wie zum Beispiel die Alpen. Die dabei freigesetzte Energie wird einerseits in Wärme und andererseits in Form seismischer Wellen umgewandelt. Das Ankommen bzw. Auftreffen seismischer Wellen ist für die Entstehung von Schäden verantwortlich.

In der Geotechnik werden je nach Art der Welle zwei Hauptgruppen unterschieden, deren Eigenschaften im Wesentlichen durch das anstehende Medium bestimmt wird:

- Raumwellen, die sich in Primär- und Sekundärwellen unterteilen, und
- Oberflächenwellen, zu denen Lovewellen und Rayleighwellen gehören.

Aufgrund ihrer großen Amplituden sind insbesondere Lovewellen hauptverantwortlich für Schäden an Gebäuden.

4.2 Begriffe aus dem Erdbebeningenieurwesen

Nachstehende Abbildung (Abb. 10) veranschaulicht die grundlegenden naturwissenschaftlichen Begriffe im Erdbebeningenieurwesen.

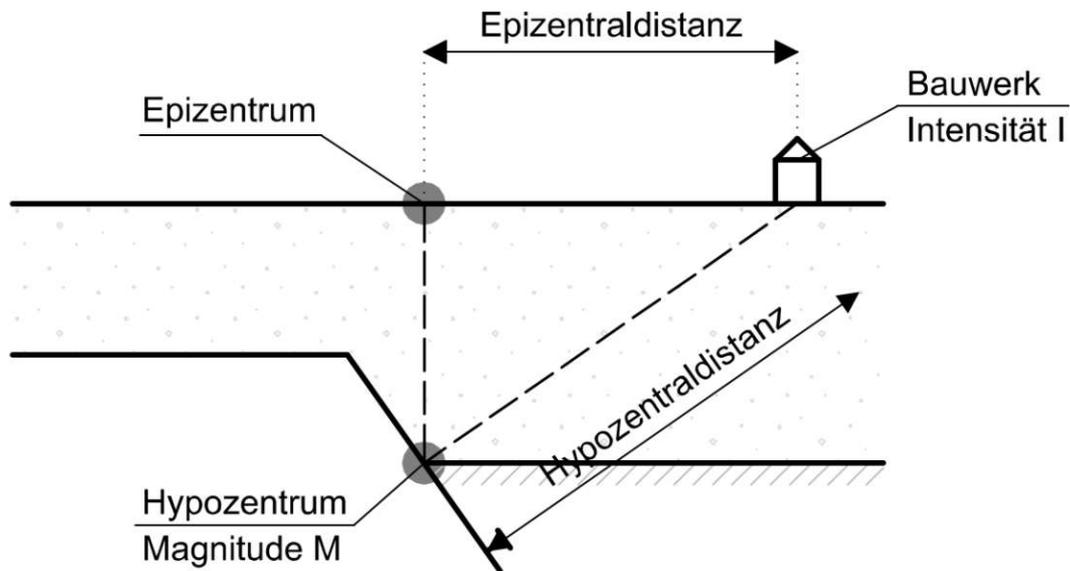


Abb. 10 Begriffe aus dem Erdbebeningenieurwesen nach H. Bachmann [20]

Hypozentrum

ist der Ursprung des Erdbebens bzw. des Erdbebenherds unterhalb der Erdoberfläche. Hier wird Schwingungsenergie freigesetzt, die durch die Magnitude (M) als logarithmisches Maß dargestellt wird und das Maß für die Stärke eines Erdbebens angibt.

Epizentrum

ist jener Punkt, der senkrecht über dem Erdbebenherd an der Erdoberfläche liegt.

Hypozentraldistanz

ist die Distanz zwischen dem Erdbebenherd und einem betrachteten Punkt an der Erdoberfläche, z.B. einem Messpunkt.

Epizentraldistanz

ist der Abstand zwischen dem Epizentrum des Bebens und einem betrachteten Punkt an der Erdoberfläche, z.B. einem Messpunkt.

Magnitude und Magnitudenskala

Die Magnitude ist ein Maß für die im Erdbebenherd freigesetzte Energie. [21] Bei der Angabe der Magnitude wird die Distanz zum jeweiligen Messpunkt berücksichtigt, damit ein unabhängiger Wert zur Beurteilung anhand der verwendeten Skala möglich ist.

Die Magnitudenskala wird auch Richterskala genannt. Sie wurde nach Charles Francis Richter benannt und ist eine logarithmische Skala mit der Magnitude M , die das Maß der Erdbebenenergie darstellt. Sie findet allgemeine Verwendung zur Charakterisierung der Stärke eines Bebens. Grundsätzlich ist die Magnitudenskala bis zu einer maximalen Magnitude von 9 nach oben hin begrenzt, da Beben mit einer Magnitude größer als 9,5 bisher noch nicht gemessen wurden. Dennoch ist die Richterskala nach oben hin theoretisch unbegrenzt [22].

Intensität und Intensitätsskala

Unterschiedliche Skalen dienen zur Bestimmung der Intensität eines Bebens, z.B. MSK-Skala, MM Skala, MS Skala.

Die jeweilige Skala gibt die Intensität I eines Erdbebens an und stellt das Maß der Wahrnehmung der lokalen Zerstörung eines Erdbebens dar. [21] Sie bezieht sich immer auf eine bestimmte Region. Daher ist immer die Angabe der Skala erforderlich, nach der die Intensität bewertet wird. Die angegebene Intensität ist von mehreren Faktoren, wie beispielsweise der Epizentraldistanz, der Tiefe des Hypozentrums, aber auch dem lokalen Untergrund abhängig. Es gilt jedoch immer: je stärker das Beben, desto größer die Intensität.

4.3 Physikalische Grundlagen der Baudynamik

Die Grundlage für Erdbebenbemessungen bildet der EUROCODE 8 (EC 8), für dessen Verständnis ein breites Spektrum an physikalischen Grundlagen erforderlich ist. Zu diesen Grundlagen zählen die Teilgebiete der Technischen Mechanik, nämlich Statik, Dynamik und Festigkeitslehre. Der Unterbereich Baudynamik – als Teilgebiet der Dynamik – beschäftigt sich mit den dynamischen Belastungen von Bauwerken, wozu auch Erdbeben gerechnet werden. Der EC 8 baut auf nachstehend erklärten baulastdynamischen Grundlagen auf.

Mehrmassenschwinger (MMS oder engl. MDOF)

Ein Mehrmassenschwinger (engl. Multi Degree-of-Freedom System) ist ein schwingungsfähiges System mit mehr als einem Freiheitsgrad, wie nachstehende Grafik dargestellt (Abb. 11/Abb. 12).

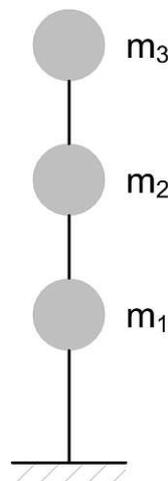


Abb. 11 Mehrmassenschwinger

Um für einen MMS ein Antwortspektrum zu erhalten, ist es erforderlich, diesen in einen äquivalenten EMS zu überführen. Dies geschieht infolge einer Modalanalyse.

Modalanalyse

In der modalen Analyse wird die gekoppelte Bewegungsgleichung entkoppelt und in äquivalente EMS überführt. Mithilfe der Modalanalyse können Eigenfrequenzen, Eigenformen, modale Dämpfung und modale Masse bestimmt werden. Bei der modalen Masse handelt es sich um eine Eigenschwingungsgröße des schwingenden Objekts.

Diese Masse wird bei einer bestimmten Schwingungsform aktiviert. [23]

Eigenform

Als Eigenform wird jene Verformung bezeichnet, die ein Bauteil bei Schwingung mit der Eigenfrequenz zeigt. Diese Schwingung und die sich daraus ergebende Verformung tritt erst durch eine Anregung auf. In Abhängigkeit der Anregung stellt sich die Gesamtschwingung eines Bauwerks bzw. Bauteils ein. Durch die Eigenformen und Eigenfrequenzen lassen sich Rückschlüsse auf das dynamische Verhalten eines Bauteils ziehen. [24]

Eigenfrequenz

Die Eigenfrequenz ist die Frequenz eines schwingungsfähigen Systems, mit der das System nach einmaliger Anregung ohne Einfluss äußerer Kräfte schwingt. [25]

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$$

ω_0 stellt die Eigenkreisfrequenz des ungedämpften Schwingers dar. Die Eigenkreisfrequenz gibt an, wie schnell die Schwingung eines ungedämpften Systems abläuft und berechnet sich aus der Wurzel aus Steifigkeit und Masse eines Systems.

$$\omega_0^2 = \frac{k}{m}$$

Die Eigenkreisfrequenz gibt jedoch im Vergleich zur Frequenz f in Herz [Hz] nicht die Anzahl der Schwingungsperioden pro Zeitspanne an, sondern den überstrichenen Phasenwinkel der Schwingung bezogen auf das Zeitintervall. [26]

Die Eigenfrequenz bezeichnet die Eigenwerte der Bewegungsgleichung und stellt die Frequenz der Eigenmode dar. Sie ist der Kehrwert der Eigenschwingdauer.

Mithilfe der Eigenfrequenz eines Gebäudes kann man auf Grundlage der derzeit gültigen Norm mithilfe des Antwortspektrums die zugehörige Antwort ermitteln. Darauf wird später noch eingegangen. Die Eigenfrequenz von Gebäuden wird zumeist unter Zuhilfenahme des nachstehenden Ausdrucks bestimmt.

$$T_1 = C_t * H^{3/4}$$

Einmassenschwinger (EMS oder engl. SDOF)

Der Einmassenschwinger (engl. Single Degree-of-Freedom System) ist ein schwingungsfähiges System, welches das einfachste mathematische System davon darstellt. In der Erdbebenbemessung wird er zumeist durch Transformation eines Mehrmassenschwingers abgebildet. Der Einmassenschwinger, oft auch äquivalenter Einmassenschwinger genannt, bildet die Grundlage für die Berechnungsabläufe des EUROCODE 8. Nachstehende Abbildung (Abb. 12) zeigt einen EMS mit der Masse m , der Federsteifigkeit k , dem Dämpfungsmaß c , der absoluten Verschiebung x_a , der Relativverschiebung x und der Bodenverschiebung x_g .

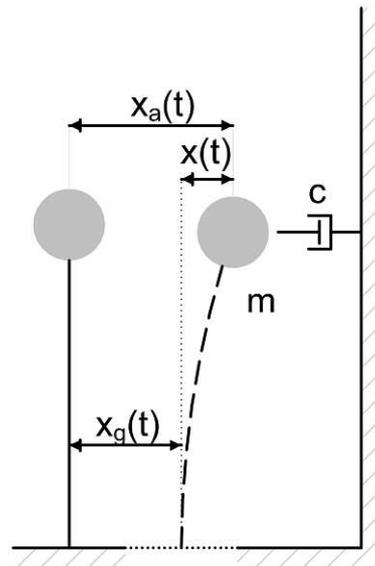


Abb. 12 Modell eines Einmassenschwingers nach H. Bachmann [20]

Bewegungsgleichung des Einmassenschwingers

Die Bewegungsgleichung des Einmassenschwingers bildet, wie bereits erwähnt, die Grundlage für dynamische Überlegungen. Die grundlegenden Komponenten für diese Bewegungsgleichung des Einmassenschwingers sind:

- die Masse m als Punktmasse idealisiert
- eine masselose Feder mit linearer Steifigkeit k
- ein viskoser Dämpfer mit Dämpfungskonstante c

Der Einmassenschwinger wird abhängig von der Anregung sowohl unter Kraftanregung $p(t)$ als auch unter Weganregung $-m\ddot{x}_g(t)$ betrachtet, wie in nachstehender Abbildung (Abb. 13) gezeigt ist. Diese Überlegungen lassen sich auf einen Einmassenschwinger mit Fußpunktanregung übertragen, wie es im Erdbebeningenieurwesen gängig ist (siehe Abb. 12).

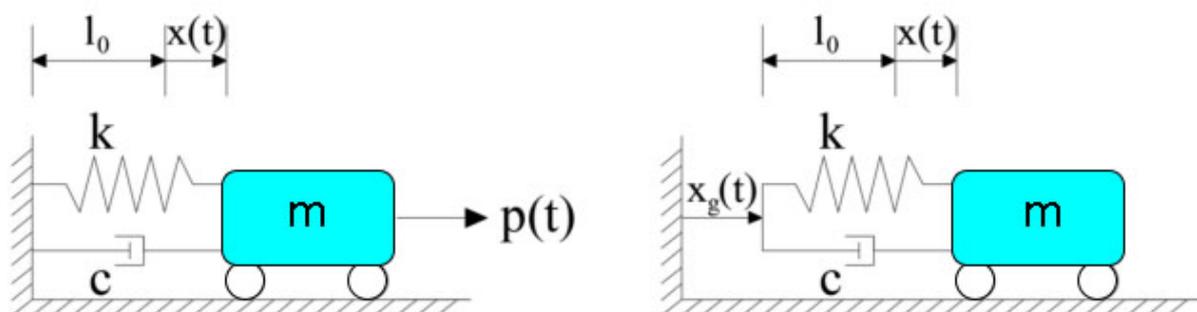


Abb. 13 EMS unter Kraftanregung (links) und Weganregung (rechts) nach R. Heuer [27]

Daraus ergibt sich in Abhängigkeit der Anregung die Bewegungsgleichung:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f(t) = \begin{cases} p(t) & \dots \text{Kraftanregung} \\ -m\ddot{x}_g(t) & \dots \text{Weganregung} \end{cases}$$

Die in der Baudynamik verwendete Bewegungsdifferentialgleichung ergibt sich aus der Betrachtung unter der Weganregung, die die Fußpunktanregung angibt.

Durch Umformung der Bewegungsgleichung unter Berücksichtigung der in der Baudynamik relevanten Parameter ergibt sich folgende Standardform der Bewegungsdifferentialgleichung:

$$\ddot{x} + 2\zeta\omega\dot{x} + \omega^2x = -\dot{x}_g(t)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \text{Eigenkreisfrequenz des ungedämpften Systems}$$

$$\zeta = \frac{c}{2m\omega} \quad \text{Dämpfungsmaß}$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} \quad \text{Eigenfrequenz}$$

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{Eigenperiode}$$

Die Lösung der Gleichung erfolgt nach dem mathematischen Prinzip mittels homogener und partikulärer Lösung und ist einschlägiger Literatur zu entnehmen. [16] [20] Aus der Bewegungsgleichung erhält man die Eigenfrequenzen und Eigenformen.

Eigenmode (engl. MODE)

Die Eigenmode wird auch Normalmode genannt und ist eine spezielle Schwingung eines schwingungsfähigen ungedämpften Systems, die das System dann ausführt, wenn es sich selbst überlassen wird. Die Eigenmode stellt die Basis für die Beschreibung der Schwingung eines ungedämpften und frei schwingenden Systems dar und besteht aus den Eigenvektoren der Bewegungsgleichung. Im Eigenmode schwingen alle Teile eines Systems mit der gleichen Frequenz f .

Eigenschwingzeit

Die Eigenschwingzeit ist jene Dauer, die das schwingungsfähige System nach einmaliger Anregung mit der Eigenfrequenz f_0 in Sekunden schwingt. Sie ist der Kehrwert der Eigenfrequenz.

$$T = \frac{1}{f_0}$$

5 EUROCODE 8

Der EUROCODE 8 legt die Normen für Bemessung und Konstruktion von Bauwerken des Hochbau- und Ingenieurwesens in Erdbebengebieten fest. „Das Ziel ist sicherzustellen, dass bei Erdbeben menschliches Leben geschützt ist, Schäden begrenzt bleiben und wichtige Bauwerke zum Schutz der Bevölkerung funktionstüchtig bleiben.“ [28] Er ist die gesetzliche Basis für Erdbebenbemessungen im Bauwesen und besteht aus insgesamt sechs Teildokumenten, die im Zeitraum zwischen 2005 und 2013 Gültigkeit erlangt haben. Für diese Arbeit sind nur die Dokumente ÖNORM EN 1998-1:2013 [10] und ÖNORM EN 1998-3:2013 [29] von Bedeutung. Zusätzlich werden auch aufgrund der Vorgaben die zugehörigen Nationalen Anhänge ÖNORM B 1998-1:2017 [30] und ÖNORM B 1998-3:2018 [2] für Österreich einbezogen. Dabei ist bei Bestandsgebäuden zu berücksichtigen, dass das in ÖNORM EN 1998-1:2013 geforderte Sicherheitsniveau auf diese nicht unmittelbar übernommen werden kann, sondern nach dem damaligen Stand der Technik zu beurteilen ist.

5.1 ÖNORM EN 1998-1:2013 und ÖNORM B 1998-1:2017

ÖNORM EN 1998-1:2013 regelt „Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten“, was Baugrundklassen, Erdbebenzonen, Bedeutungskategorien von Bauwerken und Berechnungsvorschriften beinhaltet.

5.1.1 Zonen, Baugrundklassen und Bedeutungskategorien

In Österreich wird die zu erwartende Erdbebengefährdung in einer Zonenkarte abgebildet und in ÖNORM B 1998-1:2017 zur genaueren Bestimmung mit einem Ortsverzeichnis und der zugehörigen Bodenbeschleunigung dargestellt (Abb. 14).

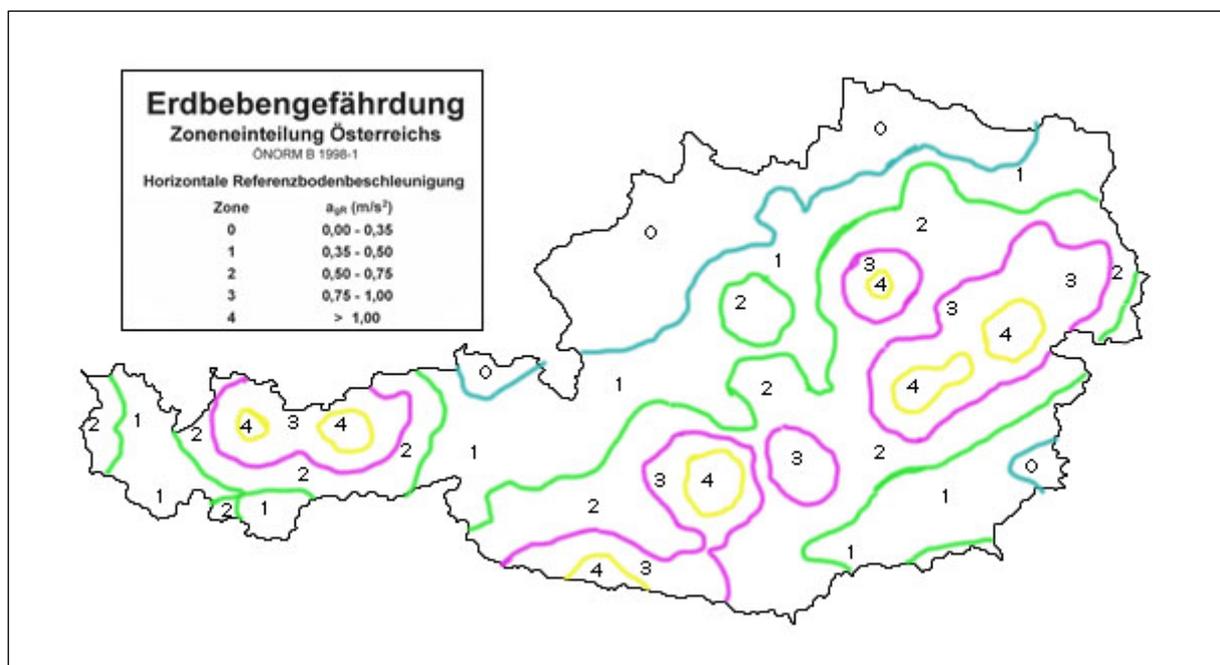


Abb. 14 Zonenkarte der Erdbebengefährdung [30]

Für diese Arbeit ist die Zonenkarte für Wien relevant. Zwar war die Bundeshauptstadt in den vergangenen 1000 Jahren nie Epizentrum eines Bebens, ist aber aufgrund der geografischen Lage den Ausläufern von Erdbeben ausgesetzt. [31] Der Raum teilt sich in zwei Zonen (Abb. 15):

- südwestlich der Donau mit der Referenzbodenbeschleunigung $a_{gR}=0,80 \text{ m/s}^2$ (Zone 3)
- und nordöstlich der Donau mit der Referenzbodenbeschleunigung $a_{gR}=0,70 \text{ m/s}^2$ (Zone 2)

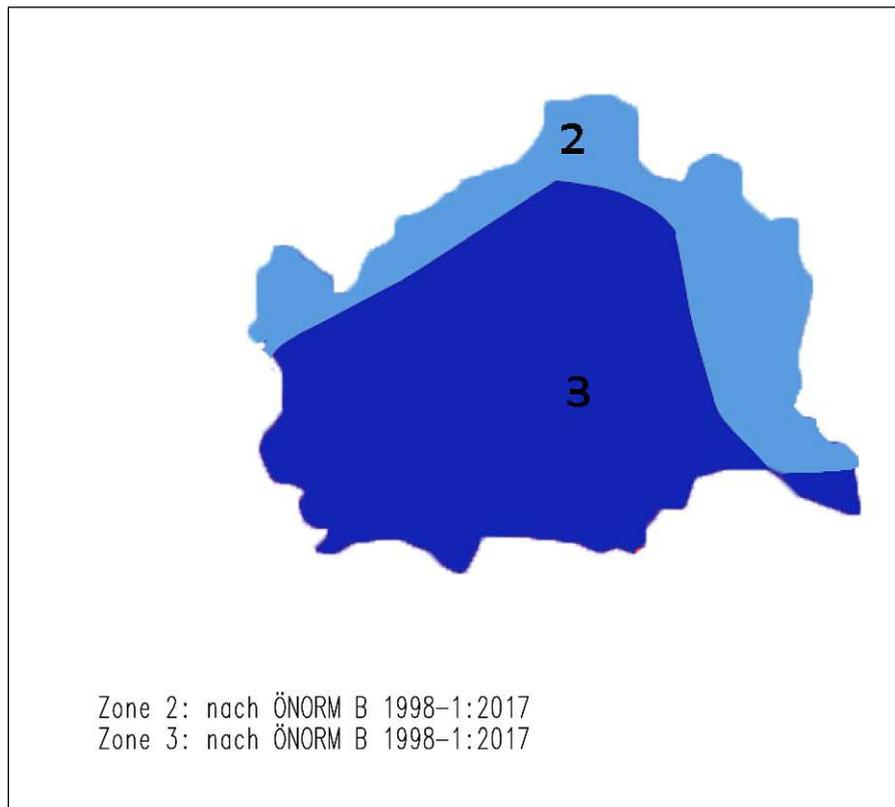


Abb. 15 Zoneneinteilung für Wien nach [19]

Eine wesentliche Rolle für die Beurteilung und die Berücksichtigung der Stärke des Erdbebens spielt der Untergrund. Dieser wird in ÖNORM EN 1998-1:2013 durch die jeweiligen Baugrundklassen definiert (siehe Tabelle 3). Die ÖNORM EN 1998-1:2013 gibt unter den Baugrundklassen an, wie schnell sich die auftretende Erdbebenwelle im anstehenden Medium ausbreiten wird und wird mit der Scherwellgeschwindigkeit $v_{s,30}$ in [m/s] angegeben. Abhängig vom Baugrund werden Amplitude, Frequenzbereich und Schwingungsdauer definiert. Bei ungünstigen Bodenformen kann es zu Resonanz kommen, dadurch kann ein schwingungsfähiges System weit höher ausschlagen als bei einer gleichmäßigen Anregung. Somit können ankommende Erdbebenwellen eine stärkere Einwirkungen nach sich ziehen.

Baugrundklasse	Beschreibung des stratigraphischen Profils
A	Fels oder andere felsähnliche geologische Formation, mit höchstens 5 m weicherem Material an der Oberfläche
B	Ablagerungen von sehr dichtem Sand, Kies oder sehr steifem Ton, mit einer Dicke von mindestens einigen zehn Metern, gekennzeichnet durch einen allmählichen Anstieg der mechanischen Eigenschaften mit der Tiefe
C	Tiefe Ablagerungen von dichtem oder mitteldichtem Sand, Kies oder steifem Ton, mit Dicken von einigen zehn bis mehreren hundert Metern
D	Ablagerungen von lockerem bis mitteldichtem kohäsionslosem Boden (mit oder ohne einige weiche kohäsive Schichten), oder von vorwiegend weichem bis steifem kohäsivem Boden
E	Ein Bodenprofil, bestehend aus einer Oberflächen-Alluvialschicht mit vs-Werten nach C oder D und veränderlicher Dicke zwischen etwa 5 m und 20 m über steiferem Bodenmaterial mit $v_s > 800$ m/s
S₁	Ablagerungen, bestehend aus (oder enthaltend) eine(r) mindestens 10 m dicke(n) Schicht weicher Tone oder Schluffe mit hohem Plastizitätsindex ($PI > 40$) und hohem Wassergehalt
S₂	Ablagerungen von verflüssigbaren Böden, empfindlichen Tonen oder jedes andere Bodenprofil, das nicht in den Klassen A bis E oder S1 enthalten ist

Tabelle 3 Baugrundklassen nach [10]

ÖNORM EN 1998-1:2013 sieht vor, dass geotechnische Untersuchungen vor Baubeginn erfolgen müssen. Der Nationale Anhang ÖNORM B 1998-1 legt fest, dass nur in den Zonen 3 und 4 und bei Bauwerken der Bedeutungskategorien III und IV zusätzliche Untersuchungen des Baugrunds durchzuführen sind. Für alle anderen Fälle wird eine Grobabschätzung der Baugrundklasse empfohlen. [30] Für Wien sind nur die Baugrundklassen B, C und D relevant. [32]

Bedeutungskategorie	Bauwerke
I	Bauwerke von geringer Bedeutung für die öffentliche Sicherheit, z. B. landwirtschaftliche Bauten usw.
II	Gewöhnliche Bauwerke, die nicht unter die anderen Kategorien fallen
III	Bauwerke, deren Widerstand gegen Erdbeben wichtig ist im Hinblick auf die mit einem Einsturz verbundenen Folgen, z. B. Schulen, Versammlungsräume, kulturelle Einrichtungen usw.
IV	Bauwerke, deren Unversehrtheit während Erdbeben von höchster Wichtigkeit für den Schutz der Bevölkerung ist, z. B. Krankenhäuser, Feuerwachen, Kraftwerke usw.

Tabelle 4 Bedeutungskategorien nach [10]

Die Bedeutungskategorien sind lt. ÖNORM EN 1998-1:2013 grob den Schadensfolgeklassen der ÖNORM EN 1990:2002 Anhang B entsprechend. An dieser Stelle ist auch auf ÖNORM B 4008-1:2018 zu verweisen. [12] Dort ist die Bewertung der Tragfähigkeit bestehender Tragwerke im Hochbau geregelt und den Schadensfolgen wird die jeweilige Bedeutungskategorie zugewiesen. Dadurch wird auch der erforderliche Kenntnisstand vorgegeben, wie den nachstehenden Tabellen (Tabelle 5, Tabelle 6) entnommen werden kann.

Schadensfolgeklassen gemäß ÖNORM B 1990-1	Bedeutungskategorien gemäß ÖNORM EN 1998-1	Risikogruppen gemäß ÖNORM EN 1991-1-7
CC1	I	1
CC2	II, IV ^a	2a, 2b
CC3	III, IV ^a	3

^a Die Anwendung der Bedeutungskategorie IV ist der ÖNORM EN 1998-1:2013, Tabelle 4.3 zu entnehmen, wobei die Einordnung dieser Gebäude in die Schadensfolgeklasse CC2 oder CC3 entsprechend ihrer Bedeutung vorzunehmen ist.

Tabelle 5 Bedeutungskategorien und Versagensfolgeklassen nach [12]

Schadensfolgeklasse gemäß ÖNORM B 1990-1	Einzelbauteile	Tragwerksbereich	Gesamtgebäude
CC1	KL3	KL2	KL1
CC2	KL3	KL2	KL1
CC3	KL3	KL2	KL1

Tabelle 6 Erforderliche Kenntnisstände nach [12]

5.1.2 Antwortspektren

In direktem Zusammenhang mit der jeweiligen örtlichen Baugrundklasse ergibt sich das zugehörige Antwortspektrum. Der Begriff Antwortspektrum lässt sich wie folgt definieren: „Das Antwortspektrum ist ein Begriff aus der Dynamik. Dabei handelt es sich um ein Diagramm, welches die Antwort eines Einmassen- oder mehrerer Einmassenschwinger auf eine Schwingungsanregung beschreibt.“ [6]

Das dabei betrachtete System ist gedämpft und die Anregung erfolgt am Fußpunkt. Die Antwort oder auch Reaktion des Systems auf die ausgelöste Schwingung kann eine Beschleunigung, Geschwindigkeit oder Verschiebung sein. Demzufolge gibt es Beschleunigungs-, Geschwindigkeits- und Verschiebungs-Antwortspektren. Antwortspektren resultieren aus Aufzeichnungen bereits erfolgter Erdbeben. In ÖNORM EN 1998-1:2013 wird „die Erdbebeneinwirkung an einem bestimmten Punkt der Erdoberfläche durch ein elastisches Bodenbeschleunigungs-Antwortspektrum dargestellt“ [10]. Dabei wird zwischen horizontalem und vertikalem elastischem Antwortspektrum unterschieden.

Beim horizontalen elastischen Antwortspektrum (siehe Abb. 16) wird das elastische Antwortspektrum $S_e(T)$ zwischen den einzelnen Schwingungsdauern T durch seine Horizontalkomponenten wie folgt beschrieben:

$$0 \leq T \leq T_B \quad : \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \quad : \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5$$

$$T_C \leq T \leq T_D \quad : \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \leq 4s \quad : \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right]$$

Für Perioden größer als 4 Sekunden empfiehlt die ÖNORM die Invertierung der Formel (3.7) nach ÖNORM EN 1998-1:2013 zu:

$$S_{De}(T) = S_e(T) \left[\frac{T}{2\pi} \right]^2$$

Die dabei verwendeten Variablen definiert ÖNORM EN 1998-1:2013 wie folgt:

- $S_{De}(T)$ Ordinate des elastischen Antwortspektrums
 T Schwingungsdauer eines linearen Einmassenschwingers
 T_B untere Grenze des Bereichs konstanter Spektralbeschleunigung
 T_C obere Grenze des Bereichs konstanter Spektralbeschleunigung
 T_D Wert, der den Beginn des Bereichs konstanter Verschiebung des Spektrums definiert
 S Bodenparameter
 η Dämpfungs-Korrekturbeiwert für 5% viskose Dämpfung

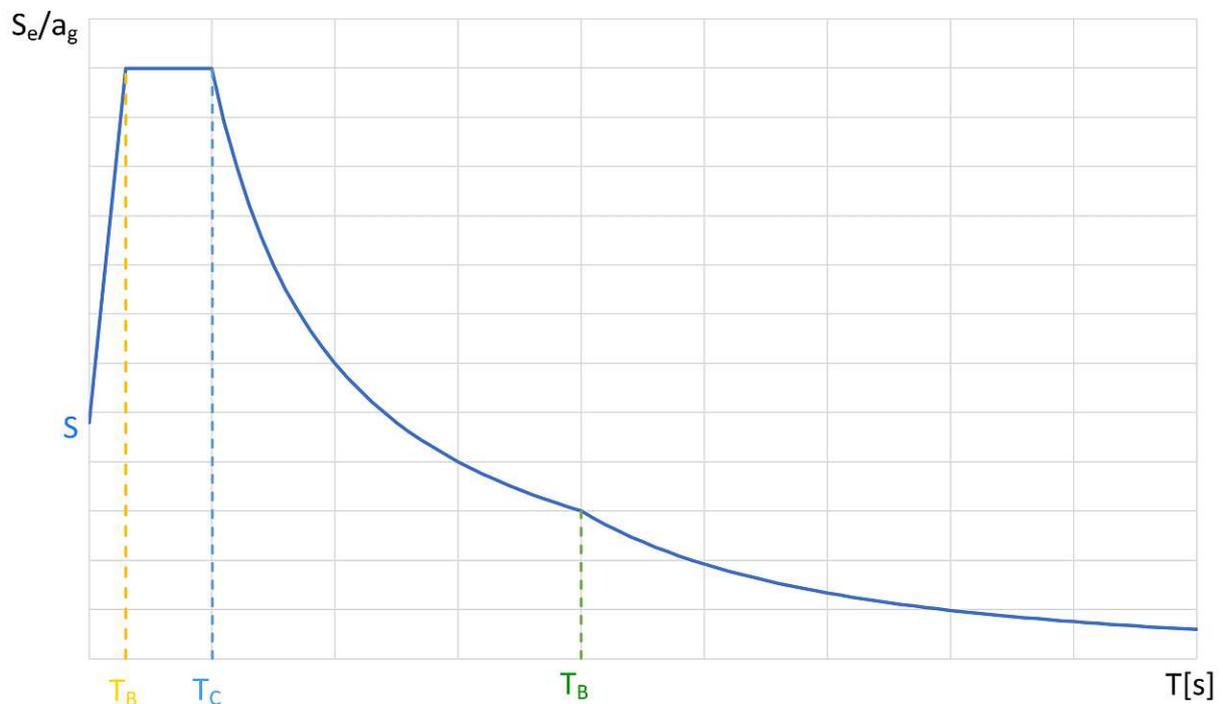


Abb. 16 Form des elastischen Antwortspektrums nach [10]

Die Spektren in ÖNORM EN 1998-1:2013 geben eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10% in 50 Jahren an. Die zugeordnete Referenzbodenbeschleunigung gibt die Wiederkehrperiode an.

ÖNORM EN 1998-1:2013 gibt auch zwei unterschiedliche Typen für das elastische Antwortspektrum vor. Die Werte der Schwingungsdauer sind in Abhängigkeit von der Baugrundklasse und dem gewählten Typ (Typ 1 oder Typ 2) des elastischen Antwortspektrums aus Tabelle 3.2 der ÖNORM EN 1998-1:2013 zu entnehmen. Für Österreich ist laut Nationalem

Anhang ÖNORM B 1998-1:2017 nur der Typ 1, wie in nachstehender Abbildung (Abb. 17) dargestellt, zulässig.

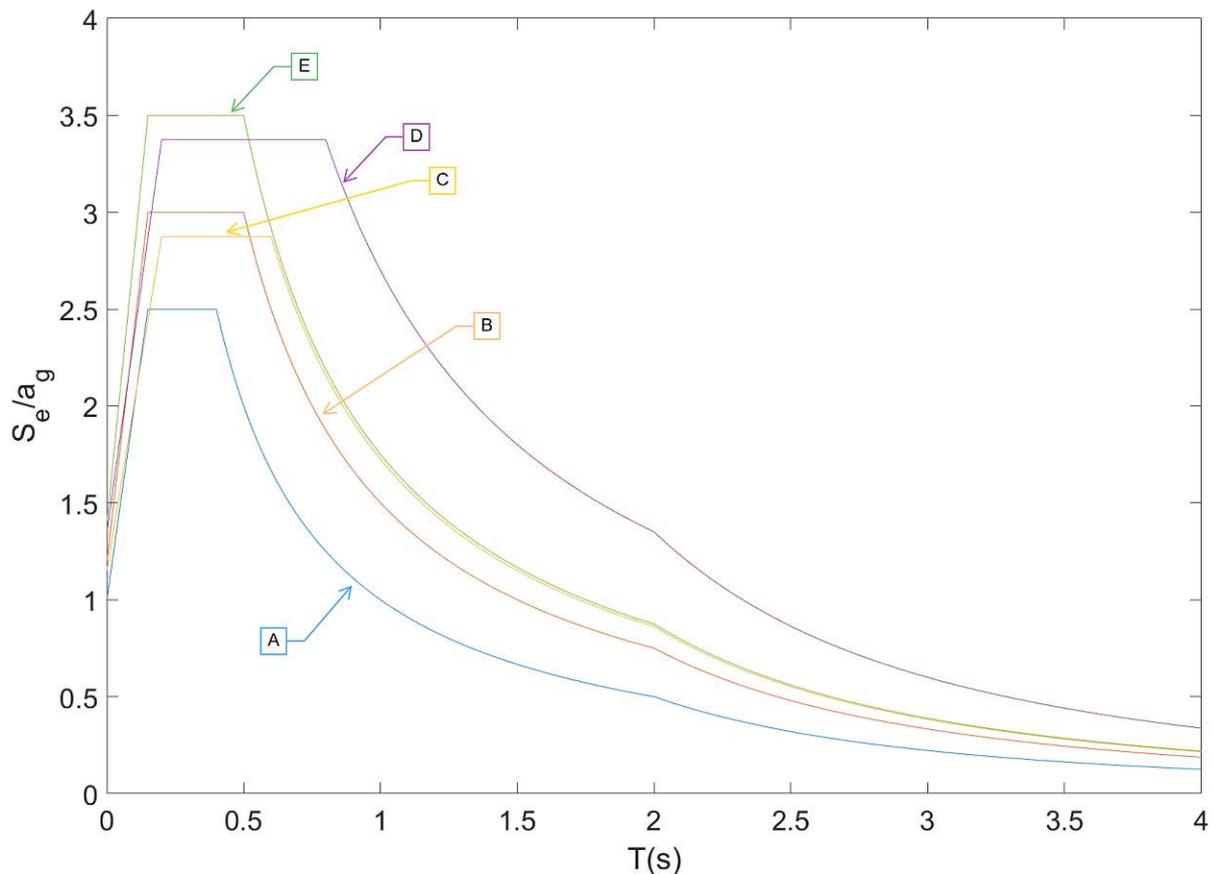


Abb. 17 Empfohlenes Antwortspektrum Typ 1 mit 5% Dämpfung nach [10]

Die Vertikalkomponente nach ÖNORM EN 1998-1:2013, Kapitel 3.2.2.3 ist laut Nationalem Anhang ÖNORM B 1998-1:2017 grundsätzlich nicht relevant, außer lastabtragende Bauteile verlaufen in vertikaler Richtung nicht vom Fundament bis zum Dach. Diese Regulierung ist in ÖNORM B 1998-1:2017, Kapitel 6.2.8 genauer definiert.

Des Weiteren definiert der EUROCODE 8 noch die Bemessung für die lineare Berechnung mittels Bemessungsspektrums unter Berücksichtigung des Verhaltensbeiwerts q , der die Energiedissipation und das nichtlineare Verhalten von Bauwerken berücksichtigt. Dies ist jedoch nur der Vollständigkeit halber erwähnt, da in weiterer Folge nur das elastische Bemessungsspektrum verwendet wird.

5.1.3 Regelmäßigkeiten

Ein wichtiger Punkt für die entsprechende Modellbildung und anschließende Berechnung ist die Regelmäßigkeit sowohl im Grund- als auch Aufriss. Die Kriterien der Regelmäßigkeit sind in ÖNORM EN 1998-1:2013, Kapitel 4 angeführt. Während bei ebenen Modellen (2D) eine sehr hohe Regelmäßigkeit gefordert wird, ist sie bei räumlichen Modellen nicht zwingend erforderlich. In dieser Arbeit wird in weiterer Folge mit dem Pushover-Verfahren gearbeitet, bei dessen Berechnung mittels ebenen Modells eine hohe Regelmäßigkeit gegeben sein muss. Das Verfahren wird in Kapitel 7 erläutert.

5.1.4 Berechnungsverfahren für den Nachweis der Erdbbensicherheit

In ÖNORM EN 1998-1 werden vier Verfahren für den Nachweis der Erdbbensicherheit angeführt, jeweils zwei für linear elastisches Materialverhalten und zwei für nichtlineares Materialverhalten.

- Vereinfachtes Antwortspektrumverfahren (linear)
- Modales Antwortspektrumverfahren (linear)
- Nichtlineare statische Berechnung (Pushover-Berechnung) (nichtlinear)
- Nichtlineare dynamische Zeitverlaufsberechnung (nichtlinear)

Das grundlegende Bemessungsverfahren der Arbeit ist die Pushover-Berechnung, da sie das nichtlineare Materialverhalten, wie es bei Mauerwerk üblich ist, berücksichtigt. Der Berechnungsablauf wird in ÖNORM EN 1998-1:2013 Anhang B beschrieben, der genaue Ablauf des Verfahrens wird in Kapitel 7 beschrieben.

5.2 ÖNORM EN 1998-3:2013 und ÖNORM B 1998-3:2018

Beide Dokumente befassen sich mit der Beurteilung und Ertüchtigung von Gebäuden und definieren Kenntnisstände und Materialparameter für die Berechnung sowie ergänzende Anmerkungen zu den Berechnungsverfahren in ÖNORM EN 1998-3:2013. Was die Pushover-Methode betrifft, verweist die Norm auf das Dokument ÖNORM EN 1998-1:2013.

Die Kenntnisstände teilen sich in drei Klassen ein und haben Einfluss auf die zulässigen Berechnungsverfahren sowie den Konfidenzbeiwert, der im Verlauf der Berechnung Einfluss auf die Materialparameter haben kann. Die drei Klassen unterscheiden sich hinsichtlich der Vollständigkeit der Unterlagen und der Art der erforderlichen Untersuchungen in Bezug auf Geometrie, konstruktive Einzelheiten und Werkstoffeigenschaften.

In ÖNORM EN 1998-3:2013, Kapitel 2 werden unter „Grundlegenden Anforderungen“ drei Grenzzustände für den Schadensfall definiert. Für Österreich relevant ist nach ÖNORM B 1998-3:2018 der „Grenzzustand der wesentlichen Schädigung (SD)“. Es ist nötig darauf zu verweisen, da sich die durchzuführenden Berechnungen in Abhängigkeit des betrachteten Schadensfalls ergeben.

Für diese Arbeit ist Anhang C (Annex C), der sich auf Mauerwerksbauten bezieht, von Relevanz. Hier handelt es sich ausdrücklich nur um Empfehlungen, nicht um verbindlich einzuhaltende Richtlinien. [29] Dennoch werden in der Praxis vorgegebene Empfehlungen eingehalten.

Der Anhang gibt zudem in Punkt C.2 Anhaltspunkte für die Feststellung der Geometrie, konstruktiver Details und den Werkstoff. Für den Werkstoff ist festgelegt, welche Untersuchungen und auf welche Weise diese ausgeführt werden sollen.

Hier ist auch die Vorgehensweise mittels Pushover-Analyse angeführt, welche sich de facto auf ÖNORM EN 1998-1 bezieht, allerdings nicht direkt vorgibt, dass die Kontrollverschiebung zwischen 0 – 150% der Zielverschiebung liegen sollte. Diesem Umstand wird Rechnung getragen, indem die Zielverschiebung mit dem Faktor 1,5 multipliziert, kleiner sein muss als die Kontrollverschiebung, um die plastischen Reserven des Tragwerks nicht zur Gänze auszunützen. [16]

In weiterer Folge werden die maßgebenden Schädigungsmechanismen für Mauerwerksbauten angeführt. Diese sind „Bauteile auf Biegung und Längskraft“ und „Schubbeanspruchte Bauteile“ unter der Betrachtung des jeweilig zutreffenden Grenzzustandes. Sie bilden die Basis für die Ermittlung der Widerstandsfähigkeit bestehender, unbewehrter Mauerwerksbauten.

Der Nationale Anhang ÖNORM B 1998-3:2018 führt im Anhang A den Erfüllungsfaktor „ α “ als Quotienten aus Bemessungswiderstand und Bemessungs-Erdbebeneinwirkung ein.

$$\alpha = \frac{R_d}{E_d}$$

Darin ist R_d , der Bemessungswiderstand, ausgedrückt durch Kraft, Beschleunigung oder Verschiebung und E_d , die Bemessungs-Erdbebeneinwirkung, ebenfalls durch Kraft, Beschleunigung oder Verschiebung gemäß ÖNORM EN 1998-1:2013.

Dieser Wert ist von zentraler Bedeutung und muss im Allgemeinen größer oder gleich 1,0 sein. Da dieser Wert für viele ältere Gebäude, gerade jene ohne schubsteife Deckensysteme, kaum erreichbar ist, regelt die Norm in Anhang A im Weiteren einen Mindesterfüllungsfaktor α min in Abhängigkeit der Bedeutungskategorien. Der Mindesterfüllungsfaktor ist unter den Mindestanforderungen in ÖNORM B 1998-3:2018 geregelt. Die zentrale Aussage der Mindestanforderung nach ÖNORM B 1998-3:2018 Anhang A Punkt A.3.2 besagt, dass der Mindesterfüllungsfaktor jenen Wert widerspiegelt, der das Zuverlässigkeitsniveau zum Zeitpunkt der Baubewilligung unter Berücksichtigung des damaligen Standes der Technik ausdrückt und unter keinen Umständen unterschritten werden darf. Auch darf, wenn sich aufgrund der Berechnungen ein höherer Wert ergibt, dieser nicht herabgesetzt werden und anschließend mit dem zugehörigen α min argumentiert werden.

In Anhang B sind ebenso wie in ÖNORM B 4008-1:2018 die Kenntnisstände und die dafür erforderlichen Unterlagen und Untersuchungen zum Erreichen der Kenntnisstände angegeben. ÖNORM B 1998-3:2018 legt auch das Prüfverfahren für Mauerwerk fest, so auch eine Komponentenfestigkeitsbestimmung durch Entnahme von Materialproben und eine Druckfestigkeitsbestimmung. Die Ergebnisse der Untersuchungen scheinen in den Mauerwerksgutachten auf.

6 Verhalten von Mauerwerksbauten im Lastfall Erdbeben

Mauerwerksbauten zählen zu den ältesten Konstruktionsarten von Gebäuden. Das Bauen mit diesem Werkstoff basiert auf Erfahrung von mehreren Jahrhunderten. Bis heute sind Bemessungen im Erdbebenfall allerdings mit Unsicherheiten behaftete, da sich die Forschung dazu lange Zeit mehr auf die Werkstoffe Beton, Stahl und Stahlbeton konzentrierte. Ein Umdenken dahingehend setzte erst durch die Einführung des EUROCODE ein. [33]

Die Stärke von Mauerwerk liegt klar in der vertikalen Lastabtragung und dem ökologischen Mehrwert, wodurch der Werkstoff dem Branchenprimus Beton durchaus Konkurrenz machen kann, solange eine gewisse oberirdische Geschoszahl nicht überschritten wird, denn hierin liegt die maßgebende Anwendungsgrenze. [10] Grund dafür ist, dass Tragwerke aus Mauerwerk auf horizontale Lasten wie Windlast und seismische Einwirkungen sensibel reagieren. Durch die Inhomogenität und Orthotropie des Werkstoffes weist Mauerwerk ein sehr komplexes Verhalten gerade im Lastfall Erdbeben auf.

Im Lastfall Erdbeben werden Mauerwerkswände als Wandscheiben aktiviert und das in-plane Tragverhalten genützt. Dadurch erfolgt die Lastabtragung in-plane (= in der Ebene). Somit ist das Scheibentragverhalten von Mauerwerksscheiben maßgebend für die Tragfähigkeit des Gesamtbauwerks. [6] [34]

Die Bruchtheorie von Ziegelmauerwerk basiert darauf, dass in der Stoßfuge die maximale Schubspannung vorherrscht und somit keine weitere Schubspannung mehr aufgenommen bzw. übertragen werden kann. [6]

6.1 Unterschied zwischen bewehrtem und unbewehrtem Mauerwerk

Der Unterschied zwischen den beiden Ausführungsformen ist, dass bei bewehrtem Mauerwerk Bewehrungsstahl zur Aufnahme von Zugkräften genutzt wird. Dadurch kann bei horizontalen Lastenwirkungen, wie z.B. Erdbeben, eine höhere Widerstandsfähigkeit als bei unbewehrtem Mauerwerk erreicht werden. Darüber hinaus werden durch den Einsatz von Bewehrung Risse vermieden und durch die Zugtragfähigkeit der Bewehrung Zugspannungen zufolge Schwinden oder Kriechen aufgenommen. [35] Ein Beispiel für bewehrtes Mauerwerk ist in nachstehender Abbildung (Abb. 18) dargestellt. Unbewehrtem Mauerwerk fehlen aufgrund der nicht vorhandenen Bewehrung diese mechanischen Eigenschaften.

Mauerwerksbauten aus der Gründerzeit entsprechen unbewehrtem Mauerwerk, was aus der damaligen charakteristischen Bauweise hervorgeht. [6] [7]

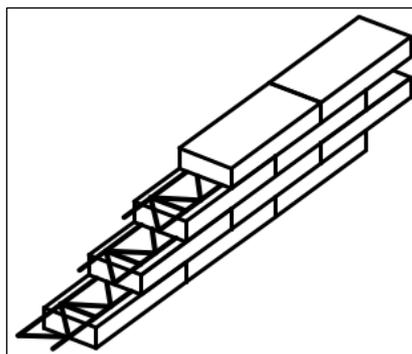


Abb. 18 Bewehrtes Mauerwerk

6.2 Versagensformen von Mauerwerk

Bei den Versagensformen von Mauerwerk muss zwischen globalem und lokalem Versagen unterschieden werden. Das globale Versagen wird auch in-plane-Versagen genannt und das lokale Versagen out-of-plane-Versagen. Im Nachfolgenden werden die unterschiedlichen Versagensarten kurz thematisiert.

6.2.1 Versagensmechanismen in der Ebene

Zu den Versagensmechanismen in der Ebene zählen, ausgehend vom Tragmodell nach Mann/Müller (vgl. [13]), Schubversagen (Fugenversagen, Steinversagen), Biegeversagen (Druckversagen, Zugversagen) oder eine Kombination aus Schub- und Biegeversagen.

Zum Schubversagen zählen Stein- und Fugenversagen, was in ÖNORM EN 1998-3:2013 Annex C dem Punkt „Schubbeanspruchte Bauteile“ entspricht. Fugenversagen tritt vorrangig bei geringen Auflasten ein, wobei die Mauerwerkssteine im Regelfall unberührt bleiben. Sobald der Reibungswiderstand in der Lagerfuge überschritten ist, tritt Fugenversagen auf. Das passiert, wenn die Haftscherfestigkeit in der Lagerfuge überschritten wurde. In diesem Zustand können keine weiteren Kräfte mehr übertragen werden und bei Belastung über die Grenzlasten hinaus tritt anschließend Fugenversagen ein. Mögliche Schadensbilder bei Fugenversagen sind ein treppenförmiger Verlauf des Risses oder der Riss in einer einzelnen Lagerfuge. [16]

Bei größeren Auflasten erhöhen sich auch die Druckspannungen und dadurch auch der Reibungswiderstand in der Lagerfuge. Durch das gleichzeitige Wirken von Normal- und Schubspannungen kommt es im Ziegelstein zu schiefen Hauptspannungen, die im Falle des Überschreitens der Zugfestigkeit zu Steinzugversagen führen. Das dabei entstehende Schadensbild sind diagonale bis vertikale Risse. [16] [36] Nachstehende Abbildung (Abb. 19) zeigt das Versagen zufolge Schubeinwirkung.

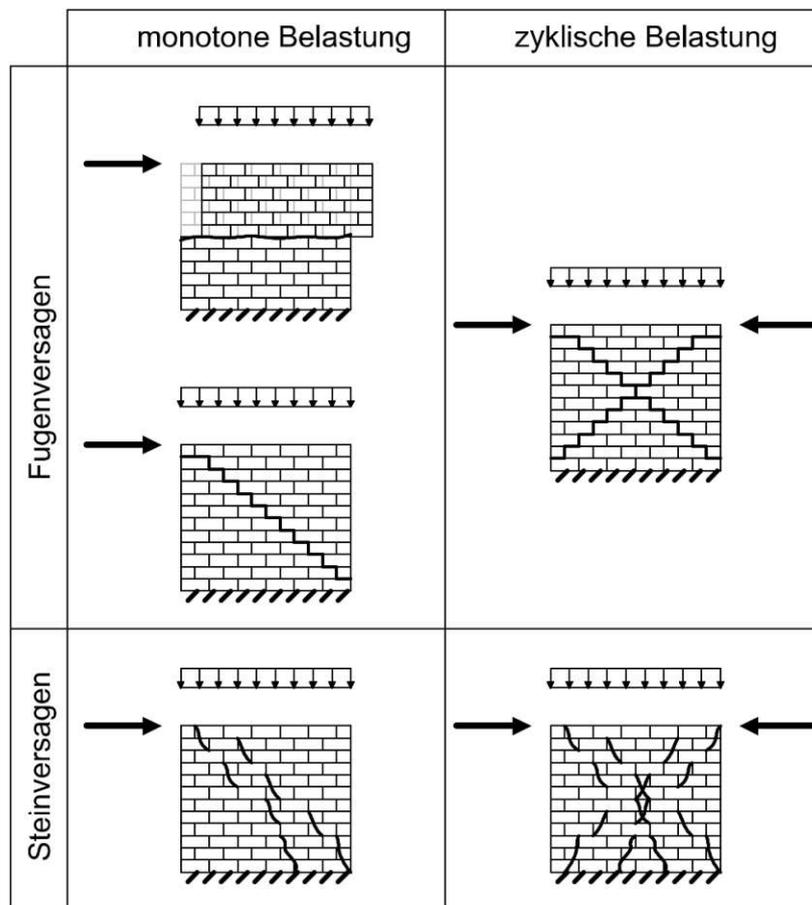


Abb. 19 Schubversagen von Mauerwerkswänden nach K. Meskouris et al. [16]

Weitere globale Versagensformen stellen die Mechanismen Druck- und Zugversagen dar. Druck- und Zugversagen treten infolge von Biegebeanspruchung vor allem bei schlanken Mauerwerksscheiben auf. Hier ist vorrangig die Zug- und Druckfestigkeit in Eckbereichen von besonderer Bedeutung. Infolge von zyklischen Belastungen kann es dabei zum Kippen der schlanken Wandscheiben sowie einem Klaffen in den Eckbereichen kommen. Dabei kommt es zu einem Fugenaufreißen, wodurch weniger Energie dissipiert werden kann. Diese Versagensart wird auch als Fugenversagen durch Klaffen der Lagerfuge bezeichnet. [16] [36]. ÖNORM EN 1998-1:2013 geht in Annex C im Abschnitt „Bauteile auf Biegung und Längskraft“ darauf ein. Für das Versagen auf Druck werden eine hohe Auflast und auch eine hohe Zugfestigkeit des Steins vorausgesetzt.

Druckversagen bezeichnet den Versagensfall, wenn die aufnehmbaren schiefen Hauptdruckspannungen am Wandfuß überschritten sind. Dies bedingt jedoch die Voraussetzungen, dass eine hohe Steinzugfestigkeit vorhanden ist und dass eine hohe Auflast vorhanden ist, damit es nicht vorzeitig zu Versagen durch Überschreitung der Scherfestigkeit kommt. [36] Nachstehende Abbildung (Abb. 20) zeigt die exemplarischen Versagensmechanismen zufolge Biegebeanspruchung.

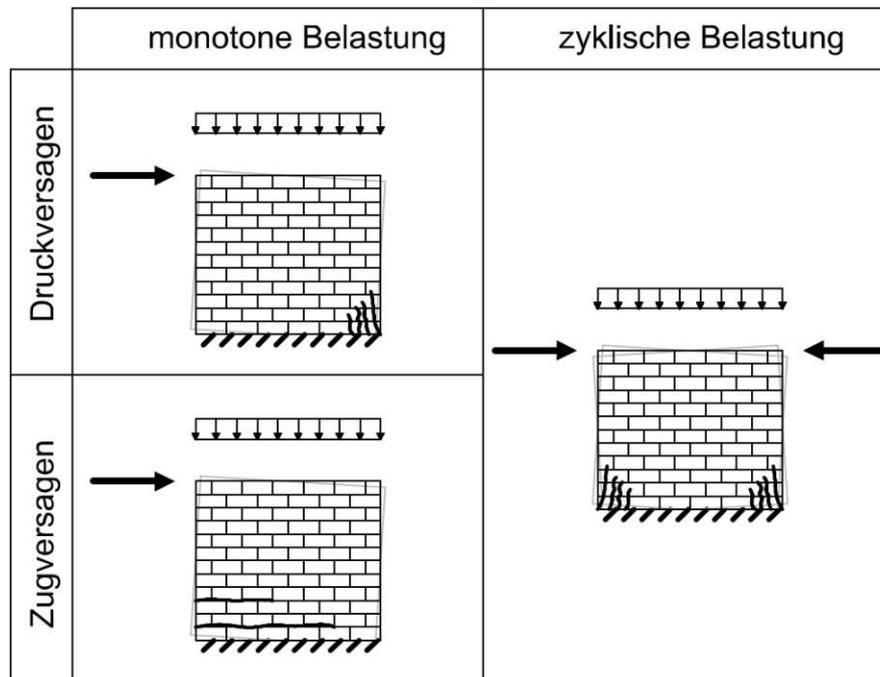


Abb. 20 Biegebeanspruchung von Mauerwerkswänden nach K. Meskouris et al. [16]

Zumeist kommt es im Schadensfall zu einer Kombination aus den beiden beschriebenen globalen Versagensformen. Ein typisches Schadensbild der Kombination aus beiden Versagensformen ist der sogenannte Kreuzriss. [16] Grenzwerte für die jeweils zulässige Verformung (Biegung und Längskraft oder Schub) sind in ÖNORM EN 1998-3:2013 Annex C genau definiert und als Funktion der gegenseitigen Stockwerksverschiebung angegeben. [29]

6.2.2 Versagensmechanismen aus der Ebene

Bei den Versagensformen aus der Ebene (lokales Versagen) wird zwischen Plattenbiegung und Plattenschub unterschieden.

Plattenschub wird durch Horizontallasten, die quer zur Wandebene wirken, erzeugt. Hier ist vor allem die Interaktion zwischen Wand und Decke wichtig.

Die Versagensform der Plattenbiegung resultiert ebenfalls aus horizontaler Einwirkung, bei der die Wände aus der Ebene knicken. Diese Form des lokalen Versagens tritt dann ein, wenn die aussteifenden Querwände durch Fixierung der Decke intakt sind, der Biegewiderstand der Wand jedoch überschritten wird, wodurch es zum Knicken der Wand kommt. Wenn die Anschlussbereiche zwischen Wand und Decke keine gute Verbindung aufweisen, versagt die Wand und kippt aus der Ebene. [9]

Das Phänomen des Ausknickens von Mauerwerkswänden trifft zumeist auf schlanke Wände mit geringer Auflast zu. Für die Grenzschlankheit wird in ÖNORM EN 1998-1:2013 für unbewehrte Mauersteine $h/t < 12$ angegeben. Wände, die dieses Kriterium nicht erfüllen, sind als sekundär seismische Bauteile einzuordnen. [10]

Einen großen Einfluss hat hier vor allem die Interaktion zwischen Decke und Wand. Decken haben nicht nur die Aufgabe, Horizontallasten auf die anstehenden Wandscheiben zu verteilen, sondern sie reduzieren auch bei entsprechender Ausbildung die Knicklänge der Wand und somit die Gefahr des lokalen Versagens. Während schubsteife Decken eine Querverteilung der Kräfte und eine Rahmenwirkung ermöglichen, besitzen schubweiche

Decken diese Eigenschaft nur in geringem Ausmaß. Durch schubsteife Deckensysteme kann zwar eine bessere Verformung durch entsprechende Verteilung der Lasten erzeugt werden, jedoch geht der gleichmäßige Kraftfluss in der Wand verloren, was zusätzliche Momente für diese bedeutet. [9]

Zwischenwände in Gründerzeithäusern dürften demnach also nicht als primär seismische Bauteile betrachtet werden. Allerdings wurde im Zuge des SEISMID Projekts festgestellt, dass Zwischenwände einen beträchtlichen Einfluss auf die Globalsteifigkeit haben [6], wodurch sie für den Lastfall Erdbeben dennoch als primär seismische Bauteile zu betrachten sind. Auch in den Erläuterungen der Kammer der ZiviltechnikerInnen werden für Gründerzeithäuser derartige Wände als primär seismische Wände betrachtet. Eine grafische Darstellung der lokalen Versagensarten ist nachstehender Abbildung (Abb. 21) zu entnehmen.

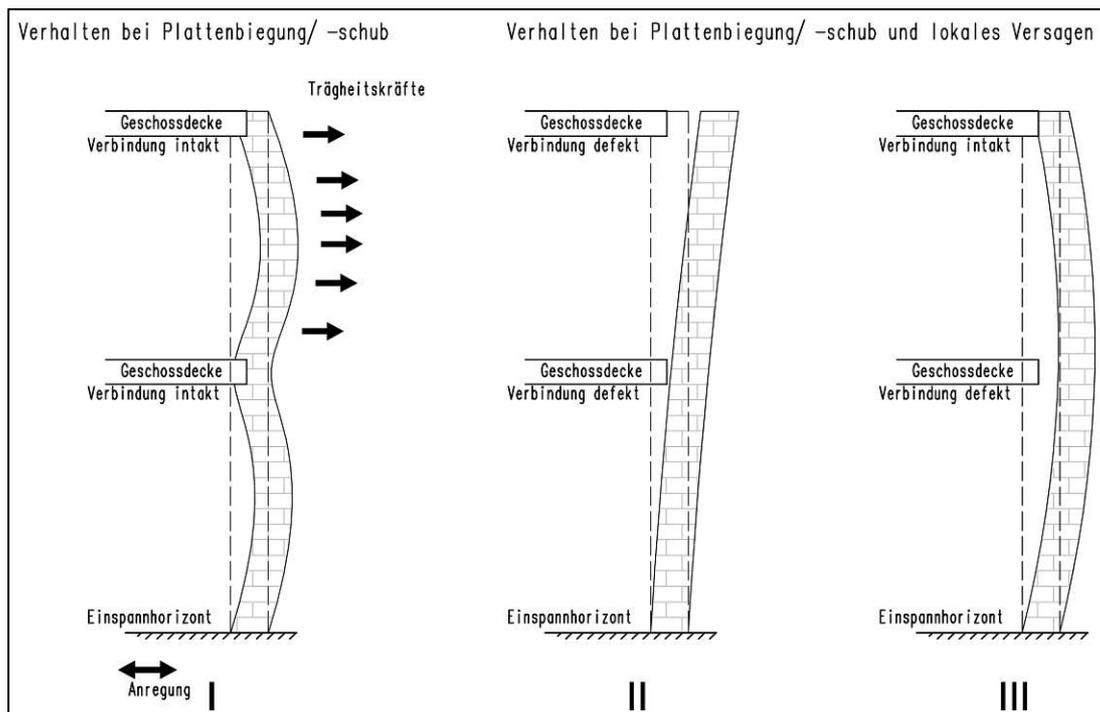


Abb. 21 Out-of-plane Versagen nach R. Plocek [17]

6.3 Verhalten von gründerzeitlichen Mauerwerksbauten unter seismischer Belastung

Aus den beschriebenen globalen Versagensformen bei Schubversagen und den Ursachen dafür kann darauf rückgeschlossen werden, dass sich dieser Versagensmechanismus bei Wiener Gründerzeithäusern einstellen wird. Diese Überlegung wird auch durch das Vorhandensein des unbewehrten Mauerwerks in diesen Häusern bekräftigt. Außerdem lässt sich diese Aussage dadurch untermauern, dass die Mörtelkennwerte für Gründerzeithäuser nicht die gleichen mechanischen Eigenschaften aufweisen wie Rezepturmörtel heutzutage, wodurch die Grenze des Aneinanderhaftens weitaus geringer ist. [6]

6.4 Bemessungsmethoden für Mauerwerksbauten

Für die Bemessung können die bereits oben erwähnten Verfahren verwendet werden. Meskouris hat eine tabellarische Übersicht über die in ÖNORM EN 1998-1:2013 erwähnten

Bemessungsverfahren erstellt. [16] Diese sind nachstehender Tabelle (Tabelle 7) zu entnehmen.

	Ersatzkraftverfahren	Antwortspektrenverfahren	Pushover-Berechnung	Zeitverlaufsrechnung
Verfahren	statisch	statisch	statisch	dynamisch
Tragwerksmodell	linear	linear	nicht linear	nicht linear
Torsionseinfluss	vereinfachte Ansätze für Torsionseinflüsse	2D: vereinfachte Ansätze für Torsionseinflüsse 3D: modellintern berücksichtigter Torsionseinfluss	2D: vereinfachte Ansätze für Torsionseinflüsse 3D: modellintern berücksichtigter Torsionseinfluss	2D: vereinfachte Ansätze für Torsionseinflüsse 3D: modellintern berücksichtigter Torsionseinfluss
Berücksichtigung der Nichtlinearität	Verhaltensbeiwert	Verhaltensbeiwert	im Modell	im Modell
Einwirkung	Antwortspektrum	Antwortspektrum	Antwortspektrum	Zeitverlauf
Berechnung	Tragwerksanalyse mit statischen Ersatzlasten	modale Analyse mit quadratischer Überlagerung der Zustandsgrößen	Pushover-Berechnung mit monoton wachsenden äußeren Lasten	mind. 3 Zeitverlaufsrechnungen mit statischer Auswertung
Ungenauigkeiten	Modellbildung, Tragwerksdynamik, Materialverhalten	Modellbildung, Tragwerksdynamik, Materialverhalten	Modellbildung, Tragwerksdynamik	Modellbildung
Anforderungen an die Regelmäßigkeit	sehr hoch	2D: hoch 3D: keine	2D: hoch 3D: keine	2D: hoch 3D: keine
Nachvollziehbarkeit	sehr gut	gut	gut	schwierig
Ausnutzung der Tragwerksreserven	gering	gering	gut	sehr gut
Aufwand	gering	mäßig	vertretbar	sehr hoch

Tabelle 7 Berechnungsmethoden für Mauerwerksbauten nach K. Meskouris et al. [16]

6.5 Berechnungsmodelle für Mauerwerk

Für die Berechnung von Mauerwerksbauten werden drei unterschiedliche Modelle unterschieden: Ersatzstabsystem, ebenes Rahmenmodell und das Pseudo-3D Modell. Für jede der angeführten Varianten ist es möglich, lineares oder nicht lineares Materialverhalten anzusetzen.

6.5.1 Ersatzstabsystem

Der Ersatzstab eignet sich vor allem für regelmäßige Mauerwerksbauten und entspricht einem Kragarm. Hinsichtlich der nachfolgenden Untersuchungen an bestehenden gemauerten Gründerzeithäusern in Wien liegt das Hauptaugenmerk auf dieser Methode, weil das Modell im Wesentlichen dem Originalzustand der Wiener Gründerzeithäuser entspricht. Mit diesem Ansatz werden die Unsicherheiten zufolge der Rahmenausbildung vermieden. [37] Die Einspannwirkung der Riegel wird bei diesem Modellansatz vernachlässigt.

Die Gesamtsteifigkeit k des idealisierten Ersatzstabes ergibt sich durch Aufsummieren der einzelnen Kragarmsteifigkeiten. Bei längeren Wänden ist besonderes Augenmerk auf die Schubverformung zu legen. Nach Müller und Keintzel (1984) (siehe [16]) lässt sich diese Schubverformung durch das in der Formel reduzierte Wandträgheitsmoment I wie folgt berücksichtigen:

$$E = \frac{I}{\left(l + \frac{3,64EI}{h^2GA}\right)}$$

Bei diesem Berechnungsansatz sollte bei der Steifigkeit der einzelnen Kragarme von entkoppelten Wänden ausgegangen werden. Sollten Wand und Querwand als zusammengesetzter Querschnitt, quasi als T-Stummel Modell angesetzt werden, so ist eine ausreichende Verzahnung dieser Verbindung erforderlich. [16] Das System kann nachstehender Abbildung (Abb. 22) entnommen werden.

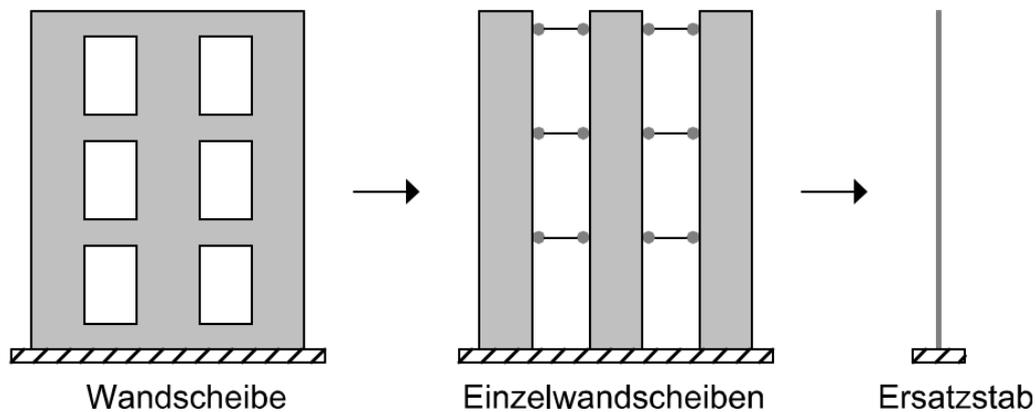


Abb. 22 Ersatzstabsystem nach K. Meskouris et al. [16]

6.5.2 Ebenes Rahmenmodell

Ein Rahmen ist dann gegeben, wenn für den Sturzbereich eine Riegelsteifigkeit zwischen den einzelnen Schubwänden berücksichtigt werden kann. Dies bedingt allerdings einen biegesteifen Anschluss zwischen Decke und Wand, wodurch sich die einwirkende Erdbebenlast anhand der vorliegenden Steifigkeit der Schubwände aufteilt. Im Fall von Wiener Gründerzeithäusern ist dies im Originalzustand aufgrund der schubweichen Decken und dem Anschlussbereich Decke-Wand nicht der Fall. Bei diesem Berechnungsmodell ist die Einspannwirkung der Decke sowie die Anordnung der einzelnen Schubwände und die Ausbildung der Stürze von großer Bedeutung.

Derartige Modellansätze eignen sich für niedrige Mauerwerksbauten mit Stahlbetondecken und umlaufender Rostausbildung zur Aufnahme der entstehenden Zugkräfte, sind jedoch nicht für Gründerzeithäuser im Originalzustand anwendbar. Der Modellansatz kann nachstehender Abbildung (Abb. 23) entnommen werden.

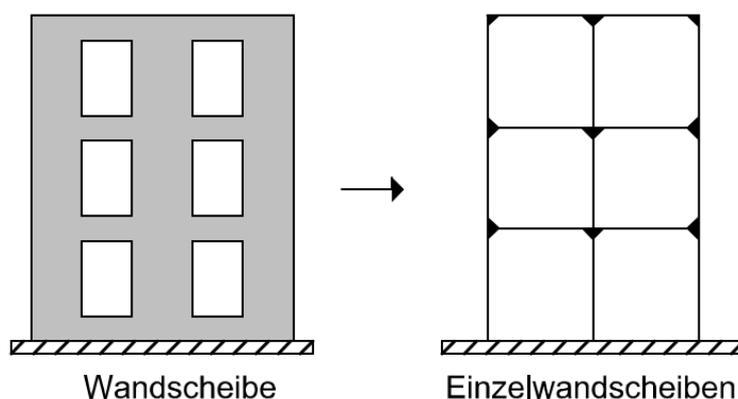


Abb. 23 Ebenes Rahmenmodell K. Meskouris et al. [16]

6.5.3 Pseudo 3D-Modelle mit äquivalenten Rahmenmodellen

Bei dieser Variante werden einzelne Rahmenebenen durch äquivalente Rahmenmodelle dargestellt, die in den einzelnen Knotenpunkten durch sogenannten „rigid links“ starr miteinander verbunden sind. Durch die Berücksichtigung des nichtlinearen Materialverhaltens lässt sich folglich auch ein nichtlineares Verfahren durchführen. Die kommerzielle Software 3muri greift beispielsweise auf diese Modellbildung zurück. Gut durchführbar ist diese Methode für Gebäude, die eine umlaufende Rostausbildung haben. [16]

Allerdings lässt sich das Pseudo 3D-Modell auch für die Wiener Gründerzeithäuser für eine genauere Modellierung und Prüfung, verwenden. Die Funktionsweise kann nachstehender Abbildung (Abb. 24) entnommen werden.

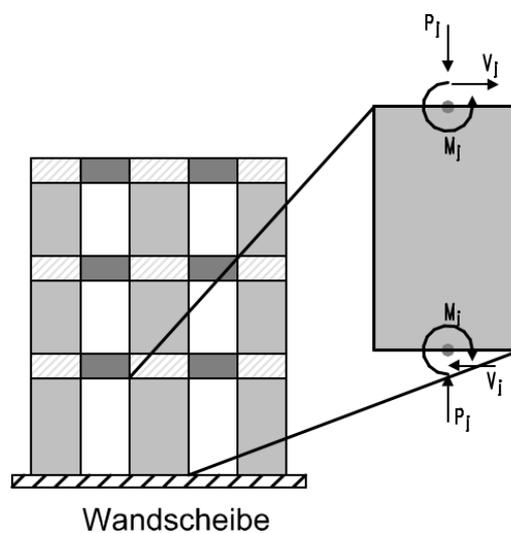


Abb. 24 Pseudo 3D-Modell nach K. Meskouris et al. [16]

7 Pushover-Analyse

Die Pushover-Analyse ist ein statisch nichtlineares Verfahren. Meskouris beschreibt die Pushover-Analyse als eine inelastische statische Untersuchung. [16]

In ÖNORM EN 1998-1: 2013, Kapitel 4.3.3.4.2 wird die Pushover-Analyse folgendermaßen definiert

„Die ‚Pushover‘-Berechnung ist eine nichtlineare statische Berechnung, die unter konstanten Gewichtslasten und monoton wachsenden Horizontalkräften durchgeführt wird. Sie darf sowohl bei der Auslegung neuer als auch bei bereits bestehenden Hochbauten [...] zur Überprüfung des Tragverhaltens angewendet werden.“ [10]

Bei der klassischen Pushover-Analyse werden monoton wachsende Horizontallasten unter stetiger Vertikallast auf das Berechnungsmodell aufgebracht. Dabei wird die sogenannte Kapazität eines Gebäudes ermittelt, welche hauptsächlich von der Festigkeit und dem Verformungsverhalten der Struktur abhängig ist. Das Ergebnis kann anschließend mittels Last-Verformungskurve dargestellt werden. Die aus der Pushover-Analyse abgeleitete bzw. abgebildete Last-Verformungsbeziehung nennt man dann Pushover-Kurve bzw. Kapazitätskurve. Die Kapazität drückt den Widerstand des Bauwerks gegen Erdbebeneinwirkung aus, wobei die Pushover-Kurve eine bilineare Annäherung ist. Die Kapazität einer Struktur wird durch die Gesamterdbebenkraft F_b , welche in der Fuge des Erdgeschosses angreift, und die Verschiebung des definierten Kontrollknotens am Wandkopf, welcher in der letzten Deckenebene eingeführt wird, beschrieben. Die resultierende Verschiebung ist einerseits von den Vertikal- und Horizontallasten abhängig, andererseits von den Materialkennwerten. Die Pushover-Methode ist demnach ein verschiebungsbasierendes Verfahren.

Der große Vorteil der Pushover-Analyse besteht darin, dass im Zuge der Berechnung plastische Tragreserven aktiviert werden. Das bedeutet, dass bei der Berechnung Umlagerungseffekte infolge des nichtlinearen Materialverhaltens berücksichtigt werden und sich somit plastische Zonen ausbilden können. Diese Zonen können Fließgelenke sein oder – wie im Mauerwerkswesen – auftretende Risse. Sobald Risse im Mauerwerk entstehen, kommt es zu einer Energiedissipation, die den bereits oben erwähnten Umlagerungseffekt zur Folge hat. Die bereits durch Rissbildung geschwächte Wand kann nun so lange weiter belastet werden, nämlich unter den oben erwähnt monoton wachsenden Horizontallasten, bis sich ein Fließgelenk ausbildet. In diesem Bereich befindet sich der Übergang vom elastischen Zustand zum plastischen Zustand. Je ausgeprägter der plastische Bereich eines Bauteils, in diesem Fall einer Mauerwerkswand, ist, desto mehr Lasten zufolge horizontaler Einwirkung können aufgenommen werden. Sobald eine bestimmte Verformung zu einer definierten Zielverschiebung hin erreicht ist, tritt ein Fließgelenk auf und das Bauteil versagt. [9]

Im Verlauf der Berechnungen stellt sich die Pushover-Kurve ein. Diese stellt die Verschiebung eines Kontrollknotens als Funktion des Fundamentschubes F_b (Force Base) dar. Der Kontrollknoten wird im Regelfall in der obersten Ebene des Gebäudes angebracht.

Aus der klassischen Pushover-Analyse gibt es zwei international anerkannte Methoden ab, deren Berechnungsabläufe auch normativ verankert sind: [16] [9]

- Die Kapazitätsspektrum-Methode
- Die N2-Methode

7.1 Die Kapazitätsspektrum-Methode

Eine der bekanntesten und am weitesten verbreiteten Berechnungsmethoden ist die Kapazitätsspektrum-Methode, welche sich aus der klassischen Pushover-Analyse ableitet und eine Weiterentwicklung dieser darstellt. [9] Sie ist in den US-amerikanischen Normen SEAOC Vision 2000 und ATC 40 verankert. [16]

Die Methode wurde 1975 von Freeman entwickelt und ist heutzutage eines der anerkanntesten Verfahren für verschiebungsbasierende Nachweise [9], das durch eine globale Arbeitslinie die Kapazität des Gebäudes abschätzen lässt. [6] [16] Bei dieser Methode wird mit einem Antwortspektrum die Kapazität des Gebäudes ermittelt und durch den sogenannten „performance point“ unter Berücksichtigung der Geschossteifigkeiten und mehrerer Modalformen in einem Spektralverschiebung – Spektralbeschleunigungsdiagramm (S_a - S_d Diagramm – Abb. 25) grafisch dargestellt. [6] [16]

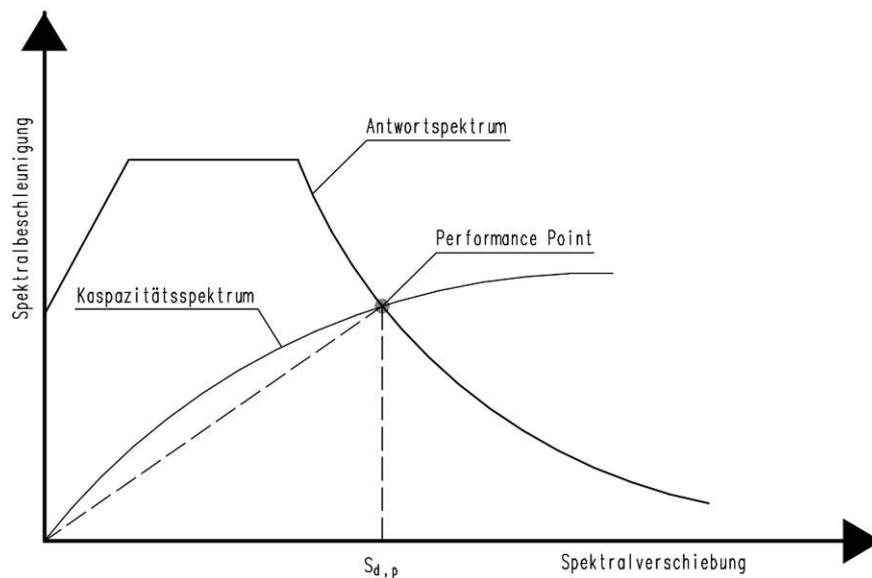


Abb. 25 Kapazitätsspektrums-Methode nach K. Meskouris et al. [16]

7.2 Die N2-Methode

Die N2-Methode ist ein Verfahren, das von Peter Fajfar im Jahre 1999 auf dem von Vidic 1994 entwickelten inelastischen Antwortspektrum aufbaut und streng genommen nur dann angewandt werden darf, wenn das dynamische Schwingungsverhalten des Gebäudes durch die 1. Eigenform bestimmt wird und das Tragwerk als ebenes System betrachtet werden kann.

Hierbei wird mit wenig Aufwand der „Performance Point“, also jener Schnittpunkt zwischen dem zugrundeliegenden Antwortspektrum und der Pushover-Kurve bzw. Kapazitätskurve des Gebäudes ermittelt. Während bei der Kapazitätsspektrum-Methode eine grafische Veranschaulichung erforderlich ist, wird diese im Zuge der N2-Methode aufgrund vieler Vereinfachungen nicht benötigt, allerdings aufgrund der besseren Nachvollziehbarkeit empfohlen und auch in einschlägiger Literatur angewandt. [9] [16]

Das in ÖNORM EN 1998-1:2013 Anhang B angeführte Nachweisverfahren basiert auf der N2-Methode.

Das Verfahren nach Vidic 1994 „leitet ein inelastisches Antwortspektrum auf Grundlage von nichtlinearen Zeitverlaufsberechnungen an Einmassenschwingern durch umfangreiche statische Auswertung her“ [16].

Im Weiteren wird nur auf den in ÖNORM EN 1998-1:2013 Anhang B verankerten Berechnungsablauf eingegangen, welcher sich an der N2-Methode orientiert.

Das Nachweisverfahren der Norm gliedert sich in zwei Abschnitte:

- die Ermittlung der maßgebenden Einwirkung auf Grundlage des elastischen Antwortspektrums,
- die Ermittlung des Widerstandes, dargestellt in Form einer Pushover-Kurve.

Der am Schluss geführte Nachweis ist der Vergleich der zulässigen Verschiebung mit der ermittelten Verschiebung im Zuge der Berechnungen, was wiederum bestätigt, dass die Pushover-Methode ein Verschiebungsnachweis ist.

7.3 Vergleich der beiden Methoden

Die Gemeinsamkeit der beiden Verfahren besteht darin, einen sogenannten „Performance Point“ zwischen Antwortspektrum und der Kapazitätskurve eines Bauwerks zu erstellen. Sollte ein solcher Schnittpunkt (Performance Point) gefunden werden, so gilt das Bauwerk im Allgemeinen als standsicher. Das grundlegende Unterscheidungsmerkmal der beiden Vorgehensweisen liegt in der Ermittlung zur Pushover-Kurve. Während bei der Kapazitätsspektrum-Methode das reduzierte Antwortspektrum mit einer äquivalenten viskosen Dämpfung bestimmt wird, erfolgt die Reduktion des Antwortspektrums bei der N2-Methode durch den Ansatz inelastischer Antwortspektren, die auf Parameterstudien basieren. Die inelastischen Antwortspektren, wie sie für die N2-Methode verwendet werden, gehen auf Vidic et al. (1994) zurück und sind nicht auf Bauwerke anwendbar, „deren Verhalten durch stark eingeschnürte Hystereseschleifen charakterisiert ist“ [16]. Strenggenommen darf die N2-Methode nicht für Mauerwerksbauten angewandt werden, da sie im niedrigen Periodenbereich liegen und ihr hysterisches Verhalten nicht in die N2-Methode hineinfällt.

Obwohl die N2-Methode grundsätzlich nicht auf Mauerwerksbauten anwendbar ist, wird sie dennoch in der Literatur empfohlen. [38] Für beide Methoden ist jedoch anzumerken, dass sie auf vielen Annahmen beruhen, damit nichtlineare Tragwerksreserven bei Erdbebenbeanspruchung durch statisch nichtlineare Verfahren berücksichtigt werden können. [16]

7.4 Schrittweiser Ablauf der Pushover-Berechnung

Der schrittweise Ablauf der Berechnung orientiert sich an ÖNORM EN 1998-1:2013 Anhang B und dem Leitfaden von Meskouris. [16] Die Schritte werden im Folgenden einzeln beschrieben.

1. Schritt – Bestimmung des elastischen Antwortspektrums

Zunächst muss das zutreffende Antwortspektrum nach ÖNORM EN 1998-1:2013 gewählt werden. Sollte hier das Bemessungsspektrum gewählt werden, so ist der Verhaltensbeiwert q mit $q=1,0$ anzusetzen [16]. Daraus wird die seismische Beanspruchung des Tragwerks ermittelt.

Das elastische Antwortspektrum ist sowohl von der Referenzbodenbeschleunigung a_{gr} als auch der Baugrundklasse abhängig. Beide Werte sind der ÖNORM EN 1998-1:2013 zu entnehmen.

2. Schritt – Erstellung eines dynamischen Ersatzsystems

Nach Ermittlung der Gebäudemassen werden diese in den Deckenebenen konzentriert gedacht und idealisiert als Stockwerksmassen auf das Gesamtsystem in Form eines Mehrmassenschwingers, im Folgenden als MMS bzw. engl. MDOF bezeichnet, angesetzt. Die Vorgehensweise ist analog zum Ersatzkraftverfahren. Hierbei wird in der letzten Ebene der Kontrollknoten definiert, dessen Verschiebung gleich 1,0 ist. Die dabei angesetzten Lasten werden auf Grundlage von ÖNORM EN 1998-1:2013, Kapitel 4.3.3.2.3 „Verteilung der horizontalen Erdbebenkräfte“ angesetzt.

Die auf die jeweiligen Stockwerke entfallenden Horizontallasten basieren auf der Gesamterdbebenkraft F_b und errechnen sich nach ÖNORM EN 1998-1:2013, Kapitel 4.3.3.2.2 zu:

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

Die anzusetzende Eigenschwingdauer T_1 wird, wie in ÖNORM EN 1998-1:2013, Kapitel 4 angegeben, ermittelt.

ÖNORM EN 1998-1:2013 definiert zwei unterschiedliche Beziehungen zwischen Horizontalkraft und zugehöriger Verschiebung. Daraus leiten sich die beiden zu untersuchenden Beschleunigungsverteilungen MODE 1 und MODE 2 ab. Dabei ist es unwesentlich, in welcher Reihenfolge man die MODES definiert, da beide MODES untersucht werden müssen. Bei der Anwendung des Verfahrens auf Gründerzeithäuser allerdings tritt bereits im MODE 1 Versagen ein, wodurch MODE 2 nicht mehr maßgebend ist.

In MODE 1 erfolgt die Verteilung der Horizontalkräfte höhen- und massenproportional. Dabei werden die Lasten linear über die Höhe verteilt. Diese Verteilung wird auch modale Verteilung genannt. MODE 1 ist proportional zur 1. Eigenform und wird meist bei höheren Gebäuden, wie Gründerzeithäusern, maßgebend.

In MODE 2 erfolgt die Verteilung der Kräfte unabhängig von der Höhenlage, wobei die Verschiebung $\phi=1$ ist. Hierbei wird von einem „weichen“ Erdgeschoss ausgegangen, auf dem große Massen lagern. Die Verteilung im MODE 2 wird auch als gleichmäßige Verteilung bezeichnet.

Eine grafische Darstellung der MODES ist der nachstehenden Grafik (Abb. 26) zu entnehmen.

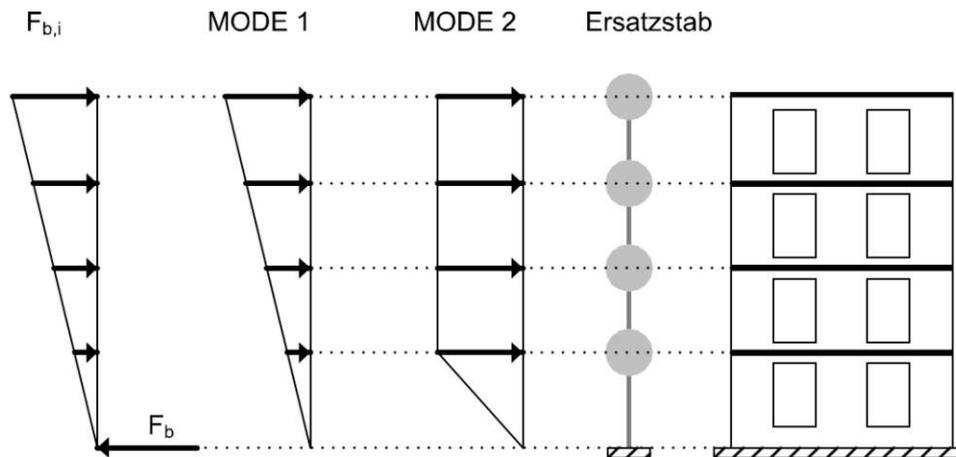


Abb. 26 Bild zur Veranschaulichung der MODES nach K. Meskouris et al. [16] und P. Bauer et al. [37]

Abhängig vom gewählten MODE und der betrachteten Einwirkungsrichtung ergibt sich die Beschleunigungsverteilung am Mehrmassenschwinger.

Durch das Aufsummieren des Produkts aus den berechneten Stockwerksmassen und dem zugehörigen Verschiebungsvektor am MMS lässt sich die Gesamtmasse m^* für den äquivalenten EMS errechnen. Diese Masse wird auch als modale Masse bezeichnet. Der Index „*“ gibt an, dass es sich um den äquivalenten EMS handelt.

$$m^* = \sum m_i \phi_i = \sum \bar{F}_i$$

Durch erneute Multiplikation mit dem Verschiebungsvektor ϕ erhält man

$$\sum m_i \phi_i^2$$

Aus dem Quotienten der modalen Masse und der modalen Masse, multipliziert mit dem Verschiebungsvektor ϕ , erhält man den Transformationsbeiwert Γ , mit dessen Hilfe es möglich ist, den MMS in einen äquivalenten EMS umzuwandeln:

$$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \phi_i^2}$$

Der Transformationsbeiwert ist abhängig vom gewählten MODE, da sich je nach MODE die Verschiebungsvektoren verändern.

Anschließend lässt sich die Gesamterdbebenkraft F_b geschossweise durch

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

zuordnen und durch Multiplikation mit dem höhenbezogenen Hebelarm das Moment um den Fußpunkt bilden.

Aus der Verteilung der Erdbebenkräfte des gewählten MODE lässt sich schließlich die Referenzhöhe bzw. der Momentennullpunkt H_0 des äquivalenten EMS, wie in nachstehender

Abbildung (Abb. 27) dargestellt, ermitteln, welche den Lastangriffspunkt der einwirkenden Horizontalkraft darstellt.

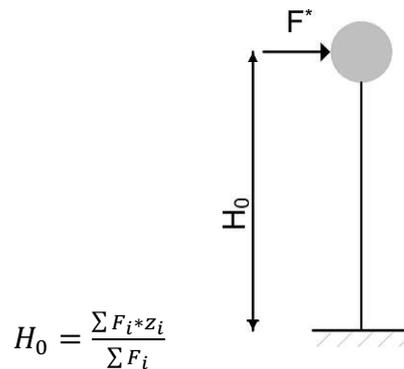


Abb. 27 Darstellung EMS mit Referenzhöhe des Momentennullpunkts

Die Vorgehensweise ist für beide MODES ident.

3. Schritt – Ermittlung der Pushover-Kurve/ Kapazitätskurve am realen System

Die Ermittlung der Kapazitätskurve ist für jede Wandscheibe separat durchzuführen. Hier sind nach ÖNORM EN 1998-3:2013 zwei Versagensformen zu berücksichtigen:

- Versagen des Bauteils auf Biegung und Längskraft
- Versagen des Bauteils unter Schubbeanspruchung

Die dabei eingehenden Materialparameter werden mit dem Mittelwert nach JCSS (Joint Committee on Structural Safety) und mit reduzierter Steifigkeit angesetzt. [9]

Abhängig vom gewählten MODE lassen sich die für die Pushover-Kurve benötigten Verschiebungen berechnen:

- **Die Elastische Verschiebung $d_{y,0}$** am Ersatzsystem in der Referenzhöhe H_0 lässt sich aus der Kragarmformel definieren:

$$d_{y,0} = \frac{V_f H_0^3}{3E_2 I} + \frac{6 V_f H_0}{5 5G_2 A}$$

- **Die Fließverschiebung d_y** bzw. elastische Grenzverschiebung in H_{tot}

$$d_y = 2 * \left(d_m - \frac{E_m}{F_y} \right)$$

- **Die Grenzverschiebung** ist die Verformungskapazität oder Verschiebungskapazität d_u (oder d_{max}) in Abhängigkeit vom Versagensmodus nach EN 1998-3 Annex C.

Der anschließend maßgebende Versagensmodus ist jener, in dem das betrachtete Bauteil früher versagen würde. Somit ist das Minimum aus den beiden betrachteten Modi maßgebend.

Auf Grundlage der ermittelten Informationen lässt sich die zugehörige Pushover-Kurve ermitteln. Nachstehende Grafik (Abb. 28) stellt die Versagenszustände schematisch in einem Kraft-Verschiebungsdiagramm dar.

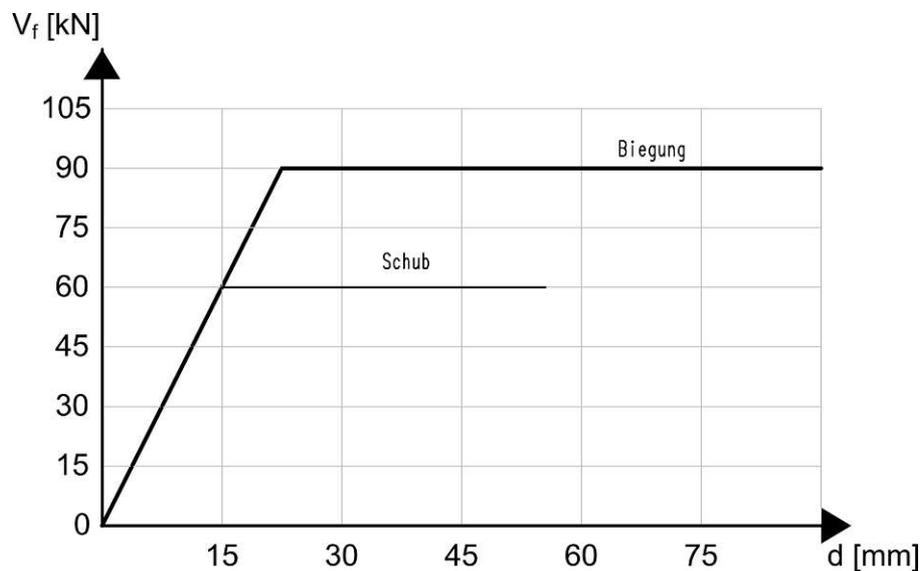


Abb. 28 Schematisches Kraft-Verschiebungsdiagramm

4. Schritt – Ermittlung der Pushover-Kurve am EMS

Die Ermittlung der Pushover-Kurve am äquivalenten EMS wird mithilfe des bereits oben beschriebenen Transformationsbeiwerts Γ bewerkstelligt und ist in ÖNORM EN 1998-1:2013 Anhang B vorgegeben.

Die Kraft F^* ergibt sich aus dem Quotienten der maßgebenden Einwirkung, entweder Biegung und Längskraft oder Schub, und dem Transformationsbeiwert Γ .

Die zugehörige, zulässige Verschiebung des Kontrollknotens d^* ergibt sich aus:

$$F^* = \frac{F}{\Gamma}$$

$$d^* = \frac{d}{\Gamma}$$

Dieser Ablauf ist für jede Wandscheibe durchzuführen.

5. Schritt – Bestimmung der idealisierten Kraft-Verschiebungsbeziehung

Die in Schritt 4 ermittelte Kraft F^* stellt die Grenzlast des idealisierten Systems dar und entspricht laut ÖNORM EN 1998-1:2013 Anhang B der Gesamterdbebenkraft F_b bei Entstehung des plastischen Mechanismus. Dies kann entweder auf die betrachtete Wandscheibe bezogen werden oder auf das gesamte Gebäude, abhängig von der geführten Berechnung. Die dabei entstehende Fließverschiebung d_{y^*} ermittelt sich aus der maximalen Verschiebung d_{m^*} , die in diesem Fall gleich der Verschiebung d_{u^*} ist, der Kraft F_{y^*} , welche die Querkraftkapazität bzw. den Horizontalkraftwiderstand des EMS darstellt, und der

Verformungsenergie E_m^* . E_m^* ist die unter der Verformungskurve (siehe Abb. 29) eingeschlossene Fläche des nichtlinearen Systems und ermittelt sich aus rein geometrischer Betrachtung der Funktion:

$$E_m = d_y \frac{F_y}{2} + (d_n - d_y) F_y$$

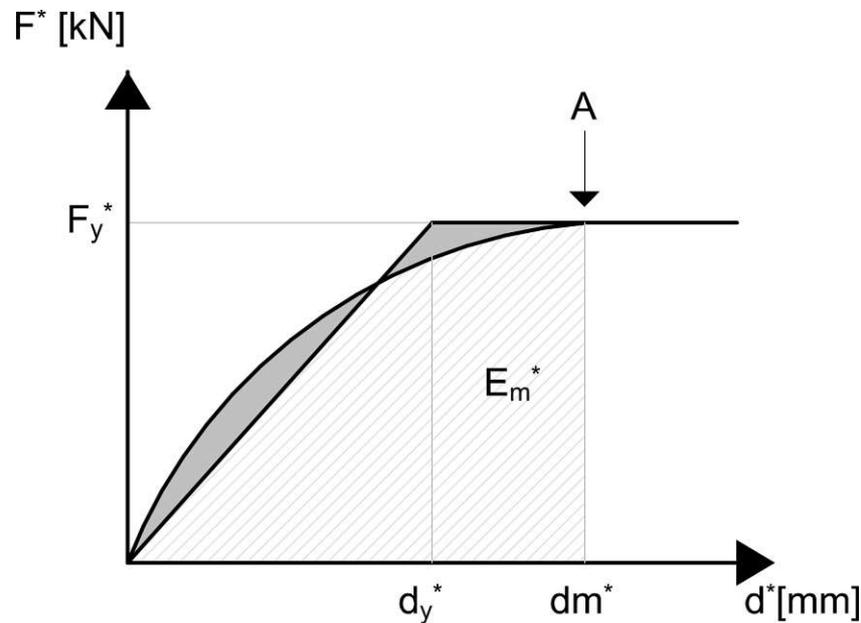


Abb. 29 Idealisierte bilineare Kapazitätskurve nach [10]

6. Schritt – Bestimmung der Periode für den äquivalenten EMS

In weiterer Folge muss die Eigenschwingzeit T^* des äquivalenten EMS bestimmt werden. Diese dient zur Ermittlung der Zielverschiebung des Tragwerks mit unbeschränkt elastischem Verhalten und ermittelt sich zu:

$$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* d_y^*}{F_y^*}}$$

7. Schritt – Bestimmung der Zielverschiebung am EMS

Mit der ermittelten Schwingzeit T^* lässt sich die Ordinate $S_e(T^*)$ am Antwortspektrum ablesen und die entsprechende elastische Zielverschiebung d_{et}^* berechnen. Unter Berücksichtigung des unbeschränkten elastischen Verhaltens ergibt sich die elastische Zielverschiebung d_{et}^* zu:

$$d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2\pi} \right]^2$$

Durch die Ermittlung von d_{et}^* lässt sich anschließend die gesuchte Zielverschiebung $d_{t^*}^*$ am EMS ermitteln. Abhängig von der Periode T^* werden lt. ÖNORM EN 1998-1 Anhang B drei Fälle unterschieden:

$$1. \text{ Fall: } T^* < T_c \text{ und } \frac{F_y^*}{m^*} \geq S_e(T^*) \rightarrow d_t^* = d_{et}^*$$

Fall 1 entspricht linearem Verhalten bei kurzen Perioden. Hier wird die Zielverschiebung d_t^* gleich der elastischen Zielverschiebung d_{et}^* gesetzt, unter der Annahme uneingeschränkten linearen Materialverhaltens. [16]

$$2. \text{ Fall } T^* < T_c \text{ und } \frac{F_y^*}{m^*} < S_e(T^*)$$

Bei Fall 2 liegt ein nichtlineares Verhalten bei kurzer Periode vor. Hier ist die gesuchte Zielverschiebung d_t^* unter Berücksichtigung der benötigten Duktilität zu ermitteln:

$$d_t^* = \frac{d_{et}^*}{q_u} \left(1 + (q_u - 1) \frac{T_c}{T^*}\right) \geq d_{et}^*$$

q_u ist „das Verhältnis der Beschleunigung im Tragwerk bei uneingeschränkt elastischem Verhalten $S_e(T^*)$ und derjenigen bei beschränkter Tragwerksfestigkeit F_y^*/m^* .“ [16]

$$q_u = \frac{S_e(T^*)m^*}{F_y^*}$$

$$3. \text{ Fall } T^* \geq T_c$$

Der Fall 3 gilt für mittlere und lange Perioden. Hier wird die Zielverschiebung d_t^* gleich der elastischen Zielverschiebung d_{et}^* gesetzt.

$$d_t^* = d_{et}^*$$

8. Schritt – Berechnung der Zielverschiebung am MMS

Die Zielverschiebung d_t^* wird wieder mithilfe des Transformationsbeiwerts Γ multipliziert, um das zum EMS transformierte System wieder in das reale System des MMS überzuführen.

$$d_t = \Gamma \cdot d_t^*$$

9. Schritt – Überprüfung der zulässigen Zielverschiebung

Die zulässige Zielverschiebung hat nach ÖNORM EN 1998-1:2013, Kapitel 4.3.3.4.2.3 den Anforderungen der Kontrollverschiebung zwischen 0 und 150% Genüge zu leisten. Daher wird die Zielverschiebung d_t mit 1,5 multipliziert und hat durch den um 50% erhöhten Wert kleiner oder gleich der maximal zulässigen Verschiebung d_{max} zu sein.

$$d_t \leq \frac{d_{max}}{1,5}$$

Anmerkung 1: ÖNORM EN 1998-3:2013 gibt nicht direkt vor, dass der Faktor mit 1,5 zu multiplizieren ist, allerdings bietet die Verwendung des Faktors eine gewisse Sicherheit, damit nicht alle plastischen Reserven ausgenutzt werden. Als Beispiel kann die Berechnung der Kammer der ZivlentechnikerInnen [37] herangezogen werden.

Anmerkung 2: In ÖNORM B 1998-3:2018 Anhang A wird für den Nachweis der Erfüllungsfaktor „ α “ eingeführt. Dieser ist definiert als der Quotient aus dem Widerstand und der Einwirkung. Der anzusetzende Widerstand kann als eine Einwirkung infolge einer Kraft, einer Beschleunigung oder einer Verschiebung angegeben werden. Im Falle des Pushover-Verfahrens, das ein verschiebungsbasierender Nachweis ist, ist klarerweise die Verschiebung zu definieren. Zur Erfüllung der Anforderung an ÖNORM B 1998-1:2018 hat der α -Wert größer oder gleich 1,0 zu sein. Wie allerdings bereits erwähnt, kann der α -Wert jedoch auch geringer ausfallen, wodurch mit dem Beiwert von 1,50 eine weitaus größere Sicherheit die vorhandenen möglichen Ungewissheiten im Bestand gut abdeckt.

10. Schritt – Ermittlung der Duktilität

Die Duktilität definiert die dauerhafte plastische Verformungseigenschaft eines Werkstoffes vor dem Bruchversagen. Bei der Pushover-Analyse definiert die Duktilität das Verhältnis zwischen der Zielverschiebung und der Fließverschiebung am MMS und beschreibt das plastische Verformungsvermögen einer betrachteten Wandscheibe. Je größer die Duktilität ist, desto höher ist der Widerstand des betrachteten Elements gegen Erdbeben und umso höher muss die Erdbebenlast werden, damit Versagen eintritt. Sie wird in weiterer Folge für die grafische Ermittlung des abgeminderten Antwortspektrums benötigt.

$$\mu = \frac{d_t}{d_y}$$

11. Schritt – Grafische Darstellung im S_a - S_d -Diagramm

Die ermittelte Zielverschiebung d_t kann in einem Spektralbeschleunigungs-Spektralverschiebungsdiagramm (S_a - S_d Diagramm) dargestellt werden. Hierfür wird nun das abgeminderte Antwortspektrum benötigt. Die Abminderung erfolgt mithilfe des sogenannten Reduktionsfaktors R_μ , der sich wie folgt berechnet:

$$\begin{aligned} R_\mu &= (\mu - 1) \frac{T}{T_c} + 1 && \text{für } T \leq T_c \\ R_\mu &= \mu && \text{für } T > T_c \end{aligned}$$

12. Performance Point

Dieser Punkt ist wie bei der Kapazitätsspektrum-Methode der Schnittpunkt (siehe Abb. 30) zwischen dem abgeminderten Antwortspektrum und der ermittelten Kapazitätskurve und gibt die maximal auftretende Spektralverschiebung wieder.

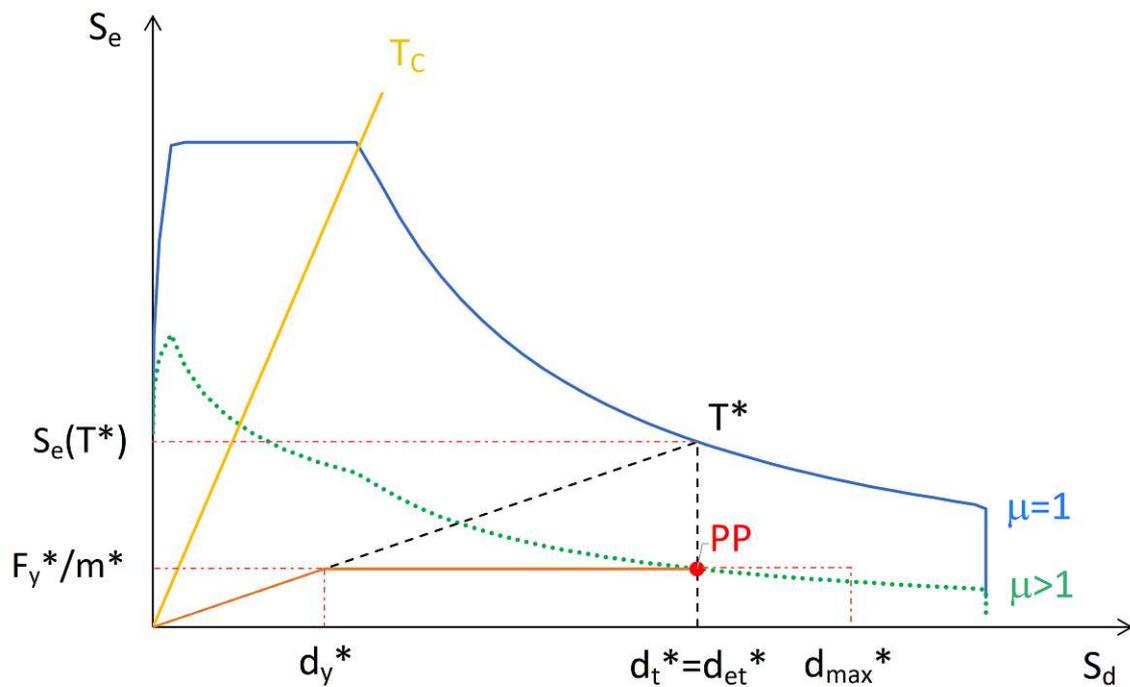


Abb. 30 Beispielhafte Darstellung für Bereiche mittlerer bis langer Perioden

Die Kernaussage des Pushover-Verfahrens ist die Zielverschiebung d_t , die bei Erfüllung geringer ist als die zulässige Verschiebung d_u (oder d_{max}). Wie bereits oben erwähnt, wird in ÖNORM B 1998-3 der Erfüllungsfaktor α als Kriterium für den Widerstand eingeführt.

8 Pushover-Analyse mittels Microsoft Excel-Tool

Für die Auswertung und die im nachfolgenden Kapitel dargestellten Schubtafeln ist eine ingenieurmäßige Bewertung der Gebäude für den Lastfall Erdbeben vorzunehmen. Die Berechnung mit der Excelvorlage ist eine Weiterentwicklung der von Peter Bauer und Erich Kern entwickelten Berechnung [37], welche als Leitfaden auf der Website der Kammer der ZiviltechnikerInnen abrufbar ist. Die Modifizierung erfolgte dahingehend, dass sich jedes beliebige Haus, welches den konstruktiven Vorgaben eines klassischen Wiener Gründerzeithauses entspricht, eingeben lässt. Beim Leitfaden der Kammer handelt es sich um eine allgemeine Vorlage, bei der anhand eines fiktiven Gründerzeithauses mittels eines Zahlenbeispiels der Ablauf der Pushover-Methode demonstriert wird. Darin wird explizit nur auf ein Element Bezug genommen und dieses wird exemplarisch für alle weiteren Elemente behandelt. Der darin demonstriert Ablauf ist jedoch so aufgebaut, dass die Auswertung für jede Wand im Gebäude erneut vorgenommen werden muss. Das für diese Arbeit erstellte Excel-Tool hingegen ermöglicht es, dass nach Eingabe von Gebäudegeometrie (Wandstärken, Wandlängen, Geschosshöhen, etc.) und Mauerwerkskennwerten die verknüpften Berechnungen automatisch für alle betrachteten Elemente erfolgen. Dadurch lässt sich ohne Zuhilfenahme moderner und zeitaufwändigerer EDV-Programme eine sichere Abschätzung des sich einstellenden Erfüllungsfaktors der im Lastfall Erdbeben aktivierten Wände vornehmen.

Das verwendete statische Modell entspricht dem bereits in Kapitel 6.5.1 erwähnten System eines Ersatzstabes, einem Kragarm. In den Wiener Gründerzeithäusern werden die Wandscheiben als einzelne Kragarme interpretiert, die in Abhängigkeit ihrer geometrischen Randbedingungen betrachtet und ausgewertet werden. Im Zuge dieses Berechnungsansatzes können Nachweisproblematiken, wie beispielsweise die Rahmenwirkung von Mauerwerkswänden (siehe hierzu [37]), vermieden werden.

Der Torsionseffekt wird in der Berechnung aufgrund der schubweichen Decken nicht berücksichtigt, da er bei derartigen Systemen zufolge nicht auftritt, da dieser auf Grundlagen der Statik ohne schubsteife Decke im Allgemeinen nicht möglich ist. [37] Zudem sind laut ÖNORM EN 1998-1:2013, Kapitel 4.3.3.2.1 Torsionseffekte nur dann zu berücksichtigen, wenn Unregelmäßigkeiten auftreten, was bei Gründerzeithäusern in dieser Arbeit, wie bereits in Kapitel 3 diskutiert, ausgeschlossen werden kann.

8.1 Eingangsdaten

Die Grundlagen für die Berechnung bilden die Unterlagen von mehr als 25 realen Gebäuden (Grundrisse, Schnitte und Ansichten) aus den Original- bzw. Konsensplänen, welche aus dem Archiv der Magistratsabteilung 37 ausgehoben wurden, sowie vorhandene Mauerwerksgutachten.

Da in den wenigsten Fällen Bodengutachten direkt verfügbar sind, wurde auf Grundlage der ÖNORM B 1998-1:2018, Kapitel 6.1 die Baugrundklasse für alle drei Baugrundklassen, die für Wien zutreffend sind, abgeschätzt und die Gebäude wurden dahingehend für jede Baugrundklasse separat durchgerechnet.

Aufgrund der vorhandenen Unterlagen und Informationen wurde der Berechnung nach ÖNORM B 1998-3:2018, Tabelle B.1, der Kenntnisklasse 3, vollständiger Kenntnisstand zugeordnet.

8.2 Aufbau und Eingabeablauf in Excel

Nachstehende Abbildungen der wichtigsten Berechnungsblätter erläutern den schrittweisen Ablauf der Eingabe und den Aufbau des Bemessungstools. Die einzelnen nachfolgenden Positionen beschreiben den Eingabeablauf. Die Anwendungsgrenze der Tabelle liegt bei maximal fünf Geschossen (Erdgeschoss bis 4. Obergeschoss) und 30 Wänden. Wie bereits in Kapitel 3.1 erwähnt, war die maximale Gebäudehöhe mit 24,70 m begrenzt, wodurch sich bei vorgeschriebener Raumhöhe maximal sechs oberirdische Geschosse ergeben können. In dieser Arbeit wurden nur Gebäude bis zu einer maximalen Geschosshöhe von fünf berücksichtigt.

Die Eingabe erfolgt von vorne nach hinten, was bedeutet, dass die Tabellenblätter den zugeordneten Nummern nach aufsteigend ausgefüllt werden. Die Eingabe erfolgt ausschließlich in den farblich markierten Zellen, da alle anderen Zellen mit Formeln hinterlegt sind und automatisch berechnet werden. Zur Veranschaulichung und Nachvollziehbarkeit der Eingabe werden anhand eines realen Gebäudes, das als Mustergebäude dient, die einzelnen Schritte beispielhaft demonstriert. Das Mustergebäude hat vier Geschosse und die gewählte Baugrundklasse ist mit B angesetzt. Die Mauerwerkskennwerte entsprechen Mittelwerten aus Mauerwerksuntersuchungen, auf die anschließend in Kapitel 9.1 genau eingegangen wird. Die Grundrissform ist dabei annähernd ident zu dem in der Literatur oft behandelten Beispiel. [37] Außerdem ist die betrachtete Einwirkungsrichtung parallel zu den Zwischenwänden. Die Vorlagedatei umfasst insgesamt 33 Tabellenblätter, von denen aber in diesem Kapitel nur die wichtigsten vorgestellt werden.

Nachstehende Grafik (Abb. 31) stellt eine Skizzierung des realen Musterhauses inklusive der Einflussflächen (in Y-Richtung) dar. Aus datenschutzrechtlichen Gründen kann der Konsensplan nicht abgebildet werden.

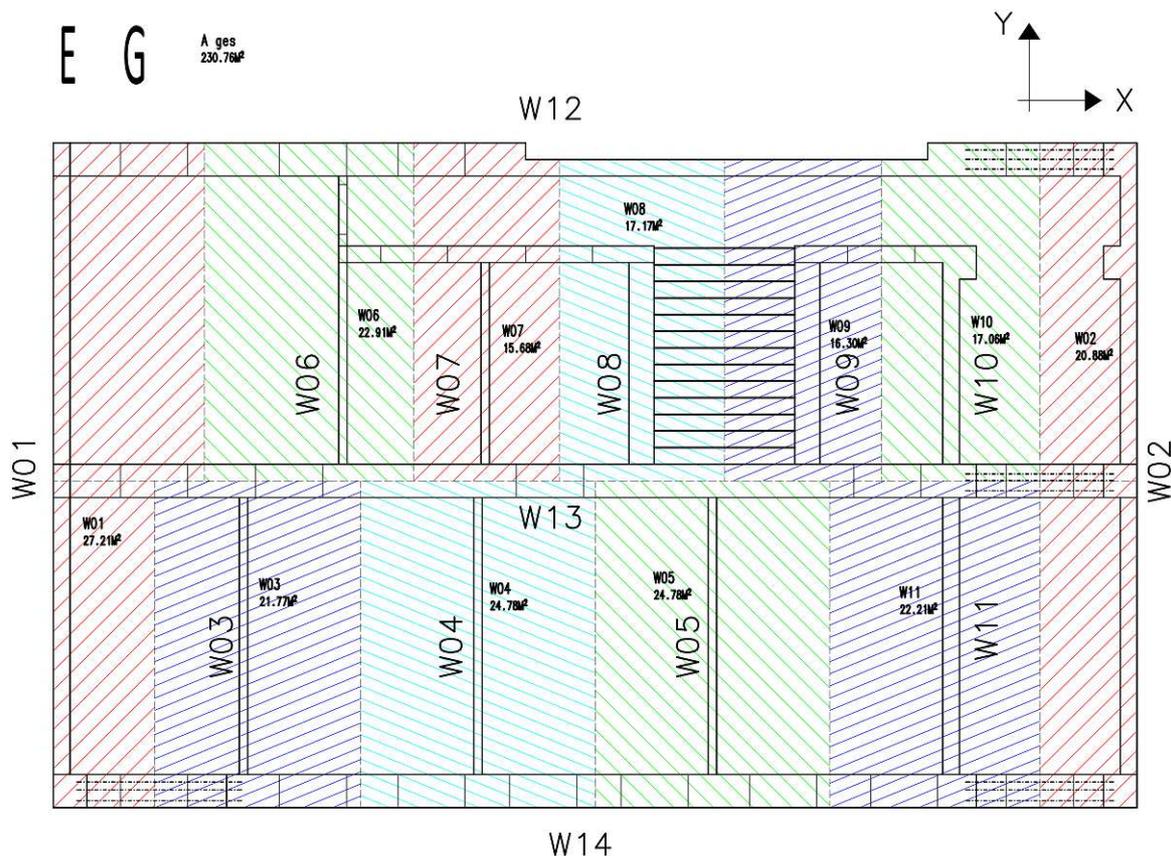


Abb. 31 Grundriss und Einflussflächen (in Y-Richtung) des Musterhauses

Position 1: Datenbank

Hier werden sowohl die geometrischen Grunddaten wie Geschosshöhen und Einflussflächen angegeben als auch die Lastannahmen für die Decken, die ÖNORM B 1991-1-1:2020 [39] entnommen werden können, und die vorhandene Kenntnisklasse definiert. Die Höhe für das Dachgeschoss DG muss leer bleiben.

Stockwerk	h	Bez.	h _j	Decke	Typ	g _k	q _k	v	Geschossfläche	Wände	g _k	t	Decken	g _k	q _k	Kurzform	Kenntnisklasse	
DG	OG5	OG4	OG3	OG2	OG1	EG				d=15	d=30	d=45	d=60	d=75	d=90			
DG	6	0,00	Drempel	DG	Dach	0,70	1,00	0,30	230,76								CFKL3	
OG5	5	h6		OG5				0,00		3,10	0,15	Dach	0,70	1,00	DA	CFKL1	1,35	
OG4	4	h5		OG4				0,00		5,80	0,30	Doppelbaum	3,35	1,00	D	CFKL2	1,20	
OG3	3	3,45	h4	15,04	OG3	Doppelbaum	D	3,35	1,00	8,50	0,45	Tram	2,30	2,80	T	CFKL3	1,00	
OG2	2	3,67	h3	11,59	OG2	Tram	T	2,30	2,80	11,20	0,60	Tramtravers	2,50	2,80	TT			
OG1	1	3,72	h2	7,92	OG1	Tram	T	2,30	2,80	13,90	0,75	Platzel	5,00	2,80	P			
EG	0	4,20	h1	4,20	EG	Tram	T	2,30	2,80	16,60	0,90							
Stockwerke									4	1153,80								

Position 2: Tab 2.0

In diesem Tabellenblatt werden die Materialkennwerte auf Grundlage eines vorhandenen Mauerwerksgutachtens definiert und die individuell zugeordnete Wandnummer und ihre Orientierung laut Grundriss eingetragen. Zellen, in denen keine Wandnummer eingetragen ist, bleiben leer. Daraus folgt, dass auch die gesamte Zeile in den Eingabeblättern ausgeblendet wird und der Übersicht halber nicht mit 0,00 fortlaufend dargestellt wird. Bei den ermittelten Mittelwerten der Materialparameter sind die reduzierten Steifigkeiten gemäß JCSS und der Erläuterung der Kammer [37] angesetzt.

Eingabe der Materialparameter lt. Gutachten
Definition der Wandnummerierung

Wand Nr.	Orientierung		Materialparameter Mauerwerk lt. Gutachten									Mittelwerte der Materialparameter lt. JCSS					
	x	y	f _{b,k}	f _{m,k}	f _{vk,0}	η	f _k	E _{1,k}	G _{1,k}	E _{2,k}	G _{2,k}	f _m	f _{vm,0}	E _{1,m}	G _{1,m}	E _{2,m}	G _{2,m}
	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]					
W 1		y	18,21	1,19	0,00	0,80	3,31	991,86	396,74	495,93	198,37	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48
W 2		y	18,21	1,19	0,00	0,80	3,31	991,86	396,74	495,93	198,37	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48
W 3		y	18,21	1,19	0,00	0,80	3,31	991,86	396,74	495,93	198,37	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48
W 4		y	18,21	1,19	0,00	0,80	3,31	991,86	396,74	495,93	198,37	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48
W 5		y	18,21	1,19	0,00	0,80	3,31	991,86	396,74	495,93	198,37	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48
W 6		y	18,21	1,19	0,00	0,80	3,31	991,86	396,74	495,93	198,37	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48
W 7		y	18,21	1,19	0,00	0,80	3,31	991,86	396,74	495,93	198,37	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48
W 8		y	18,21	1,19	0,00	0,80	3,31	991,86	396,74	495,93	198,37	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48
W 9		y	18,21	1,19	0,00	0,80	3,31	991,86	396,74	495,93	198,37	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48
W 10		y	18,21	1,19	0,00	0,80	3,31	991,86	396,74	495,93	198,37	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48
W 11		y	18,21	1,19	0,00	0,80	3,31	991,86	396,74	495,93	198,37	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48
W 12	x		18,21	1,19	0,00	0,80	3,31	991,86	396,74	495,93	198,37	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48
W 13	x		18,21	1,19	0,00	0,80	3,31	991,86	396,74	495,93	198,37	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48
W 14	x		18,21	1,19	0,00	0,80	3,31	991,86	396,74	495,93	198,37	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48

Materialparameter Mauerwerk lt. Gutachten								
f _{b,k}	f _{m,k}	f _{vk,0}	η	f _k	E _{1,k}	G _{1,k}	E _{2,k}	G _{2,k}
[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]	[N/mm ²]				
18,21	1,19	0,00	0,80	3,31	991,86	396,74	495,93	198,37

Position 3.i.0: Tab 3.1.0 bis 3.5.0

In den Tabellenblättern 3.1.0 bis 3.5.0 werden die Wandlängen sowie die Wandstärken, welche im Gründerzeitbau zwischen 15 cm und 90 cm liegt, eingetragen. Der Faktor *f* berücksichtigt dabei die Völligkeit der Wand. So ist der Faktor beispielsweise bei einer Wand mit einem einzelnen Durchbruch mit 0,90 zu berücksichtigen. Alle sich daraus ergebenden Lasten werden anschließend automatisch berechnet. Auch die Lasten wurden bereits im

Datenblatt definiert und sind hier in Abhängigkeit des Geschosses hinterlegt. Hier wird beispielhaft das Erdgeschoss angeführt (3.0.0 und 3.0.1)

Geschoss Bezeichnung EG [-]
Höhe 4,20 [m]

Wand Nr.	OG [m]	L [m]	t [m]	h [m]	A [m ²]	I [m ⁴]	g _w [kN/m ²]	f [-]	g _w [kN/m]	G _w [kN]
W 1	EG	12,00	0,30	4,20	3,60	43,20	5,80	1,00	24,36	292,32
W 2	EG	12,00	0,30	4,20	3,60	43,20	5,80	1,00	24,36	292,32
W 3	EG	5,00	0,15	4,20	0,75	1,56	3,10	1,00	13,02	65,10
W 4	EG	5,00	0,15	4,20	0,75	1,56	3,10	1,00	13,02	65,10
W 5	EG	5,00	0,15	4,20	0,75	1,56	3,10	1,00	13,02	65,10
W 6	EG	4,30	0,15	4,20	0,65	0,99	3,10	1,00	13,02	55,99
W 7	EG	3,94	0,15	4,20	0,59	0,76	3,10	1,00	13,02	51,30
W 8	EG	3,94	0,45	4,20	1,77	2,29	8,50	1,00	35,70	140,66
W 9	EG	3,94	0,45	4,20	1,77	2,29	8,50	1,00	35,70	140,66
W 10	EG	3,94	0,30	4,20	1,18	1,53	5,80	1,00	24,36	95,98
W 11	EG	5,00	0,30	4,20	1,50	3,13	5,80	1,00	24,36	121,80
W 12	EG	19,41	0,60	4,20	11,65	365,63	11,20	0,50	23,52	456,52
W 13	EG	19,41	0,60	4,20	11,65	365,63	11,20	0,80	37,63	730,44
W 14	EG	19,41	0,60	4,20	11,65	365,63	11,20	0,50	23,52	456,52

Position 3.i.1: Tab 3.1.1 bis 3.6.1

In den Tabellen 3.1.1 bis 3.6.1 werden anschließend die Deckenlasten durch die Breite b , den Faktor f und die Länge L definiert. Breite b gibt die Länge des betrachteten Einfeldträgers an, Faktor f , der entweder 0,5 oder 1,0 je nach Einfluss betragen muss, da es sich wie in Kapitel 3.5.2 bei Deckensystemen im Gründerzeithaus um Einfeldträger handelt, und die Länge L , auf die die resultierende Laufmeterlast angesetzt wird.

Decke ü. EG
Typ Tram

Wand Nr.	OG [m]	Typ [-]	s _{Decke} [kN/m ²]	q _{Decke} [kN/m ²]	ψ [-]	b [m]	f [-]	s _{Decke} [kN/m]	q _{Decke} [kN/m]	L [m]	Auflast G [kN]	Auflast Q [kN]	Auflast F _d [kN]
W 1	EG	Tram	2,30	2,80	0,30			0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
W 2	EG	Tram	2,30	2,80	0,30			0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
W 3	EG	Tram	2,30	2,80	0,30			0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
W 4	EG	Tram	2,30	2,80	0,30			0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
W 5	EG	Tram	2,30	2,80	0,30			0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
W 6	EG	Tram	2,30	2,80	0,30			0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
W 7	EG	Tram	2,30	2,80	0,30			0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
W 8	EG	Tram	2,30	2,80	0,30			0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
W 9	EG	Tram	2,30	2,80	0,30			0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
W 10	EG	Tram	2,30	2,80	0,30			0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
W 11	EG	Tram	2,30	2,80	0,30			0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
W 12	EG	Tram	2,30	2,80	0,30	5,50	0,50	6,33	2,31	19,41	122,77	44,84	167,61
W 13	EG	Tram	2,30	2,80	0,30	5,40	1,00	12,42	4,54	19,41	241,07	88,04	329,12
W 14	EG	Tram	2,30	2,80	0,30	5,30	0,50	6,10	2,23	19,41	118,30	43,21	161,51

Position 4: Tab. 3.6.0

Dieses Tabellenblatt berücksichtigt das Dachgeschoss. Anders als bei den vorherigen Tabellenblättern ist hier zusätzlich die jeweilige Höhe des Bauteils individuell zu definieren, da im Datenblatt die Höhe im DG leer bleiben muss. Beispielsweise werden Giebelwände mit der maximalen Höhe und der Länge angegeben und anschließend mit dem Faktor 0,50 berücksichtigt. Die Eingabe des Dachgespärres erfolgt analog zu den Geschossdecken.

Geschoss Bezeichnung DG [-]
 Höhe 0,00 [m]

Anmerkungen	Wand Nr.	OG [m]	L [m]	t [m]	h [m]	A [m ²]	I [m ⁴]	g _w [kN/m ²]	f [-]	g _w [kN/m]	G _w [kN]
Giebelwand	W 1	DG	12,00	0,15	4,30	1,80	21,60	3,10	0,50	6,67	79,98
Giebelwand	W 2	DG	12,00	0,15	4,30	1,80	21,60	3,10	0,50	6,67	79,98
	W 3	DG			0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
	W 4	DG			0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
	W 5	DG			0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
	W 6	DG			0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
	W 7	DG			0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
	W 8	DG			0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
	W 9	DG			0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
	W 10	DG			0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
	W 11	DG			0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
Drempel Hof	W 12	DG	19,41	0,45	1,00	8,73	274,23	8,50	0,20	1,70	33,00
Kamin	W 13	DG	19,41	0,45	5,30	8,73	274,23	8,50	0,35	15,77	306,05
Drempel Straße	W 14	DG	19,41	0,45	1,50	8,73	274,23	8,50	1,00	12,75	247,48
		DG									

Position 5: Tab. 4.x und 4.y

Bei schubweichen Decken werden horizontale Lasten über Lasteinflussflächen angegeben. Darauf aufbauend wird in diesen Tabellen aufgrund der angegebenen Gesamtfläche aus dem Tabellenblatt „Datenbank“ die jeweils zugeordnete Lasteinflussfläche der Decke pro Wand in Abhängigkeit ihrer Orientierung für den Lastfall Erdbeben eingegeben und in den daraus resultierenden Flächenfaktor f_A umgerechnet.

Die Lasten aus dem Dachgeschoss (DG) werden vereinfacht automatisch auf das letzte Obergeschoss umgelegt. [37] Hier wird beispielhaft die Y-Richtung gewählt, da die Zwischenwände in diese orientiert sind.

Y - RICHTUNG

Die Masse des DG wird vereinfacht auf das letzte OG aufgeteilt

Y	Wand Nr.	EG				OG1				OG2				OG3				OG4				OG5				DG			
		A [m ²]	f _A [-]	e _d [m]	E _d [kN]	A [m ²]	f _A [-]	e _d [m]	E _d [kN]	A [m ²]	f _A [-]	e _d [m]	E _d [kN]	A [m ²]	f _A [-]	e _d [m]	E _d [kN]	A [m ²]	f _A [-]	e _d [m]	E _d [kN]	A [m ²]	f _A [-]	e _d [m]	E _d [kN]	A [m ²]	f _A [-]	e _d [m]	E _d [kN]
Y	W 1	27,18	0,118	3,14	85,35	27,18	0,118	3,14	85,35	27,18	0,118	3,14	85,35	27,18	0,118	3,14	85,35	27,18	0,118	3,14	85,35	27,18	0,118	3,14	85,35	27,18	0,118	3,14	85,35
Y	W 2	20,88	0,090	3,14	65,56	20,88	0,090	3,14	65,56	20,88	0,090	3,14	65,56	20,88	0,090	3,14	65,56	20,88	0,090	3,14	65,56	20,88	0,090	3,14	65,56	20,88	0,090	3,14	65,56
Y	W 3	21,77	0,094	3,14	68,36	21,77	0,094	3,14	68,36	21,77	0,094	3,14	68,36	21,77	0,094	3,14	68,36	21,77	0,094	3,14	68,36	21,77	0,094	3,14	68,36	21,77	0,094	3,14	68,36
Y	W 4	24,78	0,107	3,14	77,81	24,78	0,107	3,14	77,81	24,78	0,107	3,14	77,81	24,78	0,107	3,14	77,81	24,78	0,107	3,14	77,81	24,78	0,107	3,14	77,81	24,78	0,107	3,14	77,81
Y	W 5	24,78	0,107	3,14	77,81	24,78	0,107	3,14	77,81	24,78	0,107	3,14	77,81	24,78	0,107	3,14	77,81	24,78	0,107	3,14	77,81	24,78	0,107	3,14	77,81	24,78	0,107	3,14	77,81
Y	W 6	22,91	0,099	3,14	71,94	22,91	0,099	3,14	71,94	22,91	0,099	3,14	71,94	22,91	0,099	3,14	71,94	22,91	0,099	3,14	71,94	22,91	0,099	3,14	71,94	22,91	0,099	3,14	71,94
Y	W 7	15,68	0,068	3,14	49,24	15,68	0,068	3,14	49,24	15,68	0,068	3,14	49,24	15,68	0,068	3,14	49,24	15,68	0,068	3,14	49,24	15,68	0,068	3,14	49,24	15,68	0,068	3,14	49,24
Y	W 8	17,17	0,074	3,14	53,91	17,17	0,074	3,14	53,91	17,17	0,074	3,14	53,91	17,17	0,074	3,14	53,91	17,17	0,074	3,14	53,91	17,17	0,074	3,14	53,91	17,17	0,074	3,14	53,91
Y	W 9	16,30	0,071	3,14	51,16	16,30	0,071	3,14	51,16	16,30	0,071	3,14	51,16	16,30	0,071	3,14	51,16	16,30	0,071	3,14	51,16	16,30	0,071	3,14	51,16	16,30	0,071	3,14	51,16
Y	W 10	17,06	0,074	3,14	53,57	17,06	0,074	3,14	53,57	17,06	0,074	3,14	53,57	17,06	0,074	3,14	53,57	17,06	0,074	3,14	53,57	17,06	0,074	3,14	53,57	17,06	0,074	3,14	53,57
Y	W 11	22,21	0,096	3,14	69,74	22,21	0,096	3,14	69,74	22,21	0,096	3,14	69,74	22,21	0,096	3,14	69,74	22,21	0,096	3,14	69,74	22,21	0,096	3,14	69,74	22,21	0,096	3,14	69,74
Σ		230,72	1,00		724,46	230,72	1,00		724,46	230,72	1,00		724,46	230,72	1,00		724,46	230,72	1,00		724,46	230,72	1,00		724,46	230,72	1,00		724,46

Decke ü.	A _{ges} [m ²]	Typ	f _A [-]	e _d [m]	v	e _{st} [kN/m ²]
EG	230,76	Tram	2,30	2,80	0,30	3,14
OG1	230,76	Tram	2,30	2,80	0,30	3,14
OG2	230,76	Tram	2,30	2,80	0,30	3,14
OG3	230,76	Doppeltram	3,35	1,00	0,30	3,65
OG4	0,00	GW			0,00	0,00
OG5	0,00	GW			0,00	0,00
DG	230,76	Dach	0,70	1,00	0,30	1,00

Position 6: Tab. 5.0

Diese Tabelle ordnet nach Auswahl der Richtung (X oder Y) die Massen automatisch zu (die Massenzuordnung erfolgt dabei nur entsprechend der jeweiligen Einflussfläche). Die Zuordnung der Massen erfolgt mittels Dropdown Menü.

Massenzusammenstellung des gesamten Gebäudes

Richtung: **WÄHLEN**
Y

geometrische Zuteilung anhand der in Schwingung versetzten Masse im betrachteten Bereich:

Wand Nr.	EG		OG1		OG2		OG3		OG4		OG5		DG		Gesamt		Σ	
	Wände [kN]	Decken ü. [kN]																
W 1	292,32	85,35	258,91	85,35	255,43	85,35	240,12	99,21	0,00	0,00	0,00	0,00	79,98	27,18	1126,76	382,42	1509,19	
W 2	292,32	65,56	258,91	65,56	255,43	65,56	240,12	76,21	0,00	0,00	0,00	0,00	79,98	20,88	1126,76	293,78	1420,55	
W 3	65,10	68,36	47,28	68,36	58,59	68,36	55,08	79,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,77	226,05	306,30	532,35	
W 4	65,10	77,81	47,28	77,81	58,59	77,81	55,08	90,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,78	226,05	348,65	574,71	
W 5	65,10	77,81	47,28	77,81	58,59	77,81	55,08	90,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,78	226,05	348,65	574,71	
W 6	55,99	71,94	49,59	71,94	44,83	71,94	42,14	83,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,91	192,54	322,34	514,88	
W 7	51,30	49,24	45,44	49,24	44,83	49,24	42,14	57,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,68	183,70	220,62	404,32	
W 8	140,66	53,91	124,58	53,91	122,91	53,91	115,54	62,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,17	503,69	241,58	745,27	
W 9	140,66	51,18	124,58	51,18	122,91	51,18	115,54	59,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,30	503,69	229,34	733,03	
W 10	95,98	53,57	49,59	53,57	50,63	53,57	47,59	62,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,06	243,79	240,03	483,82	
W 11	121,80	69,74	47,28	69,74	58,59	69,74	55,08	81,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,21	282,75	312,49	595,25	
Σ	1386,32	724,46	1100,73	724,46	1131,33	724,46	1063,51	842,13	0,00	0,00	0,00	0,00	159,96	230,72	4841,84	3246,23	8088,07	
	2110,78		1825,19		1855,79		1905,64		0,00	0,00	0,00	0,00	390,68					

Massenverteilung

- $m_0 = 0,00 \text{ [kNs}^2/\text{m]}$
- $m_1 = 0,00 \text{ [kNs}^2/\text{m]}$
- $m_2 = 1343,50 \text{ [kNs}^2/\text{m]}$
- $m_3 = 1880,71 \text{ [kNs}^2/\text{m]}$
- $m_4 = 1840,49 \text{ [kNs}^2/\text{m]}$
- $m_5 = 1967,98 \text{ [kNs}^2/\text{m]}$

Position 7: Tab. 6.0

Tabelle 6.0 ist entscheidend für die darauffolgenden Berechnungen. Hier werden einerseits die Baugrundklasse und die Referenzbodenbeschleunigung definiert, andererseits auch der betrachtete MODE. Weiters wird das Gesamtsystem in einen äquivalenten EMS transformiert. Die Eingabefelder sind orange hinterlegt und können mittels Dropdownmenü verändert werden.

gewählt: **MODE 1** Y-Richtung

Geschoss	MODE 1: Beschleunigungsverteilung		MODE 1: Verteilung von F _b		MODE 1: Transformation MMS auf EMS							
	m_i [kNs ² /m]	h_i [m]	ϕ_i [-]	$m_i^* = m \times \phi_i$ [kNs ² /m]	$m_i^* = m \times \phi_i^2$ [kNs ² /m]	F_i [kN]	$F_i \cdot h_i$ [kNm]	m^* [kNs ² /m]	Γ [-]	F_b [kN]	F^* [kN]	H_0 [m]
OG5	0,00											
OG4	0,00											
OG3	1343,50	15,04	1,00	1343,50	1343,50	4470,47	67235,94	4311,56	1,38	14346,66	10395,70	10,90
OG2	1880,71	11,59	0,77	1449,30	1116,85	4822,52	55893,04					
OG1	1840,49	7,92	0,53	969,19	510,37	3224,98	25541,82					
EG	1967,98	4,20	0,28	549,57	153,47	1828,69	7680,49					
Σ	7032,68			4311,56	3124,19	14346,66	156351,29					

Ermittlung der Gesamterdbebenkraft F_b

$m = 7032,68 \text{ [kNs}^2/\text{m]}$

$\lambda = 0,85 \text{ [-]}$

$f = 2,62 \text{ [Hz]}$

$T_1 = 0,38 \text{ [s]}$

$S_b(T_1) = 2,40 \text{ [m/s}^2\text{]}$

$F_b = 14346,66 \text{ [kN]}$

Abschätzung der Eigenfrequenz nach ÖNORM EN 1998-1:2004

$C_1 = 0,05 \text{ [-]}$

$H = 15,04 \text{ [m]}$

$T_1 = 0,382 \text{ [s]}$

Eingangsparameter ÖNORM EN 1998-1

Baugrundklasse: **B**

$\rho_g = 0,80 \text{ [m/s}^2\text{]}$

$S = 1,20 \text{ [m/s}^2\text{]}$

$\eta = 1,00 \text{ [-]}$

$T = 0,38 \text{ [s]}$

$T_B = 0,15 \text{ [s]}$

$T_C = 0,50 \text{ [s]}$

$T_D = 2,00 \text{ [s]}$

$T_E = 5,0 \text{ [s]}$

$T_F = 10,0 \text{ [s]}$

$2 * T_{c=} 1,00$

Antwortspektrum Typ 1 ÖNORM EN 1998-1

	S	T_B [s]	T_C [s]	T_D [s]	T_E [s]	T_F [s]
A	1,00	0,15	0,40	2,00	4,00	10,00
B	1,20	0,15	0,50	2,00	5,00	10,00
C	1,15	0,20	0,60	2,00	6,00	10,00
D	1,35	0,20	0,80	2,00	6,00	10,00
E	1,40	0,15	0,50	2,00	6,00	10,00

Position 8: Tab. 7.0

In Tabelle 7.0 wird der erste mögliche Versagensmechanismus „Biegung und Längskraft“ nach ÖNORM EN 1998-3:2013 Anhang C automatisch berechnet.

Einzelwand Biegung und Längskraft

Wand Nr.	f_{td}	$f_{td,0}$	$E_{t,d}$	$G_{t,d}$	$E_{t,d}$	$G_{t,d}$	$l_{0,d}$	t	A	I	$C_{F,d}$	f_d	$f_{d,0}$	V_d	$H_{d,0}$	H_d	N	V_t	$d_{v,d}$	d_y	k_{eff}	d_u	μ
	[N/mm ²]	[m]	[m]	[m ²]	[m ⁴]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[kN]	[m]	[m]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[kN/m]	[mm]	[-]					
W 1	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	12,00	0,30	3,60	43,20	1,00	4,63	0,00	0,07	15,04	10,90	1126,76	572,11	14,19	18,43	31042,4	109,27	5,93
W 2	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	12,00	0,30	3,60	43,20	1,00	4,63	0,00	0,07	15,04	10,90	1126,76	572,11	14,19	18,43	31042,4	109,27	5,93
W 3	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	4,85	0,15	0,73	1,43	1,00	4,63	0,00	0,07	15,04	10,90	226,05	46,42	20,98	31,40	1478,3	270,36	8,61
W 4	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	4,85	0,15	0,73	1,43	1,00	4,63	0,00	0,07	15,04	10,90	226,05	46,42	20,98	31,40	1478,3	270,36	8,61
W 5	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	4,85	0,15	0,73	1,43	1,00	4,63	0,00	0,07	15,04	10,90	226,05	46,42	20,98	31,40	1478,3	270,36	8,61
W 6	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	4,12	0,15	0,62	0,87	1,00	4,63	0,00	0,07	15,04	10,90	192,54	33,58	23,87	36,16	928,6	318,27	8,80
W 7	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	3,94	0,15	0,59	0,76	1,00	4,63	0,00	0,07	15,04	10,90	183,70	30,64	24,70	37,53	816,6	332,81	8,87
W 8	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	3,94	0,45	1,77	2,29	1,00	4,63	0,00	0,06	15,04	10,90	503,69	84,62	22,74	34,54	2449,7	332,81	9,63
W 9	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	3,94	0,45	1,77	2,29	1,00	4,63	0,00	0,06	15,04	10,90	503,69	84,62	22,74	34,54	2449,7	332,81	9,63
W 10	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	4,29	0,19	0,80	1,23	1,00	4,63	0,00	0,07	15,04	10,90	243,79	46,31	22,58	34,11	1299,1	306,01	8,97
W 11	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	4,85	0,19	0,91	1,78	1,00	4,63	0,00	0,07	15,04	10,90	282,75	58,06	21,00	31,42	1847,9	270,36	8,61
W 12	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	19,41	0,60	11,65	365,63	1,00	4,63	0,00	0,05	15,04	10,90	2430,15	2051,91	10,64	12,44	164953,6	67,56	5,43
W 13	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	19,41	0,60	11,65	365,63	1,00	4,63	0,00	0,05	15,04	10,90	4654,77	3733,55	19,37	22,63	164953,6	67,56	2,98
W 14	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	19,41	0,60	11,65	365,63	1,00	4,63	0,00	0,05	15,04	10,90	2632,44	2212,59	11,48	13,41	164953,6	67,56	5,04

Position 9: Tab. 8.0

In Tabelle 8.0 wird der zweite mögliche Versagensmechanismus „Schubbeanspruchte Bauteile“ nach ÖNORM EN 1998-3:2013 Anhang C automatisch berechnet. Die plastische Grenzkraft V_f bzw. F_y wird mithilfe eines Makros durch Klicken des Buttons iterativ über die überdrückte Länge l'_c ermittelt.

Einzelwand Schub

Wand Nr.	f_{td}	$f_{td,0}$	$E_{t,d}$	$G_{t,d}$	$E_{t,d}$	$G_{t,d}$	$l_{0,d}$	t	A	I	$C_{F,d}$	f_d	$f_{d,0}$	$H_{d,0}$	H_d	N_{Ed}	V_c	e	V_{Ed}	$f_{p,d}$	V'	Δ	V_f	$d_{v,d}$	d_y	k_{eff}	d_u	μ
	[N/mm ²]	[m]	[m]	[m ²]	[m ⁴]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[m]	[m]	[kN/m]	[N/mm ²]	[kN/m]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[kN/m]	[mm]	[-]					
W 1	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	12,00	0,30	3,60	43,20	1,00	4,63	0,00	15,04	10,90	1126,76	7,79	3,40	703,48	0,30	351,74	0,00	351,74	8,73	11,33	31042,4	60,16	5,31
W 2	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	12,00	0,30	3,60	43,20	1,00	4,63	0,00	15,04	10,90	1126,76	7,79	3,40	703,48	0,30	351,74	0,00	351,74	8,73	11,33	31042,4	60,16	5,31
W 3	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	4,85	0,15	0,73	1,43	1,00	4,63	0,00	15,04	10,90	226,05	1,71	1,86	77,01	0,30	38,50	0,00	38,50	17,41	26,04	1478,3	60,16	2,31
W 4	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	4,85	0,15	0,73	1,43	1,00	4,63	0,00	15,04	10,90	226,05	1,71	1,86	77,01	0,30	38,50	0,00	38,50	17,41	26,04	1478,3	60,16	2,31
W 5	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	4,85	0,15	0,73	1,43	1,00	4,63	0,00	15,04	10,90	226,05	1,71	1,86	77,01	0,30	38,50	0,00	38,50	17,41	26,04	1478,3	60,16	2,31
W 6	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	4,12	0,15	0,62	0,87	1,00	4,63	0,00	15,04	10,90	192,54	1,28	1,63	57,72	0,30	28,86	0,00	28,86	20,52	31,08	928,6	60,16	1,94
W 7	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	3,94	0,15	0,59	0,76	1,00	4,63	0,00	15,04	10,90	183,70	1,18	1,58	53,17	0,30	26,59	0,00	26,59	21,43	32,56	816,6	60,16	1,85
W 8	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	3,94	0,45	1,77	2,29	1,00	4,63	0,00	15,04	10,90	503,69	1,10	1,60	148,34	0,30	74,17	0,00	74,17	19,93	30,28	2449,7	60,16	1,99
W 9	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	3,94	0,45	1,77	2,29	1,00	4,63	0,00	15,04	10,90	503,69	1,10	1,60	148,34	0,30	74,17	0,00	74,17	19,93	30,28	2449,7	60,16	1,99
W 10	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	4,29	0,19	0,80	1,23	1,00	4,63	0,00	15,04	10,90	243,79	1,34	1,69	75,81	0,30	37,91	0,00	37,91	19,31	29,18	1299,1	60,16	2,06
W 11	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	4,85	0,19	0,91	1,78	1,00	4,63	0,00	15,04	10,90	282,75	1,71	1,86	96,31	0,30	48,15	0,00	48,15	17,41	26,06	1847,9	60,16	2,31
W 12	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	19,41	0,60	11,65	365,63	1,00	4,63	0,00	15,04	10,90	2430,15	13,15	5,32	2373,56	0,30	1186,78	0,00	1186,78	6,16	7,19	164953,6	60,16	8,36
W 13	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	19,41	0,60	11,65	365,63	1,00	4,63	0,00	15,04	10,90	4654,77	17,82	3,77	3216,59	0,30	1608,30	0,00	1608,30	8,34	9,75	164953,6	60,16	6,17
W 14	4,63	0,00	1537,38	614,95	768,69	307,48	19,41	0,60	11,65	365,63	1,00	4,63	0,00	15,04	10,90	2632,44	13,73	5,13	2477,98	0,30	1238,99	0,00	1238,99	6,43	7,51	164953,6	60,16	8,01

Position 10: Tab. 8.1

Die wesentlichen Daten aus den Tabellen 7.0 und 8.0 werden zusammengefasst und der maßgebende Versagensmodus ausgegeben.

maßgebender Versagensmodus der Wand

Wand Nr.	Biegung & Längskraft						Schub						maßgebender Modus						
	V_t	$d_{v,d}$	d_y	k_{eff}	d_u	μ	V_t	$d_{v,d}$	d_y	k_{eff}	d_u	μ	V_t	$d_{v,d}$	d_y	k_{eff}	d_u	μ	
	[kN]	[mm]	[mm]	[kN/m]	[mm]	[-]	[kN]	[mm]	[mm]	[kN/m]	[mm]	[-]	[kN]	[mm]	[mm]	[kN/m]	[mm]	[-]	
W 1	572,11	14,19	18,43	31042,4	109,27	5,93	351,74	8,73	11,33	31042,4	60,16	5,31	Schub	351,74	8,73	11,33	31042,4	60,16	5,31
W 2	572,11	14,19	18,43	31042,4	109,27	5,93	351,74	8,73	11,33	31042,4	60,16	5,31	Schub	351,74	8,73	11,33	31042,4	60,16	5,31
W 3	46,42	20,98	31,40	1478,3	270,36	8,61	38,50	17,41	26,04	1478,3	60,16	2,31	Schub	38,50	17,41	26,04	1478,3	60,16	2,31
W 4	46,42	20,98	31,40	1478,3	270,36	8,61	38,50	17,41	26,04	1478,3	60,16	2,31	Schub	38,50	17,41	26,04	1478,3	60,16	2,31
W 5	46,42	20,98	31,40	1478,3	270,36	8,61	38,50	17,41	26,04	1478,3	60,16	2,31	Schub	38,50	17,41	26,04	1478,3	60,16	2,31
W 6	33,58	23,87	36,16	928,6	318,27	8,80	28,86	20,52	31,08	928,6	60,16	1,94	Schub	28,86	20,52	31,08	928,6	60,16	1,94
W 7	30,64	24,70	37,53	816,6	332,81	8,87	26,59	21,43	32,56	816,6	60,16	1,85	Schub	26,59	21,43	32,56	816,6	60,16	1,85
W 8	84,62	22,74	34,54	2449,7	332,81	9,63	74,17	19,93	30,28	2449,7	60,16	1,99	Schub	74,17	19,93	30,28	2449,7	60,16	1,99
W 9	84,62	22,74	34,54	2449,7	332,81	9,63	74,17	19,93	30,28	2449,7	60,16	1,99	Schub	74,17	19,93	30,28	2449,7	60,16	1,99
W 10	44,31	22,58	34,11	1299,1	306,01	8,97	37,91	19,31	29,18	1299,1	60,16	2,06	Schub	37,91	19,31	29,18	1299,1	60,16	2,06
W 11	58,06	21,00	31,42	1847,9	270,36	8,61	48,15	17,41	26,06	1847,9	60,16	2,31	Schub	48,15	17,41	26,06	1847,9	60,16	2,31
W 12	2051,91	10,64	12,44	164953,6	67,56	5,43	1186,78	6,16	7,19	164953,6	60,16	8,36	Schub	1186,78	6,16	7,19	164953,6	60,16	8,36
W 13	3733,55	19,37	22,63	164953,6	67,56	2,													

Position 11: MODE_i

Diese Tabelle fasst die Massen und die Beschleunigungsverteilung der jeweiligen Wände zusammen.

Wand Nr.	Massen aus Lastabteilung							Referenzhöhen						Beschleunigungsverteilung der betrachteten Wandscheibe im MODE 1																				
	Massen							Höhe						Verschiebungsvektor				Masse des äquivalenten EMS: $m_i^* \cdot m_{eq}$								Masse des äquivalenten EMS: $m_i^* \cdot m_{eq}^2$								
	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	m_{ges}	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4	ϕ_5	m_1^*	m_2^*	m_3^*	m_4^*	m_5^*	m_6^*	m_{ges}^*	m_1^{**}	m_2^{**}	m_3^{**}	m_4^{**}	m_5^{**}	m_6^{**}	m_{ges}^{**}			
W 1	361,0	342,5	340,1	276,8	0,0	0,0	1320,4	4,2	7,9	11,6	15,0	0,0	0,0	0,28	0,53	0,77	1,00	0,00	0,00	100,8	180,4	262,0	276,8	0,0	0,0	820,0	28,1	95,0	201,9	276,8	0,0	0,0	601,9	
W 2	341,2	322,7	318,7	259,0	0,0	0,0	1241,6	4,2	7,9	11,6	15,0	0,0	0,0	0,28	0,53	0,77	1,00	0,00	0,00	95,3	170,0	245,6	259,0	0,0	0,0	769,8	26,6	89,5	189,2	259,0	0,0	0,0	564,4	
W 3	124,5	121,3	130,7	89,0	0,0	0,0	465,5	4,2	7,9	11,6	15,0	0,0	0,0	0,28	0,53	0,77	1,00	0,00	0,00	34,8	63,9	100,8	89,0	0,0	0,0	336,4	9,7	33,6	77,6	89,0	0,0	0,0	210,9	
W 4	134,0	130,7	141,0	97,5	0,0	0,0	503,3	4,2	7,9	11,6	15,0	0,0	0,0	0,28	0,53	0,77	1,00	0,00	0,00	37,4	68,9	108,6	97,5	0,0	0,0	312,4	10,4	36,3	83,7	97,5	0,0	0,0	228,0	
W 5	134,0	130,7	141,0	97,5	0,0	0,0	503,3	4,2	7,9	11,6	15,0	0,0	0,0	0,28	0,53	0,77	1,00	0,00	0,00	37,4	68,9	108,6	97,5	0,0	0,0	312,4	10,4	36,3	83,7	97,5	0,0	0,0	228,0	
W 6	124,7	119,1	121,3	85,8	0,0	0,0	450,9	4,2	7,9	11,6	15,0	0,0	0,0	0,28	0,53	0,77	1,00	0,00	0,00	34,8	62,7	93,4	85,8	0,0	0,0	276,8	9,7	33,0	73,0	85,8	0,0	0,0	200,9	
W 7	97,6	94,4	96,7	65,4	0,0	0,0	354,0	4,2	7,9	11,6	15,0	0,0	0,0	0,28	0,53	0,77	1,00	0,00	0,00	27,3	49,7	74,5	65,4	0,0	0,0	216,8	7,6	26,2	57,4	65,4	0,0	0,0	156,6	
W 8	185,5	177,7	177,5	106,3	0,0	0,0	640,0	4,2	7,9	11,6	15,0	0,0	0,0	0,28	0,53	0,77	1,00	0,00	0,00	52,1	93,6	136,8	106,3	0,0	0,0	380,7	14,5	49,3	105,4	106,3	0,0	0,0	275,9	
W 9	183,8	174,9	174,6	103,8	0,0	0,0	637,1	4,2	7,9	11,6	15,0	0,0	0,0	0,28	0,53	0,77	1,00	0,00	0,00	51,3	92,1	134,5	103,8	0,0	0,0	381,8	14,3	48,5	103,7	103,8	0,0	0,0	270,3	
W 10	126,4	103,7	107,0	72,0	0,0	0,0	409,0	4,2	7,9	11,6	15,0	0,0	0,0	0,28	0,53	0,77	1,00	0,00	0,00	35,3	54,6	82,5	72,0	0,0	0,0	244,3	9,9	28,7	63,6	72,0	0,0	0,0	174,2	
W 11	154,3	122,7	132,2	90,3	0,0	0,0	499,5	4,2	7,9	11,6	15,0	0,0	0,0	0,28	0,53	0,77	1,00	0,00	0,00	43,1	64,6	101,9	90,3	0,0	0,0	299,9	12,0	34,0	78,5	90,3	0,0	0,0	214,9	
W 12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	7,9	11,6	15,0	0,0	0,0	0,28	0,53	0,77	1,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
W 13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	7,9	11,6	15,0	0,0	0,0	0,28	0,53	0,77	1,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
W 14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	7,9	11,6	15,0	0,0	0,0	0,28	0,53	0,77	1,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σ	1968,0	1840,5	1880,7	1343,5	0,0	0,0	7032,7							0,28	0,53	0,77	1,00	0,00	0,00	549,6	969,2	1449,3	1343,5	0,0	0,0	4311,6	153,5	510,4	1116,8	1343,5	0,0	0,0	3124,2	

Position 12: Tab. 9.0

Tabelle 9.0 zeigt den maßgebenden Modus, die Transformation des MMS zu einem EMS und gibt die zugehörige Gesamterdbebenkraft für die Eigenperioden T^* des EMS an.

Wand Nr.	Massen			maßgebender Modus					Transformation auf EMS					Ermittlung der Gesamterdbebenkraft F_E für die Eigenperiode T^* des EMS												
	m_{mod}	m_{eq}^*	m_{eq}^{**}	V_i	d_{ni}	d_{ni}	f_{ni}	μ	Γ	F_{ni}	E_n^*	F_i^*	d_{ni}^*	d_{ni}^{**}	f^*	T^*	λ	$OSTSt_{T_i}$	$T_{iSTSt_{T_i}}$	$T_{iCTST_{T_i}}$	$T_{iSTST_{T_i}}$	$T_{iSTST_{T_i}}$	$TFST$	$S_d(T^*)$	F_E	
	[kNs²/m]	[kNs²/m]	[kNs²/m] x d_i^2	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]			[kN]	[Nmm]	[kN]	[mm]	[mm]	[Hz]	[s]		[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[m/s²]	[kN]	
W 1	1320,4	820,0	601,9	351,7	8,7	11,3	31042,4	60,2	5,3	1,36	19167,8	10326,1	258,2	44,2	8,3	1,0	1,0	1,0	0,00	0,00	1,18	0,00	0,00	0,00	1,2	1,6
W 2	1241,6	769,8	564,4	351,7	8,7	11,3	31042,4	60,2	5,3	1,36	19167,8	10301,8	257,9	44,1	8,3	1,0	1,0	0,9	0,00	0,00	1,21	0,00	0,00	0,00	1,2	1,3
W 3	465,6	288,4	210,0	38,5	17,4	26,0	1478,3	60,2	2,3	1,37	1814,9	962,2	28,0	43,8	19,0	0,4	2,8	1,0	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00	0,3	0,1
W 4	503,3	312,4	228,0	38,5	17,4	26,0	1478,3	60,2	2,3	1,37	1814,9	966,1	28,1	43,9	19,0	0,3	2,9	1,0	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,3	0,1
W 5	503,3	312,4	228,0	38,5	17,4	26,0	1478,3	60,2	2,3	1,37	1814,9	966,1	28,1	43,9	19,0	0,3	2,9	1,0	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,3	0,1
W 6	450,9	276,8	200,6	28,9	20,5	31,1	928,6	60,2	1,9	1,38	1287,8	676,1	20,9	43,6	22,5	0,3	3,4	1,0	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,2	0,1
W 7	354,0	216,8	156,6	26,6	21,4	32,6	816,6	60,2	1,8	1,38	1166,6	608,3	19,2	43,4	23,5	0,3	3,2	1,0	0,00	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,2	0,1
W 8	648,0	388,7	275,5	74,2	19,9	30,3	2449,7	60,2	2,0	1,41	3339,2	1677,4	52,6	42,6	21,5	0,4	2,5	1,0	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00	0,4	0,2
W 9	637,1	381,8	270,9	74,2	19,9	30,3	2449,7	60,2	2,0	1,41	3339,2	1674,1	52,5	42,6	21,4	0,4	2,5	1,0	0,00	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00	0,4	0,2
W 10	409,0	244,3	174,2	37,9	15,3	23,2	1299,1	60,2	2,1	1,40	1727,4	877,5	27,0	42,9	20,8	0,4	2,7	1,0	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,3	0,1
W 11	499,5	299,9	214,9	48,2	17,4	26,1	1847,9	60,2	2,3	1,40	2269,5	1165,1	34,5	43,1	18,7	0,4	2,5	1,0	0,00	0,00	0,00	0,37	0,00	0,00	0,4	0,2
W 12	0,0	0,0	0,0	1186,8	6,2	7,2	164953,6	60,2	8,4	0,00	67127,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,0	0,0
W 13	0,0	0,0	0,0	1608,3	8,3	9,7	164953,6	60,2	6,2	0,00	88914,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,0	0,0
W 14	0,0	0,0	0,0	1239,0	6,4	7,5	164953,6	60,2	8,0	0,00	69884,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,0	0,0

8.3 Ergebnisse

In den nachfolgend beschriebenen Tabellenblätter werden die rechnerischen Ergebnisse, wie beispielsweise α -Wert, plastische Grenzkraft oder Schwingungsdauer ausgegeben und grafische Darstellungen einer ausgewählten bzw. der maßgebenden Wand gezeigt.

Position 13: Tab. 10.0

Abschließend wird für die bereits definierte Zielverschiebung des EMS der Nachweis mittels Erfüllungsfaktor α in Abhängigkeit des Faktors k berechnet, der die zulässige Zielverschiebung laut ÖNORM EN 1998-1 zwischen 0 und 150% repräsentiert.

Grundsätzlich ist das Ergebnis von α rot hinterlegt, wenn der Wert die vorgegebene Marke 1,0 nicht erreicht oder überschreitet. Bei Gründerzeithäusern darf dieser Wert allerdings, wie bereits erwähnt, auch bei 0,25 liegen. Diesem Umstand wird hier allerdings nicht Rechnung getragen. Er ist individuell zu berücksichtigen.

Zudem lässt sich hier durch ein Dropdownmenü „Auswahl für grafische Darstellung“ eine beliebige Wand aus der Eingabe auswählen und in den nachfolgenden Tabellenblättern grafisch darstellen.

zul. Verformung des MMS

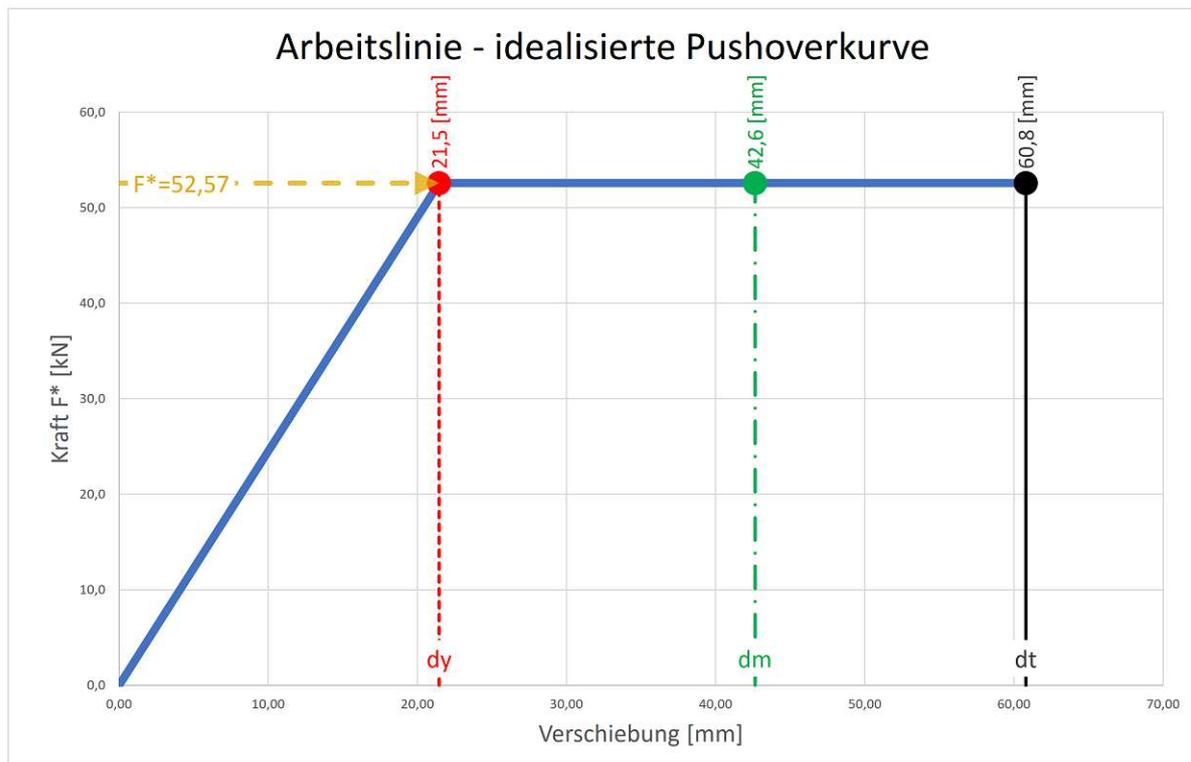
Wand Nr.	Bestimmung der Zielverschiebung am EMS											Nachweis der Zielverschiebung: MODE 1 Y-Richtung									
	$m_{ges,1}^*$ [kNs ² /m]	F_y^* [kN]	T^* [s]	T_c [s]	$S_y(T^*)$ [m/s ²]	q_u [-]	R_{μ} [-]	F_y^*/m^* [m/s ²]	d_{el}^* [mm]	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Γ [-]	d_1 [mm]	d_y [mm]	k [-]	k^*d_1 [mm]	d_u [mm]	Nachweis	α [-]	μ [-]
										$d_1^*=d_{el}^*$ [mm]	$d_1^*=...$ [mm]	$d_1^*=d_{el}^*$ [mm]									
W 1	820,04	258,17	1,02	0,50	1,18	3,73	3,73	0,31	31,04	x	x	31,04	1,36	42,29	11,33	1,5	63,44	60,16	1,05	0,95	3,73
W 2	769,82	257,86	0,99	0,50	1,21	3,62	3,62	0,33	30,08	x	x	30,08	1,36	41,02	11,33	1,5	61,54	60,16	1,02	0,98	3,62
W 3	288,45	28,04	2,78	0,50	0,31	3,21	3,21	0,10	60,79	x	x	60,79	1,37	83,49	26,04	1,5	125,24	60,16	2,08	0,48	3,21
W 4	312,44	28,09	2,89	0,50	0,29	3,20	3,20	0,09	60,79	x	x	60,79	1,37	83,32	26,04	1,5	124,98	60,16	2,08	0,48	3,20
W 5	312,44	28,09	2,89	0,50	0,29	3,20	3,20	0,09	60,79	x	x	60,79	1,37	83,32	26,04	1,5	124,98	60,16	2,08	0,48	3,20
W 6	276,81	20,91	3,43	0,50	0,20	2,70	2,70	0,08	60,79	x	x	60,79	1,38	83,90	31,08	1,5	125,85	60,16	2,09	0,48	2,70
W 7	216,84	19,20	3,24	0,50	0,23	2,59	2,59	0,09	60,79	x	x	60,79	1,38	84,19	32,56	1,5	126,29	60,16	2,10	0,48	2,59
W 8	388,72	52,57	2,50	0,50	0,38	2,83	2,83	0,14	60,79	x	x	60,79	1,41	85,77	30,28	1,5	128,66	60,16	2,14	0,47	2,83
W 9	381,78	52,52	2,48	0,50	0,39	2,84	2,84	0,14	60,79	x	x	60,79	1,41	85,86	30,28	1,5	128,79	60,16	2,14	0,47	2,84
W 10	244,35	27,02	2,73	0,50	0,32	2,92	2,92	0,11	60,79	x	x	60,79	1,40	85,30	29,18	1,5	127,94	60,16	2,13	0,47	2,92
W 11	299,87	34,50	2,53	0,50	0,37	3,26	3,26	0,12	60,79	x	x	60,79	1,40	84,85	26,06	1,5	127,27	60,16	2,12	0,47	3,26

W 8 Auswahl für grafische Darstellung

Die nachfolgend abgebildeten Tabellenblätter sind grafische Darstellungen der ermittelten Ergebnisse und der in Tab. 10.0 zuvor individuell ausgewählten Wand.

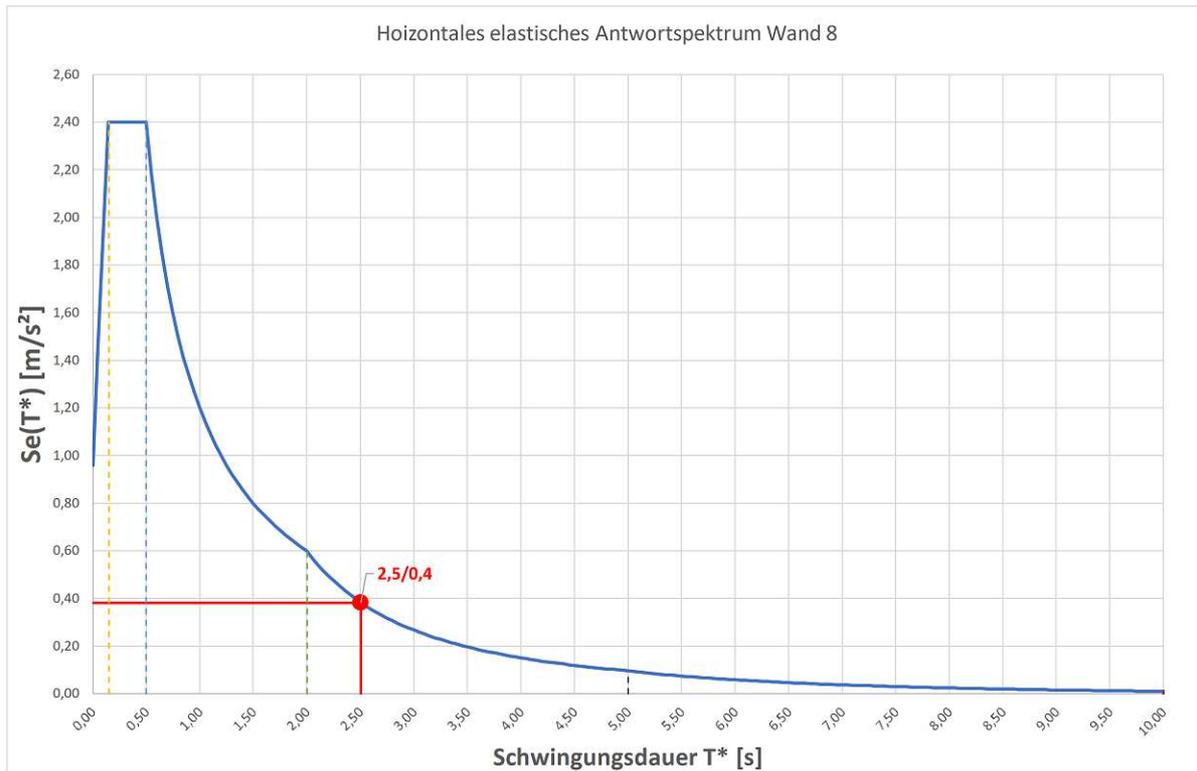
Position 14: W_i_Verschiebung

Die idealisierte Pushover-Kurve der in Tabelle 10.0 gewählten Wand wird mittels Kraft-Verschiebungsdiagramm, wie in ÖNORM EN 1998-1:2013 Anhang B angegeben, dargestellt.



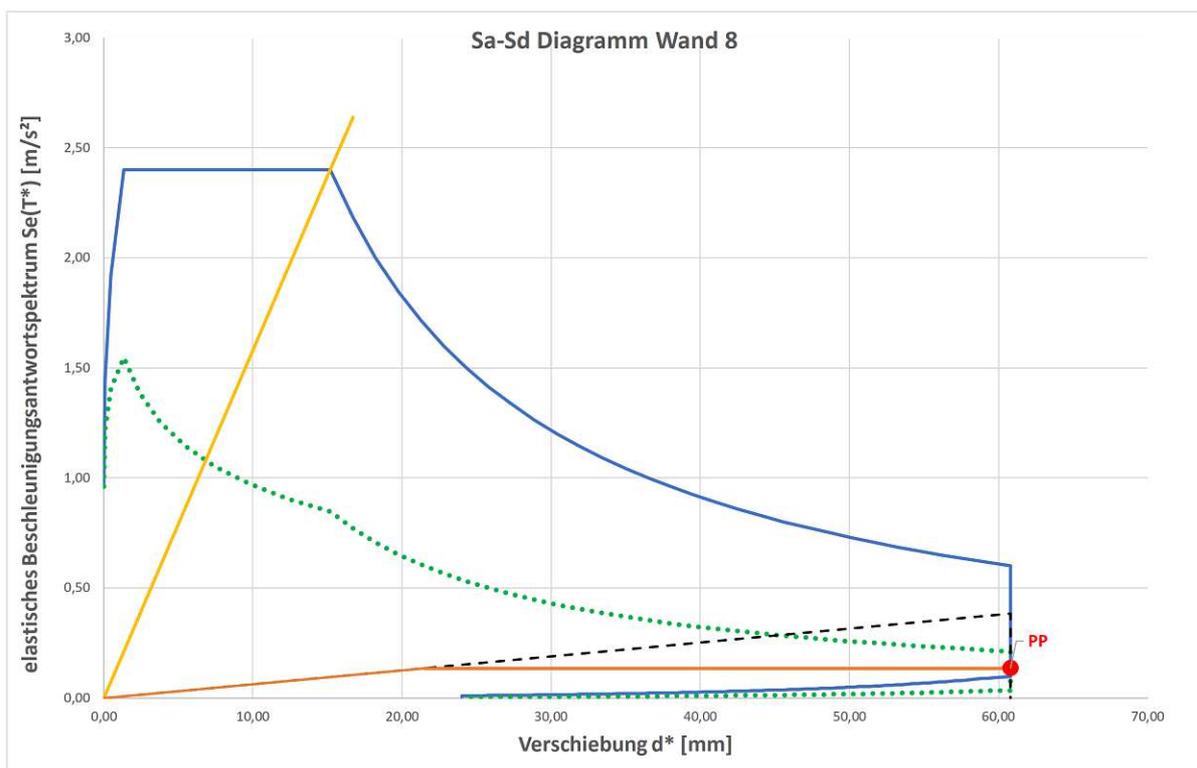
Position 15: W_i_AWS

Für die ausgewählte Wand wird der äquivalente EMS im elastischen Antwortspektrum dargestellt.



Position 16: W_i_AWS Kontrolle

Das letzte Diagramm bzw. Tabellenblatt des Tools stellt die grafische Kontrolle der Zielverschiebung und des Performance Points (PP) dar. Das Diagramm wurde bereits in Kapitel 6 erklärt.



9 Statistische Studie von Bestandsgebäuden und sich daraus ableitende Schubtafeln

Das Ziel dieser Arbeit ist es, eine grafische Darstellung des Erfüllungsfaktors α für Zwischenwände in Form von Schubtafeln aufzubereiten. Diese Tafeln sollen allgemeine Gültigkeit erlangen, indem maßgebende Parameter untersucht werden. Die Untersuchungen betreffen unter anderem Mauerwerkskennwerte, Geschossanzahl, Wandlängen, Einflussflächen und Baugrundklassen und werden nachfolgend in Form von Parameterstudien analysiert. Grundlage für die Mauerwerkskennwerte sind vorliegende Gutachten zu Stein- und Mörteldruckfestigkeit. Geschosszahl und Wandlängen lassen sich aus den ausgehobenen Konsensplänen aus dem Archiv der Magistratsabteilung 37 ersehen. Oft wird auch heute noch im Zuge einer Einreich- bzw. Vorstatik der allgemein gültige Bemessungsansatz der Kammer der ZiviltechnikerInnen [37] verwendet. Grund dafür ist der simple Ablauf der Berechnung, der jedoch auf jede einzelne Wand angewandt werden muss. Diese Vorgangsweise ist zeitintensiv und fehleranfällig. Wie bereits in Kapitel 8 genau dargelegt, basieren die in dieser Arbeit erstellten Schubtafeln auf den Erläuterungen der Kammer der ZiviltechnikerInnen, bilden aber eine Weiterentwicklung dieser und sollen eine Hilfestellung zur Grobabschätzung des Erfüllungsfaktors im Lastfall Erdbeben für Zwischenwände im Gründerzeithaus geben. Auch für den Fall, dass Zwischenwände entfernt und durch einen Stahlrahmen ersetzt werden sollen, kann mithilfe dieser Schubtafeln der α -Wert der Wand vorabgeschätzt werden.

Die gesammelten Daten wurden unter Zuhilfenahme einer selbst erstellten Excel-Bemessungstabelle (siehe Kapitel 8) ausgewertet und aufbereitet. Dafür wurde zudem jedes Gebäude mit der für Wien zutreffenden Baugrundklasse einmal analysiert. Nachdem alle Gebäude erfasst wurden, konnte die Auswertung erfolgen. Hier lag der Fokus auf den maßgebenden Faktoren, die den Erfüllungsfaktor beeinträchtigen.

Für die Auswertung der Studie ist insbesondere der statistische Aspekt der Normalverteilung von Interesse, um allgemein gültige Aussagen treffen zu können. Die Normalverteilung besagt, dass rund zwei Drittel der Messwerte in der näheren Umgebung des Mittelwerts liegen. In dieser Arbeit wurde auf die 5%-Quantil geprüft, was bedeutet, dass lediglich 5% der zu erwartenden Werte nicht dem Mittel folgen. Die Überprüfung kann sowohl analytisch als auch grafisch erfolgen, wobei sich bei der analytischen Methode das Problem ergibt, dass bei einer geringeren Anzahl an Stichproben der p-Wert (Signifikanzwert) größer als 0,05 sein kann, wodurch die Normalverteilung anschließend nicht gegeben wäre. Deshalb wird immer häufiger die grafische Interpretation gewählt, die durch den Q-Q Plot (Quantil-Quantil Diagramm) erfolgen kann oder durch ein Histogramm, über das eine Normalverteilungskurve gelegt wird. [40] Im Folgenden wird für die grafische Aufbereitung der Tafeln auch eine grafische Untersuchung der Normalverteilung gewählt.

Die im Anschluss durchgeführte Parameterstudie wird unter Betrachtung des bereits in Kapitel 8 erwähnten Musterhauses durchgeführt. Nachfolgend werden zuerst die Auswertungen der Ergebnisse vorgenommen und anschließend die sich daraus ergebenden Schubtafeln erklärt.

9.1 Parameterstudie - Mauerwerkskennwerte

Für Mauerwerksbauten sind im Allgemeinen die Kennwerte der Stein- und Mörteldruckfestigkeit von Bedeutung. Im Zuge von Dachgeschossausbauten oder Umbauten

an Mauerwerksgebäuden sind Prüfverfahren, worauf in Kapitel 5.2 hingewiesen wurde, erforderlich. Die Erkenntnisse der Mauerwerksprüfungen werden in Form eines Mauerwerksgutachten an den Auftraggeber übermittelt. Welchen Einfluss die Kennwerte auf das dynamische Verhalten einzelner Wände bzw. auf den Erfüllungsfaktor des Gebäudes aufweisen, wird im Nachfolgenden überprüft. Dazu wird im ersten Schritt ermittelt, ob die Werte der Stein- und Mörteldruckfestigkeit aus den Gutachten mit bekannten Werten aus der Literatur [6] annähernd übereinstimmen. Dies ist vor allem deswegen wichtig, weil die Eingangsparameter der Mauerwerkskennwerte in der Praxis variieren. Da die Schubtafeln aber eine allgemeine Gültigkeit aufweisen und eine Grobabschätzung darstellen sollen, müssen die vorliegenden Gutachten daher auf Normalverteilung geprüft und um einen Median aufgebaut werden.

9.1.1 Steindruckfestigkeit $f_{b,k}$ der untersuchten Gebäude

Die Streuung für die Mauerwerkskennwerte wurde bereits in Kapitel 3.2 erwähnt. Aus den untersuchten Gebäuden lassen sich anhand durchgeführter Mauerwerksgutachten die Werte für Mörtel und Ziegel gut vergleichen.

Die Untersuchung beschäftigt sich mit den Kennwerten der Steindruckfestigkeit $f_{b,k}$. Bereits in Kapitel 3.2.3 wurde im Zusammenhang mit dem SEISMID Projekt [6] auf bekannte Kennwerte für die Druckfestigkeit verwiesen. Um eine allgemein gültige Aussage treffen zu können, wurden die Werte auf Normalverteilung geprüft unter Zuhilfenahme der grafischen Varianten eines Q-Q Plots (Abb. 32) und eines Histogramms (Abb. 33).

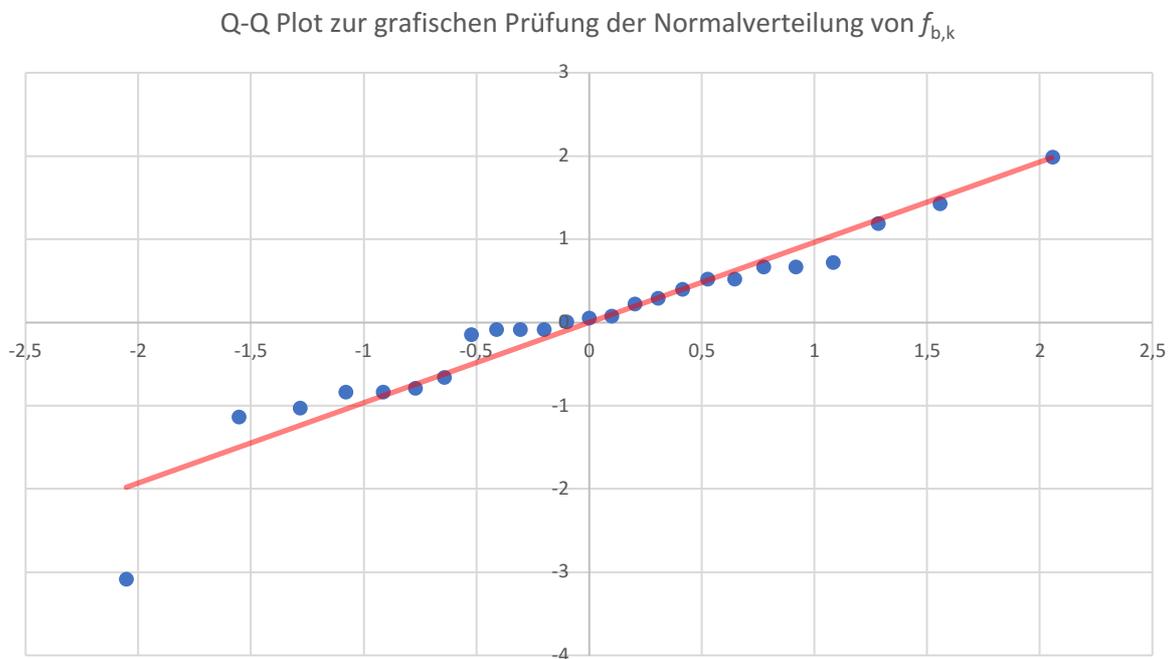


Abb. 32 Grafische Prüfung der Normalverteilung für $f_{b,k}$ (Q-Q Plot)

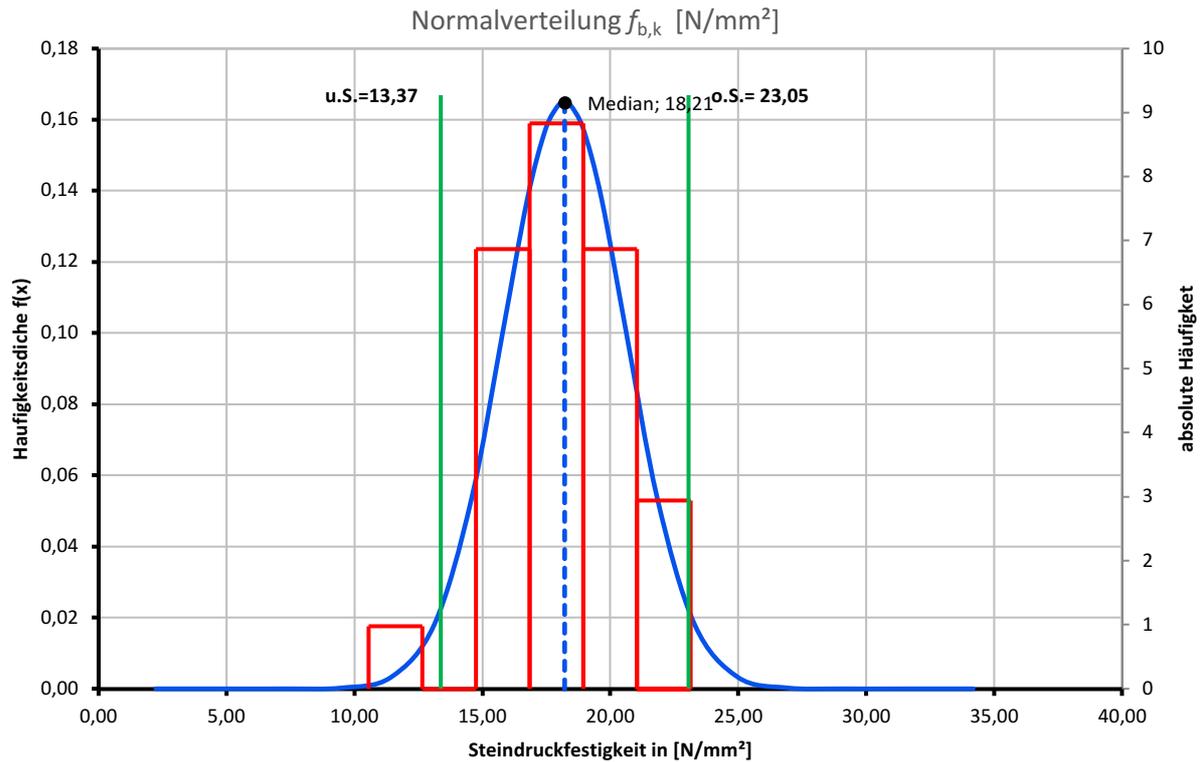


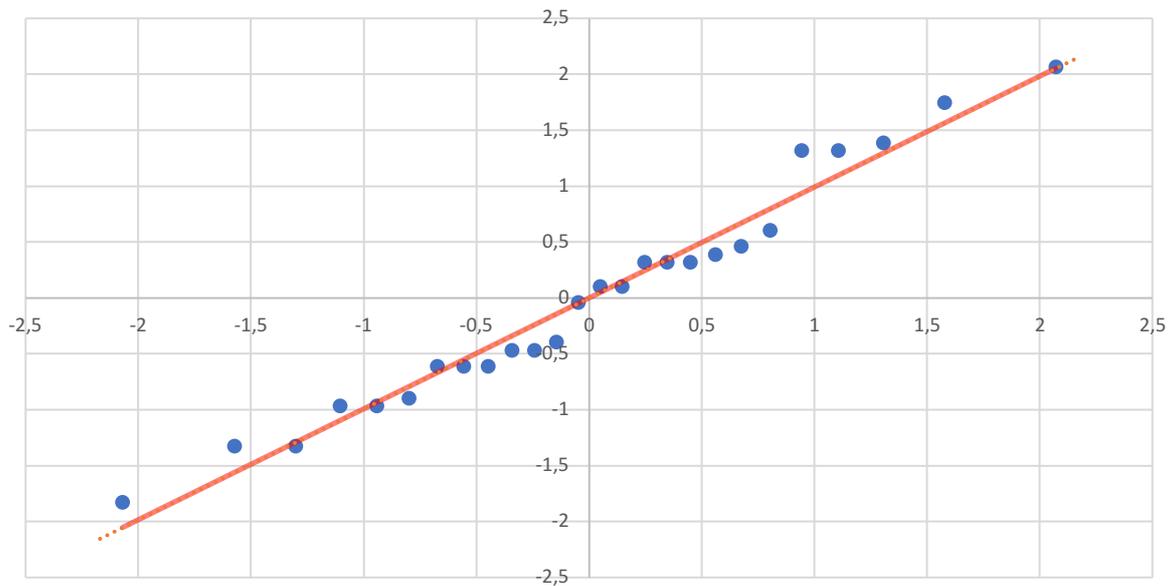
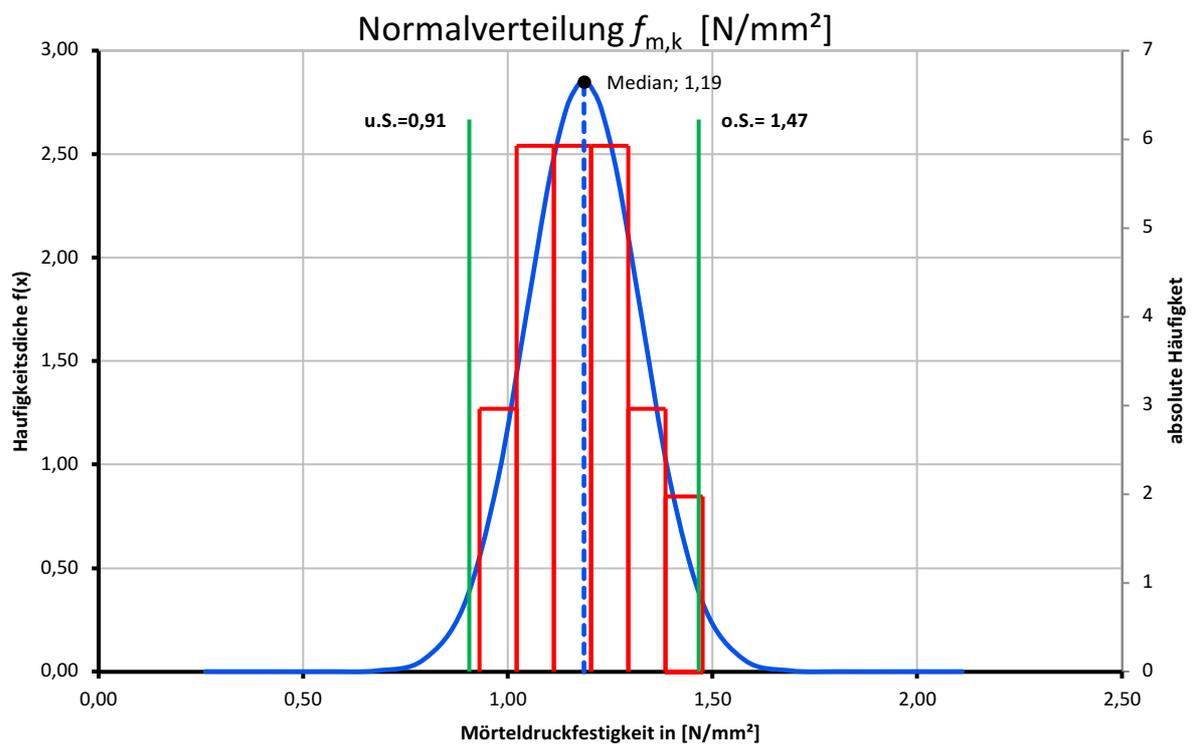
Abb. 33 Grafische Prüfung der Normalverteilung für $f_{b,k}$ (Histogramm)

Der dargestellte Q-Q Plot (Abb. 32) zeigt, dass sich die Kennwerte der Steindruckfestigkeit um die lineare Funktion des Medians einfinden. Durch das in Abbildung Abb. 33 dargestellte und mit einer Glockenkurve überlagerte Histogramm, lässt sich zeigen, dass die gemessenen Werte an den untersuchten Gebäuden im Bereich der 95% Quantil liegen. Die ermittelten Schranken liegen somit bei 13,37 N/mm² für die untere Schranke und bei 23,05 N/mm² für die obere Schranke.

Die Kennwerte der Steindruckfestigkeit der untersuchten Gebäude decken sich annähernd genau mit den bereits festgestellten Untersuchungsergebnissen aus [6] (vergleiche Tabelle 1 in Kapitel 3.2.3).

9.1.2 Mörteldruckfestigkeit f_m der untersuchten Gebäude

Als nächstes wurde die Mörteldruckfestigkeit f_m untersucht. Auch hier sind bereits aus dem SEISMID Projekt [6] die Druckfestigkeiten für den damals verwendeten Kalkzementmörtel bekannt. Die Mörteldruckfestigkeiten aus den Gutachten wurden ebenso auf Normalverteilung geprüft. Das verwendete Verfahren zur Überprüfung auf Normalverteilung ist analog zu dem bereits in Punkt 9.1.2 verwendeten Verfahren. Die bereits bekannten Werten aus dem SEISMID Projekt [6] wurden als Referenzkennwerte mit vorliegenden Mauerwerksgutachten verglichen und es wurde festgestellt, dass sich die Ergebnisse in der Nähe dieser Referenzwerte befinden. Nachstehende Abbildung (Abb. 34) zeigt einen Q-Q Plot und Abb. 35 ein Histogramm mit der oberen und unteren Schranke.

Q-Q Plot zur grafischen Prüfung der Normalverteilung von $f_{m,k}$ Abb. 34 Grafische Prüfung der Normalverteilung für $f_{m,k}$ (Q-Q Plat)Abb. 35 Grafische Prüfung der Normalverteilung für $f_{m,k}$ (Histogramm)

Auch hier kann wieder gezeigt werden, dass die Kennwerte der Mörteldruckfestigkeit der 95% Quantil folgen. Wie aus der Abbildung (Abb. 35) ersichtlich, kann für die Mörteldruckfestigkeit eine untere Schranke von 0,91 N/mm² und eine obere Schranke von 1,47 N/mm² angenommen werden.

Die Kennwerte der Mörteldruckfestigkeit der untersuchten Gebäude decken sich annähernd mit den bereits festgestellten Untersuchungsergebnissen aus [6] (vergleiche Kapitel 3.2.4).

Mithilfe der ermittelten Schranken wird nun im folgenden Kapitel der Einfluss der Mauerwerkskennwerte auf den Erfüllungsfaktor α an einem realen Mustergebäude untersucht.

9.1.3 Einfluss der Kennwerte $f_{b,k}$ und $f_{m,k}$ auf den Erfüllungsfaktor α

Für die Untersuchung des Einflussfaktors α werden nun an dem realen Mustergebäude (vier Geschosse und Baugrundklasse B) aus Kapitel 8 die ermittelten Schranken der Mauerwerkskennwerte variiert. Ebenso wird der Mittelwert angesetzt. Die Variation erfolgt in fünf Schritten, die nachstehender Tabelle (Tabelle 8) entnommen werden kann.

Variation	Schranke $f_{b,k}$ [N/mm ²]	Schranke $f_{m,k}$ [N/mm ²]
1	23,05	1,47
2	13,37	0,91
3	23,05	0,91
4	13,37	1,47
5	18,21	1,19

Tabelle 8 Schranken für Materialkennwerte

Die Ergebnisse wurden unter Zuhilfenahme des Tools in Kapitel 8 in einer neuen Tabelle zusammengefasst. Nachstehende Tabelle (Tabelle 9) zeigt den Einfluss der Materialkennwerte auf den Erfüllungsfaktor α .

Typ	obere Schranke				untere Schranke				fb oben / fm unten				fb unten / fm oben				Mittelwert			
	$f_{b,k}$ [N/mm ²]	$f_{m,k}$ [N/mm ²]	α_x [-]	α_y [-]	$f_{b,k}$ [N/mm ²]	$f_{m,k}$ [N/mm ²]	α_x [-]	α_y [-]	$f_{b,k}$ [N/mm ²]	$f_{m,k}$ [N/mm ²]	α_x [-]	α_y [-]	$f_{b,k}$ [N/mm ²]	$f_{m,k}$ [N/mm ²]	α_x [-]	α_y [-]	$f_{b,k}$ [N/mm ²]	$f_{m,k}$ [N/mm ²]	α_x [-]	α_y [-]
Giebelwand	23,05	1,47	1,05		13,37	0,91	0,83		23,05	0,91	0,99		13,37	1,47	0,88		18,21	1,19	0,95	
Giebelwand	23,05	1,47	1,08		13,37	0,91	0,86		23,05	0,91	1,02		13,37	1,47	0,91		18,21	1,19	0,98	
Zwischenwand	23,05	1,47	0,48		13,37	0,91	0,48		23,05	0,91	0,48		13,37	1,47	0,48		18,21	1,19	0,48	
Zwischenwand	23,05	1,47	0,48		13,37	0,91	0,48		23,05	0,91	0,48		13,37	1,47	0,48		18,21	1,19	0,48	
Zwischenwand	23,05	1,47	0,48		13,37	0,91	0,48		23,05	0,91	0,48		13,37	1,47	0,48		18,21	1,19	0,48	
Zwischenwand	23,05	1,47	0,48		13,37	0,91	0,48		23,05	0,91	0,48		13,37	1,47	0,48		18,21	1,19	0,48	
Zwischenwand	23,05	1,47	0,48		13,37	0,91	0,48		23,05	0,91	0,48		13,37	1,47	0,48		18,21	1,19	0,48	
Stiegenhauswand	23,05	1,47	0,47		13,37	0,91	0,47		23,05	0,91	0,47		13,37	1,47	0,47		18,21	1,19	0,47	
Stiegenhauswand	23,05	1,47	0,47		13,37	0,91	0,47		23,05	0,91	0,47		13,37	1,47	0,47		18,21	1,19	0,47	
Zwischenwand	23,05	1,47	0,47		13,37	0,91	0,47		23,05	0,91	0,47		13,37	1,47	0,47		18,21	1,19	0,47	
Zwischenwand	23,05	1,47	0,47		13,37	0,91	0,47		23,05	0,91	0,47		13,37	1,47	0,47		18,21	1,19	0,47	
Außenmauer	23,05	1,47	1,85		13,37	0,91	1,46		23,05	0,91	1,74		13,37	1,47	1,55		18,21	1,19	1,67	
Mittelmauer	23,05	1,47	1,34		13,37	0,91	1,06		23,05	0,91	1,26		13,37	1,47	1,12		18,21	1,19	1,21	
Außenmauer	23,05	1,47	1,81		13,37	0,91	1,43		23,05	0,91	1,70		13,37	1,47	1,51		18,21	1,19	1,63	

Tabelle 9 Gegenüberstellung der Ergebnisse bei Variation der Schranken

Wie sich erkennen lässt, variiert der Erfüllungsfaktor durch Variation der Materialparameter ($f_{b,k}$ und $f_{m,k}$) für Zwischenwände nicht. Nur bei lastabtragenden Außen- und Mittelmauern sowie massiven Feuermauern variiert der Erfüllungsfaktor. An dieser Stelle soll noch einmal darauf hingewiesen werden, dass die Analyse nur für Zwischenwände mit einer Stärke von 15,0 cm durchgeführt wird.

Aus der durchgeführten Parameterstudie lässt sich schließen, dass Mauerwerkskennwerte für die Zwischenwände bei dem zugrundeliegenden Ansatz der Pushover-Analyse keine Auswirkung zeigen.

9.2 Parameterstudie – Gebäudegeometrie und Baugrundklasse

In weiterer Folge wird der Einfluss der Geschosszahl untersucht. Hier wird aufgezeigt, wie sich der Erfüllungsfaktor α in Abhängigkeit der Geschosszahl ändert. Dafür müssen wiederum die Gebäudehöhen zuerst auf Normalverteilung untersucht werden, um eine allgemein gültige Aussage treffen zu können. Wie auch schon zuvor bei der Untersuchung der Materialparameter lässt sich dies mithilfe eines Histogramms und Überlagerung durch die Gauß'sche Glockenkurve darstellen. Dazu wurden die Gebäudehöhen und anschließend die Einflussflächen auf Zwischenwände untersucht. Mit den Ergebnissen und den sich daraus ergebenden Schranken dieser Parameterstudien wird im Anschluss der Erfüllungsfaktor innerhalb der Schranken untersucht.

9.2.1 Auswertung der Gebäudehöhe

Die Auswertung der Gebäudehöhe (siehe nachstehende Abbildungen: Abb. 36, Abb. 37, Abb. 38, Abb. 39, Abb. 40, Abb. 41) soll nun dahingehend geprüft werden, ob auch hier Normalverteilung vorliegt. Zwar war die Raumhöhe und somit auch die Gebäudehöhe laut Bauordnung im Grund genommen definiert (siehe dazu Kapitel 3), dennoch lässt sich aus den untersuchten Objekten feststellen, dass diese nicht immer eingehalten wurden. Gebäude- bzw. Raumhöhen lassen sich den vorliegenden Konsensplänen entnehmen. Die untersuchten Wohnhäuser decken die wesentlichen Gebäudehöhen süd-westlich der Donau ab, und zwar drei-, vier- und fünfgeschossige Gebäude. Die Geschosszahl beinhaltet alle oberirdischen Geschosse – der Dachraum zählt im Originalzustand nicht als Wohnraum und somit auch nicht als Geschoss.

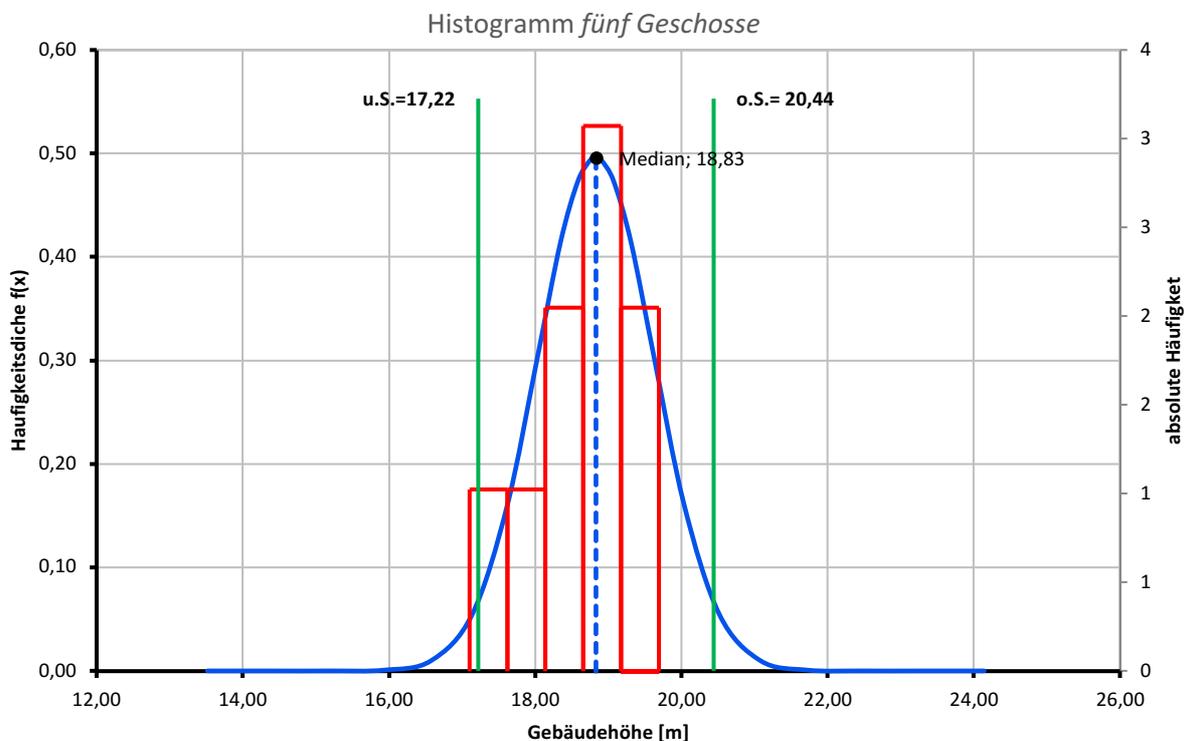
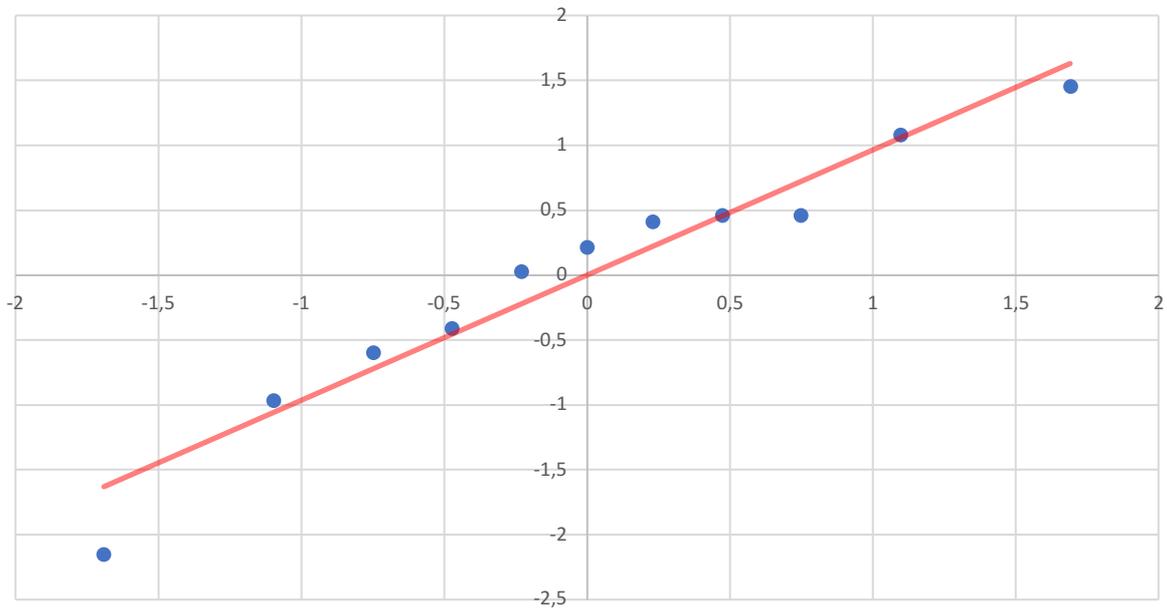
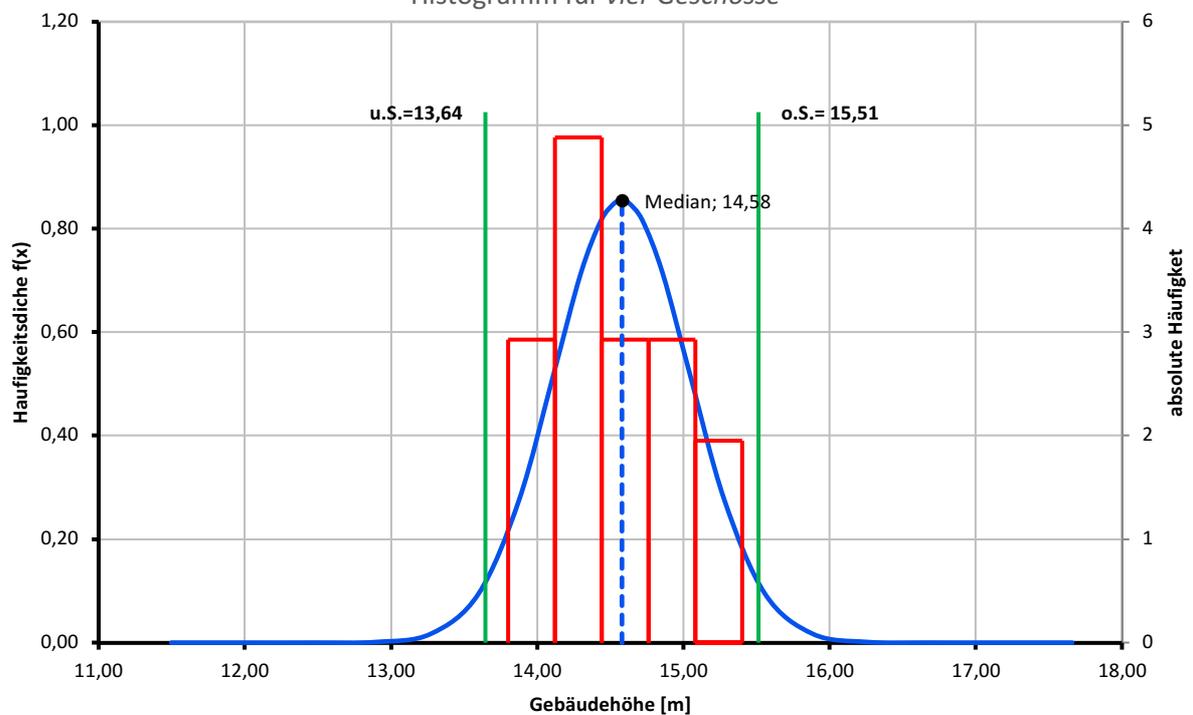


Abb. 36 Grafische Prüfung der Normalverteilung für fünf Geschosse (Histogramm)

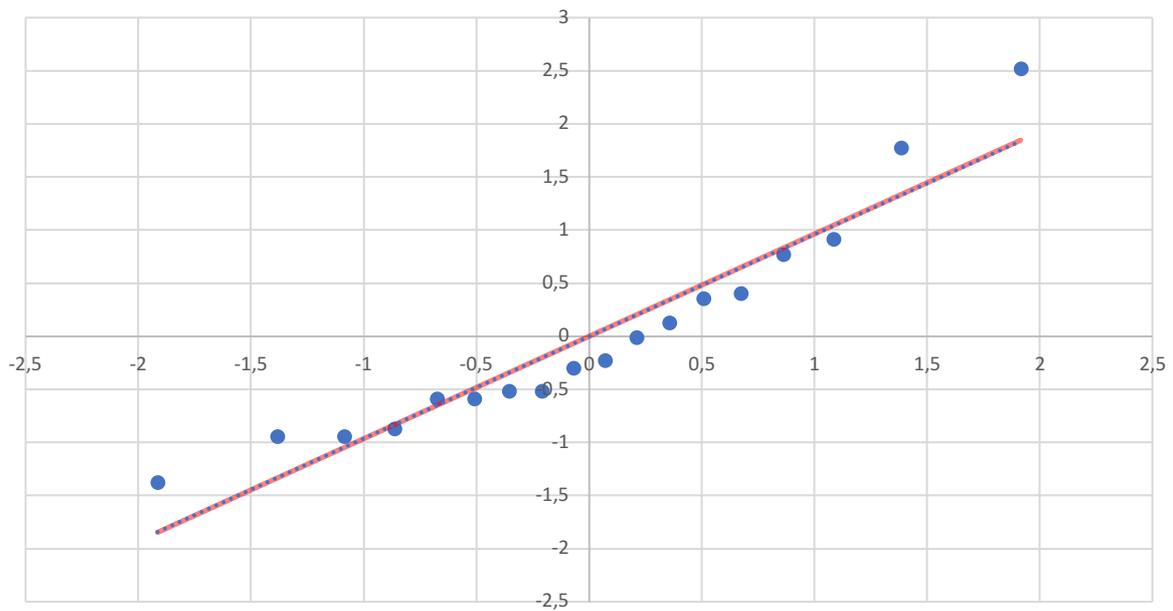
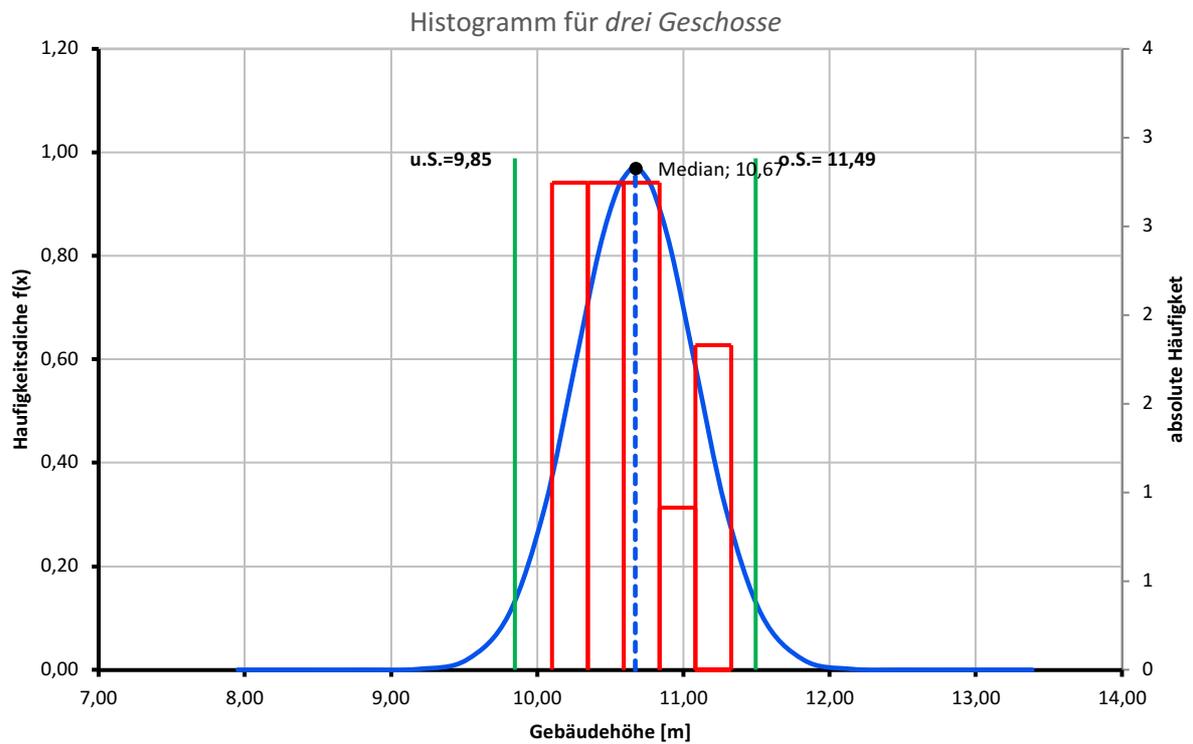
Q-Q Plot zur grafischen Prüfung der Normalverteilung bei fünf Geschossen

**Abb. 37** Grafische Prüfung der Normalverteilung für fünf Geschosse (Q-Q Plot)

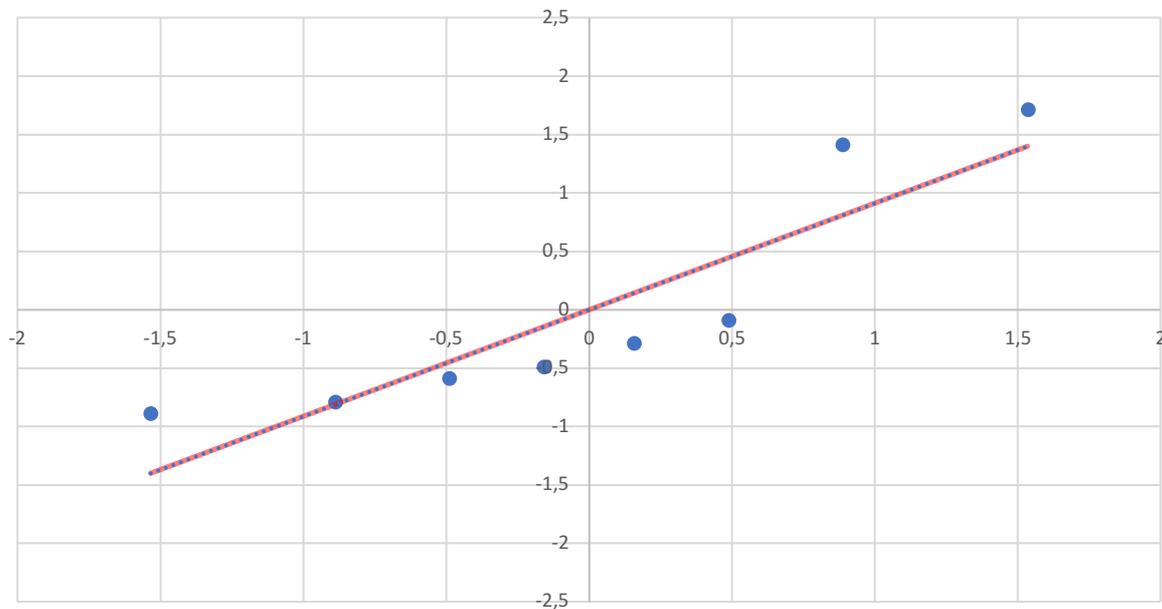
Histogramm für vier Geschosse

**Abb. 38** Grafische Prüfung der Normalverteilung für vier Geschosse (Histogramm)

Q-Q Plot zur grafischen Prüfung der Normalverteilung bei vier Geschossen

**Abb. 39** Grafische Prüfung der Normalverteilung für vier Geschosse (Q-Q Plot)**Abb. 40** Grafische Prüfung der Normalverteilung für drei Geschosse (Histogramm)

Q-Q Plot zur grafischen Prüfung der Normalverteilung bei drei Geschossen

**Abb. 41** Grafische Prüfung der Normalverteilung für drei Geschosse (Q-Q Plot)

Den Abbildungen (Abb. 36, Abb. 37, Abb. 38, Abb. 39, Abb. 40, Abb. 41) lässt sich entnehmen, dass bei den Gebäudehöhen Normalverteilung vorliegt und sich die untersuchten Objekte innerhalb der Schranken der 5%-Quantil befinden. Mit dieser Erkenntnis können die Untersuchungen des Erfüllungsfaktors α in Abhängigkeit der Geschosszahl durchgeführt werden.

9.2.2 Lasteinflussfläche auf Zwischenwände

Da bei schubweichen Deckensystemen die Masse, die auf den EMS bzw. die einzelne Wandscheibe entfällt, in Abhängigkeit der Lasteinflussflächen ermittelt wird [9], werden die Schranken der Lasteinflussflächen ermittelt. Ziel der Untersuchung ist es, zu ermitteln, ob hier eine Regelmäßigkeit zu erkennen ist und für welchen Einflussbereich die Schubtafeln Gültigkeit erlangen sollen. Hier wurden wiederum die grafischen Methoden (Abb. 42, Abb. 43) zur Prüfung der Normalverteilung verwendet.

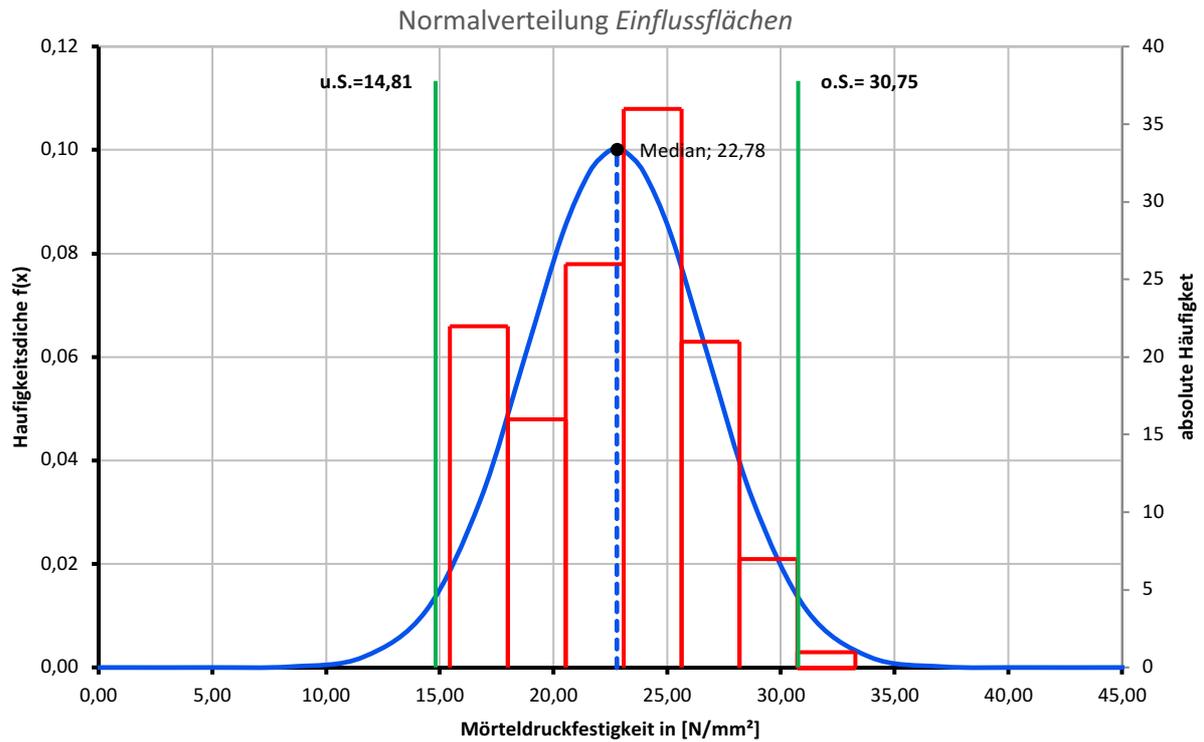


Abb. 42 Grafische Prüfung der Normalverteilung von Einflussflächen (Histogramm)

Q-Q Plot zur grafischen Prüfung der Normalverteilung der Einflussflächen auf Zwischenwände

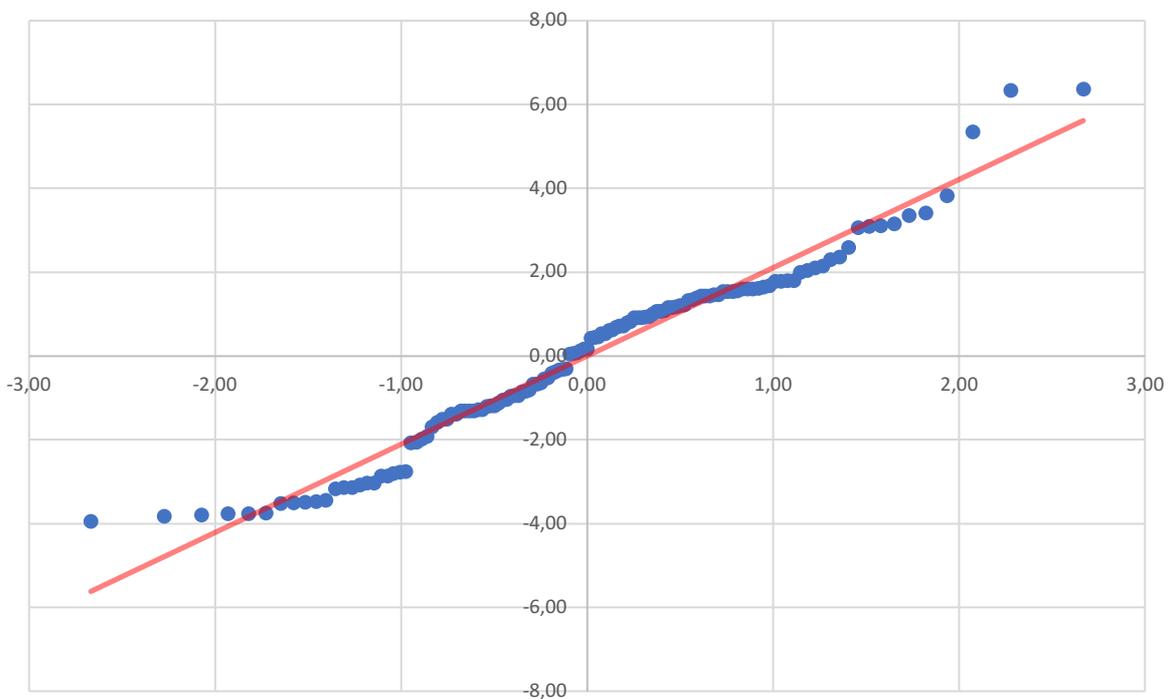


Abb. 43 Grafische Prüfung der Normalverteilung von Einflussflächen (Q-Q Plot)

Aus den Abbildungen (Abb. 42, Abb. 43) lässt sich gut erkennen, dass die Einflussflächen der Wände sehr ähnlich sind und sich stark um den Mittelwert herum sammeln. Auch kann, wie schon bei den Mauerwerkskennwerten, eine obere und untere Schranke definiert werden. Die obere Schranke kann mit 30 m^2 und die untere Schranke mit 15 m^2 definiert werden. Diese Schranken finden ebenso Einzug in die Schubtafeln.

9.2.3 Analyse des Erfüllungsfaktors in Abhängigkeit von Gebäudehöhe, Einflussflächen, Wandlängen und Baugrundklassen

Durch die bereits durchgeführte Studie der Gebäudehöhen kann darauf geschlossen werden, dass sich der Erfüllungsfaktor auch in Abhängigkeit der Gebäudehöhe einstellen wird. Diese Überlegung lässt sich unter anderem durch die in Kapitel 7.4 angeführten Schritte und die Höhe des Momentennullpunkts H_0 am EMS anstellen.

Ein weiteres Kriterium ist die Auflast (Normalkraft), die auf die jeweilige Wandscheibe wirkt. Wie bereits in Kapitel 3.6 erwähnt, erfahren Zwischenwände nur aufgrund ihres Eigengewichts Belastung. Das führt zur Hypothese, dass auch die Wandlänge eine Rolle spielt, da mit zunehmender Länge das Eigenwicht steigt und folglich auch der Reibungswiderstand in der Lagerfuge. Die Wandlänge wird in nachfolgenden Diagrammen (Abb. 44, Abb. 45, Abb. 46) als Laufvariable entlang der X-Achse geführt. Ihren Einfluss und die Bedeutung in Abhängigkeit der Geschosshöhe wird im darauffolgenden Kapitel 9.2.4 diskutiert.

Schlussendlich wird noch die Baugrundklasse in die Analyse miteinbezogen. In Kapitel 5.1.1 wurden die Baugrundklassen bereits erläutert und ebenso ihre Auswirkung auf Bauwerke. Die nachfolgenden Diagramme (Abb. 44, Abb. 45, Abb. 46) beruhen auf den Berechnungsansätzen, dass in Wien hauptsächlich die Baugrundklassen B, C und D zu berücksichtigen sind. Dadurch wurde jedes Gebäude mit der möglichen Baugrundklasse einmal durchgerechnet, um den Einfluss des Baugrunds abbilden zu können. Daraus resultiert eine Vielzahl von Datenpunkten, die ein homogenes Verteilungsbild ergeben.

Für die Analyse der Daten wurde anschließend eine lineare Trendline für die jeweilige Datenreihe mittels Excel eingefügt und aufbauend darauf ein Mittelwert gebildet. Die vertikalen Striche (I) geben den Fehlerindikator von 5% an.

Verteilung des Erfüllungsfaktors α über die Wandlänge (L) für fünf Geschosse

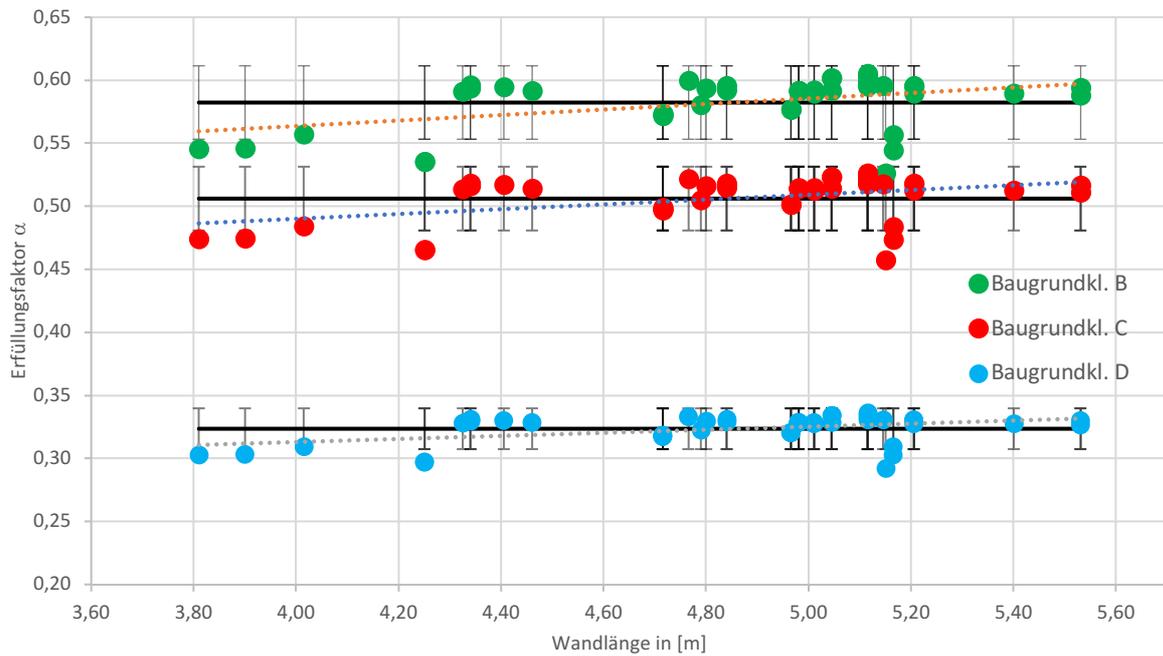


Abb. 44 Verteilung des Erfüllungsfaktors α bei fünf Geschossen

Verteilung des Erfüllungsfaktors α über die Wandlänge (L) für vier Geschosse

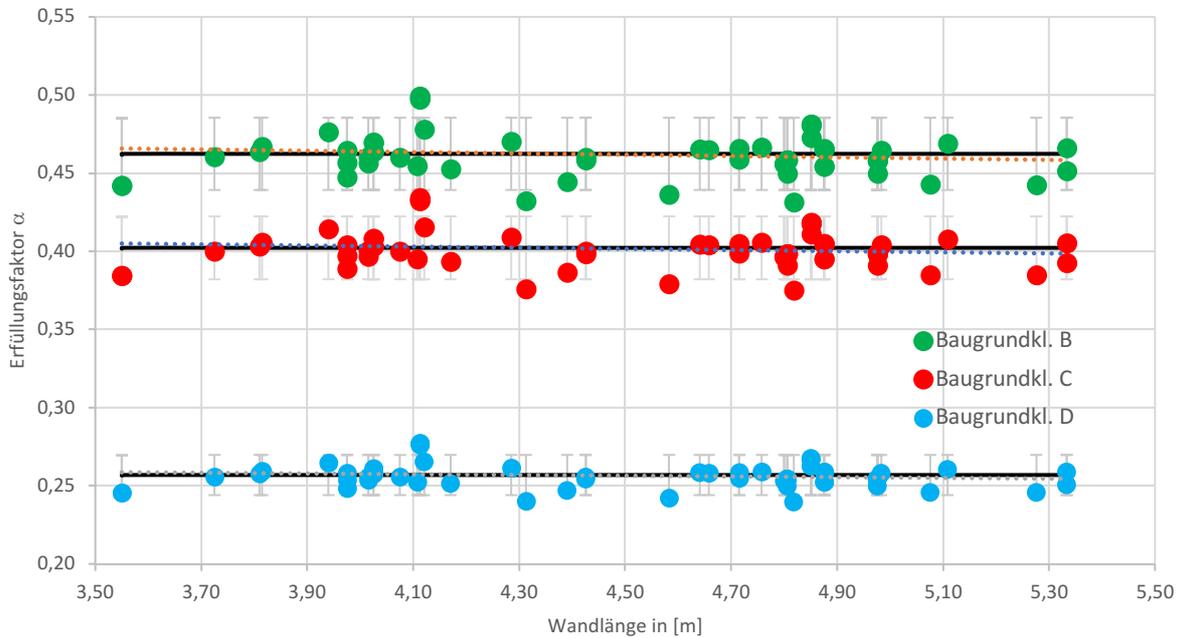


Abb. 45 Verteilung des Erfüllungsfaktors α bei vier Geschossen

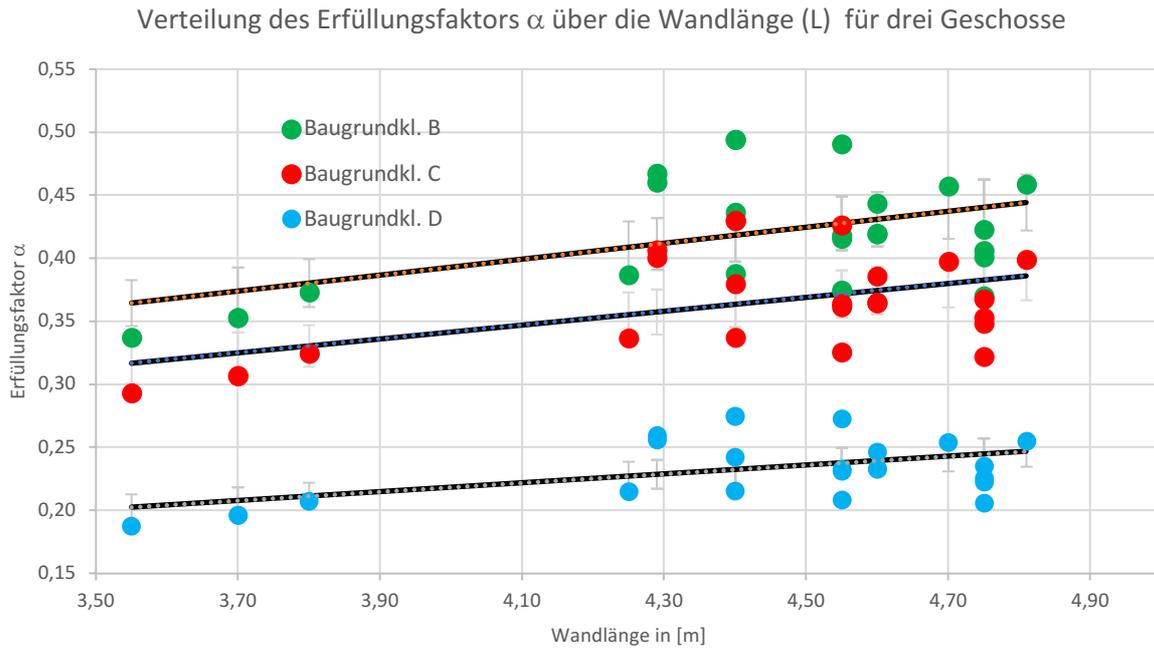


Abb. 46 Verteilung des Erfüllungsfaktors α bei drei Geschossen

Aus den Abbildungen (Abb. 44, Abb. 45, Abb. 46) lässt sich erkennen, dass die Gebäudehöhe eine entscheidende Rolle spielt. So weisen Gebäude mit fünf Geschossen einen weit höheren Erfüllungsfaktor für Zwischenwände auf als Gebäude mit einer geringeren Geschosshöhe. Parallel dazu kann man die Baugrundklassen betrachten. Hier verändert sich der Erfüllungsfaktor fast proportional zur nächsthöheren Baugrundklasse.

9.2.4 Diskussion der Wandlängen in Abhängigkeit der Geschosshöhe

Die Wandlängen der betrachteten Zwischenwände beziehen sich immer auf lichte Längen. Damit liegt eine Abschätzung auf der sicheren Seite, da im Grund nicht immer von einem kraftschlüssigen Verbandanschluss ausgegangen werden kann. Die Längen für Zwischenwände, denen aussteifende Wirkung angerechnet werden kann, liegen zufolge Bestandsauswertung zwischen 3,50 m und 5,50 m. Wandlängen unter 3,50 m weisen zwar einen besseren Erfüllungsfaktor auf, sind allerdings kritisch zu betrachten. Dies trifft vor allem auf Wände in Gebäuden mit einer höheren Geschosshöhe zu. So haben derartige Wände eine Schwingungsdauer, die über fünf Sekunden hinausgeht, wodurch mit der verwendeten Berechnungsmethode keine sinnvolle Aussage getroffen werden kann. Solche kurzen Wände können mit dieser Berechnungsmethode nicht sinnvoll betrachtet werden, da sie keine Verformungsenergie aufbauen können. Der Grund dafür ist, dass die elastische Grenzverschiebung d_y größer als die Verschiebungskapazität d_u ist. Das bedeutet, dass die Zielverschiebung bereits vor dem Erreichen der Fließverschiebung auftritt. Daraus lässt sich schließen, dass diese Bereiche keinen plastischen Mechanismus ausbilden können. Aus dieser Erkenntnis ergeben sich die bereits aus den Grundrissen vorliegenden geometrischen Schranken von 3,50 m bis 5,60 m. Bei Gebäuden, wo derartige Situationen vermehrt auftreten, ist es ratsam, diese mithilfe von kommerziellen Programmen wie z.B. 3muri zu berechnen, da hier ein räumliches Gebäude abgebildet wird und mit den bereits in Kapitel 6.5.3 erwähnten Pseudo-3D Elementen, die der Berechnung einer Finite Makro Elementen Methode folgen, andere und gegebenenfalls plausiblere Ergebnisse zu erwarten sind. Zum

Vergleich können die Untersuchungen der Kammer der ZiviltechnikerInnen [37] und die Studie der Firma IngWare GmbH [41] herangezogen werden, die beide am selben Objekt durchgeführt wurden und unterschiedliche Ergebnisse erzielten.

Die durchgeführten Studien der Einflussfaktoren (Geschosszahl, Wandlänge, Einflussfläche und Baugrundklasse) und die daraus resultierenden Erkenntnisse bilden die Basis für die nachfolgenden Schubtafeln.

9.3 Aufbau der Schubtafeln und ihre Anwendungsgrenzen

Für die Erstellung der nachfolgenden Schubtafeln wurden, wie bereits erwähnt, mehr als 25 Grundrisse von Wiener Gründerzeithäusern untersucht. Das zugrundeliegende statische Modell ist der Ersatzstab beziehungsweise Kragarm. Die dynamische Analyse erfolgte mittels Pushover-Methode unter Anleitung des von der Kammer der ZiviltechnikerInnen ausgegebenen Leitfadens für die Berechnung von Gründerzeithäusern im Lastfall Erdbeben.

Nachstehende Tafeln orientieren sich an der Geschosszahl und geben alle drei für Wien zutreffenden Baugrundklassen an. Der Baugrund stellt ohne entsprechendes Gutachten die einzige Unbekannte dar. Die Materialkennwerte spielen, wie bereits festgestellt, dabei keine entscheidende Rolle. Für die Tafeln gelten somit folgende Parameter:

- Gebäude der Bedeutungskategorie 2
- Gebäude süd-westlich der Donau mit Referenzbodenbeschleunigung $a_{gR}=0,80 \text{ m/s}^2$ (Zone 3)
- Gebäude mit einer Geschosszahl von drei bis fünf oberirdischen Geschossen
- eine Wandstärke von $t=15 \text{ cm}$
- eine Wandlänge von 3,50 m bis 5,60 m
- eine Trakttiefe bis 5,80 m
- eine Einflussfläche zwischen 15 m^2 und 30 m^2
- Schwingungsdauern bis $T=5 \text{ s}$

9.3.1 Abgeleitete Schubtafeln für gemauerte, gründerzeitliche Zwischenwände

Nachfolgend werden aus den umfangreichen Analysen der vorhergehenden Punkte Schubtafeln für gemauerte, gründerzeitliche Zwischenwände in Abhängigkeit der Gebäudehöhe aufbereitet. Die in den Tafeln dargestellten Bänder stellen die Baugrundklasse dar und teilen sich in zwei Kernweiten, dargestellt als matter und als kräftiger Bereich. Die erste Kernweite (dunkler Bereich) weist eine Streuung von 5% auf und die zweite Kernweite (heller Bereich) eine weitere Streuung von 2%. Dies entspricht einer Streuung von insgesamt 7% um den Median. Mit den Kernweiten von 7% soll die Abweichungen, die sich durch Auswertung und Betrachtung der Diagramme in Kapitel 9.2.3 ergibt, sinnvoll abgedeckt werden.

9.3.2 Schubtafel für Gebäude mit fünf oberirdischen Geschossen

Nachstehende Abbildung (Abb. 47) zeigt die Schubtafel für Gebäude mit fünf Geschossen.

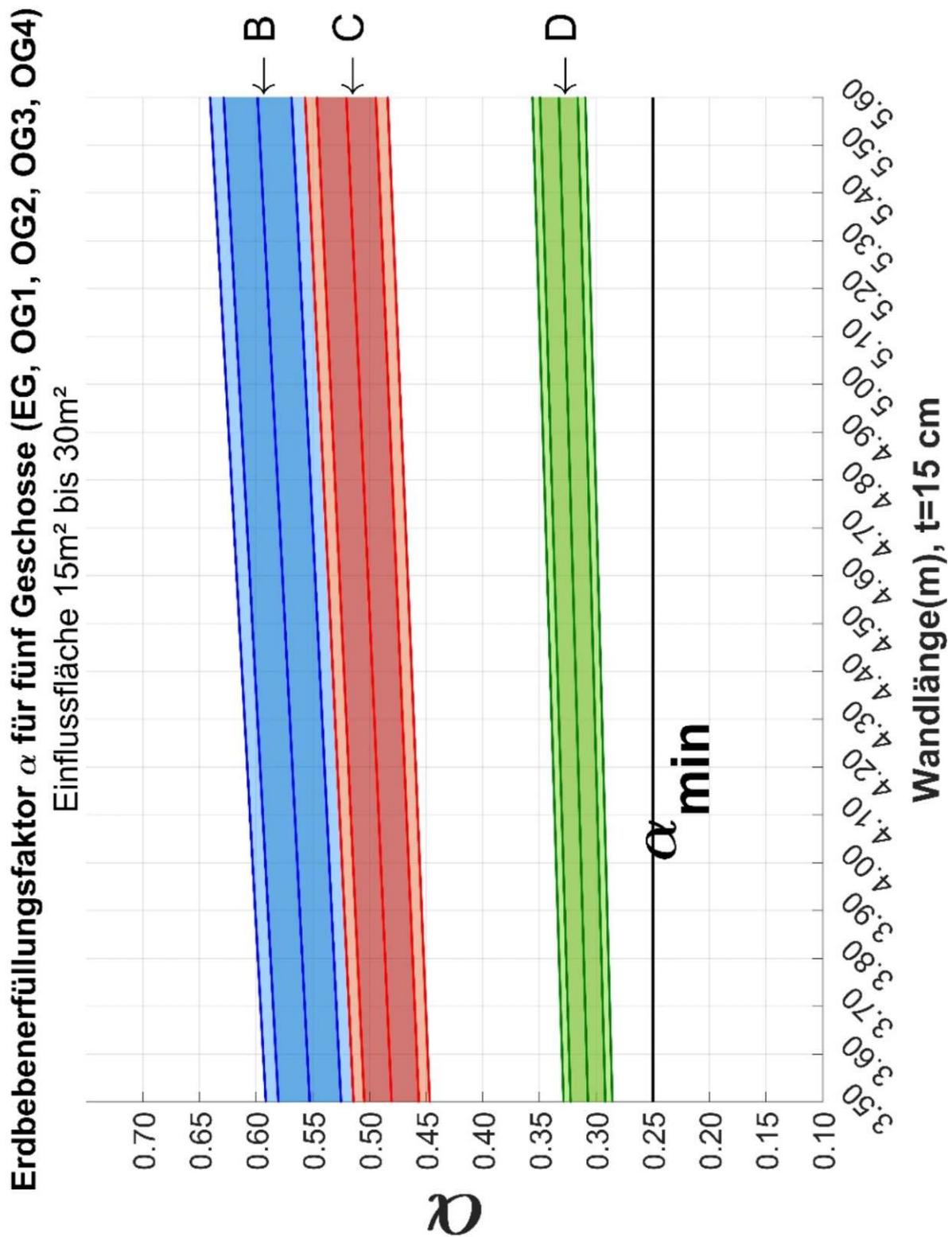


Abb. 47 Schubtafel für fünf Geschosse

9.3.3 Schubtafel für Gebäude mit vier oberirdischen Geschossen

Nachstehende Abbildung (Abb. 48) zeigt die Schubtafel für Gebäude mit vier Geschossen.

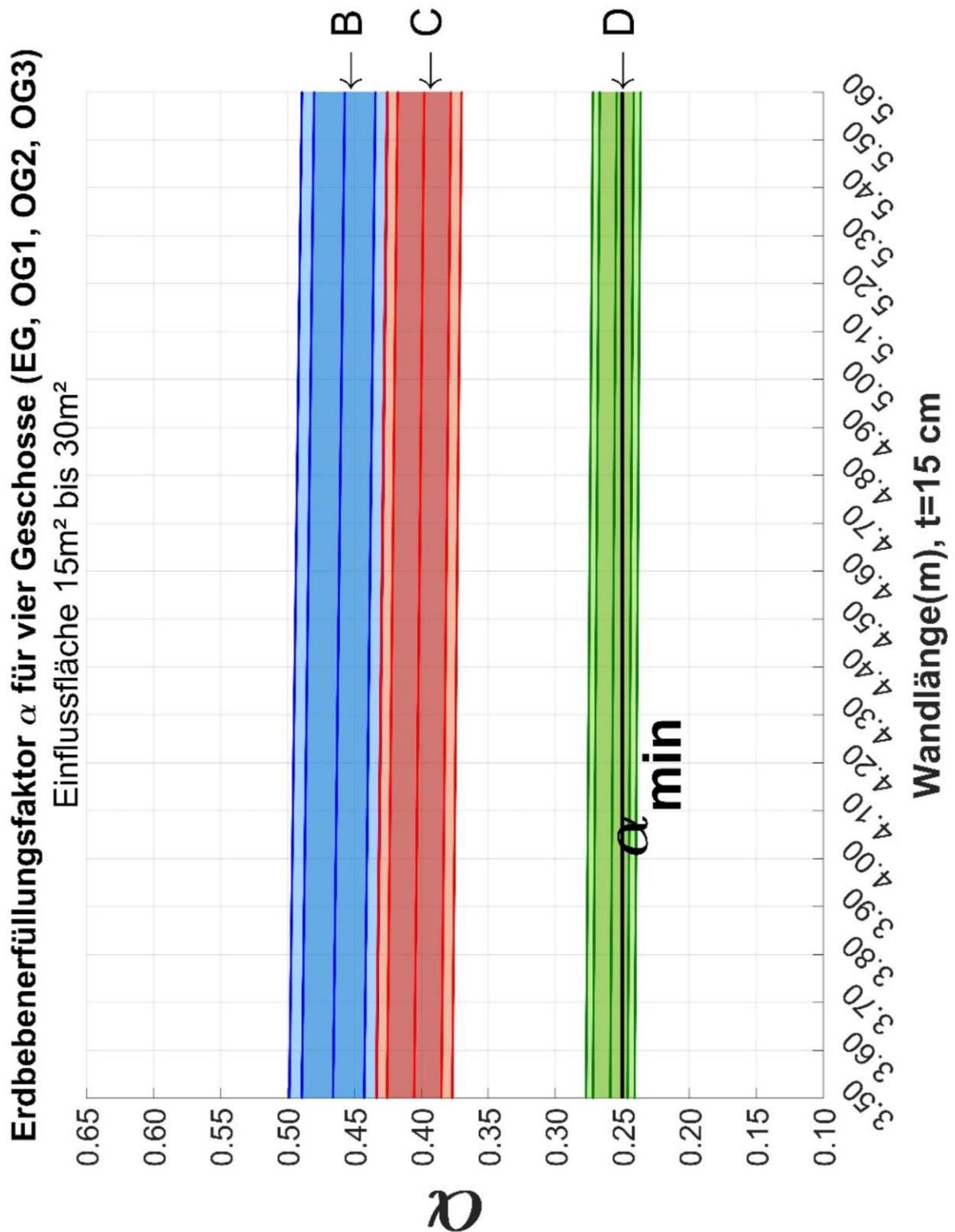


Abb. 48 Schubtafel für vier Geschosse

9.3.4 Schubtafel für Gebäude mit drei oberirdischen Geschossen

Nachstehende Abbildung (Abb. 49/Abb. 48) zeigt die Schubtafel für Gebäude mit drei Geschossen.

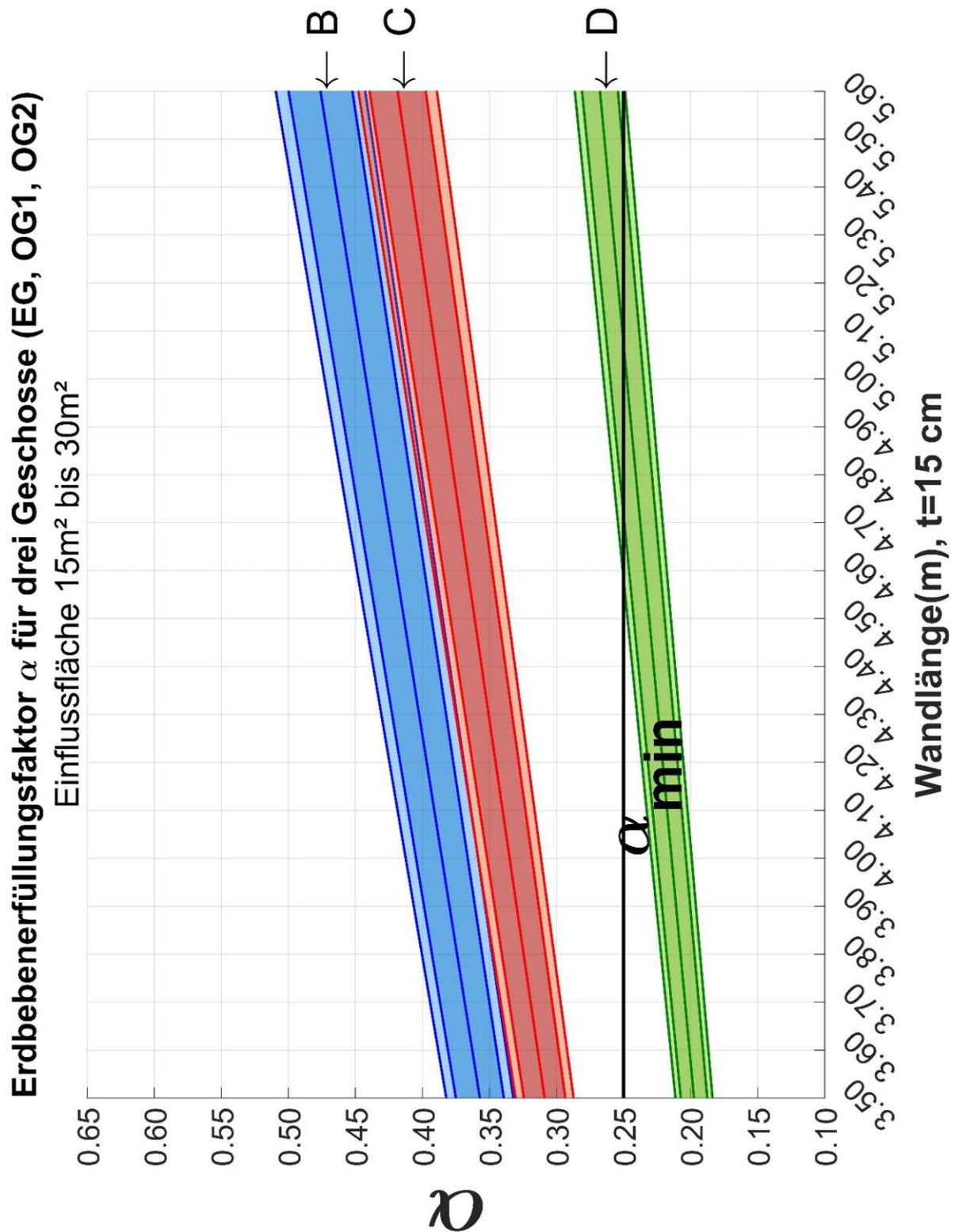


Abb. 49 Schubtafel für drei Geschosse

9.4 Anwendung am Beispiel

Zur Veranschaulichung der Anwendung einer Schubtafel wird für eine ausgewählte Wand (W04) der Erfüllungsfaktor α dargestellt, wie der Grafik (Abb. 50) unterhalb entnommen werden kann. Wiederum dient das in Kapitel 8.2 verwendete Musterhaus als Beispiel.

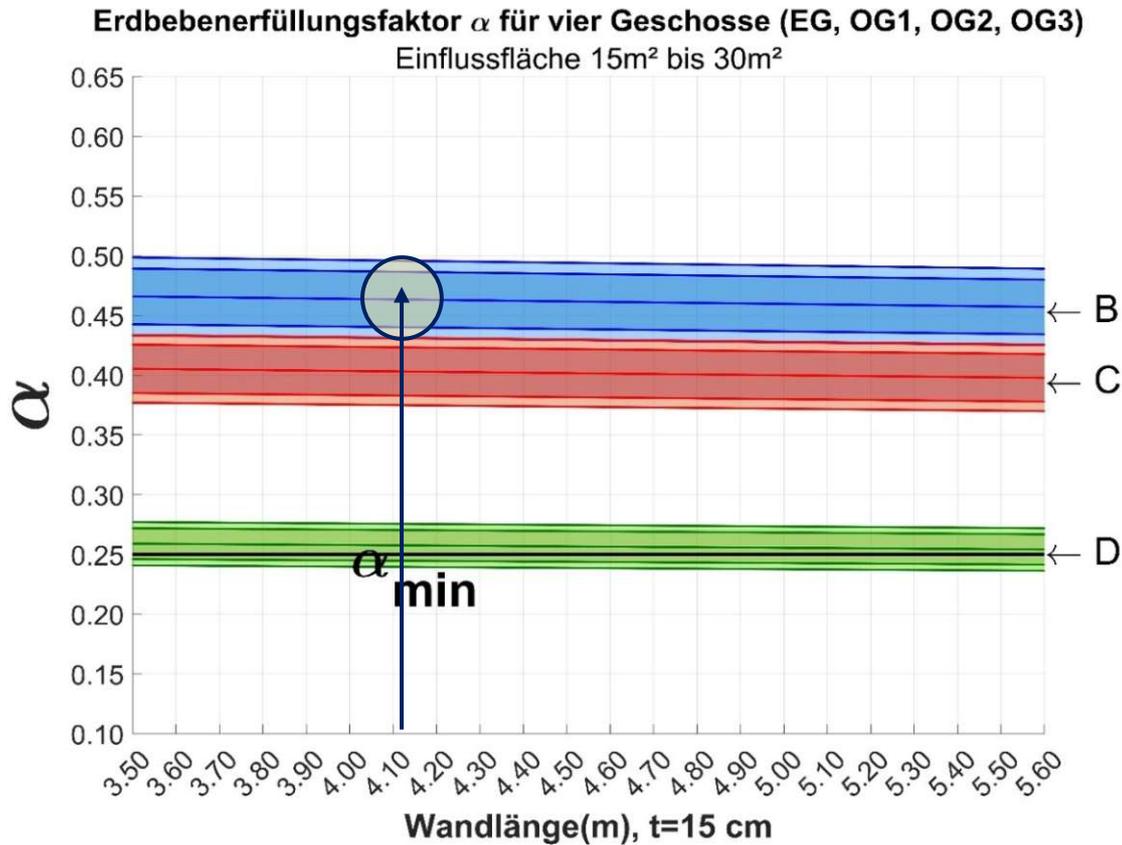


Abb. 50 Anwendungsbeispiel für eine ausgewählte Wand

Bei bekannter Wandlänge und abgeschätzter Einflussfläche kann somit der Erfüllungsfaktor α für alle drei Baugrundklassen – hier die zutreffende oder angenommene – schnell und unkompliziert abgelesen werden.

Als Vergleich für die grafische Ermittlung des Erfüllungsfaktors α in nachstehender Abbildung (Abb. 50) sind in untenstehender Tabelle (Tabelle 9) die maßgebenden Ergebnisse der Wand W04 aus der Berechnung des Musterhauses (siehe Kapitel 8) zusammengefasst dargestellt.

Wand Nr.	Typ	$f_{b,k}$ [N/mm ²]	$f_{m,k}$ [N/mm ²]	$f_{k,0}$ [N/mm ²]	f_k [N/mm ²]	f_m [N/mm ²]	$f_{m,0}$ [N/mm ²]	L_{IM} [m]	d_y [mm]	d_u [mm]	t [m]	Einflussfl. [m ²]	T^* [s]	Baugrundkl.	H_{tot} [m]	Stockwerke	α_k [-]	α_y [-]
W 1	Giebelwand	18,21	1,19	0,00	3,31	4,63	0,00	12,00	11,33	60,16	0,30	27,19	1,02	B	15,04	4		0,95
W 2	Giebelwand	18,21	1,19	0,00	3,31	4,63	0,00	12,00	11,33	60,16	0,30	20,88	0,99	B	15,04	4		0,98
W 3	Ø	18,21	1,19	0,00	3,31	4,63	0,00	4,85	26,04	60,16	0,15	21,77	2,78	B	15,04	4		0,48
W 4	Ø	18,21	1,19	0,00	3,31	4,63	0,00	4,85	26,04	60,16	0,15	24,78	2,89	B	15,04	4		0,48
W 5	Ø	18,21	1,19	0,00	3,31	4,63	0,00	4,95	26,04	60,16	0,15	24,78	2,89	B	15,04	4		0,48
W 6	Ø	18,21	1,19	0,00	3,31	4,63	0,00	4,12	31,08	60,16	0,15	22,91	3,43	B	15,04	4		0,48
W 7	Ø	18,21	1,19	0,00	3,31	4,63	0,00	3,94	32,56	60,16	0,15	15,68	3,24	B	15,04	4		0,48
W 8	Stiegenhauswand	18,21	1,19	0,00	3,31	4,63	0,00	3,94	30,28	60,16	0,45	17,17	2,50	B	15,04	4		0,47
W 9	Stiegenhauswand	18,21	1,19	0,00	3,31	4,63	0,00	3,94	30,28	60,16	0,45	16,30	2,48	B	15,04	4		0,47
W 10	Ø	18,21	1,19	0,00	3,31	4,63	0,00	4,29	29,18	60,16	0,19	17,06	2,73	B	15,04	4		0,47
W 11	Ø	18,21	1,19	0,00	3,31	4,63	0,00	4,85	26,06	60,16	0,19	22,21	2,53	B	15,04	4		0,47
W 12	Drempel Hof	18,21	1,19	0,00	3,31	4,63	0,00	19,41	7,32	60,16	0,60	57,04	0,57	B	15,04	4	1,67	
W 13	Kamin	18,21	1,19	0,00	3,31	4,63	0,00	19,41	9,95	60,16	0,60	116,46	0,81	B	15,04	4	1,21	
W 14	Drempel Straße	18,21	1,19	0,00	3,31	4,63	0,00	19,41	7,64	60,16	0,60	57,26	0,61	B	15,04	4	1,63	

Tabelle 10 Numerischer Nachweis einer ausgewählten Wand

Es kann somit gezeigt werden, dass die grafische Ermittlung mit der tatsächlichen Berechnung ziemlich genau übereinstimmt.

10 Schlussfolgerung und Ausblick

Ziel der Arbeit war es, allgemein gültige Schubtafeln für Zwischenwände aus Wohnhäusern der Wiener Gründerzeithäuser im Originalzustand, wie in den Konsensplänen ersichtlich, zu erstellen. Diese grafisch aufbereiteten Schubtafeln veranschaulichen das geforderte Sicherheitsniveau in Form des Erfüllungsfaktors α , wie er in ÖNORM B 1998-3:2018 verankert ist, in Bezug auf die Wandlänge. Die Schubtafeln können anstelle der zeitaufwändigen und für Zweite teilweise intransparenten Pushover-Berechnung eingesetzt werden.

Für die Erstellung der Tafeln wurde eine umfangreiche statistische Datenanalyse auf Basis von Konsensplänen an Bestandsgebäuden süd-westlich der Donau, und damit in der Erdbebenzone 3, durchgeführt. Die ausgewerteten Objekte wurden vorab auf Gemeinsamkeiten in der Raumaufteilung untersucht und zeichnen sich durchgehend durch eine hohe vertikale Regelmäßigkeit aus. Die grundlegende Berechnung erfolgte mittels zweidimensionaler Pushover-Analyse auf Grundlage des Bemessungsansatzes in ÖNORM EN 1998-1:2013 Anhang B. Eine hohe vertikale Regelmäßigkeit ist Voraussetzung für die Pushover-Analyse bei gemauerten Gründerzeithäusern. Gebäude mit einer Vielzahl an vertikalen Unregelmäßigkeiten fanden keinen Einzug in die Studie, da eine Betrachtung dieser nicht mit der zweidimensionalen Pushover-Analyse erfolgen darf. Eine anschließende Zusammenführung und genaue Aufbereitung der durch die Pushover-Analyse ermittelten Daten ermöglichte die Prüfung auf Gemeinsamkeiten unter Berücksichtigung gewisser Faktoren (Baugrundklasse, Geschosszahl, Wandlänge, Einflussfläche) bei seismischer Einwirkung. Es konnte dadurch im Zuge der Arbeit gezeigt werden, dass diese Faktoren eine entscheidende Rolle für die derzeit normativ gültige Bemessung von gründerzeitlichen Zwischenwänden spielen.

Da der geologische Faktor Baugrund den örtlichen Gegebenheiten unterliegt und somit den lokalen Baugrundklassen, sind die geometrischen Faktoren der Gründerzeithäuser (Geschosszahl, Wandlänge, Einflussfläche) in Bezug auf diesen untersucht worden. Als entscheidendes geometrisches Kriterium hinsichtlich des Erfüllungsfaktors α der Gebäude konnte die Bauhöhe aufgezeigt werden.

Grundsätzlich sind durch die Einführung des EUROCODE unter anderem verbindliche Nachweiskonzepte für Mauerwerksbauten für alle möglichen Lasteinwirkungen eingeführt worden. Die seismische Belastung wird in EUROCODE 8 reguliert und wird auch bei Bestandsgebäuden angewandt. Dies lässt sich jedoch insbesondere bei Wiener Gründerzeithäusern nur eingeschränkt umsetzen. Aufgrund der historischen Bauweise und den damals vorherrschenden Vorschriften, die den Wissensstand der Materialforschungen in der Gründerzeit widerspiegeln, ist es schwierig, diese mit dem heutigen Normenwerk abzugleichen. Dies ist auch dadurch bedingt, dass ausgeführte Detailausbildungen, wie beispielsweise Anschlussausbildungen, die einen erheblichen Einfluss auf die Bemessung haben, oftmals aus Bestandsunterlagen nicht abgelesen werden können.

Außerdem ist die in ÖNORM EN 1998-1:2013 Anhang B angeführte und in der Praxis für Gründerzeithäuser oft verwendete Methode der Pushover-Berechnung kritisch zu betrachten. So weist sie bei Erdbebenbemessungen für den Wiener Raum ein relativ niedriges Sicherheitsniveau auf, was bedeuten würde, dass diese Häuser auch bei niedrigeren Referenzbodenbeschleunigungen als in der Norm verankert, einer Kollapsgefährdung unterliegen würden. Daraus lässt sich schließen, dass die Pushover-Analyse in bestehender Form das Verhalten für Gründerzeithäuser im Lastfall Erdbeben nicht akkurat abbilden kann.

Bekräftigt wird dies dadurch, dass Wiener Gründerzeithäuser durch vergangene Beben zwar Schäden erlitten haben, jedoch der Problematik eines Kollapses nicht ausgesetzt waren.

Auf Basis des gültigen normativen Stands wird die Pushover-Methode für die Auslegung von Gebäuden verwendet, was grundsätzlich der Anwendung auf einen Neubau entspricht. Für die Beurteilung von Bestandsgebäuden wird ÖNORM EN 1998-3:2013 und der zugehörige Nationale Anhang verwendet. Darin sind Bemessungsverfahren definiert, die sich jedoch wiederum auf ÖNORM EN 1998-1:2013 beziehen und es wird kein eigener Bemessungsansatz für bestehende Gebäude, insbesondere Wiener Gründerzeithäuser, geboten.

Zusätzlich dazu wäre eine Weiterentwicklung des Nationalen Anhangs zu ÖNORM B 1998-3:2018 mit präzise formulierten, konkreten Bemessungsabläufen und vereinheitlichten Richtlinien in Bezug auf Wiener Gründerzeithäuser wünschenswert. Dazu wäre ein Ausbau der N2-Methode aus ÖNORM EN 1998-1:2013 Anhang B von Vorteil, damit diese Methode an die Gegebenheiten der Wiener Gründerzeithäuser angepasst wird.

In dieser Arbeit wurden die Daten von mehr als 25 Bestandsobjekten erfasst. Allerdings wäre es für präzisere und vor allem vergleichbare Ergebnisse mit anderen Bemessungsverfahren notwendig, eine weitaus umfangreichere Datenbank als die vorliegende aufzubauen. Darüber hinaus könnten durch eine Vereinheitlichung des Berechnungsablaufs für Wiener Gründerzeithäuser im Nationalen Anhang auch aussagekräftige Vergleichswerte erzielt werden und langfristig eine Weiterentwicklung der hier präsentierten Schubtafeln Anwendung finden.

Literaturverzeichnis

- [1] A. Psenner, „Das Wiener Gründerzeit-Paterre - eine analytische Bestandsaufnahme,“ TU Wien, 2012.
- [2] Austrian Standards Institute (Österreichisches Normungsinstitut), Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 3: Beurteilung und Ertüchtigung von Gebäuden - Nationale Festlegung zu ÖNORM EN 1998-3 und Erläuterungen, 2018.
- [3] C. Abrihan, „Dekorative Fassadenelemente in der Gründerzeit zwischen 1840 und 1918 - GESTALTUNGSGRUNDSÄTZE,“ *Werkstattbericht Nr. 133*.
- [4] A. Kolbitsch, *Erhaltung und Erneuerung von Hochbauten*, Wien: TU Verlage, 2019/20.
- [5] A. Kolbitsch, *Altbaukonstruktionen*, Springer - Verlage Wien New York, 1989.
- [6] G. Achs, C. Adam, A. Bekö, W. Brusatti, M. Fritz, T. Furtmüller, F. Kopf, Pietsch M., D. Schäfer, A. Strauss, B. Theilen-Willige, H. Wenzel und T. Zimmermann, *Erdbeben im Wiener Becken*, Wien: VCE Holding GmbH (Hg.), 2011.
- [7] G. Achs, *Erdbebengefährdung von Gründerzeithäusern*, Dissertation TU Wien, 2011.
- [8] A. Kolbitsch, R. Popp und W. Kirchmayer, *Dachgeschoßausbauten in Wien*, 2. Auflage, Verlage Österreich, 2016.
- [9] A. Pech, H. Gangoly, P. Holzer und P. Maydl, *Ziegel im Hochbau - Theorie und Praxis*, Zweite, erweiterte Auflage, Basel: Birkhäuser, 2018.
- [10] Austrian Standards Institute (Österreichisches Normungsinstitut), Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten, 2013.
- [11] Austrian Standards Institute (Österreichisches Normungsinstitut), Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes (konsolidierte Fassung), 2013.
- [12] Austrian Standards Institute (Österreichisches Normungsinstitut), *Bewertung der Tragfähigkeit bestehender Tragwerke - Teil 1: Hochbau - ÖNORM B 4008-1:2018 10 15*, 2018.
- [13] Deutsche Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau e.V., „Mauerwerk - Das Lehrportal,“ [Online]. Available: <https://www.mauerwerksbau-lehre.de/vorlesungen/8-bemessung-von-unbewehrtem-mauerwerk-fuer-querkraftbeanspruchung-nach-dem-allgemeinen-nachweisverfahren/83-querkrafttragfaehigkeit/832-nachweis-bei-scheibenschub/8322-charakteristische-schubfestigkeit>. [Zugriff am 19 02 2022].
- [14] „Beton,“ InformationsZentrum Beton GmbH, [Online]. Available: <https://www.beton.org/wissen/beton-bautechnik/geschichte-des-betons/>. [Zugriff am 20 02 2022].
- [15] A. Karic und A. Kolbitsch, *Gründerzeitliche Mauerwerksbauten unter Erdbebeneinwirkung - Tragverhalten im Widerspruch zur aktuell angewandten Nachbemessung*, Ernst & Sohn, 2020.
- [16] K. Meskouris, K. Hinze, C. Butenweg und M. Mistler, *Bauwerke und Erdbeben 3*. Auflage, Vieweg+Teuber, 2011.
- [17] R. Plocek, *Erdbebenbemessung von Gründerzeithäusern*, Diplomarbeit TU Wien, 2019.

- [18] A. Karic, J. Atalic und A. Kolbitsch, „Seismic vulnerability of historic brick masonry buildings,“ *Bulletin of Earthquake Engineering*, Springer 2022.
- [19] Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, (ZAMG), [Online]. Available: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/geophysik/lexikon/erdbeben>. [Zugriff am 18 12 2021].
- [20] H. Bachmann, Erdbebensicherung von Bauwerken, Springer Basel AG, 2. Auflage, 2002.
- [21] R. Heuer, „Erdbeben - Teil 1,“ Baudynamik (VO) SS 2013.
- [22] D. van den Heuvel, Erdbebensicherheit von bestehenden Mauerwerksgebäuden, Bern: Berner Fachhochschule, 2012.
- [23] Dlubal Software GmbH, [Online]. Available: <https://www.dlubal.com/en/solutions/online-services/glossary/000113>. [Zugriff am 22 02 2022].
- [24] Dlubal Software GmbH, [Online]. Available: <https://www.dlubal.com/de/loesungen/online-dienste/glossar/000069>. [Zugriff am 22 02 2022].
- [25] Studyflix GmbH, [Online]. Available: <https://studyflix.de/ingenieurwissenschaften/eigenfrequenz-und-freie-schwingung-1531>. [Zugriff am 18 12 2021].
- [26] Studyflix GmbH, [Online]. Available: <https://studyflix.de/ingenieurwissenschaften/kreisfrequenz-2560>. [Zugriff am 18 12 2021].
- [27] R. Heuer, „Erdbeben - Teil 3, Grundlagen des Eurocodes 8 - Teil 1 (EN1998-1),“ pp. 23 - 46, Baudynamik (VO) SS 2016.
- [28] Beuth Verlag GmbH, [Online]. Available: <https://www.eurocode-online.de/de/eurocode-inhalte/eurocode-8>. [Zugriff am 19 02 2022].
- [29] Austrian Standards Institute (Österreichisches Normungsinstitut), Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 3: Beurteilung und Ertüchtigung von Gebäuden, 2013.
- [30] Austrian Standards Institute (Österreichisches Normungsinstitut), Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten - Nationale Festlegung zu ÖNORM EN 1998-1 und Erläuterungen, 2017.
- [31] Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), [Online]. Available: https://www.zamg.ac.at/cms/de/geophysik/erdbeben/erdbeben-in-oesterreich/uebersicht_neu/wien. [Zugriff am 02 03 2022].
- [32] Stadt Wien Baupolizei (MA37) - Gruppe A für Aufzüge und Kesselanlagen, [Online]. Available: <https://www.wien.gv.at/wohnen/baupolizei/pdf/aufzug-erdbebenkategorie.pdf>. [Zugriff am 28 01 2022].
- [33] T. Zimmermann und A. Strauss, „Gründerzeit-Mauerwerk unter Erdbebenbelastung - Vergleich zwischen normativen Ansätzen und messtechnischen Ergebnissen,“ *Bautechnik*, Nr. 87, pp. 532 - 540, 2010.
- [34] L. Etscheid, M. Ruppik, H. Sadegh-Azar und L. Helm, „Ziegelindustrie International - Brick and Tile Industry International,“ [Online]. Available: <https://www.zi->

- online.info/de/artikel/zi_Analytische_und_experimentelle_Analysen_des_out-of-plane-Verhaltens_von_3686655.html. [Zugriff am 18 02 2022].
- [35] Baunetz_Wissen, [Online]. Available: <https://www.baunetzwissen.de/mauerwerk/fachwissen/baukonstruktion/bewehrtes-mauerwerk-162740>. [Zugriff am 20 02 2022].
- [36] Deutsche Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau e. V., „Mauerwerk - Das Lehrportal,“ [Online]. Available: https://www.mauerwerksbaulehre.de/fileadmin/downloads/Kap._8_-_Bemessung_von_unbewehrtem_Mauerwerk_fuer_Q_nach_allg.V.pdf. [Zugriff am 21 02 2022].
- [37] P. Bauer und E. Kern, Erläuterung 03/2013. Die Beurteilung von Schubwänden in Wiener Gründerzeithäusern Nichtlineares Verfahren (push-over) gemäß EN 1998-1, Wien: Fachgruppe Bauwesen der LK W/Nö/Bgld (Hg.), 2013.
- [38] W. Jäger, Mauerwerkkalender, Dresden: Ernst & Sohn, 2010.
- [39] Austrian Standards Institute (Österreichisches Normungsinstitut), Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen - Wichten, Eigengewicht, Nutzlasten im Hochbau, 2020.
- [40] Datatab e.U., [Online]. Available: <https://datatab.de/tutorial/test-auf-normalverteilung>. [Zugriff am 22 02 2022].
- [41] D. Gass, Gründerzeithaus Wien - Vergleichsberechnung nach PushOver - 3muri, Erlenbach (CH): IngWare GmbH, 2013.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Darstellung von Stahlprofilen (oben) und Stahlträgern im Grundriss (unten) in Konsensplänen	7
Abb. 2 Gegenüberstellung von Mörtel nach Schäfer und Hilsdorf (1990). In: [6]	9
Abb. 3 Mörtelangaben aus einem Konsensplan	9
Abb. 4 Historische Mauerwerksverbände nach G. Achs et al. [6]	11
Abb. 5 Reglementierte Mauerstärken nach A. Kolbitsch [4]	12
Abb. 6 Kraftschlüssiger Verband nach K. Meskouris et al. [16]	12
Abb. 7 Hölzerne Deckenkonstruktionen der Gründerzeit	14
Abb. 8 Schnitte klassischer Gründerzeithäuser, detailliert (links) und undetailliert (rechts)	15
Abb. 9 Deckenspannrichtung und Wechsel mit Stahlträger	16
Abb. 10 Begriffe aus dem Erdbebeningenieurwesen nach H. Bachmann [20]	19
Abb. 11 Mehrmassenschwinger	20
Abb. 12 Modell eines Einmassenschwingers nach H. Bachmann [20]	22
Abb. 13 EMS unter Kraftanregung (links) und Weganregung (rechts) nach R. Heuer [26]	22
Abb. 14 Zonenkarte der Erdbebengefährdung [29]	24
Abb. 15 Zoneneinteilung für Wien nach [19]	25
Abb. 16 Form des elastischen Antwortspektrums nach [10]	28
Abb. 17 Empfohlenes Antwortspektrum Typ 1 mit 5% Dämpfung nach [10]	29
Abb. 18 Bewehrtes Mauerwerk	32
Abb. 19 Schubversagen von Mauerwerkswänden nach K. Meskouris et al. [16]	34
Abb. 20 Biegebeanspruchung von Mauerwerkswänden nach K. Meskouris et al. [16]	35
Abb. 21 Out-of-plane Versagen nach R. Plocek [17]	36
Abb. 22 Ersatzstabsystem nach K. Meskouris et al. [16]	38
Abb. 23 Ebenes Rahmenmodell K. Meskouris et al. [16]	38
Abb. 24 Pseudo 3D-Modell nach K. Meskouris et al. [16]	39
Abb. 25 Kapazitätsspektrums-Methode nach K. Meskouris et al. [16]	41
Abb. 26 Bild zur Veranschaulichung der MODES nach K. Meskouris et al. [16] und P. Bauer et al. [36]	44
Abb. 27 Darstellung EMS mit Referenzhöhe des Momentennullpunkts	45
Abb. 28 Schematisches Kraft-Verschiebungsdiagramm	46
Abb. 29 Idealisierte bilineare Kapazitätskurve nach [10]	47
Abb. 30 Beispielhafte Darstellung für Bereiche mittlerer bis langer Perioden	50
Abb. 31 Grundriss und Einflussflächen (in Y-Richtung) des Musterhauses	52
Abb. 32 Grafische Prüfung der Normalverteilung für $f_{b,k}$ (Q-Q Plot)	62
Abb. 33 Grafische Prüfung der Normalverteilung für $f_{b,k}$ (Histogramm)	63

Abb. 34 Grafische Prüfung der Normalverteilung für $f_{m,k}$ (Q-Q Plot)	64
Abb. 35 Grafische Prüfung der Normalverteilung für $f_{m,k}$ (Histogramm)	64
Abb. 36 Grafische Prüfung der Normalverteilung für fünf Geschosse (Histogramm)	66
Abb. 37 Grafische Prüfung der Normalverteilung für fünf Geschosse (Q-Q Plot)	67
Abb. 38 Grafische Prüfung der Normalverteilung für vier Geschosse (Histogramm)	67
Abb. 39 Grafische Prüfung der Normalverteilung für vier Geschosse (Q-Q Plot)	68
Abb. 40 Grafische Prüfung der Normalverteilung für drei Geschosse (Histogramm)	68
Abb. 41 Grafische Prüfung der Normalverteilung für drei Geschosse (Q-Q Plot)	69
Abb. 42 Grafische Prüfung der Normalverteilung von Einflussflächen (Histogramm)	70
Abb. 43 Grafische Prüfung der Normalverteilung von Einflussflächen (Q-Q Plot)	70
Abb. 44 Verteilung des Erfüllungsfaktors α bei fünf Geschossen	72
Abb. 45 Verteilung des Erfüllungsfaktors α bei vier Geschossen	72
Abb. 46 Verteilung des Erfüllungsfaktors α bei drei Geschossen	73
Abb. 47 Schubtafel für fünf Geschosse	75
Abb. 48 Schubtafel für vier Geschosse	76
Abb. 49 Schubtafel für drei Geschosse	77
Abb. 50 Anwendungsbeispiel für eine ausgewählte Wand	78

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Historische Ziegelformate und -brennereien nach G. Achs [7]	8
Tabelle 2 Kennwerte für gründerzeitliche Mauerwerksziegel nach G. Achs et al. [6]	8
Tabelle 3 Baugrundklassen nach [10]	26
Tabelle 4 Bedeutungskategorien nach [10]	26
Tabelle 5 Bedeutungskategorien und Versagensfolgeklassen nach [12]	27
Tabelle 6 Erforderliche Kenntnisstände nach [12]	27
Tabelle 7 Berechnungsmethoden für Mauerwerksbauten nach K. Meskouris et al. [16]	37
Tabelle 8 Schranken für Materialkennwerte	65
Tabelle 9 Gegenüberstellung der Ergebnisse bei Variation der Schranken	65
Tabelle 10 Numerischer Nachweis einer ausgewählten Wand	78

Haus 7

Wand Nr.	Horientierung	Typ	f _{tk} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]	f _{td} [N/mm ²]	f _t [N/mm ²]	E _{tk} [N/mm ²]	G _{tk} [N/mm ²]	E _{tk} [N/mm ²]	G _{tk} [N/mm ²]	l _m [m]	d _y [mm]	d _e [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm	Einflussfl. [m ²]	Baugrundkl.	H _{tot} [m]	Stockwerke	α _x [-]	α _y [-]	
W 1	y	Drempel Straße	18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	18,73	13,77	76,64	0,57	0,60	63,52	B	19,16	5		1,25	
W 2	y	Kamin	18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	14,35	18,73	76,64	0,60	0,60	71,01	B	19,16	5		0,97	
W 3	y	Drempel Hof	18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	10,55	21,28	76,64	0,57	0,60	32,26	B	19,16	5		0,87	
W 4	x	Drempel Hof	18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	2,85	72,35	76,64	0,57	0,60	11,98	B	19,16	5	0,58	0,58	
W 5	x	Drempel Hof	18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	3,20	62,98	76,64	0,57	0,60	22,89	B	19,16	5	0,58	0,93	
W 6	x	Kamin	18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	14,13	19,00	76,64	0,60	0,60	85,12	B	19,16	5	1,36	0,59	
W 7	x	Drempel Straße	18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	20,00	12,74	76,64	0,57	0,60	64,00	B	19,16	5		0,59	
W 8	y		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	5,53	48,67	76,64	0,45	0,45	33,50	B	19,16	5		0,59	
W 9	y		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	5,53	43,91	76,64	0,15	0,15	28,56	B	19,16	5		0,59	
W 10	y		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	5,53	43,38	76,64	0,18	0,15	28,67	B	19,16	5		0,59	
W 11	y	Giebelwand	18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	12,18	19,20	76,64	0,30	0,30	23,48	B	19,16	5		0,85	
W 12	y		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	3,68	64,69	76,64	0,45	0,45	16,29	B	19,16	5		0,58	
W 13	y		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	3,68	69,61	76,64	0,15	0,15	17,69	B	19,16	5		0,64	
W 14	y		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	3,68	69,61	76,64	0,15	0,15	14,26	B	19,16	5		0,61	
W 15	y		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	4,01	63,12	76,64	0,15	0,15	13,20	B	19,16	5		0,59	
W 16	x		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	4,77	51,77	76,64	0,15	0,15	25,81	B	19,16	5	0,60	0,60	
W 17	x		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	4,41	56,70	76,64	0,15	0,15	24,14	B	19,16	5	0,59	0,63	
W 18	x		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	4,41	56,70	76,64	0,15	0,15	32,07	B	19,16	5	0,60	0,66	
W 19	x		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	3,83	66,55	76,64	0,15	0,15	15,41	B	19,16	5	0,60	0,66	
W 20	x		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	4,01	63,12	76,64	0,15	0,15	27,48	B	19,16	5	0,60	0,83	
W 21	x	Giebelwand	18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	12,53	18,72	76,64	0,30	0,30	33,53	B	19,16	5			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5				
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5				
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5				
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5				
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5				
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5				
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5				
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5				
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5				
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5				

Haus 8

Wand Nr.	Horientierung	Typ	f _{tk} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]	f _{td} [N/mm ²]	f _t [N/mm ²]	E _{tk} [N/mm ²]	G _{tk} [N/mm ²]	E _{tk} [N/mm ²]	G _{tk} [N/mm ²]	l _m [m]	d _y [mm]	d _e [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm	Einflussfl. [m ²]	Baugrundkl.	H _{tot} [m]	Stockwerke	α _x [-]	α _y [-]	
W 1	y	Giebelwand	18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	13,43	10,22	60,20	0,30	0,30	32,72	B	15,05	4		1,02	
W 11	y	Giebelwand	18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	9,72	16,31	60,20	0,30	0,30	26,30	B	15,05	4		0,80	
W 2	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	12,54	11,01	60,20	0,30	0,30	30,88	B	15,05	4		0,97	
W 3	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	5,33	22,97	60,20	0,15	0,15	22,22	B	15,05	4		0,47	
W 4	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	0,00	0,00	60,20	0,00	0,00	14,70	B	15,05	4		0,00	
W 5	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	5,33	22,57	60,20	0,23	0,15	21,82	B	15,05	4		0,45	
W 6	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	5,11	24,02	60,20	0,15	0,15	28,59	B	15,05	4		0,47	
W 7	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	2,34	55,99	60,20	0,15	0,15	9,47	B	15,05	4		0,49	
W 8	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	3,24	39,28	60,20	0,15	0,15	8,91	B	15,05	4		0,46	
W 9	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	3,39	38,04	60,20	0,23	0,15	15,24	B	15,05	4		0,45	
W 10	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	4,17	29,71	60,20	0,23	0,15	16,30	B	15,05	4		0,45	
W 11	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	3,48	36,71	60,20	0,15	0,15	15,36	B	15,05	4		0,45	
W 12	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	4,66	26,58	60,20	0,15	0,15	20,35	B	15,05	4		0,46	
W 13	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	0,00	0,00	60,20	0,00	0,00	0,00	B	15,05	4		0,00	
W 14	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	11,36	10,35	60,20	0,60	0,60	36,46	B	15,05	4		1,13	
W 15	x		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	5,77	20,64	60,20	0,30	0,30	10,14	B	15,05	4	0,57	0,46	
W 16	x		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	4,98	24,14	60,20	0,15	0,15	17,47	B	15,05	4	0,46	0,47	
W 17	x		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	4,76	25,27	60,20	0,15	0,15	17,47	B	15,05	4	0,47	0,47	
W 18	x		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	4,78	23,48	60,20	0,45	0,45	18,05	B	15,05	4	0,47	1,04	
W 19	x	Drempel Hof	18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	13,86	9,21	60,20	0,64	0,60	35,88	B	15,05	4	1,33	1,33	
W 20	x		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	9,61	10,97	60,20	0,41	0,45	27,63	B	15,05	4	1,04	1,04	
W 21	x	Kamin	18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	18,99	9,19	60,20	0,60	0,60	108,81	B	15,05	4	1,33	1,33	
W 22	x	Drempel Straße	18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	18,99	7,52	60,20	0,64	0,60	63,81	B	15,05	4	1,58	1,58	
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	4				
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	4				
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	4				
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	4				
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	4				
W 0	0	0	0,00	0,00	0,																	

Haus 16

Wand Nr.	Horientierung [-]	Typ	f _{tk} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]	f _{td} [N/mm ²]	f _t [N/mm ²]	E _{tk} [N/mm ²]	G _{tk} [N/mm ²]	E _{tk} [N/mm ²]	G _{tk} [N/mm ²]	l _M [m]	d _y [mm]	d _e [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm [m]	Einflussf. [m ²]	Baugrundkl.	H _{Stk} [m]	Stockwerke	α _x [-]	α _y [-]
W 1	y	Giebelwand	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	8,41	8,14	45,40	0,30	0,30	17,28	B	11,35	3		0,90
W 2	y	Giebelwand	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	11,26	6,84	45,40	0,30	0,30	24,95	B	11,35	3		1,06
W 3	y	Ø	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	4,76	12,04	45,40	0,15	0,15	49,63	B	11,35	3		0,38
W 4	y	Ø	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	2,30	23,19	45,40	0,45	0,45	10,05	B	11,35	3		0,36
W 5	y	Ø	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	3,80	14,98	45,40	0,15	0,15	13,24	B	11,35	3		0,39
W 6	y	Ø	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	3,15	17,13	45,40	0,30	0,30	16,04	B	11,35	3		0,37
W 7	y	Ø	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	3,80	14,18	45,40	0,30	0,30	24,92	B	11,35	3		0,40
W 8	y	Ø	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	3,80	14,98	45,40	0,15	0,15	23,10	B	11,35	3		0,37
W 9	y	Ø	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	4,70	12,18	45,40	0,15	0,15	17,56	B	11,35	3		0,46
W 10	y	Ø	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	20,50	4,84	45,40	0,60	0,60	58,43	B	11,35	3	1,95	
W 11	x	Drempel Hof	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	22,30	5,92	45,40	0,60	0,60	121,34	B	11,35	3	1,46	
W 12	x	Kamin	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	22,30	4,98	45,40	0,60	0,60	63,11	B	11,35	3	1,95	
W 13	x	Drempel Straße	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	1,65	38,28	45,40	0,45	0,45	3,09	B	11,35	3	0,36	
W 14	x	Drempel Hof	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	3			

Haus 17

Wand Nr.	Horientierung [-]	Typ	f _{tk} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]	f _{td} [N/mm ²]	f _t [N/mm ²]	E _{tk} [N/mm ²]	G _{tk} [N/mm ²]	E _{tk} [N/mm ²]	G _{tk} [N/mm ²]	l _M [m]	d _y [mm]	d _e [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm [m]	Einflussf. [m ²]	Baugrundkl.	H _{Stk} [m]	Stockwerke	α _x [-]	α _y [-]
W 1	y	Giebelwand	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	12,10	18,83	75,40	0,39	0,45	37,83	B	18,85	5		0,81
W 2	y	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	5,01	48,14	75,40	0,15	0,15	37,63	B	18,85	5		0,59
W 3	y	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	5,01	48,14	75,40	0,15	0,15	25,03	B	18,85	5		0,59
W 4	y	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	5,01	48,14	75,40	0,15	0,15	21,59	B	18,85	5		0,59
W 5	y	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	5,01	65,17	75,40	0,15	0,15	23,66	B	18,85	5		0,59
W 6	y	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	4,79	50,15	75,40	0,18	0,15	17,66	B	18,85	5		0,58
W 7	y	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	3,77	66,20	75,40	0,15	0,15	17,03	B	18,85	5		0,63
W 8	y	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	3,95	62,99	75,40	0,15	0,15	17,19	B	18,85	5		0,60
W 9	y	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	3,95	62,99	75,40	0,15	0,15	20,94	B	18,85	5		0,63
W 10	y	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	3,05	98,32	75,40	0,45	0,45	25,78	B	18,85	5		0,65
W 11	y	Drempel Hof	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	4,77	37,65	75,40	0,57	0,60	19,28	B	18,85	5		0,58
W 12	y	Drempel Hof	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	7,79	25,82	75,40	0,57	0,60	30,69	B	18,85	5		0,69
W 13	y	Kamin	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	22,32	13,65	75,40	0,63	0,60	134,24	B	18,85	5		1,19
W 14	y	Drempel Straße	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	27,41	10,54	75,40	0,57	0,60	80,33	B	18,85	5		1,63
W 15	x	Giebelwand	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	12,10	18,67	75,40	0,39	0,45	24,39	B	18,85	5	0,86	
W 16	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	4,33	56,29	75,40	0,15	0,15	13,28	B	18,85	5		0,59
W 17	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	4,98	48,07	75,40	0,15	0,15	26,13	B	18,85	5		0,59
W 18	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	4,98	48,07	75,40	0,15	0,15	25,77	B	18,85	5		0,59
W 19	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	4,98	48,07	75,40	0,15	0,15	25,77	B	18,85	5		0,59
W 20	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	4,98	48,07	75,40	0,15	0,15	25,77	B	18,85	5		0,59
W 21	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	4,80	45,17	75,40	0,15	0,15	26,72	B	18,85	5		0,59
W 22	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	4,46	53,06	75,40	0,15	0,15	22,08	B	18,85	5		0,59
W 23	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	3,77	62,42	75,40	0,30	0,30	21,92	B	18,85	5		0,59
W 24	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	3,77	62,42	75,40	0,30	0,30	12,97	B	18,85	5		0,58
W 25	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	3,77	65,86	75,40	0,15	0,15	13,89	B	18,85	5		0,60
W 26	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	3,77	65,86	75,40	0,15	0,15	13,88	B	18,85	5		0,60
W 27	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	3,82	64,96	75,40	0,15	0,15	15,19	B	18,85	5		0,60
W 28	x	Drempel Hof	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	15,35	16,71	75,40	0,54	0,50	50,44	B	18,85	5		1,00
W 29	x	Kamin	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	20,65	14,59	75,40	0,60	0,60	112,34	B	18,85	5		1,12
W 30	x	Drempel Straße	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	25,74	12,20	75,40	0,54	0,50	78,28	B	18,85	5		1,30

Haus 18

Wand Nr.	Horientierung [-]	Typ	f _{tk} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]	f _{td} [N/mm ²]
----------	-------------------	-----	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

Haus 22

Wand Nr.	orientierung	Typ	$f_{b,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,k}$ [N/mm ²]	$f_{v,0}$ [N/mm ²]	f_k [N/mm ²]	$E_{t,k}$ [N/mm ²]	$G_{t,k}$ [N/mm ²]	$E_{z,k}$ [N/mm ²]	$G_{z,k}$ [N/mm ²]	l_{M} [m]	d_y [mm]	d_s [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm [m]	Einflussfl. [m ²]	Baugrundkl.	H_{tot} [m]	Stockwerke	α_x [-]	α_y [-]
W 1	y	Giebelwand	16,57	2,18	0,10	3,62	1085,27	434,11	542,63	217,05	8,56	19,08	68,40	0,30	0,30	18,19	B	17,10	5		0,71
W 2	y	Giebelwand	16,57	2,18	0,10	3,62	1085,27	434,11	542,63	217,05	8,56	19,08	68,40	0,30	0,30	18,19	B	17,10	5		0,71
W 3	y	0	16,57	2,18	0,10	3,62	1085,27	434,11	542,63	217,05	4,25	39,93	68,40	0,15	0,15	26,15	B	17,10	5		0,54
W 4	y	0	16,57	2,18	0,10	3,62	1085,27	434,11	542,63	217,05	4,25	39,93	68,40	0,15	0,15	26,15	B	17,10	5		0,54
W 5	y	0	16,57	2,18	0,10	3,62	1085,27	434,11	542,63	217,05	4,25	39,93	68,40	0,15	0,15	26,15	B	17,10	5		0,54
W 6	x	Drempel Hof	16,57	2,18	0,10	3,62	1085,27	434,11	542,63	217,05	12,67	11,40	68,40	0,60	0,60	21,22	B	17,10	5	1,26	
W 7	x	Kamin	16,57	2,18	0,10	3,62	1085,27	434,11	542,63	217,05	12,67	16,51	68,40	0,45	0,45	47,58	B	17,10	5	0,94	
W 8	x	Drempel Straße	16,57	2,18	0,10	3,62	1085,27	434,11	542,63	217,05	12,67	11,65	68,40	0,60	0,60	39,88	B	17,10	5	1,23	
W 9	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 10	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 11	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 12	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 13	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 14	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 15	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 16	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 17	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 18	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 19	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 20	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 21	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 22	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 23	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 24	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 25	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 26	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 27	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 28	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 29	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 30	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 31	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 32	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 33	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 34	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 35	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 36	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 37	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 38	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 39	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 40	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 41	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 42	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 43	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 44	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 45	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 46	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 47	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 48	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 49	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			
W 50	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	5			

Haus 23

Wand Nr.	orientierung	Typ	$f_{b,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,k}$ [N/mm ²]	$f_{v,0}$ [N/mm ²]	f_k [N/mm ²]	$E_{t,k}$ [N/mm ²]	$G_{t,k}$ [N/mm ²]	$E_{z,k}$ [N/mm ²]	$G_{z,k}$ [N/mm ²]	l_{M} [m]	d_y [mm]	d_s [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm [m]	Einflussfl. [m ²]	Baugrundkl.	H_{tot} [m]	Stockwerke	α_x [-]	α_y [-]
W 1	y	Giebelwand	15,65	1,23	0,11	3,02	906,30	362,52	453,15	181,26	10,67	5,78	41,00	0,30	0,30	20,08	B	10,25	3		1,06
W 2	y	Giebelwand	15,65	1,23	0,11	3,02	906,30	362,52	453,15	181,26	10,67	5,78	41,00	0,30	0,30	18,19	B	10,25	3		1,03
W 3	y	0	15,65	1,23	0,11	3,02	906,30	362,52	453,15	181,26	4,55	10,54	41,00	0,15	0,15	26,15	B	10,25	3		0,37
W 4	y	0	15,65	1,23	0,11	3,02	906,30	362,52	453,15	181,26	4,25	11,14	41,00	0,20	0,15	20,20	B	10,25	3		0,39
W 5	y	0	15,65	1,23	0,11	3,02	906,30	362,52	453,15	181,26	3,42	12,92	41,00	0,45	0,45	25,51	B	10,25	3		0,44
W 6	y	0	15,65	1,23	0,11	3,02	906,30	362,52	453,15	181,26	2,80	15,81	41,00	0,45	0,45	21,22	B	10,25	3		0,33
W 7	y	0	15,65	1,23	0,11	3,02	906,30	362,52	453,15	181,26	3,42	13,61	41,00	0,20	0,15	47,58	B	10,25	3		0,33
W 8	x	Drempel Straße	15,65	1,23	0,11	3,02	906,30	362,52	453,15	181,26	15,68	4,53	41,00	0,50	0,50	39,88	B	10,25	3	1,68	
W 9	x	Kamin	15,65	1,23	0,11	3,02	906,30	362,52	453,15	181,26	15,68	5,76	41,00	0,60	0,60	0,00	B	10,25	3	1,26	
W 10	x	Drempel Hof	15,65	1,23	0,11	3,02	906,30	362,52	453,15	181,26	15,68	5,46	41,00	0,50	0,50	0,00	B	10,25	3	1,34	
W 11	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	3			
W 12	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	3			
W 13	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B	3			
W 14	0	0	0,00	0,00	0,00	0															

Haus 7

Wand Nr.	Horientierung	Typ	f _{tk} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]	f _{td} [N/mm ²]	f _{td} [N/mm ²]	E _{tk} [N/mm ²]	l _M [m]	d _y [mm]	d _e [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm [m]	Einflussfl. [m ²]	Baugrundkl.	H _{tot} [m]	Stockwerke	α _x [-]	α _y [-]			
W 1	y	Drempel Straße	18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	18,73	13,77	76,64	0,57	0,60	63,52	C	19,16	5		1,09
W 2	y	Kamin	18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	14,35	18,73	76,64	0,60	0,60	71,01	C	19,16	5		0,85
W 3	y	Drempel Hof	18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	10,55	21,28	76,64	0,57	0,60	32,26	C	19,16	5		0,76
W 4	x	Drempel Hof	18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	2,85	72,35	76,64	0,57	0,60	11,98	C	19,16	5	0,50	0,51
W 5	x	Drempel Hof	18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	3,20	62,98	76,64	0,57	0,60	22,89	C	19,16	5	0,51	0,81
W 6	x	Kamin	18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	14,13	19,00	76,64	0,60	0,60	85,12	C	19,16	5	0,51	0,81
W 7	x	Drempel Straße	18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	20,00	12,74	76,64	0,57	0,60	64,00	C	19,16	5	1,18	
W 8	y		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	5,53	48,67	76,64	0,45	0,45	33,50	C	19,16	5		0,51
W 9	y		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	5,53	43,91	76,64	0,15	0,15	28,56	C	19,16	5		0,52
W 10	y		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	5,53	43,38	76,64	0,18	0,15	28,67	C	19,16	5		0,51
W 11	y	Giebelwand	18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	12,18	19,20	76,64	0,30	0,30	23,48	C	19,16	5		0,74
W 12	y		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	3,68	64,69	76,64	0,45	0,45	16,29	C	19,16	5		0,51
W 13	y		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	3,68	69,61	76,64	0,15	0,15	17,69	C	19,16	5		0,52
W 14	y		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	3,68	69,61	76,64	0,15	0,15	14,26	C	19,16	5		0,51
W 15	y		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	4,01	63,12	76,64	0,15	0,15	13,20	C	19,16	5		0,51
W 16	x		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	4,77	51,77	76,64	0,15	0,15	25,81	C	19,16	5	0,52	
W 17	x		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	4,41	56,70	76,64	0,15	0,15	24,14	C	19,16	5	0,52	
W 18	x		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	4,41	56,70	76,64	0,15	0,15	32,07	C	19,16	5	0,52	
W 19	x		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	3,83	66,55	76,64	0,15	0,15	15,41	C	19,16	5	0,51	
W 20	x		18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	4,01	63,12	76,64	0,15	0,15	27,48	C	19,16	5	0,52	
W 21	x	Giebelwand	18,33	1,18	0,11	3,31	994,01	397,60	497,00	198,80	12,53	18,72	76,64	0,30	0,30	33,53	C	19,16	5	0,72	
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	5			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	5			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	5			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	5			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	5			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	5			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	5			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	5			

Haus 8

Wand Nr.	Horientierung	Typ	f _{tk} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]	f _{td} [N/mm ²]	f _{td} [N/mm ²]	E _{tk} [N/mm ²]	l _M [m]	d _y [mm]	d _e [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm [m]	Einflussfl. [m ²]	Baugrundkl.	H _{tot} [m]	Stockwerke	α _x [-]	α _y [-]			
W 1	y	Giebelwand	18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	13,43	10,22	60,20	0,30	0,30	32,72	C	15,05	4		0,88
W 11	y	Giebelwand	18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	9,72	16,31	60,20	0,30	0,30	26,30	C	15,05	4		0,70
W 2	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	12,54	11,01	60,20	0,30	0,30	30,88	C	15,05	4		0,84
W 3	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	5,33	22,97	60,20	0,15	0,15	22,22	C	15,05	4		0,41
W 4	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	0,00	0,00	60,20	0,00	0,00	14,70	C	15,05	4		0,00
W 5	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	5,33	22,57	60,20	0,23	0,15	21,82	C	15,05	4		0,39
W 6	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	5,11	24,02	60,20	0,15	0,15	28,59	C	15,05	4		0,41
W 7	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	2,34	55,99	60,20	0,15	0,15	9,47	C	15,05	4		0,41
W 8	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	3,24	39,28	60,20	0,15	0,15	8,91	C	15,05	4		0,40
W 9	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	3,39	38,04	60,20	0,23	0,15	15,24	C	15,05	4		0,39
W 10	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	4,17	29,71	60,20	0,23	0,15	16,30	C	15,05	4		0,39
W 11	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	3,48	36,71	60,20	0,15	0,15	15,36	C	15,05	4		0,40
W 12	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	4,66	26,58	60,20	0,15	0,15	20,35	C	15,05	4		0,40
W 13	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	0,00	0,00	60,20	0,00	0,00	0,00	C	15,05	4		0,00
W 14	y		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	11,36	10,35	60,20	0,60	0,60	36,46	C	15,05	4		0,98
W 15	x		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	5,77	20,64	60,20	0,30	0,30	10,14	C	15,05	4	0,50	
W 16	x		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	4,98	24,14	60,20	0,15	0,15	17,47	C	15,05	4	0,40	
W 17	x		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	4,76	25,27	60,20	0,15	0,15	17,47	C	15,05	4	0,41	
W 18	x		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	4,78	23,48	60,20	0,45	0,45	18,05	C	15,05	4	0,41	
W 19	x	Drempel Hof	18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	13,86	9,21	60,20	0,64	0,60	35,88	C	15,05	4	1,16	
W 20	x		18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	9,61	10,97	60,20	0,41	0,45	27,63	C	15,05	4	0,90	
W 21	x	Kamin	18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	18,99	9,19	60,20	0,60	0,60	108,81	C	15,05	4	1,16	
W 22	x	Drempel Straße	18,40	1,23	0,10	3,36	1006,86	402,75	503,43	201,37	18,99	7,52	60,20	0,64	0,60	63,81	C	15,05	4	1,40	
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	4			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	4			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	4			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	4			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	4			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	4			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	4			

Haus 9

Wand Nr.	Horientierung	Typ	f _{tk} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm
----------	---------------	-----	--------------------------------------	-----------------------

Haus 25

Wand Nr.	Horientierung [-]	Typ	$f_{t,k}$ [N/mm ²]	$f_{tR,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,d}$ [N/mm ²]	f_t [N/mm ²]	$E_{t,k}$ [N/mm ²]	$G_{t,k}$ [N/mm ²]	$E_{2,k}$ [N/mm ²]	$G_{2,k}$ [N/mm ²]	l_{dM} [m]	d_y [mm]	d_s [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm [m]	Einflussfl. [m ²]	Baugrundkl.	H_{tot} [m]	Stockwerke	α_x [-]	α_y [-]
W 1	y	Giebelwand	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	11,60	10,37	57,60	0,34	0,30	24,27	C	14,40	4		0,89
W 2	y	Giebelwand	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	11,60	10,37	57,60	0,34	0,30	19,14	C	14,40	4		0,91
W 3	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,98	21,05	57,60	0,15	0,15	25,67	C	14,40	4		0,40
W 4	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,98	21,05	57,60	0,15	0,15	25,26	C	14,40	4		0,40
W 5	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,98	21,05	57,60	0,15	0,15	24,82	C	14,40	4		0,40
W 6	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,98	20,66	57,60	0,19	0,15	20,68	C	14,40	4		0,39
W 7	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,08	25,90	57,60	0,15	0,15	14,21	C	14,40	4		0,40
W 8	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,08	25,90	57,60	0,15	0,15	14,21	C	14,40	4		0,40
W 9	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	3,50	30,45	57,60	0,15	0,15	27,41	C	14,40	4		0,40
W 10	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	3,50	30,45	57,60	0,15	0,15	18,01	C	14,40	4		0,40
W 11	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	3,98	25,70	57,60	0,19	0,15	17,14	C	14,40	4		0,39
W 12	y	Giebelwand	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	11,37	10,51	57,60	0,34	0,30	23,54	C	14,40	4		0,88
W 13	y	Giebelwand	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	11,37	10,51	57,60	0,34	0,30	18,76	C	14,40	4		0,90
W 14	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,81	21,81	57,60	0,15	0,15	24,49	C	14,40	4		0,40
W 15	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,81	21,81	57,60	0,15	0,15	24,94	C	14,40	4		0,40
W 16	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,81	21,81	57,60	0,15	0,15	24,52	C	14,40	4		0,40
W 17	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,81	21,41	57,60	0,19	0,15	19,85	C	14,40	4		0,39
W 18	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,02	26,31	57,60	0,15	0,15	14,06	C	14,40	4		0,40
W 19	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,02	26,31	57,60	0,15	0,15	26,60	C	14,40	4		0,40
W 20	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	3,44	31,01	57,60	0,15	0,15	29,36	C	14,40	4		0,40
W 21	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,02	26,31	57,60	0,15	0,15	16,33	C	14,40	4		0,40
W 22	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,47	23,47	57,60	0,19	0,15	14,72	C	14,40	4		0,38
W 23	x	Drempel Straße	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	20,86	6,56	57,60	0,53	0,50	58,72	C	14,40	4	1,61	
W 24	x	Kamin	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	20,86	8,64	57,60	0,60	0,60	118,59	C	14,40	4	1,16	
W 251	x	Drempel Hof	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	6,54	14,06	57,60	0,53	0,50	25,04	C	14,40	4	0,67	
W 252	x	Drempel Hof	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	9,95	9,91	57,60	0,53	0,50	34,83	C	14,40	4	0,94	
W 261	x	Drempel Hof	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	6,54	14,09	57,60	0,53	0,50	25,30	C	14,40	4	0,67	
W 262	x	Drempel Hof	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	9,95	9,94	57,60	0,53	0,50	35,19	C	14,40	4	0,94	
W 27	x	Kamin	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	20,86	8,66	57,60	0,60	0,60	120,99	C	14,40	4	1,15	
W 28	x	Drempel Hof	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	20,86	6,68	57,60	0,53	0,50	60,49	C	14,40	4	1,58	

Haus 26

Wand Nr.	Horientierung [-]	Typ	$f_{t,k}$ [N/mm ²]	$f_{tR,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,d}$ [N/mm ²]	f_t [N/mm ²]	$E_{t,k}$ [N/mm ²]	$G_{t,k}$ [N/mm ²]	$E_{2,k}$ [N/mm ²]	$G_{2,k}$ [N/mm ²]	l_{dM} [m]	d_y [mm]	d_s [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm [m]	Einflussfl. [m ²]	Baugrundkl.	H_{tot} [m]	Stockwerke	α_x [-]	α_y [-]
W 1	y	Giebelwand	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	11,70	19,60	76,80	0,33	0,30	20,96	C	19,20	5		0,75
W 2	y	Giebelwand	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	11,70	19,60	76,80	0,33	0,30	21,38	C	19,20	5		0,75
W 3	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	5,12	45,38	76,80	0,15	0,15	25,68	C	19,20	5		0,52
W 4	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	5,12	44,49	76,80	0,18	0,15	25,86	C	19,20	5		0,52
W 5	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	5,12	44,47	76,80	0,15	0,15	21,03	C	19,20	5		0,52
W 6	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	5,12	43,21	76,80	0,15	0,15	21,03	C	19,20	5		0,53
W 7	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	4,82	43,81	76,80	0,15	0,15	13,54	C	19,20	5		0,52
W 8	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	3,20	68,57	76,80	0,15	0,15	14,51	C	19,20	5		0,53
W 9	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	3,20	78,71	76,80	0,15	0,15	15,22	C	19,20	5		0,56
W 10	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	3,20	78,71	76,80	0,15	0,15	14,62	C	19,20	5		0,55
W 11	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	3,20	78,71	76,80	0,15	0,15	14,82	C	19,20	5		0,55
W 12	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	4,82	43,81	76,80	0,15	0,15	14,11	C	19,20	5		0,52
W 13	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	4,82	43,81	76,80	0,15	0,15	13,82	C	19,20	5		0,52
W 14	x	Drempel Hof	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	20,24	10,71	76,80	0,57	0,60	57,68	C	19,20	5	1,39	
W 15	x	Kamine	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	20,24	14,46	76,80	0,63	0,60	118,40	C	19,20	5	1,03	
W 16	x	Drempel Straße	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	20,24	11,04	76,80	0,57	0,60	60,72	C	19,20	5	1,37	
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	5			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	5			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	5			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	5			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	5			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	5			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	5			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	5			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	5			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	5			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	5			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	5			
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C	5			

Haus 28

Wand Nr.	orientierung	Typ	f _{tk} [N/mm ²]	f _{yk} [N/mm ²]	f _{yk,0} [N/mm ²]	f _t [N/mm ²]	E _{tk} [N/mm ²]	G _{tk} [N/mm ²]	E _{yk} [N/mm ²]	G _{yk} [N/mm ²]	l _M [m]	d _y [mm]	d _e [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm [m]	Einflussf. [m ²]	Baugrundkl.	H _{Stk} [m]	Stockwerke	α _x [-]	α _y [-]
W 1	y	Drempel Straße	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	18,50	12,36	76,00	0,57	0,60	49,58	C	19,00	5		1,20
W 2	y	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	5,15	42,40	76,00	0,15	0,15	28,49	C	19,00	5		0,52
W 3	y	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	5,21	47,35	76,00	0,15	0,15	29,92	C	19,00	5		0,52
W 4	y	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	5,21	46,68	76,00	0,18	0,15	29,16	C	19,00	5		0,51
W 5	y	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	5,21	41,85	76,00	0,15	0,15	27,19	C	19,00	5		0,52
W 6	y	Giebelwand	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	12,70	18,62	76,00	0,33	0,30	21,91	C	19,00	5		0,77
W 7	y	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	5,40	40,20	76,00	0,15	0,15	15,72	C	19,00	5		0,51
W 8	y	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	3,67	61,55	76,00	0,15	0,15	13,36	C	19,00	5		0,51
W 9	y	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	3,67	69,23	76,00	0,18	0,15	11,67	C	19,00	5		0,51
W 10	y	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	3,67	69,23	76,00	0,18	0,15	13,54	C	19,00	5		0,51
W 11	y	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	3,67	61,55	76,00	0,15	0,15	26,92	C	19,00	5		0,56
W 12	y	Drempel Hof	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	5,67	39,53	76,00	0,63	0,60	21,20	C	19,00	5		0,52
W 13	x	Giebelwand	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	10,95	21,40	76,00	0,33	0,30	21,49	C	19,00	5	0,68	
W 14	x	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	4,34	51,27	76,00	0,15	0,15	23,12	C	19,00	5		0,52
W 15	x	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	4,34	58,30	76,00	0,15	0,15	20,83	C	19,00	5		0,52
W 16	x	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	4,35	82,45	76,00	0,15	0,15	21,59	C	19,00	5		0,52
W 17	x	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	4,84	45,46	76,00	0,15	0,15	16,89	C	19,00	5		0,51
W 18	x	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	4,84	45,46	76,00	0,15	0,15	25,06	C	19,00	5		0,52
W 19	x	Kamin	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	18,80	15,47	76,00	0,63	0,60	97,65	C	19,00	5	0,97	
W 20	x	Drempel Straße	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	23,65	11,57	76,00	0,57	0,60	76,27	C	19,00	5	1,28	
W 21	x	Drempel Hof	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	13,12	13,81	76,00	0,57	0,60	44,28	C	19,00	5	1,07	
W 22	y	Kamin	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	12,58	20,95	76,00	0,63	0,60	58,81	C	19,00	5		0,77
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C		5		
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C		5		
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C		5		
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C		5		
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C		5		
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C		5		
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C		5		
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C		5		

Haus 29

Wand Nr.	orientierung	Typ	f _{tk} [N/mm ²]	f _{yk} [N/mm ²]	f _{yk,0} [N/mm ²]	f _t [N/mm ²]	E _{tk} [N/mm ²]	G _{tk} [N/mm ²]	E _{yk} [N/mm ²]	G _{yk} [N/mm ²]	l _M [m]	d _y [mm]	d _e [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm [m]	Einflussf. [m ²]	Baugrundkl.	H _{Stk} [m]	Stockwerke	α _x [-]	α _y [-]
W 1	y	Giebelwand	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	10,75	5,57	40,40	0,30	0,30	28,76	C	10,10	3		0,88
W 2	y	Giebelwand	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	10,75	5,57	40,40	0,30	0,30	19,08	C	10,10	3		0,93
W 3	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	4,75	8,71	40,40	0,15	0,15	27,61	C	10,10	3		0,35
W 4	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	4,75	9,07	40,40	0,15	0,15	25,67	C	10,10	3		0,35
W 5	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	4,75	8,69	40,40	0,20	0,15	32,75	C	10,10	3		0,37
W 6	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	4,75	8,33	40,40	0,15	0,15	34,66	C	10,10	3		0,32
W 7	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	4,40	8,92	40,40	0,15	0,15	23,79	C	10,10	3		0,34
W 8	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	3,50	12,69	40,40	0,15	0,15	18,59	C	10,10	3		0,28
W 9	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	3,50	11,11	40,40	0,15	0,15	13,78	C	10,10	3		0,31
W 10	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	3,10	13,25	40,40	0,45	0,45	16,90	C	10,10	3		0,33
W 11	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	3,10	13,25	40,40	0,45	0,45	21,45	C	10,10	3		0,32
W 12	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	4,40	9,34	40,40	0,15	0,15	16,38	C	10,10	3		0,38
W 13	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	4,40	8,92	40,40	0,15	0,15	10,27	C	10,10	3		0,44
W 14	x	Drempel Hof	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	26,95	4,78	40,40	0,50	0,50	70,07	C	10,10	3	1,78	
W 15	x	Kamin	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	26,95	5,06	40,40	0,60	0,60	144,86	C	10,10	3	1,29	
W 16	x	Drempel Straße	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	26,95	4,75	40,40	0,50	0,50	74,79	C	10,10	3	1,73	
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C		3		
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C		3		
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C		3		
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C		3		
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C		3		
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C		3		
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C		3		
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C		3		
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C		3		
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C		3		
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C		3		
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	C		3		

Anhang C – Auswertungstabellen der maßgebenden Parameter für Baugrundklasse D

Haus 1

Wand Nr.	Hinterieur [-]	Typ	$f_{b,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,k}$ [N/mm ²]	$f_{k,0}$ [N/mm ²]	f_k [N/mm ²]	E_{1k} [N/mm ²]	G_{1k} [N/mm ²]	E_{2k} [N/mm ²]	G_{2k} [N/mm ²]	l_{M} [m]	d_y [mm]	d_w [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm	Einflussfl. Baugrundkl. [m ²]	H _{tot} [m]	Stockwerke	α_x [-]	α_y [-]	
W 1	y	Giebelwand	18,93	1,24	0,10	3,43	1027,70	411,08	513,85	205,54	6,37	30,47	72,20	0,33	0,30	15,30	D	18,05	5	0,32	0,32
W 2	y	Giebelwand	18,93	1,24	0,10	3,43	1027,70	411,08	513,85	205,54	6,37	30,47	72,20	0,33	0,30	20,42	D	18,05	5	0,32	0,32
W 3	y	Ø	18,93	1,24	0,10	3,43	1027,70	411,08	513,85	205,54	4,27	47,75	72,20	0,15	0,15	14,52	D	18,05	5	0,31	0,31
W 4	y	Ø	18,93	1,24	0,10	3,43	1027,70	411,08	513,85	205,54	5,17	37,23	72,20	0,21	0,15	29,04	D	18,05	5	0,30	0,30
W 5	y	Ø	18,93	1,24	0,10	3,43	1027,70	411,08	513,85	205,54	0,00	0,00	72,20	0,00	0,00	0,00	D	18,05	5	0,30	0,30
W 6	y	Ø	18,93	1,24	0,10	3,43	1027,70	411,08	513,85	205,54	5,17	38,61	72,20	0,15	0,15	20,42	D	18,05	5	0,31	0,31
W 7	y	Giebelwand	18,93	1,24	0,10	3,43	1027,70	411,08	513,85	205,54	6,12	31,82	72,20	0,33	0,30	13,83	D	18,05	5	0,32	0,32
W 8	y	Giebelwand	18,93	1,24	0,10	3,43	1027,70	411,08	513,85	205,54	6,12	31,82	72,20	0,33	0,30	18,13	D	18,05	5	0,32	0,32
W 9	y	Ø	18,93	1,24	0,10	3,43	1027,70	411,08	513,85	205,54	4,02	51,08	72,20	0,15	0,15	16,24	D	18,05	5	0,31	0,31
W 10	y	Ø	18,93	1,24	0,10	3,43	1027,70	411,08	513,85	205,54	4,92	38,05	72,20	0,45	0,45	16,24	D	18,05	5	0,31	0,31
W 11	y	Ø	18,93	1,24	0,10	3,43	1027,70	411,08	513,85	205,54	4,92	38,05	72,20	0,45	0,45	18,13	D	18,05	5	0,31	0,31
W 12	y	Ø	18,93	1,24	0,10	3,43	1027,70	411,08	513,85	205,54	3,98	43,52	72,20	0,15	0,15	13,77	D	18,05	5	0,30	0,30
W 13	y	Drempel	18,93	1,24	0,10	3,43	1027,70	411,08	513,85	205,54	5,22	35,23	72,20	0,33	0,30	10,82	D	18,05	5	0,30	0,30
W 14	y	Ø	18,93	1,24	0,10	3,43	1027,70	411,08	513,85	205,54	3,90	55,33	72,20	0,21	0,15	25,30	D	18,05	5	0,30	0,30
W 15	y	Ø	18,93	1,24	0,10	3,43	1027,70	411,08	513,85	205,54	3,81	52,56	72,20	0,21	0,15	25,45	D	18,05	5	0,30	0,30
W 16	y	Drempel	18,93	1,24	0,10	3,43	1027,70	411,08	513,85	205,54	5,22	33,72	72,20	0,33	0,30	10,97	D	18,05	5	0,30	0,30
W 17	x	Drempel Hof	18,93	1,24	0,10	3,43	1027,70	411,08	513,85	205,54	16,40	11,96	72,20	0,57	0,60	47,58	D	18,05	5	0,73	0,73
W 18	x	Kamin	18,93	1,24	0,10	3,43	1027,70	411,08	513,85	205,54	16,40	14,00	72,20	0,63	0,60	60,39	D	18,05	5	0,66	0,66
W 19	x	Ø	18,93	1,24	0,10	3,43	1027,70	411,08	513,85	205,54	12,40	16,58	72,20	0,48	0,45	36,27	D	18,05	5	0,56	0,56
W 20	x	Kamin	18,93	1,24	0,10	3,43	1027,70	411,08	513,85	205,54	16,40	14,82	72,20	0,63	0,60	75,46	D	18,05	5	0,62	0,62
W 21	x	Drempel Straße	18,93	1,24	0,10	3,43	1027,70	411,08	513,85	205,54	16,40	12,02	72,20	0,57	0,60	49,61	D	18,05	5	0,73	0,73
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		

Haus 2

Wand Nr.	Hinterieur [-]	Typ	$f_{b,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,k}$ [N/mm ²]	$f_{k,0}$ [N/mm ²]	f_k [N/mm ²]	E_{1k} [N/mm ²]	G_{1k} [N/mm ²]	E_{2k} [N/mm ²]	G_{2k} [N/mm ²]	l_{M} [m]	d_y [mm]	d_w [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm	Einflussfl. Baugrundkl. [m ²]	H _{tot} [m]	Stockwerke	α_x [-]	α_y [-]	
W 1	y	Giebelwand	21,16	1,12	0,11	3,59	1077,09	430,84	538,55	215,42	11,65	17,43	73,40	0,33	0,30	23,59	D	18,35	5	0,49	0,49
W 2	y	Giebelwand	21,16	1,12	0,11	3,59	1077,09	430,84	538,55	215,42	11,65	17,43	73,40	0,33	0,30	30,68	D	18,35	5	0,47	0,47
W 3	y	Ø	21,16	1,12	0,11	3,59	1077,09	430,84	538,55	215,42	4,97	41,61	73,40	0,15	0,15	25,46	D	18,35	5	0,32	0,32
W 4	y	Ø	21,16	1,12	0,11	3,59	1077,09	430,84	538,55	215,42	4,97	41,61	73,40	0,15	0,15	25,92	D	18,35	5	0,32	0,32
W 5	y	Ø	21,16	1,12	0,11	3,59	1077,09	430,84	538,55	215,42	4,97	41,61	73,40	0,15	0,15	25,46	D	18,35	5	0,32	0,32
W 6	y	Ø	21,16	1,12	0,11	3,59	1077,09	430,84	538,55	215,42	0,00	0,00	73,40	0,00	0,00	0,00	D	18,35	5	0,00	0,00
W 7	y	Ø	21,16	1,12	0,11	3,59	1077,09	430,84	538,55	215,42	2,63	84,15	73,40	0,15	0,15	14,42	D	18,35	5	0,41	0,41
W 8	y	Ø	21,16	1,12	0,11	3,59	1077,09	430,84	538,55	215,42	3,54	60,63	73,40	0,15	0,15	14,67	D	18,35	5	0,32	0,32
W 9	y	Ø	21,16	1,12	0,11	3,59	1077,09	430,84	538,55	215,42	2,64	83,82	73,40	0,15	0,15	14,67	D	18,35	5	0,41	0,41
W 10	y	Ø	21,16	1,12	0,11	3,59	1077,09	430,84	538,55	215,42	3,54	60,63	73,40	0,15	0,15	14,67	D	18,35	5	0,32	0,32
W 11	y	Ø	21,16	1,12	0,11	3,59	1077,09	430,84	538,55	215,42	3,54	60,63	73,40	0,15	0,15	22,01	D	18,35	5	0,32	0,32
W 12	y	Ø	21,16	1,12	0,11	3,59	1077,09	430,84	538,55	215,42	0,00	0,00	73,40	0,00	0,00	0,00	D	18,35	5	0,00	0,00
W 13	x	Drempel Hof	21,16	1,12	0,11	3,59	1077,09	430,84	538,55	215,42	18,16	46,62	57,40	0,57	0,60	52,66	D	18,35	5	0,75	0,75
W 14	x	Kamine	21,16	1,12	0,11	3,59	1077,09	430,84	538,55	215,42	18,16	44,90	57,40	0,63	0,60	105,78	D	18,35	5	0,65	0,65
W 15	x	Drempel Straße	21,16	1,12	0,11	3,59	1077,09	430,84	538,55	215,42	18,16	14,17	57,40	0,57	0,60	53,12	D	18,35	5	0,75	0,75
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5	0,00	0,00		
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00																	

Haus 4

Wand Nr.	Horientierung	Typ	f_{tk}	f_{tk}	$f_{k,0}$	f_k	E_{tk}	G_{tk}	E_{tk}	G_{tk}	l_{M1}	d_y	d_x	t im Mittel	t Diagramm	Einflussfl.	Baugrundkl.	H_{Stk}	Stockwerke	α_x	α_y
Nr.	[-]		[N/mm ²]	[m]	[mm]	[mm]	[m]	[m]	[m ²]		[m]		[-]	[-]							
W 1	y	Giebelwand	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	10,80	22,29	76,80	0,33	0,30	22,25	D	19,20	5		0,43
W 2	y	Giebelwand	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	10,80	22,29	76,80	0,33	0,30	22,25	D	19,20	5		0,43
W 3	y	Ø	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	5,05	47,91	76,80	0,15	0,15	24,49	D	19,20	5		0,33
W 4	y	Ø	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	4,33	59,01	76,80	0,18	0,15	20,36	D	19,20	5		0,33
W 5	y	Ø	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	5,05	48,25	76,80	0,18	0,15	20,36	D	19,20	5		0,33
W 6	y	Ø	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	5,05	47,91	76,80	0,15	0,15	24,49	D	19,20	5		0,33
W 7	y	Ø	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	3,15	80,95	76,80	0,15	0,15	13,92	D	19,20	5		0,36
W 8	y	Ø	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	3,58	70,40	76,80	0,15	0,15	16,18	D	19,20	5		0,33
W 9	y	Ø	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	2,86	96,28	76,80	0,18	0,15	16,30	D	19,20	5		0,39
W 10	y	Ø	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	3,58	71,40	76,80	0,18	0,15	16,30	D	19,20	5		0,33
W 11	y	Ø	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	3,58	70,40	76,80	0,15	0,15	16,18	D	19,20	5		0,33
W 12	y	Ø	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	3,04	84,16	76,80	0,15	0,15	13,92	D	19,20	5		0,38
W 13	x	Drempel Straße	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	20,00	13,09	76,80	0,63	0,60	59,00	D	19,20	5	0,74	
W 14	x	Kamine	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	20,00	15,33	76,80	0,54	0,50	117,65	D	19,20	5	0,63	
W 15	x	Drempel Hof	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	8,28	24,47	76,80	0,54	0,50	14,88	D	19,20	5	0,45	
W 151	x	Drempel Hof	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	3,00	67,26	76,80	0,54	0,50	29,75	D	19,20	5	0,33	
W 152	x	Drempel Hof	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	3,00	67,26	76,80	0,54	0,50	14,88	D	19,20	5	0,32	
W 17	y	Drempel Hof	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	2,78	115,96	76,80	0,48	0,45	7,67	D	19,20	5		0,34
W 18	y	Giebelwand	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	5,78	50,48	76,80	0,48	0,45	18,40	D	19,20	5		0,36
W 19	y	Giebelwand	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	4,20	67,86	76,80	0,45	0,45	12,50	D	19,20	5		0,35
W 24	x	Giebelwand	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	4,12	64,59	76,80	0,45	0,45	12,50	D	19,20	5	0,36	
W 25	x	Giebelwand	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	4,12	63,11	76,80	0,45	0,45	19,94	D	19,20	5	0,35	
W 28	x	Drempel Hof	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	5,05	45,21	76,80	0,45	0,45	11,89	D	19,20	5	0,33	
W 29	y	Drempel Hof	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	3,30	92,05	76,80	0,45	0,45	7,30	D	19,20	5		0,33
W 30	y	Drempel Hof	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	2,80	101,34	76,80	0,45	0,45	5,69	D	19,20	5		0,33
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00			

Haus 5

Wand Nr.	Horientierung	Typ	f_{tk}	f_{tk}	$f_{k,0}$	f_k	E_{tk}	G_{tk}	E_{tk}	G_{tk}	l_{M1}	d_y	d_x	t im Mittel	t Diagramm	Einflussfl.	Baugrundkl.	H_{Stk}	Stockwerke	α_x	α_y
Nr.	[-]		[N/mm ²]	[m]	[mm]	[mm]	[m]	[m]	[m ²]		[m]		[-]	[-]							
W 16	y	Giebelwand	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	13,44	13,08	63,00	0,45	0,45	40,56	D	15,75	4		0,58
W 17	y	Drempel	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	13,44	11,29	63,00	0,53	0,50	39,41	D	15,75	4		0,66
W 18	y	Drempel	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	10,19	13,83	63,00	0,53	0,50	30,32	D	15,75	4		0,55
W 19	y	Giebelwand	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	10,19	16,32	63,00	0,45	0,45	30,32	D	15,75	4		0,48
W 20	x	Giebelwand	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	5,95	23,80	63,00	0,30	0,30	14,88	D	15,75	4	0,29	
W 21	x	Giebelwand	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	5,95	23,80	63,00	0,30	0,30	8,63	D	15,75	4	0,31	
W 22	x	Ø	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	4,11	34,87	63,00	0,15	0,15	20,35	D	15,75	4	0,28	
W 23	x	Ø	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	4,11	34,87	63,00	0,15	0,15	21,24	D	15,75	4	0,28	
W 24	x	Giebelwand	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	4,11	40,35	63,00	0,45	0,45	10,40	D	15,75	4	0,31	
W 26	x	Ø	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	4,11	34,87	63,00	0,15	0,15	27,07	D	15,75	4	0,28	
W 27	x	Ø	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	4,11	34,87	63,00	0,15	0,15	24,66	D	15,75	4	0,28	
W 28	x	Giebelwand	19,85	1,20	0,11	3,50	1051,24	420,50	525,62	210,25	4,11	40,35	63,00	0,45	0,45	13,36	D	15,75	4	0,31	
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00			

Haus 6

Wand Nr.	Horientierung	Typ	f_{tk}	f_{tk}	$f_{k,0}$	f_k	E_{tk}	G_{tk}
----------	---------------	-----	----------	----------	-----------	-------	----------	----------

Haus 16

Wand Nr.	Horientierung [-]	Typ	$f_{b,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,k}$ [N/mm ²]	$f_{v,0}$ [N/mm ²]	f_t [N/mm ²]	$E_{t,k}$ [N/mm ²]	$G_{t,k}$ [N/mm ²]	$E_{2,k}$ [N/mm ²]	$G_{2,k}$ [N/mm ²]	l_{M} [m]	d_y [mm]	d_e [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm	Einflussfl. [m ²]	Baugrundkl.	H_{tot} [m]	Stockwerke	α_x [-]	α_y [-]
W 1	y	Giebelwand	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	8,41	8,14	45,40	0,30	0,30	17,28	D	11,35	3		0,50
W 2	y	Giebelwand	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	11,26	6,84	45,40	0,30	0,30	24,95	D	11,35	3		0,60
W 3	y	Ø	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	4,76	12,04	45,40	0,15	0,15	49,63	D	11,35	3		0,21
W 4	y	Ø	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	2,30	23,19	45,40	0,15	0,15	49,13	D	11,35	3		0,21
W 5	y	Ø	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	2,30	23,19	45,40	0,45	0,45	10,05	D	11,35	3		0,20
W 6	y	Ø	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	3,80	14,98	45,40	0,15	0,15	13,24	D	11,35	3		0,21
W 7	y	Ø	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	3,15	17,13	45,40	0,30	0,30	16,04	D	11,35	3		0,20
W 8	y	Ø	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	3,80	14,18	45,40	0,30	0,30	24,92	D	11,35	3		0,22
W 9	y	Ø	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	3,80	14,98	45,40	0,15	0,15	23,10	D	11,35	3		0,21
W 10	y	Ø	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	4,70	12,18	45,40	0,15	0,15	17,56	D	11,35	3		0,25
W 11	x	Drempel Hof	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	20,50	4,84	45,40	0,60	0,60	58,43	D	11,35	3	1,19	
W 12	x	Kamin	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	22,30	5,92	45,40	0,60	0,60	121,34	D	11,35	3	0,89	
W 13	x	Drempel Straße	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	22,30	4,98	45,40	0,60	0,60	63,11	D	11,35	3	1,20	
W 14	x	Drempel Hof	19,49	1,27	0,10	3,51	1053,64	421,45	526,82	210,73	1,65	38,28	45,40	0,45	0,45	3,09	D	11,35	3	0,20	
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 0	Ø	Ø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			

Haus 17

Wand Nr.	Horientierung [-]	Typ	$f_{b,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,k}$ [N/mm ²]	$f_{v,0}$ [N/mm ²]	f_t [N/mm ²]	$E_{t,k}$ [N/mm ²]	$G_{t,k}$ [N/mm ²]	$E_{2,k}$ [N/mm ²]	$G_{2,k}$ [N/mm ²]	l_{M} [m]	d_y [mm]	d_e [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm	Einflussfl. [m ²]	Baugrundkl.	H_{tot} [m]	Stockwerke	α_x [-]	α_y [-]
W 1	y	Giebelwand	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	12,10	18,83	75,40	0,39	0,45	37,83	D	18,85	5		0,45
W 2	y	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	5,01	48,14	75,40	0,15	0,15	37,63	D	18,85	5		0,33
W 3	y	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	5,01	48,14	75,40	0,15	0,15	25,03	D	18,85	5		0,33
W 4	y	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	5,01	48,14	75,40	0,15	0,15	21,59	D	18,85	5		0,33
W 5	y	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	5,01	65,17	75,40	0,15	0,15	23,66	D	18,85	5		0,33
W 6	y	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	4,79	50,15	75,40	0,18	0,15	17,66	D	18,85	5		0,32
W 7	y	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	3,77	66,20	75,40	0,15	0,15	17,03	D	18,85	5		0,33
W 8	y	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	3,95	62,99	75,40	0,15	0,15	17,19	D	18,85	5		0,33
W 9	y	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	3,95	62,99	75,40	0,15	0,15	20,94	D	18,85	5		0,33
W 10	y	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	3,05	98,32	75,40	0,45	0,45	25,78	D	18,85	5		0,32
W 11	y	Drempel Hof	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	4,77	37,65	75,40	0,57	0,60	19,28	D	18,85	5		0,32
W 12	y	Drempel Hof	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	7,79	25,82	75,40	0,57	0,60	30,69	D	18,85	5		0,38
W 13	y	Kamin	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	22,32	13,65	75,40	0,63	0,60	134,24	D	18,85	5	0,66	
W 14	x	Drempel Straße	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	27,41	10,54	75,40	0,57	0,60	80,33	D	18,85	5	0,93	
W 15	x	Giebelwand	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	12,10	18,67	75,40	0,39	0,45	24,39	D	18,85	5	0,48	
W 16	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	4,33	56,29	75,40	0,15	0,15	13,28	D	18,85	5		0,33
W 17	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	4,98	48,07	75,40	0,15	0,15	26,13	D	18,85	5		0,33
W 18	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	4,98	48,07	75,40	0,15	0,15	25,77	D	18,85	5		0,33
W 19	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	4,98	48,07	75,40	0,15	0,15	25,77	D	18,85	5		0,33
W 20	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	4,98	48,07	75,40	0,15	0,15	25,77	D	18,85	5		0,33
W 21	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	4,80	45,17	75,40	0,15	0,15	26,72	D	18,85	5		0,33
W 22	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	4,46	53,06	75,40	0,15	0,15	22,08	D	18,85	5		0,33
W 23	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	3,77	62,42	75,40	0,30	0,30	21,92	D	18,85	5		0,33
W 24	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	3,77	62,42	75,40	0,30	0,30	12,97	D	18,85	5		0,32
W 25	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	3,77	65,86	75,40	0,15	0,15	13,89	D	18,85	5		0,33
W 26	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	3,77	65,86	75,40	0,15	0,15	13,88	D	18,85	5		0,33
W 27	x	Ø	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	3,82	64,96	75,40	0,15	0,15	15,19	D	18,85	5		0,33
W 28	x	Drempel Hof	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	15,35	16,71	75,40	0,54	0,50	50,44	D	18,85	5	0,56	
W 29	x	Kamin	18,00	1,10	0,10	3,22	965,25	386,10	482,62	193,05	20,65	14,59	75,40	0,60	0,60	112,34	D	18,85	5	0,62	
W 30	x																				

Haus 22

Wand Nr.	orientierung	Typ	$f_{b,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,k}$ [N/mm ²]	$f_{v,k,0}$ [N/mm ²]	f_k [N/mm ²]	$E_{t,k}$ [N/mm ²]	$G_{t,k}$ [N/mm ²]	$E_{z,k}$ [N/mm ²]	$G_{z,k}$ [N/mm ²]	l_{M} [m]	d_y [mm]	d_s [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm	Einflussfl. [m ²]	Baugrundkl	H_{tot} [m]	Stockwerke	α_x [-]	α_y [-]
W 1	y	Giebelwand	16,57	2,18	0,10	3,62	1085,27	434,11	542,63	217,05	8,56	19,08	68,40	0,30	0,30	18,19	D	17,10	5	0,70	0,39
W 2	y	Giebelwand	16,57	2,18	0,10	3,62	1085,27	434,11	542,63	217,05	8,56	19,08	68,40	0,30	0,30	18,19	D	17,10	5	0,52	0,39
W 3	y	0	16,57	2,18	0,10	3,62	1085,27	434,11	542,63	217,05	4,25	39,93	68,40	0,15	0,15	20,20	D	17,10	5	0,75	0,30
W 4	y	0	16,57	2,18	0,10	3,62	1085,27	434,11	542,63	217,05	4,25	39,93	68,40	0,15	0,15	20,20	D	17,10	5	0,75	0,29
W 5	y	0	16,57	2,18	0,10	3,62	1085,27	434,11	542,63	217,05	4,25	39,93	68,40	0,15	0,15	20,20	D	17,10	5	0,75	0,30
W 6	x	Drempel Hof	16,57	2,18	0,10	3,62	1085,27	434,11	542,63	217,05	12,67	11,40	68,40	0,60	0,60	39,88	D	17,10	5	0,69	0,30
W 7	x	Kamin	16,57	2,18	0,10	3,62	1085,27	434,11	542,63	217,05	12,67	16,51	68,40	0,45	0,45	47,58	D	17,10	5	0,52	0,30
W 8	x	Drempel Straße	16,57	2,18	0,10	3,62	1085,27	434,11	542,63	217,05	12,67	11,65	68,40	0,60	0,60	39,88	D	17,10	5	0,69	0,30
W 9	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 10	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 11	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 12	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 13	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 14	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 15	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 16	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 17	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 18	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 19	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 20	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 21	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 22	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 23	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 24	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 25	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 26	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 27	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 28	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 29	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 30	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 31	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			
W 32	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	5			

Haus 23

Wand Nr.	orientierung	Typ	$f_{b,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,k}$ [N/mm ²]	$f_{v,k,0}$ [N/mm ²]	f_k [N/mm ²]	$E_{t,k}$ [N/mm ²]	$G_{t,k}$ [N/mm ²]	$E_{z,k}$ [N/mm ²]	$G_{z,k}$ [N/mm ²]	l_{M} [m]	d_y [mm]	d_s [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm	Einflussfl. [m ²]	Baugrundkl	H_{tot} [m]	Stockwerke	α_x [-]	α_y [-]
W 1	y	Giebelwand	15,65	1,23	0,11	3,02	906,30	362,52	453,15	181,26	10,67	5,78	41,00	0,30	0,30	20,08	D	10,25	3	1,02	0,61
W 2	y	Giebelwand	15,65	1,23	0,11	3,02	906,30	362,52	453,15	181,26	10,67	5,78	41,00	0,30	0,30	18,19	D	10,25	3	0,75	0,59
W 3	y	0	15,65	1,23	0,11	3,02	906,30	362,52	453,15	181,26	4,55	10,54	41,00	0,15	0,15	26,15	D	10,25	3	0,75	0,21
W 4	y	0	15,65	1,23	0,11	3,02	906,30	362,52	453,15	181,26	4,25	11,14	41,00	0,20	0,15	20,20	D	10,25	3	0,75	0,22
W 5	y	0	15,65	1,23	0,11	3,02	906,30	362,52	453,15	181,26	3,42	12,92	41,00	0,45	0,45	25,51	D	10,25	3	0,75	0,24
W 6	y	0	15,65	1,23	0,11	3,02	906,30	362,52	453,15	181,26	2,80	15,81	41,00	0,45	0,45	21,22	D	10,25	3	0,75	0,18
W 7	y	0	15,65	1,23	0,11	3,02	906,30	362,52	453,15	181,26	3,42	13,61	41,00	0,20	0,15	47,58	D	10,25	3	0,75	0,18
W 8	x	Drempel Straße	15,65	1,23	0,11	3,02	906,30	362,52	453,15	181,26	15,68	4,53	41,00	0,50	0,50	39,88	D	10,25	3	0,82	0,18
W 9	x	Kamin	15,65	1,23	0,11	3,02	906,30	362,52	453,15	181,26	15,68	5,76	41,00	0,60	0,60	0,00	D	10,25	3		
W 10	x	Drempel Hof	15,65	1,23	0,11	3,02	906,30	362,52	453,15	181,26	15,68	5,46	41,00	0,50	0,50	0,00	D	10,25	3		
W 11	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 12	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 13	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 14	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 15	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 16	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 17	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 18	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 19	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 20	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 21	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 22	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 23	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 24	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 25	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 26	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 27	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 28	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 29	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 30	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 31	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	3			
W 32	0	0																			

Haus 25

Wand Nr.	Horientierung [-]	Typ	f _{fk} [N/mm²]	f _{fkL} [N/mm²]	f _{kd} [N/mm²]	f _k [N/mm²]	E _{Lk} [N/mm²]	G _{Lk} [N/mm²]	E _{2k} [N/mm²]	G _{2k} [N/mm²]	l _M [m]	d _y [mm]	d _e [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm [m]	Einflussf. [m²]	Baugrundkl.	H _{Stk} [m]	Stockwerke	α _x [-]	α _y [-]
W 1	y	Giebelwand	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	11,60	10,37	57,60	0,34	0,30	24,27	D	14,40	4	1,07	0,57
W 2	y	Giebelwand	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	11,60	10,37	57,60	0,34	0,30	19,14	D	14,40	4	1,07	0,58
W 3	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,98	21,05	57,60	0,15	0,15	25,67	D	14,40	4	1,07	0,25
W 4	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,98	21,05	57,60	0,15	0,15	25,26	D	14,40	4	1,07	0,25
W 5	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,98	21,05	57,60	0,15	0,15	24,82	D	14,40	4	1,07	0,25
W 6	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,98	20,66	57,60	0,19	0,15	20,68	D	14,40	4	1,07	0,25
W 7	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,08	25,90	57,60	0,15	0,15	14,21	D	14,40	4	1,07	0,25
W 8	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,08	25,90	57,60	0,15	0,15	25,38	D	14,40	4	1,07	0,26
W 9	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	3,50	30,45	57,60	0,15	0,15	27,41	D	14,40	4	1,07	0,26
W 10	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	3,50	30,45	57,60	0,15	0,15	18,01	D	14,40	4	1,07	0,25
W 11	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	3,98	25,70	57,60	0,19	0,15	17,14	D	14,40	4	1,07	0,25
W 12	y	Giebelwand	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	11,37	10,51	57,60	0,34	0,30	23,54	D	14,40	4	1,07	0,56
W 13	y	Giebelwand	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	11,37	10,51	57,60	0,34	0,30	18,76	D	14,40	4	1,07	0,57
W 14	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,81	21,81	57,60	0,15	0,15	24,49	D	14,40	4	1,07	0,25
W 15	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,81	21,81	57,60	0,15	0,15	24,94	D	14,40	4	1,07	0,25
W 16	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,81	21,81	57,60	0,15	0,15	24,52	D	14,40	4	1,07	0,25
W 17	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,81	21,41	57,60	0,19	0,15	19,85	D	14,40	4	1,07	0,25
W 18	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,02	26,31	57,60	0,15	0,15	14,06	D	14,40	4	1,07	0,25
W 19	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,02	26,31	57,60	0,15	0,15	26,60	D	14,40	4	1,07	0,26
W 20	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	3,44	31,01	57,60	0,15	0,15	29,36	D	14,40	4	1,07	0,26
W 21	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,02	26,31	57,60	0,15	0,15	16,33	D	14,40	4	1,07	0,25
W 22	y	0	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	4,47	23,47	57,60	0,19	0,15	14,72	D	14,40	4	1,07	0,25
W 23	x	Drempel Straße	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	20,86	6,56	57,60	0,53	0,50	58,72	D	14,40	4	1,07	1,08
W 24	x	Kamin	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	20,86	6,64	57,60	0,60	0,60	118,59	D	14,40	4	1,07	0,75
W 251	x	Drempel Hof	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	6,54	14,06	57,60	0,53	0,50	25,04	D	14,40	4	1,07	0,43
W 252	x	Drempel Hof	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	9,95	9,91	57,60	0,53	0,50	34,83	D	14,40	4	1,07	0,60
W 261	x	Drempel Hof	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	6,54	14,09	57,60	0,53	0,50	25,30	D	14,40	4	1,07	0,43
W 262	x	Drempel Hof	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	9,95	9,94	57,60	0,53	0,50	35,19	D	14,40	4	1,07	0,60
W 27	x	Kamin	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	20,86	6,66	57,60	0,60	0,60	120,99	D	14,40	4	1,07	0,75
W 28	x	Drempel Hof	20,00	1,37	0,10	3,64	1091,97	436,79	545,99	218,39	20,86	6,68	57,60	0,53	0,50	60,49	D	14,40	4	1,07	1,07

Haus 26

Wand Nr.	Horientierung [-]	Typ	f _{fk} [N/mm²]	f _{fkL} [N/mm²]	f _{kd} [N/mm²]	f _k [N/mm²]	E _{Lk} [N/mm²]	G _{Lk} [N/mm²]	E _{2k} [N/mm²]	G _{2k} [N/mm²]	l _M [m]	d _y [mm]	d _e [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm [m]	Einflussf. [m²]	Baugrundkl.	H _{Stk} [m]	Stockwerke	α _x [-]	α _y [-]
W 1	y	Giebelwand	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	11,70	19,60	76,80	0,33	0,30	20,96	D	19,20	5	1,07	0,48
W 2	y	Giebelwand	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	11,70	19,60	76,80	0,33	0,30	21,38	D	19,20	5	1,07	0,48
W 3	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	5,12	45,38	76,80	0,15	0,15	25,68	D	19,20	5	1,07	0,33
W 4	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	5,12	44,49	76,80	0,18	0,15	25,86	D	19,20	5	1,07	0,33
W 5	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	5,12	44,47	76,80	0,15	0,15	21,03	D	19,20	5	1,07	0,33
W 6	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	5,12	43,21	76,80	0,15	0,15	21,03	D	19,20	5	1,07	0,34
W 7	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	4,82	43,81	76,80	0,15	0,15	13,54	D	19,20	5	1,07	0,33
W 8	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	3,20	68,57	76,80	0,15	0,15	14,51	D	19,20	5	1,07	0,34
W 9	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	3,20	78,71	76,80	0,15	0,15	15,22	D	19,20	5	1,07	0,35
W 10	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	3,20	78,71	76,80	0,15	0,15	14,62	D	19,20	5	1,07	0,35
W 11	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	3,20	78,71	76,80	0,15	0,15	14,82	D	19,20	5	1,07	0,35
W 12	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	4,82	43,81	76,80	0,15	0,15	14,11	D	19,20	5	1,07	0,33
W 13	y	0	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	4,82	43,81	76,80	0,15	0,15	13,82	D	19,20	5	1,07	0,33
W 14	x	Drempel Hof	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	20,24	10,71	76,80	0,57	0,60	57,68	D	19,20	5	1,07	0,90
W 15	x	Kamine	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	20,24	14,46	76,80	0,63	0,60	118,40	D	19,20	5	1,07	0,66
W 16	x	Drempel Straße	18,85	1,38	0,00	3,51	1052,65	421,06	526,33	210,53	20,24	11,04	76,80	0,57	0,60	60,72	D	19,20	5	1,07	0,88
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00	0,00	0,00
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00	0,00	0,00
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00	0,00	0,00
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00	0,00	0,00
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00	0,00	0,00
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00	0,00	0,00
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00	0,00	0,00
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00	0,00	0,00
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00	0,00	0,00
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00	0,00	0,00
W 0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D	0,00	0,00	0,00	0,00
W 0	0	0	0,00	0,00																	

Haus 28

Wand Nr.	orientierung	Typ	$f_{t,k}$ [N/mm ²]	$f_{tR,k}$ [N/mm ²]	$f_{tR,0}$ [N/mm ²]	f_t [N/mm ²]	$E_{t,k}$ [N/mm ²]	$G_{t,k}$ [N/mm ²]	$E_{2,k}$ [N/mm ²]	$G_{2,k}$ [N/mm ²]	l_M [m]	d_y [mm]	d_e [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm [m]	Einflussfl. [m ²]	Baugrundkl.	H_{Stk} [m]	Stockwerke	α_x [-]	α_y [-]
W 1	y	Drempel Straße	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	18,50	12,36	76,00	0,57	0,60	49,58	D	19,00	5		0,77
W 2	y	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	5,15	42,40	76,00	0,15	0,15	28,49	D	19,00	5		0,33
W 3	y	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	5,21	47,35	76,00	0,15	0,15	29,92	D	19,00	5		0,33
W 4	y	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	5,21	46,68	76,00	0,18	0,15	29,16	D	19,00	5		0,33
W 5	y	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	5,21	41,85	76,00	0,15	0,15	27,19	D	19,00	5		0,33
W 6	y	Giebelwand	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	12,70	18,62	76,00	0,33	0,30	21,91	D	19,00	5		0,49
W 7	y	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	5,40	40,20	76,00	0,15	0,15	15,72	D	19,00	5		0,33
W 8	y	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	3,67	61,55	76,00	0,15	0,15	13,36	D	19,00	5		0,33
W 9	y	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	3,67	69,23	76,00	0,18	0,15	11,67	D	19,00	5		0,32
W 10	y	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	3,67	69,23	76,00	0,18	0,15	13,54	D	19,00	5		0,32
W 11	y	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	3,67	61,55	76,00	0,15	0,15	26,92	D	19,00	5		0,36
W 12	y	Drempel Hof	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	5,67	39,53	76,00	0,63	0,60	21,20	D	19,00	5		0,33
W 13	x	Giebelwand	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	10,95	21,40	76,00	0,33	0,30	21,49	D	19,00	5	0,44	
W 14	x	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	4,34	51,27	76,00	0,15	0,15	23,12	D	19,00	5	0,33	
W 15	x	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	4,34	58,30	76,00	0,15	0,15	20,83	D	19,00	5	0,33	
W 16	x	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	4,35	82,45	76,00	0,15	0,15	21,59	D	19,00	5	0,33	
W 17	x	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	4,84	45,46	76,00	0,15	0,15	16,89	D	19,00	5	0,33	
W 18	x	0	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	4,84	45,46	76,00	0,15	0,15	25,06	D	19,00	5	0,33	
W 19	x	Kamin	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	18,80	15,47	76,00	0,63	0,60	97,65	D	19,00	5	0,62	
W 20	x	Drempel Straße	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	23,65	11,57	76,00	0,57	0,60	76,27	D	19,00	5	0,82	
W 21	x	Drempel Hof	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	13,12	13,81	76,00	0,57	0,60	44,28	D	19,00	5	0,68	
W 22	y	Kamin	16,00	1,48	0,00	3,21	962,95	385,18	481,48	192,59	12,58	20,95	76,00	0,63	0,60	58,81	D	19,00	5		0,49
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				

Haus 29

Wand Nr.	orientierung	Typ	$f_{t,k}$ [N/mm ²]	$f_{tR,k}$ [N/mm ²]	$f_{tR,0}$ [N/mm ²]	f_t [N/mm ²]	$E_{t,k}$ [N/mm ²]	$G_{t,k}$ [N/mm ²]	$E_{2,k}$ [N/mm ²]	$G_{2,k}$ [N/mm ²]	l_M [m]	d_y [mm]	d_e [mm]	t im Mittel [m]	t Diagramm [m]	Einflussfl. [m ²]	Baugrundkl.	H_{Stk} [m]	Stockwerke	α_x [-]	α_y [-]
W 1	y	Giebelwand	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	10,75	5,57	40,40	0,30	0,30	28,76	D	10,10	3		0,57
W 2	y	Giebelwand	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	10,75	5,57	40,40	0,30	0,30	19,08	D	10,10	3		0,62
W 3	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	4,75	8,71	40,40	0,15	0,15	27,61	D	10,10	3		0,22
W 4	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	4,75	9,07	40,40	0,15	0,15	25,67	D	10,10	3		0,23
W 5	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	4,75	8,69	40,40	0,20	0,15	32,75	D	10,10	3		0,24
W 6	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	4,75	8,33	40,40	0,15	0,15	34,66	D	10,10	3		0,21
W 7	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	4,40	8,92	40,40	0,15	0,15	23,79	D	10,10	3		0,22
W 8	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	3,50	12,69	40,40	0,15	0,15	18,59	D	10,10	3		0,18
W 9	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	3,50	11,11	40,40	0,15	0,15	13,78	D	10,10	3		0,20
W 10	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	3,10	13,25	40,40	0,45	0,45	16,90	D	10,10	3		0,21
W 11	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	3,10	13,25	40,40	0,45	0,45	21,45	D	10,10	3		0,20
W 12	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	4,40	9,34	40,40	0,15	0,15	16,38	D	10,10	3		0,24
W 13	y	0	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	4,40	8,92	40,40	0,15	0,15	10,27	D	10,10	3		0,28
W 14	x	Drempel Hof	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	26,95	4,78	40,40	0,50	0,50	70,07	D	10,10	3	1,18	
W 15	x	Kamin	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	26,95	5,06	40,40	0,60	0,60	144,86	D	10,10	3	0,86	
W 16	x	Drempel Straße	16,70	1,12	0,00	3,08	923,49	369,40	461,75	184,70	26,95	4,75	40,40	0,50	0,50	74,79	D	10,10	3	1,15	
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				
W 0	0	0										0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D				

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.