



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

DIPLOMARBEIT
Master Thesis

**Schubtragfähigkeit von aussteifenden, gemauerten
Zwischenwänden in Gründerzeithäusern
Teil 2 - Schubversuche in aussteifenden Wänden an einem
bestehenden Gebäude**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Kolbitsch
und
Dipl.Päd. Dipl.-Ing. Dr.techn. Sinan Korjenic

E 206
Institut für Hochbau und Technologie
Forschungsbereich für Hochbaukonstruktionen und Bauwerkserhaltung

Eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Philipp Löffler
Matr.Nr.: 0725456
Lärchengasse 4
2542 Kottlingbrunn

Wien, November 2013

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich all jenen danken, die mir während der Erstellung meiner Diplomarbeit geholfen haben.

Zu Beginn sei erwähnt, dass diese Diplomarbeit der zweite Teil einer umfangreicheren Arbeit ist. Die Versuche wurden von Herrn Bernhard Nowak und mir gemeinsam durchgeführt, wobei er die Materialauswertung übernommen hat und ich die Versuchsauswertung vorgenommen habe. Hiermit möchte ich mich für die gute Zusammenarbeit mit ihm bedanken, da ohne ihn diese Diplomarbeit gar nicht möglich geworden wäre.

Weiters möchte ich mich bei meinem Betreuer Herrn Dipl.Päd. Dipl.-Ing. Dr.techn. Sinan Korjenic und Herrn Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Kolbitsch bedanken, welche mir in jeglicher Hinsicht, sei es bei der Literaturrecherche oder bei dem Versuchsaufbau, mit Rat und Tat zur Seite gestanden haben.

Damit das Thema der Schubtragfähigkeit unter realen Bedingungen untersucht werden konnte, war es notwendig, ein geeignetes Objekt zu finden, in welchem auch Versuche durchgeführt werden konnten. Bei diesen Versuchen wird ein größerer Bereich einer Zwischenwand beschädigt und zum Teil zerstört. Hierfür möchte ich mich sehr bei Firma „Gassner & Partner“ bedanken, welche uns (Bernhard Nowak und mir) das Objekt in der Eckertgasse 10 im 10. Wiener Gemeindebezirk zur Verfügung gestellt hat.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei meinen Eltern und bei meiner Frau Andrea Löffler bedanken, welche mich über die gesamte Studienzeit unterstützt haben.

Kurzfassung

Schubtragfähigkeit von aussteifenden, gemauerten Zwischenwänden in Gründerzeithäusern Teil 2 - Schubversuche in aussteifenden Wänden an einem bestehenden Gebäude

Diese Arbeit untersucht die Schubtragfähigkeit von Zwischenwänden in Gründerzeithäusern¹ anhand von Schubversuchen, welche unter realen Bedingungen in einem Bestandgebäude durchgeführt wurden. Es wurden in unterschiedlichen Stockwerken Versuche durchgeführt und jeweils die maximale aufnehmbare Horizontalkraft bzw. die horizontale Verschiebung der jeweiligen Mörtelfuge gemessen.

Diese Versuche wurden gemeinsam mit meinem Studienkollegen Herrn Bernhard Nowak [NOW13] vorgenommen, wobei in seiner Diplomarbeit die Materialparameter des Versuchsgebäudes ausgearbeitet wurden. Die Materialparameter werden für die Berechnung der genauen Schubtragfähigkeit jeder Fuge, in dieser Arbeit weiter verwendet.

Bei den Schubversuchen konnte festgestellt werden, dass die maximale Verschiebung einer Mörtelfuge bei höchstens zwei bis drei Millimeter liegt.

Weiters ergab die Auswertung der Versuche, dass kein direkter linearer Zusammenhang zwischen der theoretischen Auflast (Wand darüber) und der aufgetretenen Schubspannung besteht. Im obersten Stockwerk wurden höhere Schubwiderstände erreicht, als laut der theoretischen Berechnung aufnehmbar wären.

Durch die Überprüfung der Versuchsergebnisse mittels eines „Finite Elemente Programms“ konnte bestätigt werden, dass die Schubtragfähigkeit nicht alleine von der direkten Auflast, sondern vielmehr auch von der Wandgeometrie abhängig ist. Dies betrifft speziell die unteren Geschoße, da hier durch eingebaute Türen Lastumlagerungen auftreten können und daher eine nicht gleichförmige Druckverteilung auftreten kann.

¹ Als Gründerzeit wird in Wien die Bauperiode zwischen 1850 bis 1910 bezeichnet.

Abstract

Shear carrying capacity of stiffening partition walls of houses built in the “Gründerzeit”

Part 2 - Shear tests in stiffening partition walls in an existing building

In this master thesis the horizontal shear carrying capacity of stiffening partition walls of houses built in the “Gründerzeit” is analysed. The period called the “Gründerzeit” is typical for Vienna; it lasted from the 1850ties to 1910. Most of the houses are built of bricks (used in the cellar and the walls) and timber (used in the ceilings and the roof).

These partition walls are important for the earthquake bracing. Nowadays large rooms are very popular, therefore it is necessary to know which compensating measures are required if the architect wants to remove a wall.

Bernhard Nowak [NOW13] was my partner in this project and we carried out 14 experiments in four different floors in an object in the Eckertgasse 10, 1100 Vienna, which was made available to us by the company “Gassner & Partner GmbH”.

The result of these experiments is that the mortar joints can only absorb displacements of two or three millimetres.

The experiments have shown that the shear carrying capacity is not linear gradable from each level downwards. Especially the lower floors are affected because of doors in the upper levels which cause load shifts in the wall.

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	1
1.1	Motivation	1
1.2	Formelzeichen.....	2
2	Zwischenwände in der Gründerzeit	3
3	Berechnung der maximalen Schubtragfähigkeit laut ÖNORM	6
3.1	Bemessungswert der Schubtragfähigkeit.....	6
3.2	Teilsicherheitsbeiwerte.....	6
3.3	Grenzzustand der Schubtragfähigkeit.....	7
4	Versuchsaufbau.....	8
4.1	Allgemeines.....	8
4.2	Beschreibung des Versuchs	8
4.3	Technische Geräte	10
4.4	Vorbereitungen für den Versuch	11
5	Objektbeschreibung.....	16
5.1	Allgemeines.....	16
5.2	Fotodokumentation	17
5.3	Bestandspläne	19
5.4	Stahlträger in der Zwischenwand?	22
6	Berechnung	23
6.1	Berechnung der Versuchsschubtragfähigkeit	23
6.2	Ermittlung der Auflast mit RFEM.....	24
6.3	Abminderungsfaktor durch den Versuchsaufbau	25
6.4	Theoretische Auflast	27
7	Auswertung der Versuche	28
7.1	Allgemeines.....	28
7.2	Wand 1	29
7.3	Wand 2.....	32
7.4	Wand 3.....	34
7.5	Wand 4.....	36
7.6	Wand 5.....	38
7.7	Wand 6.....	39
8	Schlussfolgerung	40
8.1	Mörteldruckfestigkeit	40
8.2	Mörtelfuge	40
8.3	Auflast	41
8.4	Resumé.....	44

9	ANHANG A – Dokumentation der Versuche	45
9.1	Wand 1 – 1. Stock.....	45
9.2	Wand 1 – 2. Stock.....	48
9.3	Wand 1 – 3. Stock.....	51
9.4	Wand 1 – 4. Stock.....	54
9.5	Wand 2 – 1. Stock.....	57
9.6	Wand 2 – 2. Stock.....	59
9.7	Wand 2 – 3. Stock.....	62
9.8	Wand 2 – 4. Stock.....	65
9.9	Wand 3 – 2. Stock.....	67
9.10	Wand 3 – 3. Stock.....	70
9.11	Wand 3 – 4. Stock.....	73
9.12	Wand 4 – 2. Stock.....	76
9.13	Wand 5 – 4. Stock.....	79
9.14	Wand 6 – 4. Stock.....	82
10	ANHANG B – Berechnung mittels RFEM	85
10.1	Wand 1	85
10.2	Wand 2.....	86
10.3	Wand 3.....	87
10.4	Wand 4.....	88
10.5	Wand 5.....	89
10.6	Wand 6.....	89
11	Abbildungsverzeichnis	90
12	Tabellenverzeichnis	93
13	Literatur	94

1 Allgemeines

1.1 Motivation

Heutzutage werden bei Umbaumaßnahmen in Gründerzeithäusern oft Zwischenwände gänzlich entfernt oder teilweise abgebrochen, um entweder einen neuen Durchgang oder eine neue Raumaufteilung zu erzielen. Hierbei stellt sich seit Längerem die Frage, welche Rolle eine Zwischenwand im Tragverhalten eines Gründerzeithauses im Falle einer Horizontallast (z.B. Wind) oder einer außergewöhnlichen Belastung (z.B. Erdbeben) spielt.

Dass ein Gründerzeithaus ohne Zwischenwände einem Erdbeben standhalten kann, ist zu bezweifeln, da sämtliche Horizontallasten über die Feuermauern in die Fundierung abgeleitet werden müssten. In der Praxis ist dies aber nicht möglich, da die Holzdecken als nicht schubsteif anzusehen sind (oder lediglich eine geringe Schubsteifigkeit aufweisen) und daher die Horizontallasten nicht bis zur Feuermauer weitergeleitet werden können.

Durch die Versuche, welche von Herrn Bernhard Nowak [NOW13] und mir durchgeführt wurden, soll ein weiterer Beitrag zu diesem derzeit noch teilweise unklaren Thema der horizontalen Tragfähigkeit von Zwischenwänden, geleistet werden.

1.2 Formelzeichen

f_b	normierte Druckfestigkeit
f_{vd}	Bemessungswert der Schubfestigkeit
f_{vk}	charakteristische Schubfestigkeit
f_{vk0}	charakteristische Haftscherfestigkeit ohne Auflast
f_{vlt}	der Grenzwert von f_{vk}
l_c	Länge des überdrückten Teiles der Wand
t	Dicke der schubbeanspruchten Wand
V_{Ed}	Bemessungswert der aufgetragenen Schubkraft
V_{Rd}	Bemessungswert der Schubtragfähigkeit
σ_d	Bemessungsdruckspannung
γ_M	Teilsicherheitsbeiwert
γ	Wichte
ν_{XY}	Querdehnzahl
G_{XY}	Schubmodul
E_X	E-Modul horizontal
E_Y	E-Modul vertikal

2 Zwischenwände in der Gründerzeit

Der typische Grundriss eines Gründerzeithauses besteht aus drei lastableitenden massiven Wänden (straßenseitige Außenwand, Mittelwand und hofseitige Außenwand – Stärken zwischen 45 bis 90 cm). An der Grundgrenze befinden sich zwei Feuermauern, welche meistens eine Stärke von 30 cm aufweisen. Da schon früh erkannt wurde, dass diese Wände für die Aussteifung nicht ausreichen, wurden sogenannte Zwischenwände errichtet. Diese weisen eine Stärke von 14 cm auf und bilden einerseits die Trennung zwischen zwei Wohnungen und andererseits eine Trennung zwischen zwei einzelnen Zimmern. Typisch für die Gründerzeit ist ein über alle Geschoße gleicher Grundriss (die Zwischenwände wurden in allen Geschoßen übereinander gemauert).

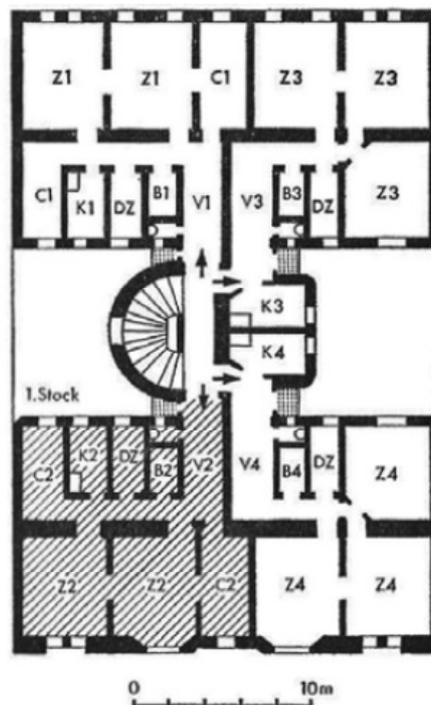


Abb. 1: typischer Grundriss aus der Spätgründerzeit [BOB66]

Zwischenwände wurden immer mit einer Stärke von 14 cm und in einem sogenannten Läuferverband gemauert.

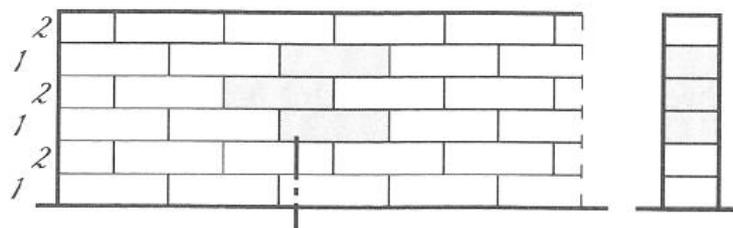


Abb. 2: Läuferverband [AHN09-1]

Die Außenwände und aussteifenden Zwischenwände wurden meistens zur selben Zeit aufgemauert. Hierbei entstand eine Verbindung bzw. eine Verzahnung dieser beiden Bauteile. Aus der Geometrie des Läuferverbands – die Reihen sind untereinander versetzt angeordnet – ergibt sich in den häufigsten Fällen, dass jeder zweite Ziegel die tragende Wand und die Zwischenwand verbindet.



Abb. 3: typischer Verband [ISA13]

Folgend sind einige unterschiedliche Arten von Verzahnungen angeführt:

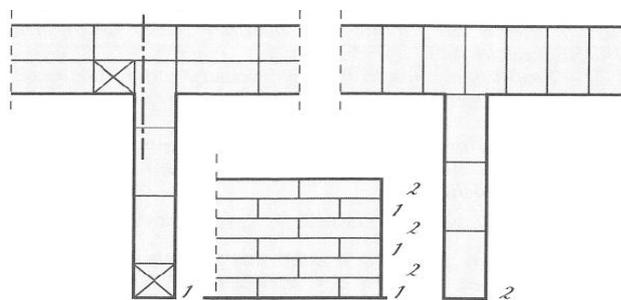


Abb. 4: gleichzeitige Aufmauerung im Verband [AHN09-1]

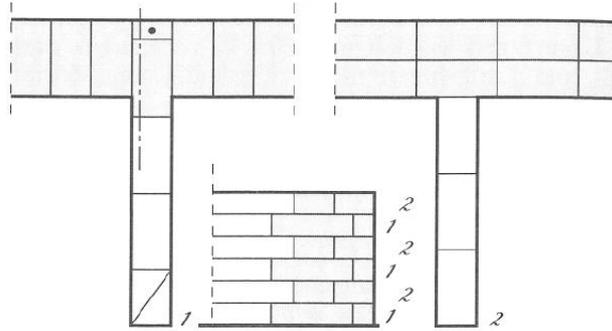


Abb. 5: stehende Verzahnung [AHN09-1]

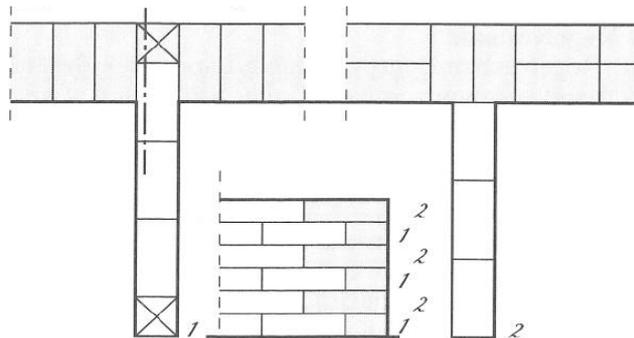


Abb. 6: Lochverzahnung [AHN09-1]

Eine weitere Besonderheit der Zwischenwände ist, dass keine Verbindung zwischen den Zwischenwänden und den einzelnen Decken hergestellt wurde. Es wurde auf beiden Seiten ein schmalerer Holzbalken mit einigen Zentimetern Abstand zur Zwischenwand versetzt.

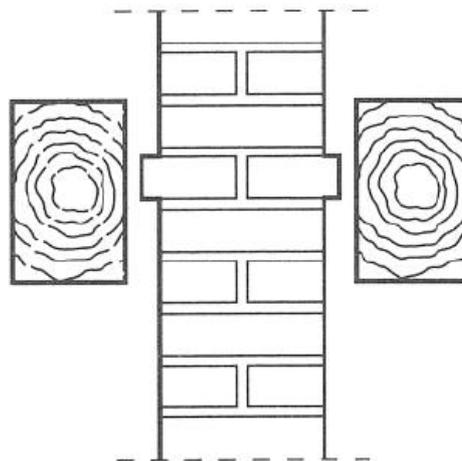


Abb. 7: Streichbalken [AHN09-2]

3 Berechnung der maximalen Schubtragfähigkeit laut ÖNORM

Grundsätzlich ist die Berechnung der Schubtragfähigkeit in der ÖNORM EN 1996-1-1 [ONO09] bzw. dem österreichischen Anwendungsdokument ÖNORM B 1996-1-1 [ONO09a] geregelt.

3.1 Bemessungswert der Schubtragfähigkeit

Laut [ONO09] gilt, dass die aufgebrachte Schubkraft V_{Ed} kleiner oder gleich dem Bemessungswert der Schubtragfähigkeit V_{Rd} sein muss.

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} , \quad (1)$$

wobei der Bemessungswert der Schubtragfähigkeit mit folgender Formel errechnet wird:

$$V_{Rd} = f_{vd} * t * l_c \quad (2)$$

3.2 Teilsicherheitsbeiwerte

Um von den charakteristischen Werten auf das Bemessungsniveau zu kommen, müssen folgende in der [ONO09a] angeführten Teilsicherheitsbeiwerte verwendet werden.

Tab. 1: Teilsicherheitsbeiwerte im Mauerwerksbau [ONO09a]

Material	γ_M
Mauerwerk aus:	
Steinen der Kategorie I und Mörtel nach Eignungsprüfung ^a	2,00
Steinen der Kategorie I und Rezeptmörtel ^b	2,20
Steinen der Kategorie II ^{a,b,c}	2,50
Verankerung von Bewehrungsstahl	2,20
Bewehrungsstahl und Spannstahl	1,15
Ergänzungsbauteile ^{d,e}	2,20
Mauerwerksstürze nach ÖNORM EN 845-2 mit tragender Übermauerung ^f	2,20
^a Anforderungen an Mörtel nach Eignungsprüfung sind in den ÖNORMEN EN 998-2 und EN 1996-2 angegeben. ^b Anforderungen an Rezeptmörtel sind in den ÖNORMEN EN 998-2 und EN 1996-2 angegeben. ^c Sofern der Variationskoeffizient der Steine nach Kategorie II nicht größer als 25 % ist. ^d Abdichtungen gegen Feuchtigkeit sind ebenfalls mit ©M abgedeckt. ^e Deklarierte Werte sind Mittelwerte. ^f Stürze ohne tragende Übermauerung sind nach den entsprechenden Konstruktionsnormen zu bemessen.	

3.3 Grenzzustand der Schubtragfähigkeit

Der Grenzzustand der maximalen Schubtragfähigkeit darf laut [ONO09] mit folgender Formel ermittelt werden:

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 * \sigma_d \quad (3)$$

jedoch

$$f_{vk} < 0,065f_b \text{ bzw. } f_{vlt} \quad (4)$$

Die charakteristische Haftscherfestigkeit f_{vk0} kann aus der Tabelle 2 entnommen werden. Zwischen den Werten M1 und M2 darf linear interpoliert werden, welches in der Versuchsauswertung angewendet wurde.

Tab. 2: Werte für die Anfangsscherfestigkeit f_{vk0} von Mauerwerk [ONO09a]

Mauersteinart	Normalmörtel mit einer Festigkeitsklasse ^a		Dünnbettmörtel (Lagerfugendicke 0,5 mm bis 3 mm)	Leichtmörtel
Ziegel	≥ M10	0,30	0,30	0,15
	M2	0,20		
	M1	0,10		
Kalksandstein	≥ M10	0,20	0,40	
	M2	0,15		
	M1	0,10		
Beton	≥ M10	0,20	0,30	
	M2	0,15		
	M1	0,10		
Porenbeton	M2 bis M10	0,15		
maßgerechter Naturstein	M1 bis M2	0,10		

^a Zwischenwerte für Mörtelfestigkeitsklassen von M1 bis M10 sind linear zu interpolieren. Für Mörtelfestigkeitsklassen unter M1 ist der Ansatz einer Anfangsscherfestigkeit nicht zulässig.

4 Versuchsaufbau

4.1 Allgemeines

Es sei erwähnt, dass diese Versuche in einem Bestandsobjekt stattgefunden haben. Hierbei möchte ich mich bei der Firma „Gassner & Partner“ bedanken, welche Herrn Bernhard Nowak [NOW13] und mir ein Gründerzeithaus für unsere Versuche zur Verfügung gestellt hat. In diesem Gebäude wurde im Jahr 2013 nach der Durchführung unserer Versuche eine Sockelsanierung inklusive Dachgeschoßausbau durchgeführt.

Insgesamt war es möglich, sechs Zwischenwänden, verteilt über vier Geschoße, zu testen (drei Wandscheiben wurden in mehreren Geschoßen untersucht).

4.2 Beschreibung des Versuchs

Bei den Versuchen wurden zwei nebeneinander liegende Wandöffnungen hergestellt, welche durch einen ca. 50 bis 60 cm langen Ziegelpfeiler getrennt waren. Ziel war es, diesen verbleibenden Ziegelpfeiler unter Aufbringung einer horizontalen Last zu verschieben. Als Lasterzeugung wurde eine hydraulische Presse eingesetzt, die mittels einer händischen Pumpe gesteuert wurde. Die Höhe dieses Ziegelpfeilers wurde mit drei Scharen gewählt, da so wenig wie möglich in den Bestand eingegriffen wurde und diese Höhe genau mit der Höhe der Versuchsgeräte übereinstimmt. Durch die Aufbringung einer Horizontallast versagen schlussendlich die oberste und die unterste Fuge dieses Wandpfeilers. Durch die benötigte Kraft kann auf die wirkende Vertikalkraft in dem Pfeiler rückgerechnet werden. Dies ergibt sich aus der Beziehung, welche in der ÖNORM geregelt ist.

Als Widerlager diente uns die Mittelwand, bzw. falls es nicht anders möglich war, eine relativ lange Wandscheibe.

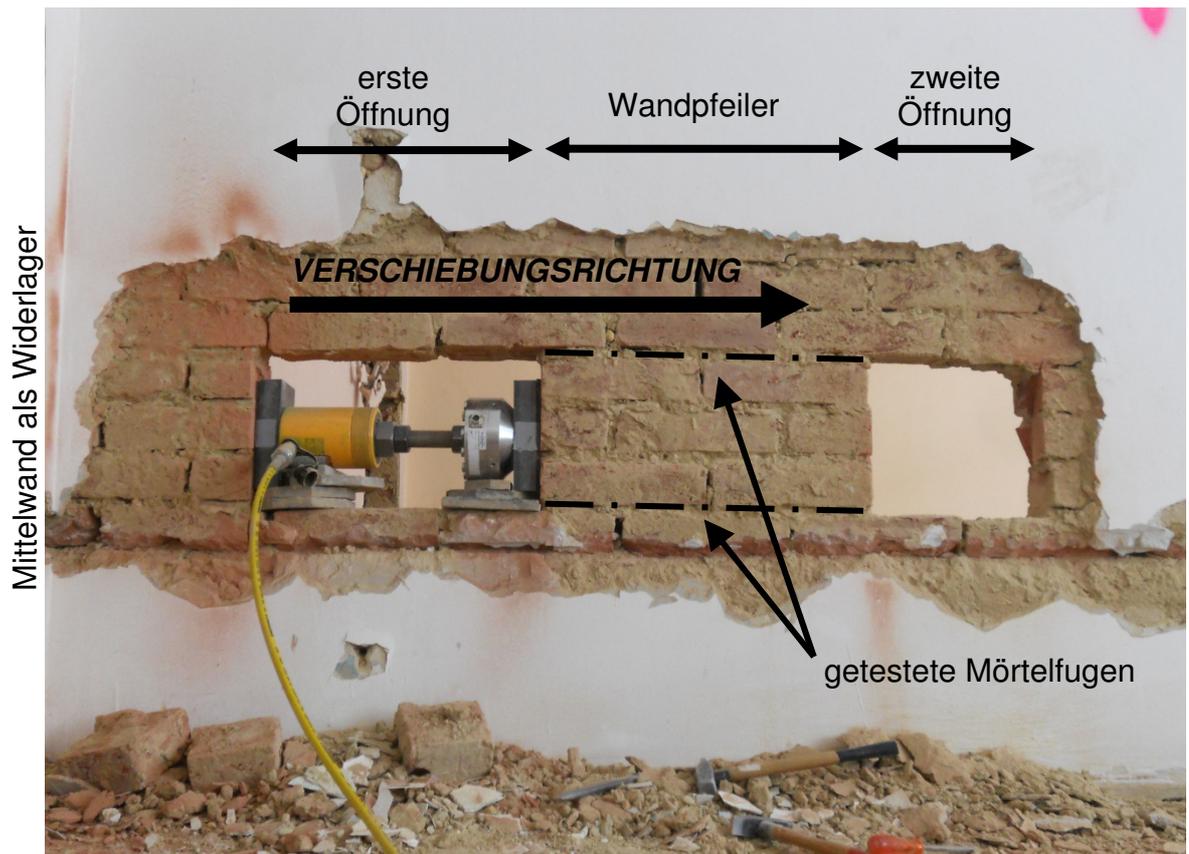


Abb. 8: Versuchsanordnung (1)

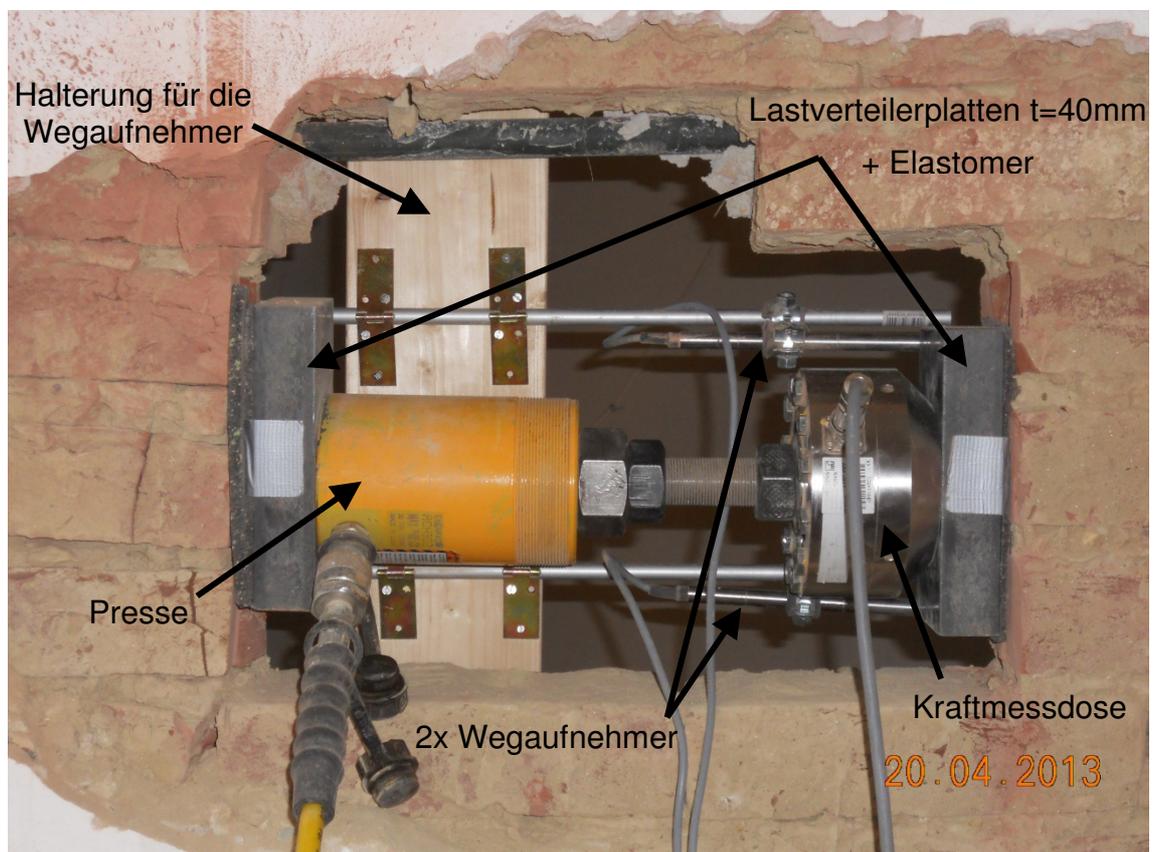


Abb. 9: Versuchsanordnung (2)

4.3 Technische Geräte

Die technischen Geräte wurden uns vom Institut für Hochbau der Technischen Universität Wien zur Verfügung gestellt.

Zum Einsatz kamen:

- händisch bedienbare hydraulische Presse
- eine digitale Kraftmessdose mit einer maximalen Kraft von $F_{\max} = 125 \text{ kN}$



Abb. 10: Presse mit händischer Pumpe



Abb. 11: Kraftmessdose

- zwei digitale Wegaufnehmer mit einer maximalen Messstrecke von 20 mm
- Laptop (zur Aufzeichnung der Versuche)
- Verteilerkabel und Router (zur Verbindung der Utensilien)

4.4 Vorbereitungen für den Versuch

Die Vorbereitungen der Versuche beansprucht einige Zeit. Der Versuch selbst (Kraftaufbringung bis zum Verschiebungszustand) kann danach in wenigen Minuten erfolgen.

4.4.1 Abstemmen des Putzes – Versuchsstelle herausfinden

Als erstes wurde auf einer Seite der Zwischenwand der Putz großflächig abgeschlagen, damit eine geeignete Stelle für den Versuchsaufbau gefunden werden konnte.

Diese Stemmarbeiten wurden händisch mittels Hammer und Meißel durchgeführt, da sonst die einzelnen Ziegel und Mörtelfugen zu stark beschädigt werden. Der typische Mörtel, welcher in Gründerzeithäusern vorgefunden wird, ist Kalkmörtel. Der Mörtel zerbröseln leicht und kann schon allein durch Ritzen mittels eines Fingernagels aus der Fuge herausgelöst werden. Erst ab dem Jahr 1910 wurden von der Baupolizei Mischungsverhältnisse für die unterschiedlichen Mörtelarten festgelegt.



Abb. 12: Versuchsstelle finden

4.4.2 Herstellung der Schlitze

An geeigneten Stellen wurden von beiden Seiten mittels eines Winkelschleifers vertikale Schnitte hergestellt. Diese vertikalen Schnitte dienen außerdem als ebene Auflagerfläche für die Messgeräte.



Abb. 13: Schlitze herstellen

4.4.3 Herauslösen der einzelnen Wandkomponenten

Um ungestörte Lagerfugen und komplette Ziegelsteine ohne Beschädigungen zu bekommen, wurden die einzelnen Wandkomponenten mittels Hammer und Meißel aus der Wand herausgelöst.



Abb. 14: herausgelöste Mauerziegel

4.4.4 Auflagerflächen glätten

Nach dem Herauslösen der Ziegel wurden die vertikalen Fugen (welche vorher mit dem Winkelschleifer von beiden Seiten geschnittenen wurden) kontrolliert, und falls keine durchgehende oder vertikale Fuge vorhanden war, mittels weiterem Abschleifen oder neuem Schneiden optimiert.



Abb. 15: Auflagerflächen optimieren

4.4.5 Einbau der Presse und der Kraftmessdose + Lastverteilerplatte

Nach dem Herstellen einer passenden Auflagerfläche auf beiden Seiten wurden die Presse (Abb. 16; rechts im Bild) und die Kraftmessdose (Abb. 16; links im Bild) eingebaut. Als Verbindung zwischen den beiden Geräten wurde eine Gewindestange eingesetzt, welche zusätzlich für das Einspannen der Geräte (Vorpressen) genutzt wurde. Die Vorspannkraft betrug in etwa 100 - 200 N und kann daher für die Auswertung der Versuche vernachlässigt werden. Damit alle drei Ziegelscharen gleichmäßig belastet werden, wurde zur Lastverteilung auf beiden Seiten eine 40 mm starke Auflagerplatte aus Stahl positioniert. An den Berührungspunkten zum Ziegel wurde ein Elastomerlager zur verbesserten Lasteinleitung in die Ziegelscharen eingebaut.

Als Erleichterung wurden unsererseits Fliesen als Hilfsmittel während des Einbaus untergelegt. Diese wurden nach dem Vorpressen entfernt.



Abb. 16: Einbau der Presse und der Kraftmessdose

4.4.6 Positionierung der Wegaufnehmer

Nach dem Einbau der Presse und der Kraftmessdose wurden die beiden Wegaufnehmer mithilfe einer Unterkonstruktion an der Wand befestigt und in die richtige Position gebracht.



Abb. 17: Wegaufnehmer positionieren

4.4.7 Fertiger Versuchsaufbau

Abbildung 18 bis 20 veranschaulichen den fertigen Versuchsaufbau.



Abb. 18: Versuchsaufbau (1)



Abb. 19: Versuchsaufbau (2)



Abb. 20: Versuchsaufbau (3)

5 Objektbeschreibung

5.1 Allgemeines

Bei dem gegenständlichen Objekt handelt es sich um ein Wohnhaus, das in der Spätgründerzeit² erbaut wurde. Die Grundrissform entspricht einem typischen Eckhaus aus dieser Bauperiode. Im Zuge der geplanten Umbauarbeiten für die Sockelsanierung mit zusätzlichem Dachgeschoßausbau werden einige Zwischenwände entfernt, wodurch uns die Möglichkeit gegeben wurde in diesen Wänden die Versuche durchzuführen. Bei einigen weiteren Wänden welche im Zuge der Umbauarbeiten abgebrochen werden konnten leider keine Versuche stattfinden, da einerseits teilweise ein neuer Putz aufgebracht wurde oder andererseits das Gefüge der Zwischenwand durch einen Türeinbau gestört war.

Das Objekt besteht aus einem Kellergeschoß, fünf oberirdischen Geschoßen sowie einem unausgebauten Dachgeschoß, wobei das aufgehende Mauerwerk aus Normalformatziegeln des alten österreichischen Formates besteht. Als Fundierung dienen aus Ziegeln gemauerte Fundamente. Die Geschoßdecken in den Obergeschoßen bestehen aus Tramdecken. Als Decke über dem Kellergeschoß wurde ein Ziegelgewölbe zwischen Gurtbögen ausgeführt. Im Dachgeschoß wurde mit einem „Wiener Dachstuhl“ eine für die damalige Zeit typische Konstruktion verwendet.

An dieser Stelle möchte ich auf die interdisziplinäre Seminararbeit „Verbindung der lastableitenden Bauteile in Gründerzeithäusern – Jänner 2013“ (verfasst von Philipp Löffler und Bernhard Nowak) hinweisen, da hier die beschriebenen Bauteile näher erläutert werden.

² Als Spätgründerzeit wird in Wien die Bauperiode zwischen 1890 und 1918 beschrieben. [ISA13]

5.2 Fotodokumentation



Abb. 21: Straßenansicht (1)



Abb. 22: Straßenansicht (2)



Abb. 23: Eingangsbereich



Abb. 24: Hofansicht



Abb. 25: Stiegenhaus EG



Abb. 26: Dachstuhl



Abb. 27: Verzahnung der Zwischenwände

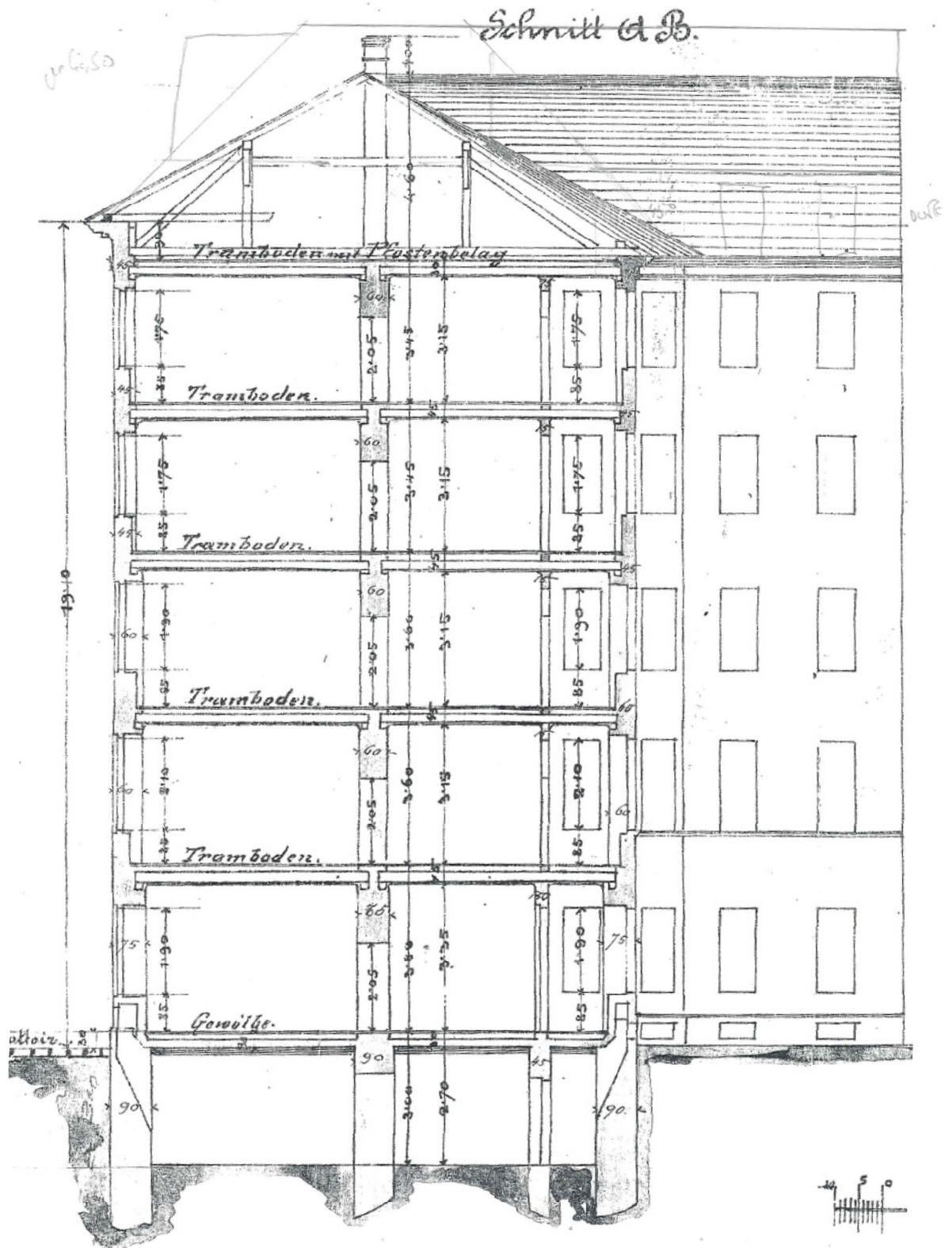


Abb. 31: Schnitt

5.4 Stahlträger in der Zwischenwand?

Bei Gründerzeithäusern wurde manchmal in der Deckenebene ein Stahlträger eingebaut, welcher die Lasten der Zwischenwand (Eigengewicht) abfangen soll.

Diese Stahlträger konnten aber in diesem Gebäude in keinem Geschoß gefunden werden.



Abb. 32: Decke über dem 3.OG



Abb. 33: Decke über dem 2.OG (1)



Abb. 34: Decke über dem 2.OG (2)



Abb. 35: Decke über dem 1.OG

6 Berechnung

6.1 Berechnung der Versuchsschubtragfähigkeit

Die Errechnung der Versuchsschubtragfähigkeit besteht aus zwei Faktoren, der Anfangsscherfestigkeit und der Reibung aus der jeweiligen Auflast.

Die Anfangsscherfestigkeit kann entweder aus der Tabelle 2 entnommen werden oder durch Versuche ermittelt werden. Bei den Versuchen ist zu gewährleisten, dass durch den Versuchsaufbau und den Versuchsablauf das Materialgefüge des Mörtels bzw. der Verbund zwischen Ziegel und Mörtel nicht gestört wird. Unter normalen Umständen ist es auf einer Baustelle nicht möglich, diese Parameter zu ermitteln. Für die weiteren Berechnungen wurden somit die Werte aus der ÖNORM herangezogen, wobei der genaue Wert interpoliert wurde, da eine sehr genaue Berechnung der Mörteldruckfestigkeit der jeweiligen Probestelle ermittelt wurde.

Aus dem Versuch ergab sich die maximale Schubtragfähigkeit einer Fuge. Aus der Formel (3) (charakteristische Schubtragfähigkeit) und der Anfangsscherfestigkeit (Mörteldruckfestigkeit [NOW13]) kann auf die Auflast rückgeschlossen werden.

Beispiel Wand-1 3.Stock:

1. max. Kraft lt. Versuch: 34,24 KN
2. Fugenlänge: 57 cm (unten) + 56,5 cm (oben) = 118 cm
Fugenbreite: 14 cm
3. Anfangsscherfestigkeit: $f_{vk0} = 0,0125 \text{ KN/cm}^2$
4. Schubfestigkeit des Mauerwerks: $f_{vk} = 0,02155 \text{ KN/cm}^2$
5. Normalspannung: $\sigma_k = 0,02262 \text{ KN/cm}^2$
6. Auflast auf den Pfeiler pro Laufmeter: 31,67 KN/m

6.2 Ermittlung der Auflast mit RFEM

Zusätzlich zur Betrachtung der Versuchsergebnisse wurden die einzelnen Wände mittels des Programms RFEM 5 modelliert und ausgewertet.

Die Berechnungsergebnisse können direkt mit den Versuchsergebnissen verglichen werden.

Als Modellparameter wurden folgende Werte laut [Ach11] gewählt:

$$E_X = 2.000 \text{ N/mm}^2$$

$$E_Y = 4.000 \text{ N/mm}^2$$

$$G_{XY} = 1.500 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma = 22 \text{ KN/m}^3$$

$$\vartheta_{XY} = 0,30$$

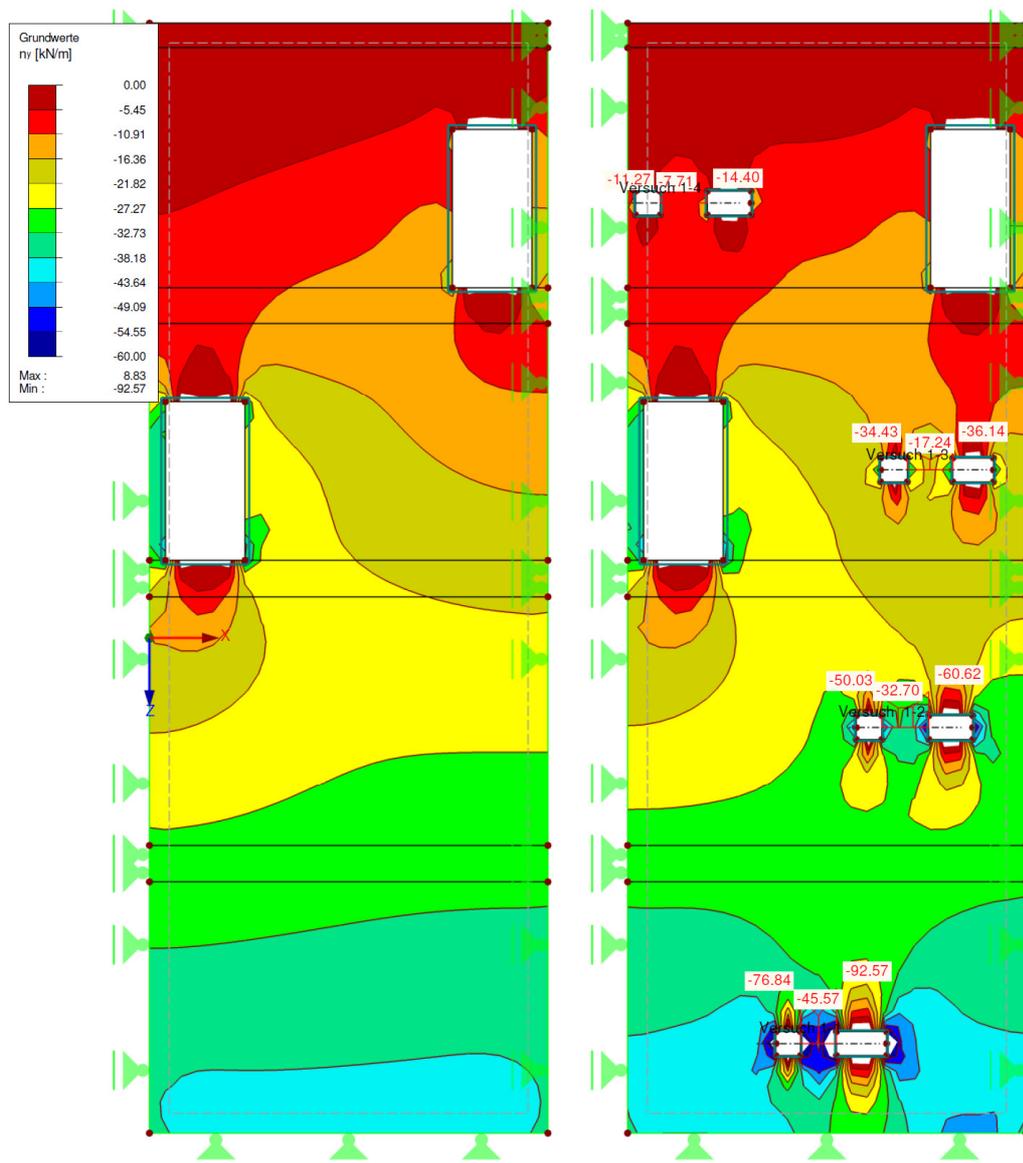


Abb. 36: Vergleich der Auflast: Bestand zu Versuch Wand 1

6.3 Abminderungsfaktor durch den Versuchsaufbau

Durch den Versuchsaufbau kommt es in einem homogenen Mauerwerk zu Lastumlagerungen. Für die Durchführung der Schubversuche werden zwei Wandöffnungen benötigt, wodurch die ursprüngliche Wandgeometrie verändert und als Folge im Bereich des Versuchs eine höhere Auflast erzeugt wird. Durch diese ungewollte Lasterhöhung muss die maximale errechnete Grenzschertragfähigkeit aus dem Versuch reduziert werden. Um die berechnete Auflast mit einer linearen Lastverteilung über die gesamte Wandlänge vergleichen zu können, wird ein Abminderungsfaktor mittels einer RFEM Berechnung berechnet.

Mithilfe einer Berechnung mit dem Programm RFEM 5 kann dieser Unterschied verdeutlicht werden (homogene Wandscheibe):

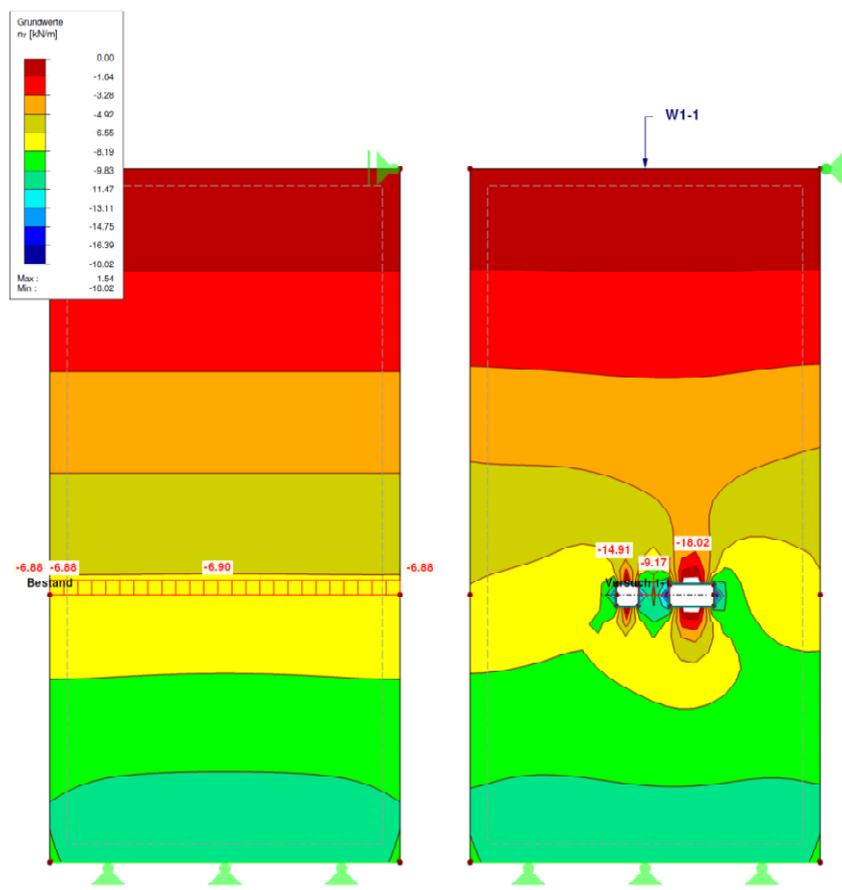


Abb. 37: Vergleich Bestand zu Versuchsaufbau

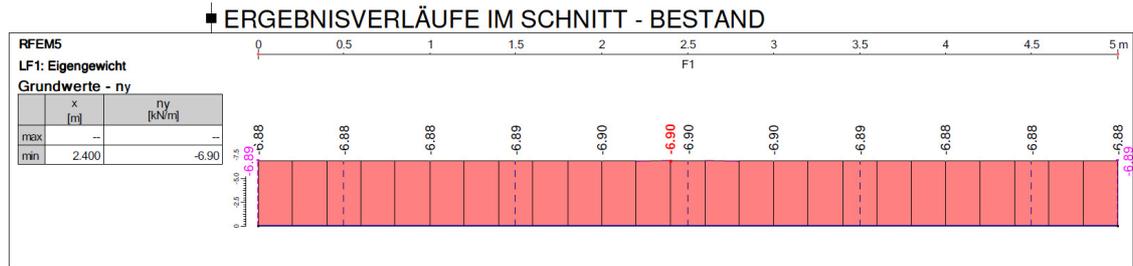


Abb. 38: Kraftverlauf im Bestand

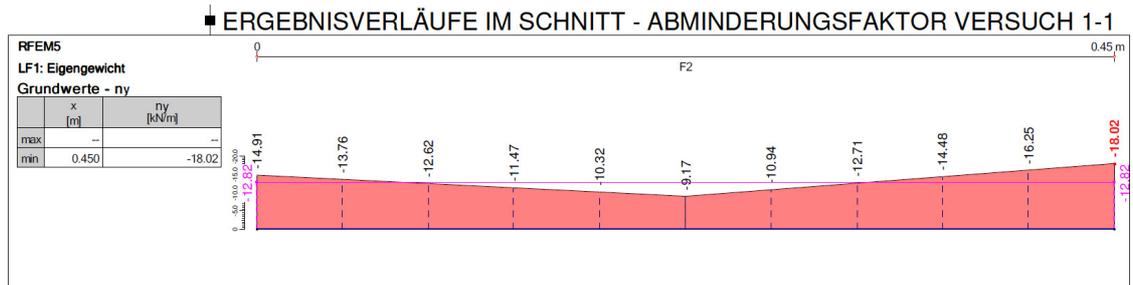


Abb. 39: Kraftverlauf im Pfeiler

Durch die nebeneinander liegenden Wanddurchbrüche erhöht sich die Last im verbleibenden Ziegelpfeiler. Der Vergleich der beiden unterschiedlichen Modelle ergibt einen Unterschied von 5,93 KN/m² woraus sich ein Abminderungsfaktor von 1,86 ergibt.

Für die Auswertung wurde dieser Abminderungsfaktor anhand der Öffnungsgeometrien für jeden Versuch neu ermittelt.

Berechnung des Abminderungsfaktor		
Wand ohne Öffnung:		
6,89 KN/m		
Wand mit Öffnung:		
	KN/m	Abminderungsfaktor
W1-1	12,82	1,86
W1-2	11,40	1,65
W1-3	11,41	1,66
W1-4	11,35	1,65
W2-2	10,98	1,59
W2-3	11,40	1,65
W2-4	10,76	1,56
W3-2	10,55	1,53
W3-3	10,66	1,55
W3-4	11,38	1,65
W4-2	11,25	1,63
W5-4	11,21	1,63
W6-4	12,10	1,76

6.4 Theoretische Auflast

Als theoretische Auflast wird in dieser Diplomarbeit die lineare Berechnung der Auflast, in Zusammenhang von Wandhöhe über dem Versuch und dem Eigengewicht der Wand bezeichnet.

Aus der linearen Beziehung zwischen Wandgeometrie (Wandhöhe darüber) und dem Eigengewicht der Wand lässt sich schnell ein Wert für die maximale Schubtragfähigkeit einer Zwischenwand errechnen.

Beispiel Versuch W 4-2:

Wandgewicht: 3,1 KN/m² Ansichtsfläche (Ziegel und Putz)

Wandhöhe darüber: $h = 9,61 \text{ m}$

→ Auflast pro Laufmeter: $3,1 * 9,61 = 29,79 \text{ KN/m}$

Um diesen Wert mit den Versuchen vergleichen zu können, ist es notwendig, die Versuchsergebnisse mittels den unter Punkt 6.3 beschriebenen Abminderungsfaktoren zu korrigieren.

7 Auswertung der Versuche

7.1 Allgemeines

Wie schon erwähnt, wurden 14 Versuche an verschiedenen Zwischenwänden in verschiedenen Stockwerken durchgeführt. Ziel war es, die maximale Kraft, welche beim Überschreiten der horizontalen Schubtragfähigkeit auftritt, herauszufinden.

Die Verschiebung wurde mittels zwei digitalen Wegaufnehmern, die Kraft mittels einer digitalen Kraftmessdose zeitabhängig aufgezeichnet.

Abbildung 40 zeigt die Übersicht der getesteten Versuchswände:

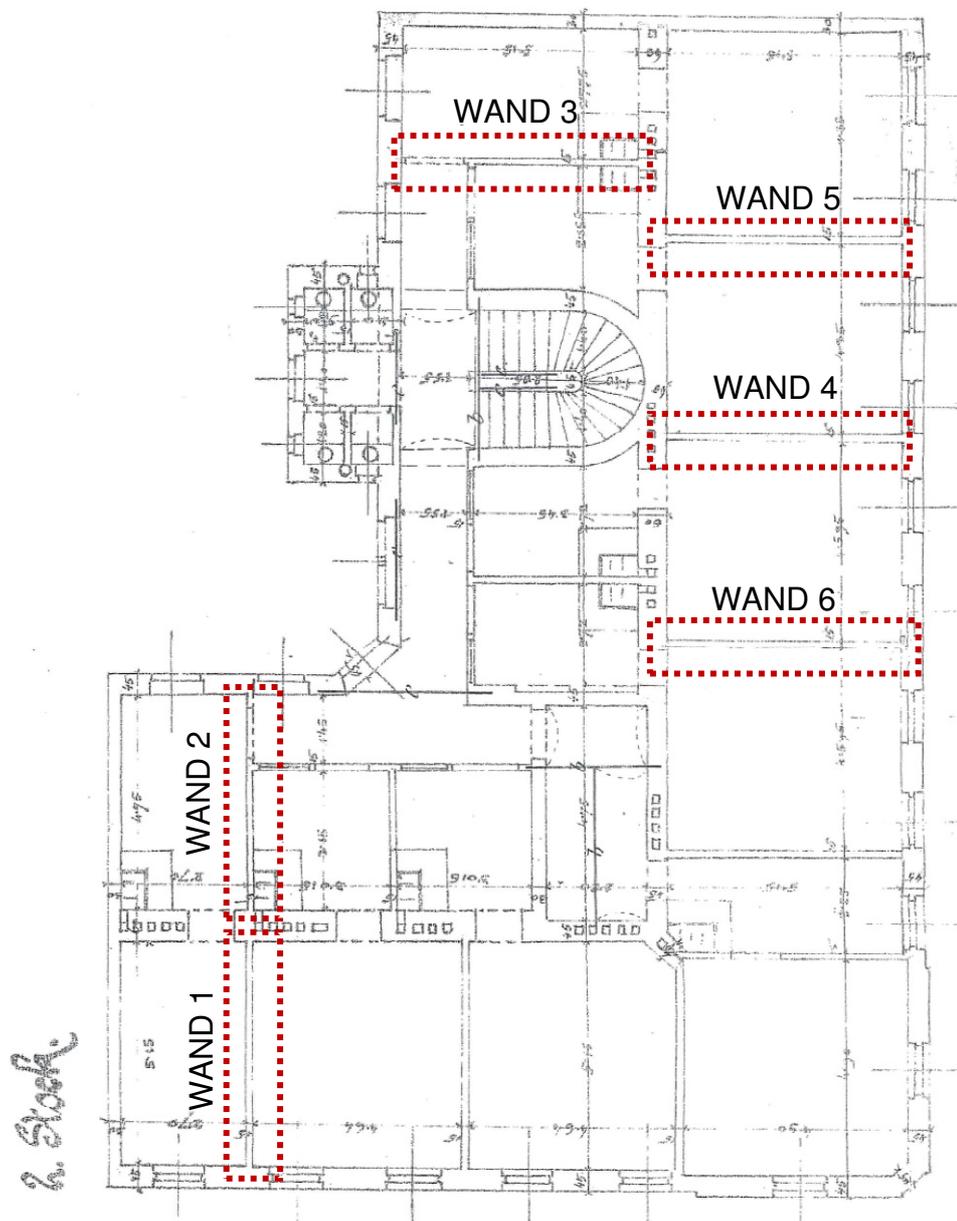
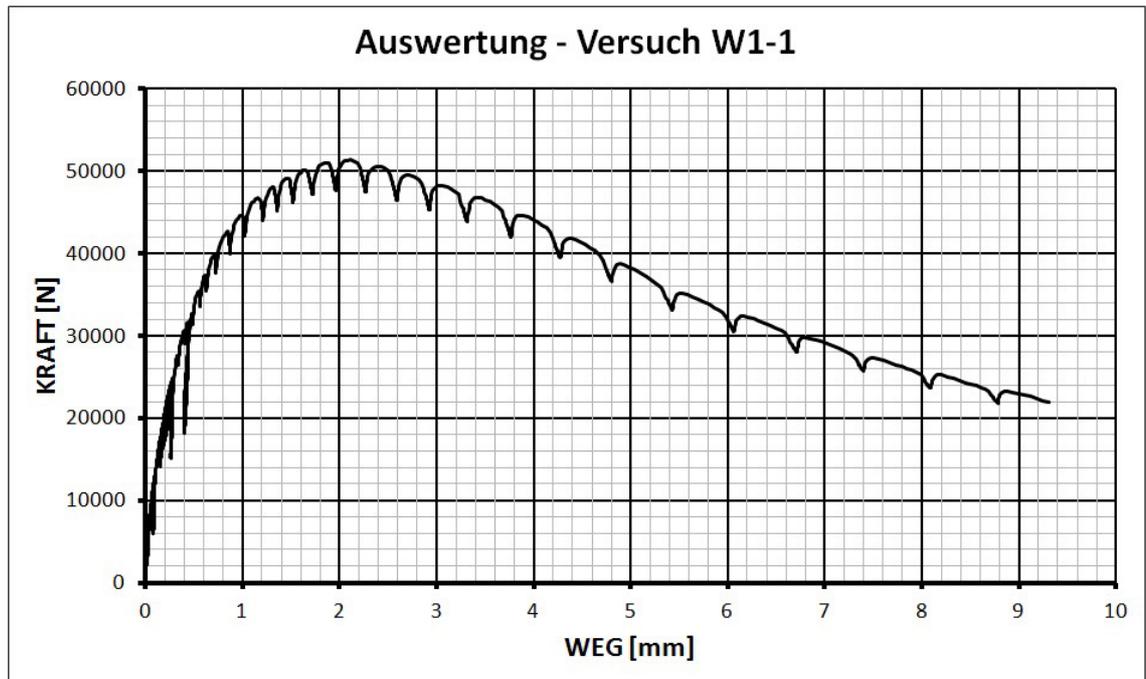


Abb. 40: Übersicht der Versuchswände

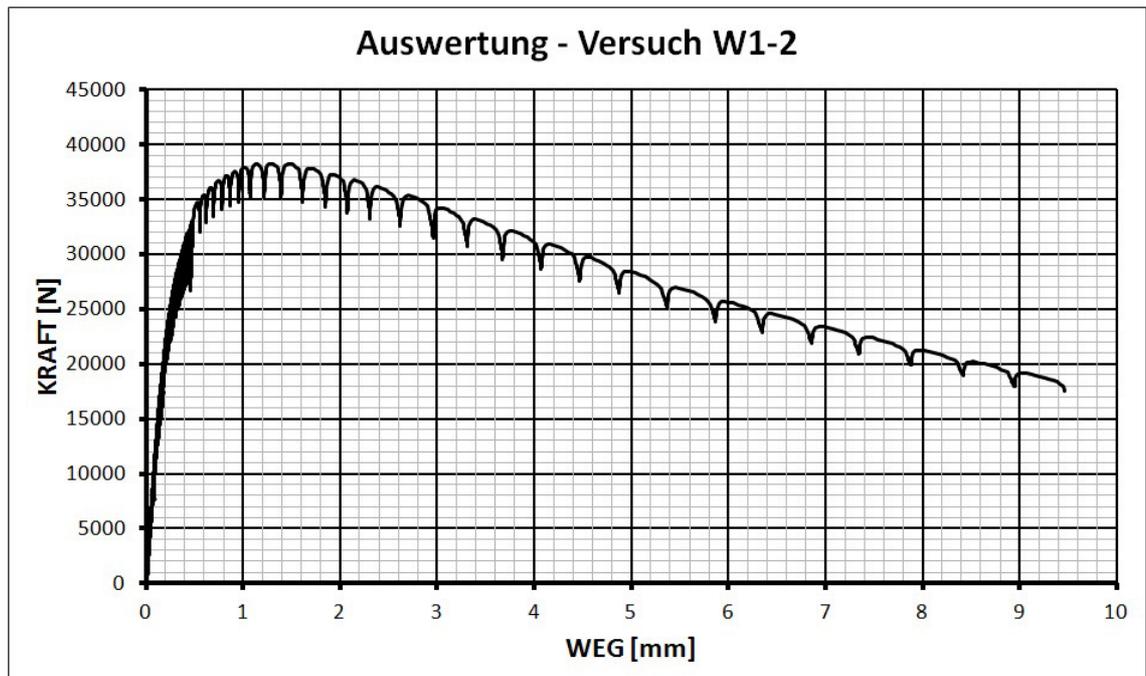
7.2 Wand 1

Bei der Zwischenwand 1 konnten in vier Stockwerken Versuche durchgeführt werden. (1.OG, 2.OG, 3.OG & 4.OG)

Tab. 3: Wand 1 – 1. Obergeschoß



Tab. 4: Wand 1 – 2. Obergeschoß



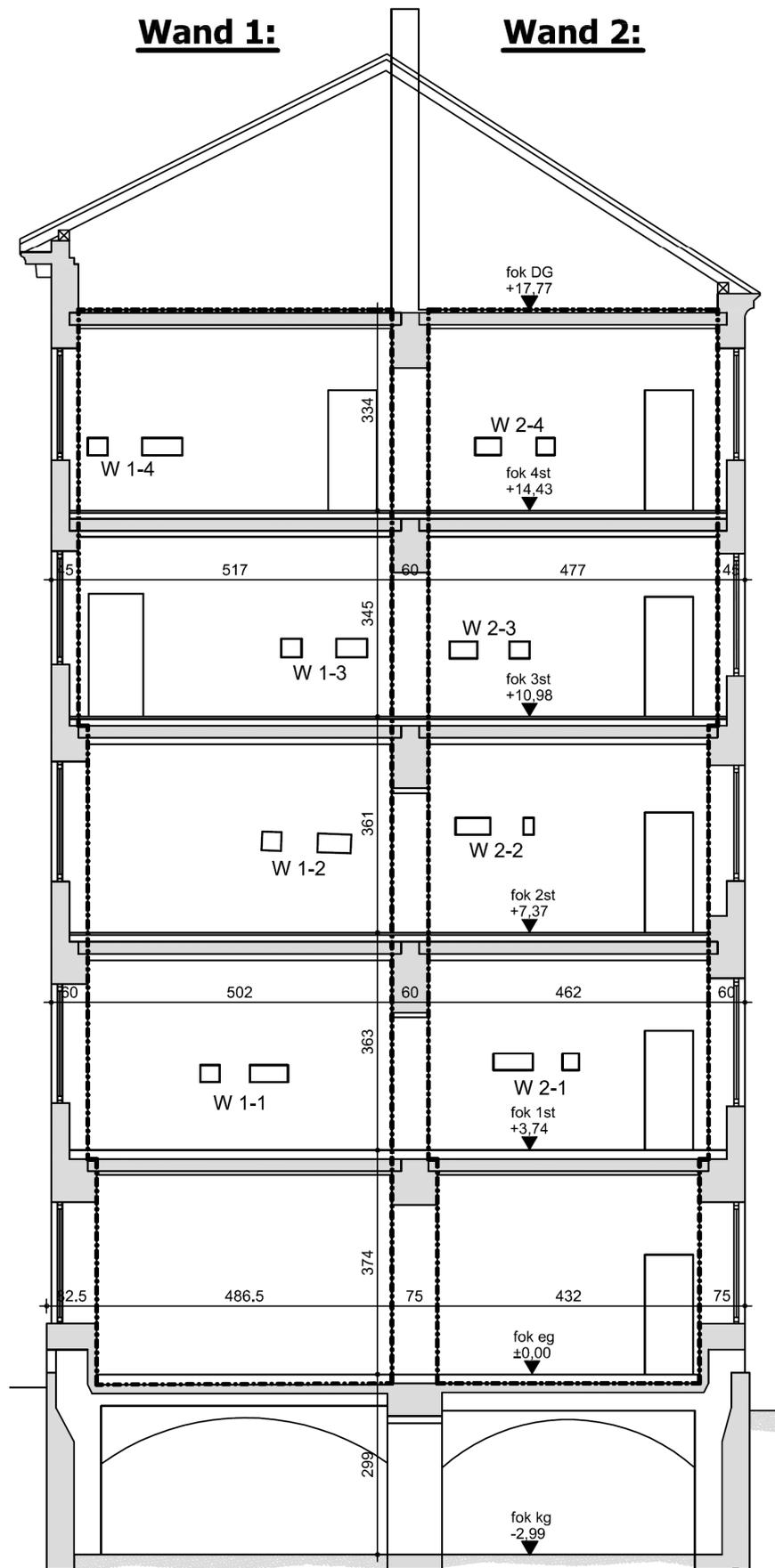
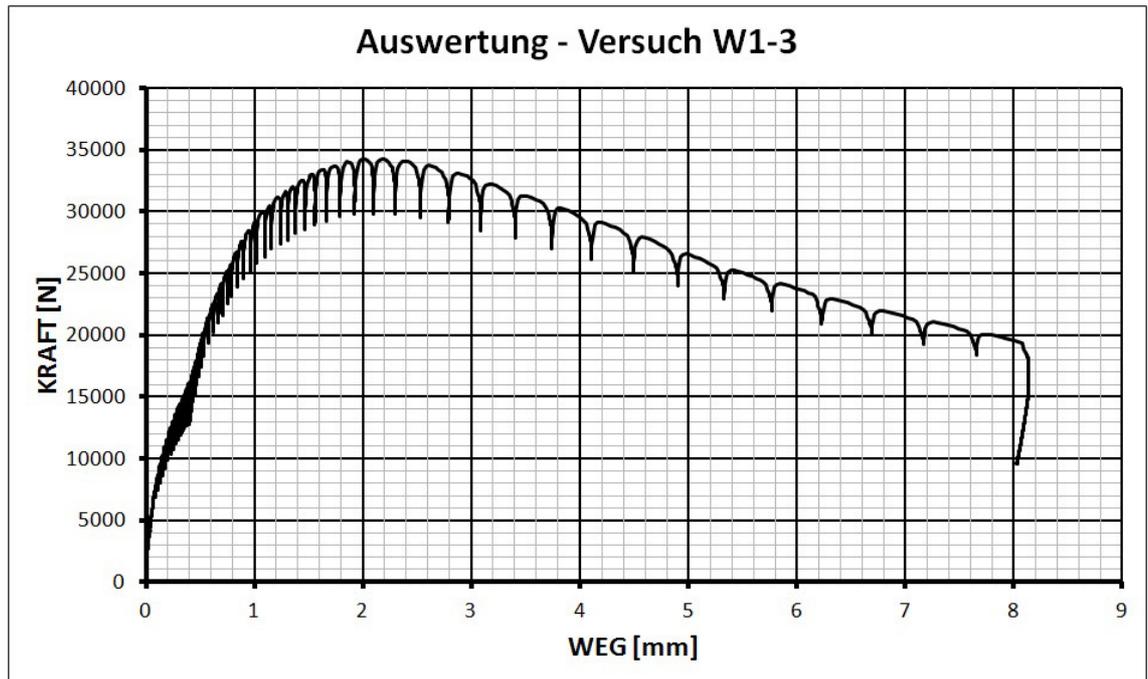
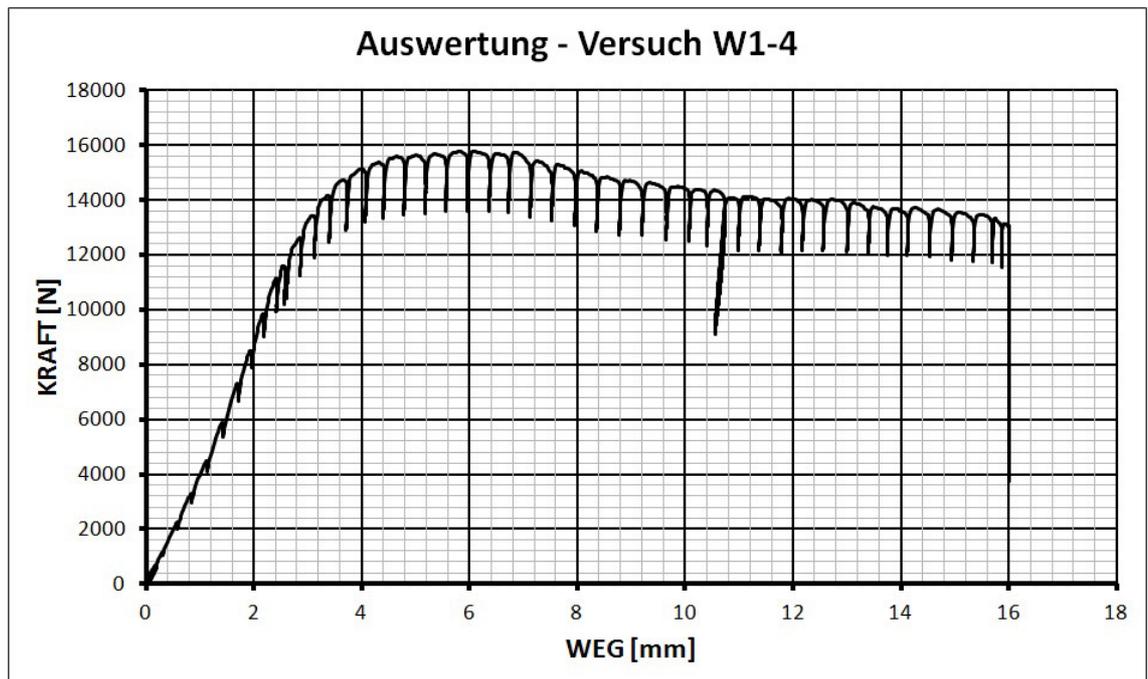


Abb. 41: Übersicht – Wand 1 & 2

Tab. 5: Wand 1 – 3. Obergeschoß



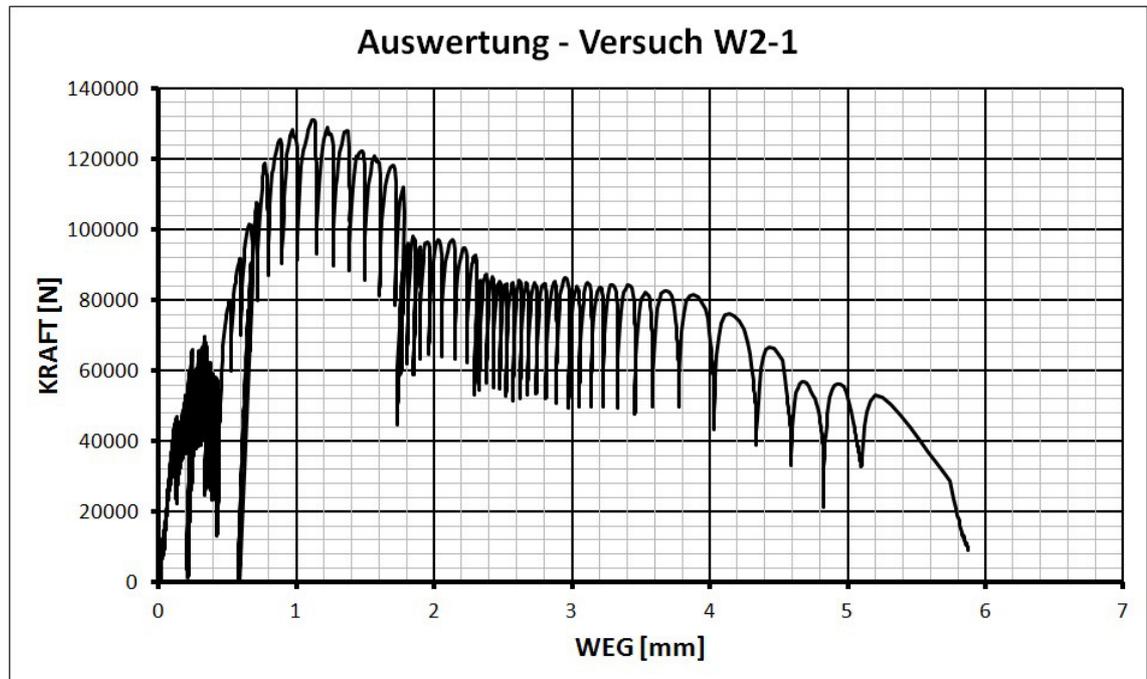
Tab. 6: Wand 1 – 4. Obergeschoß



7.3 Wand 2

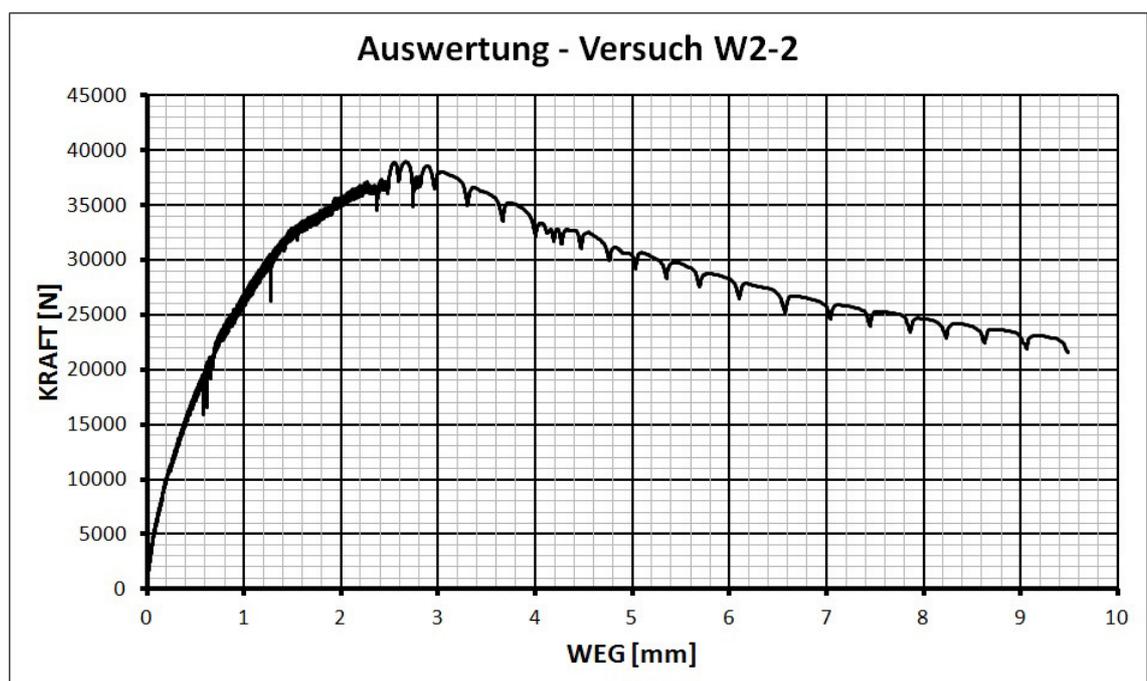
Bei der Zwischenwand 2 konnten in vier Stockwerken Versuche durchgeführt werden. (1.OG, 2.OG, 3.OG & 4.OG)

Tab. 7: Wand 2 – 1. Obergeschoß

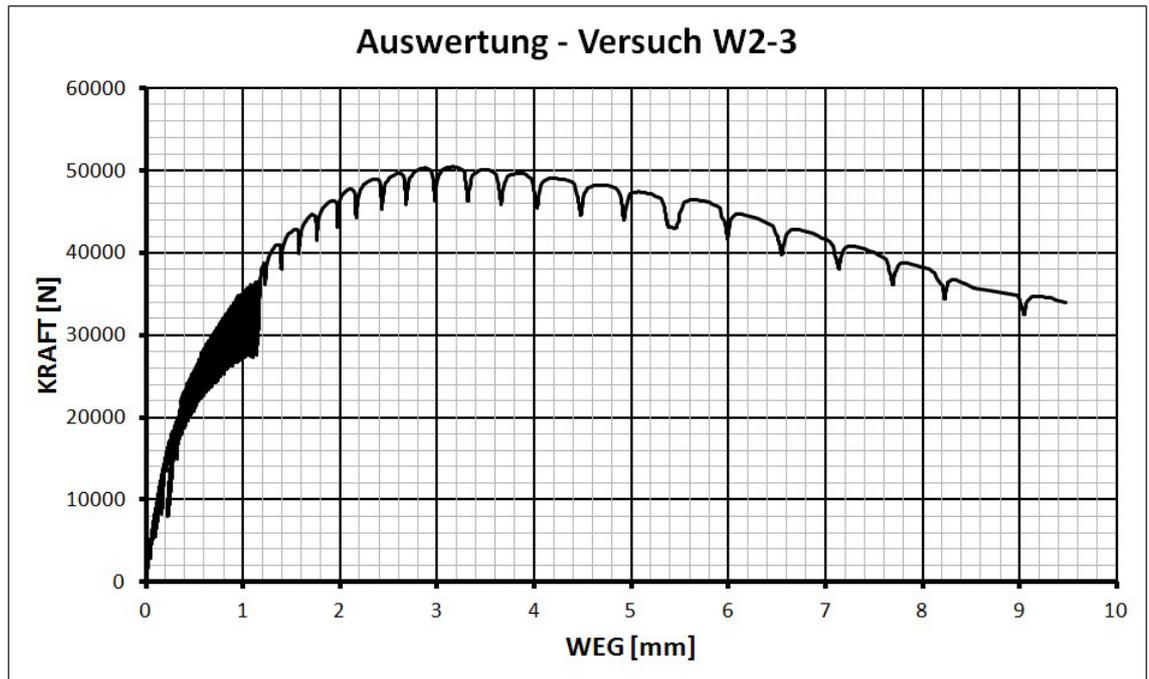


Der Versuch im ersten Obergeschoß kann eindeutig als ungültig erklärt werden, da hier viel zu hohe Werte erzielt wurden, welche nicht realistisch sind.

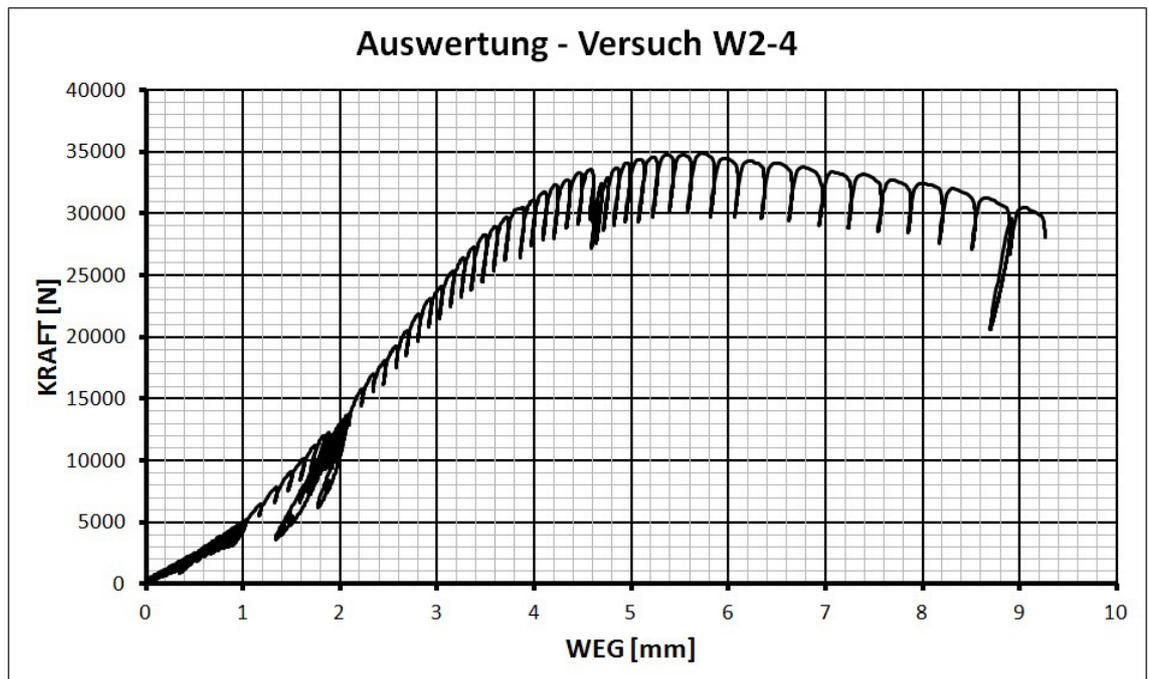
Tab. 8: Wand 2 – 2. Obergeschoß



Tab. 9: Wand 2 – 3. Obergeschoß



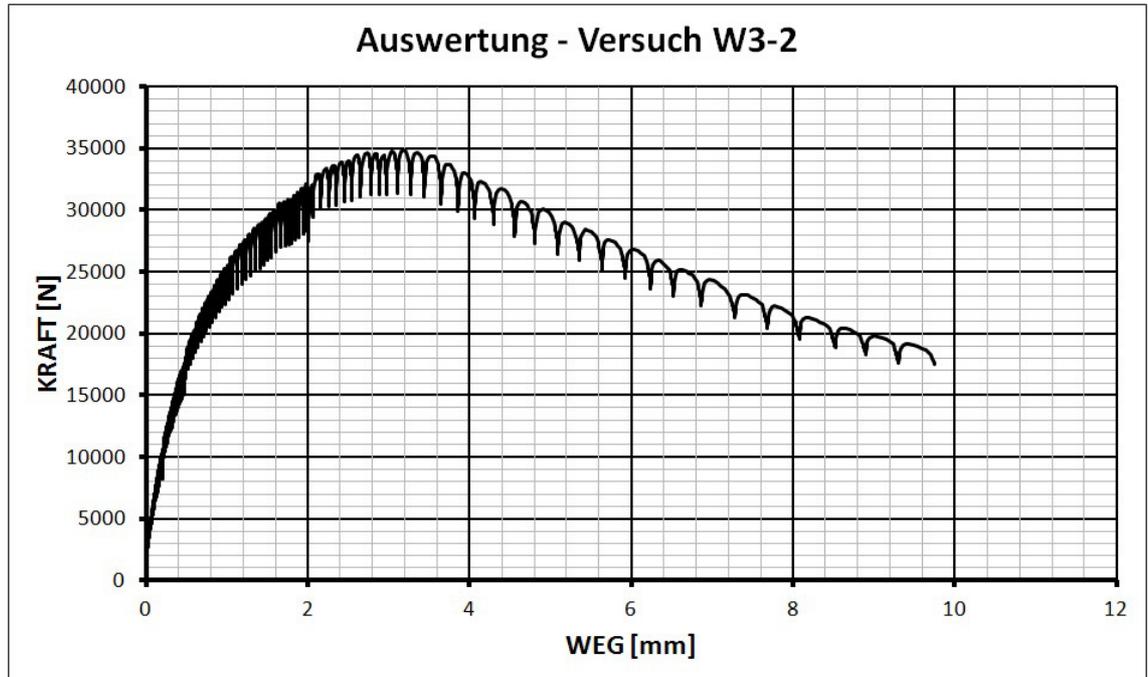
Tab. 10: Wand 2 – 4. Obergeschoß



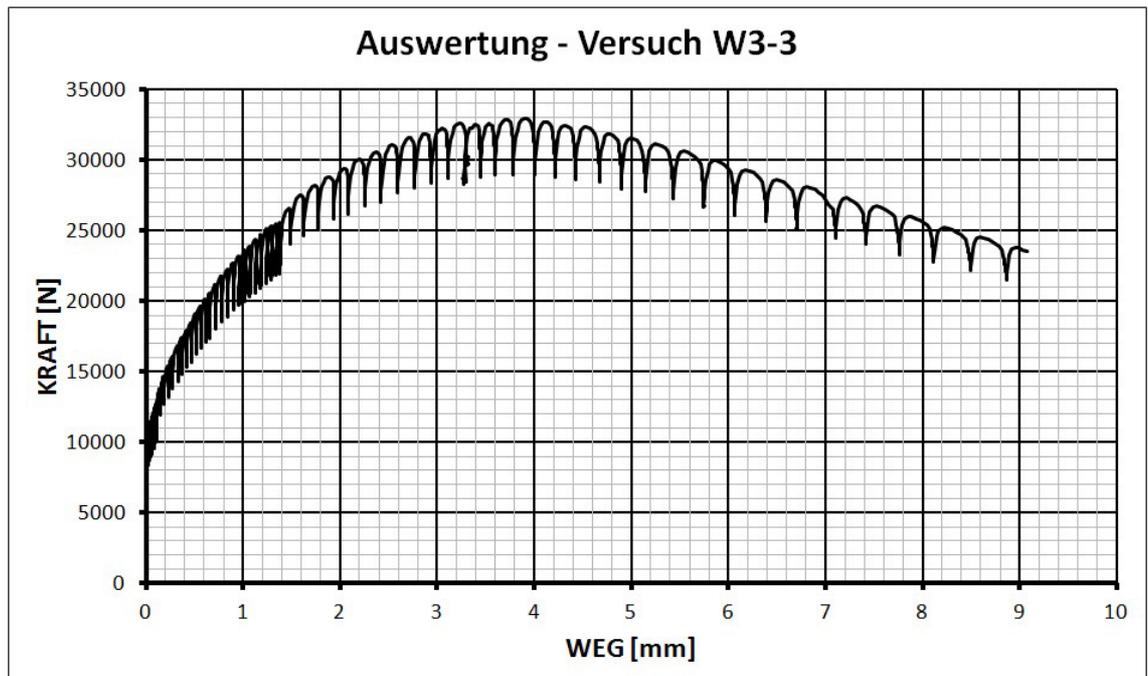
7.4 Wand 3

Bei der Zwischenwand 3 konnten in drei Stockwerken Versuche durchgeführt werden. (2.OG, 3.OG & 4.OG)

Tab. 11: Wand 3 – 2. Obergeschoß



Tab. 12: Wand 3 – 3. Obergeschoß



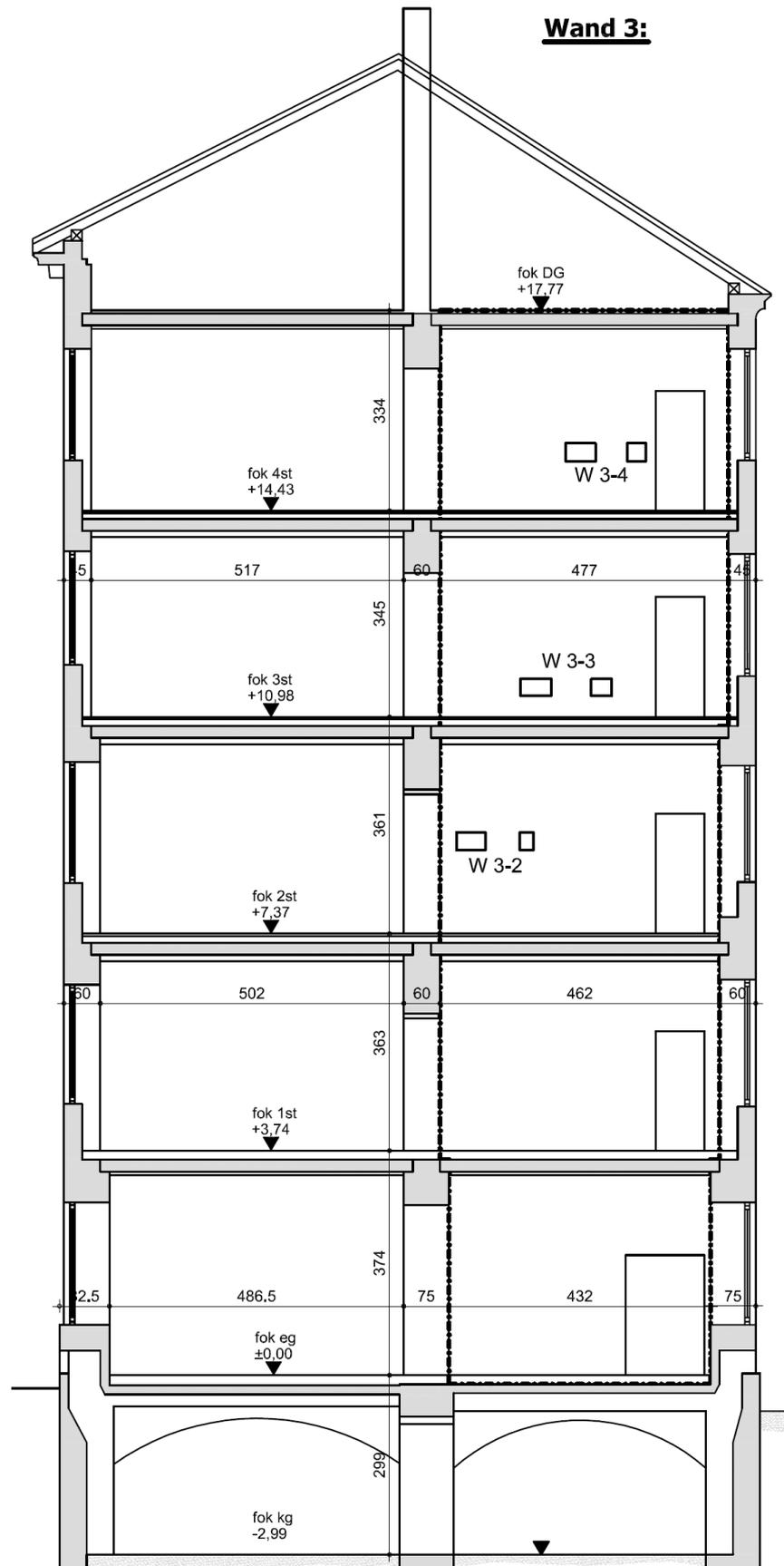
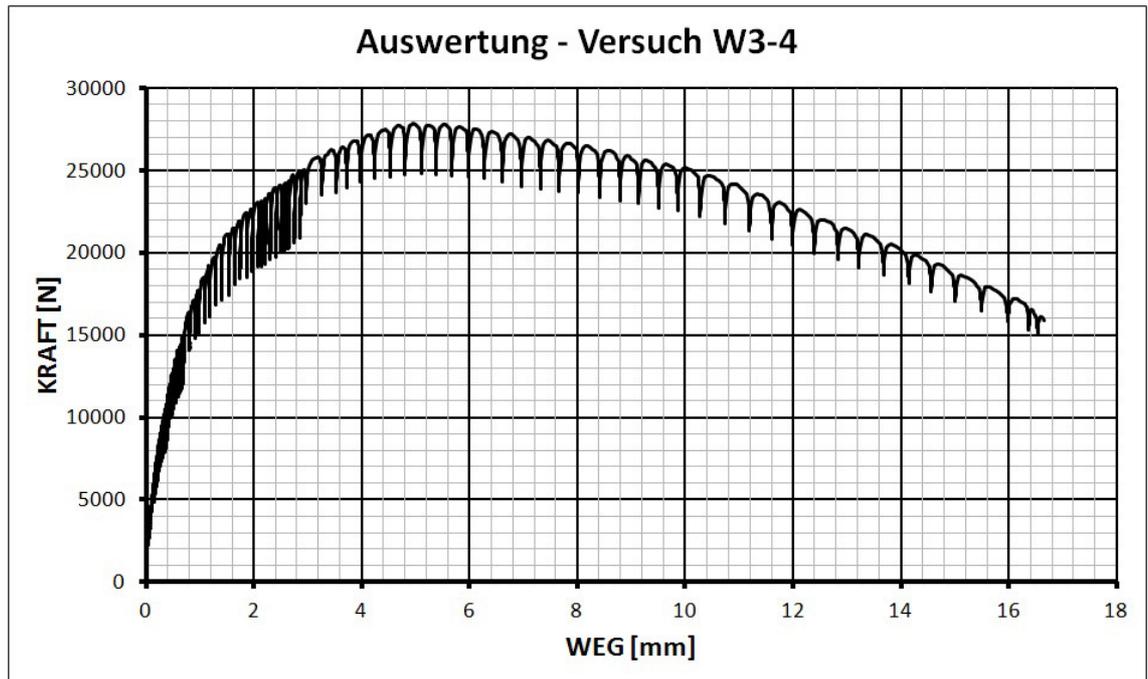


Abb. 42: Übersicht – Wand 3

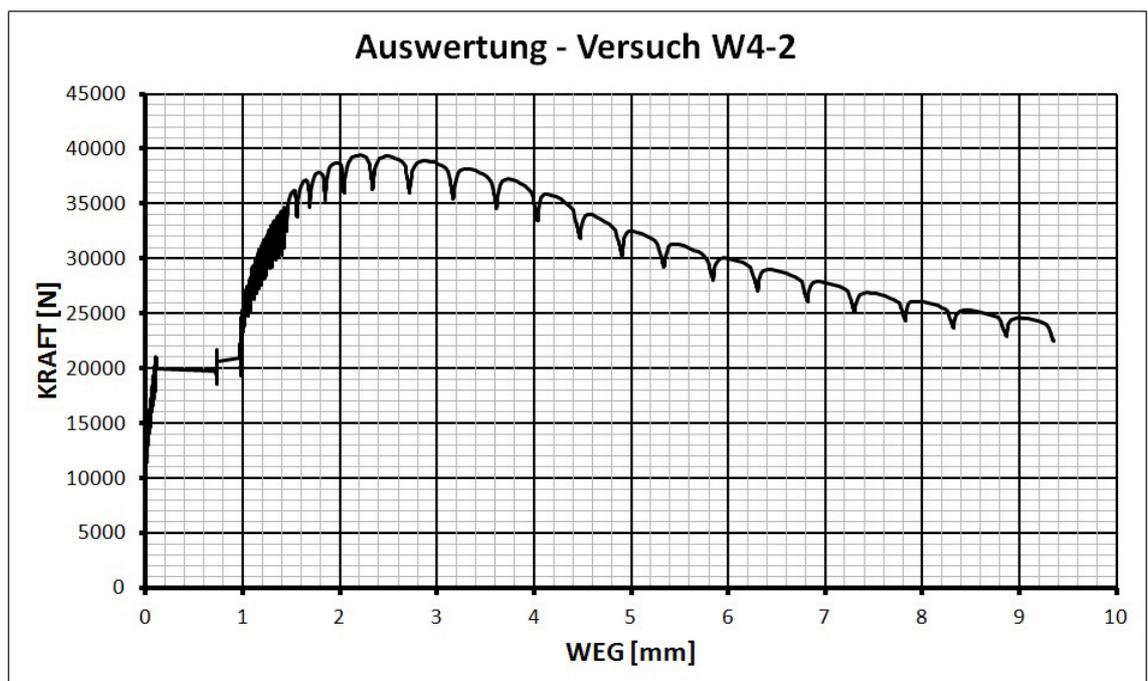
Tab. 13: Wand 3 – 4. Obergeschoß



7.5 Wand 4

Bei der Zwischenwand 4 konnte lediglich im zweiten Obergeschoß ein Versuch durchgeführt werden.

Tab. 14: Wand 4 – 2. Obergeschoß



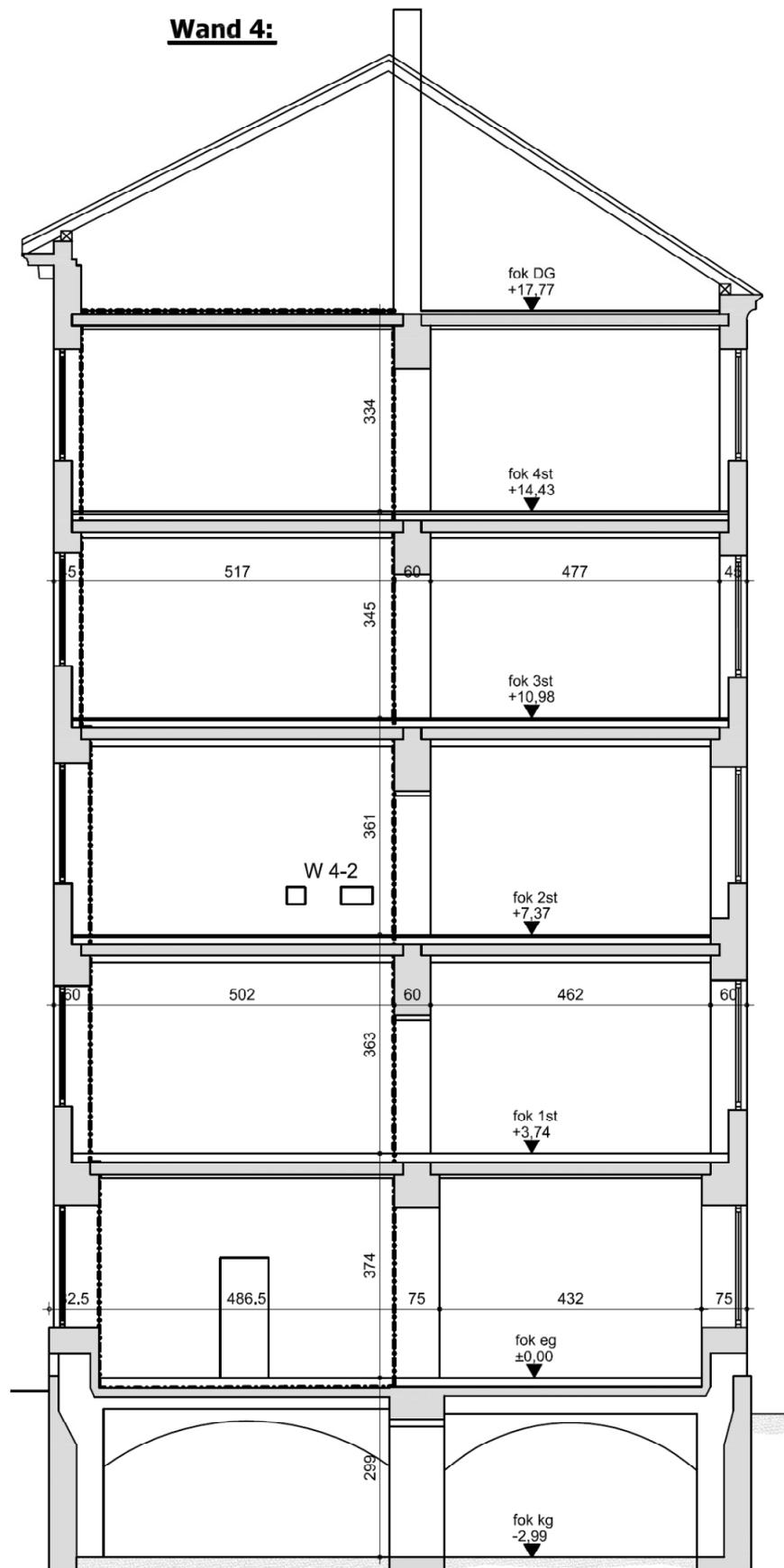


Abb. 43: Übersicht – Wand 4

7.6 Wand 5

Bei der Zwischenwand 5 konnte im vierten Stockwerk ein Versuch durchgeführt werden.

Tab. 15: Wand 5 – 4. Obergeschoß

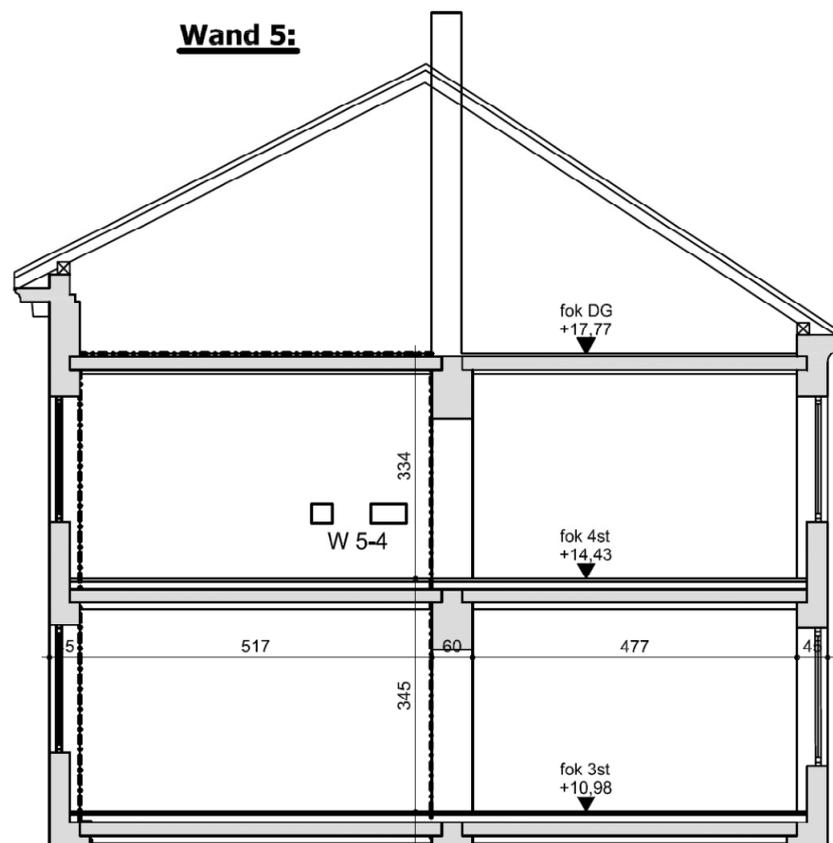
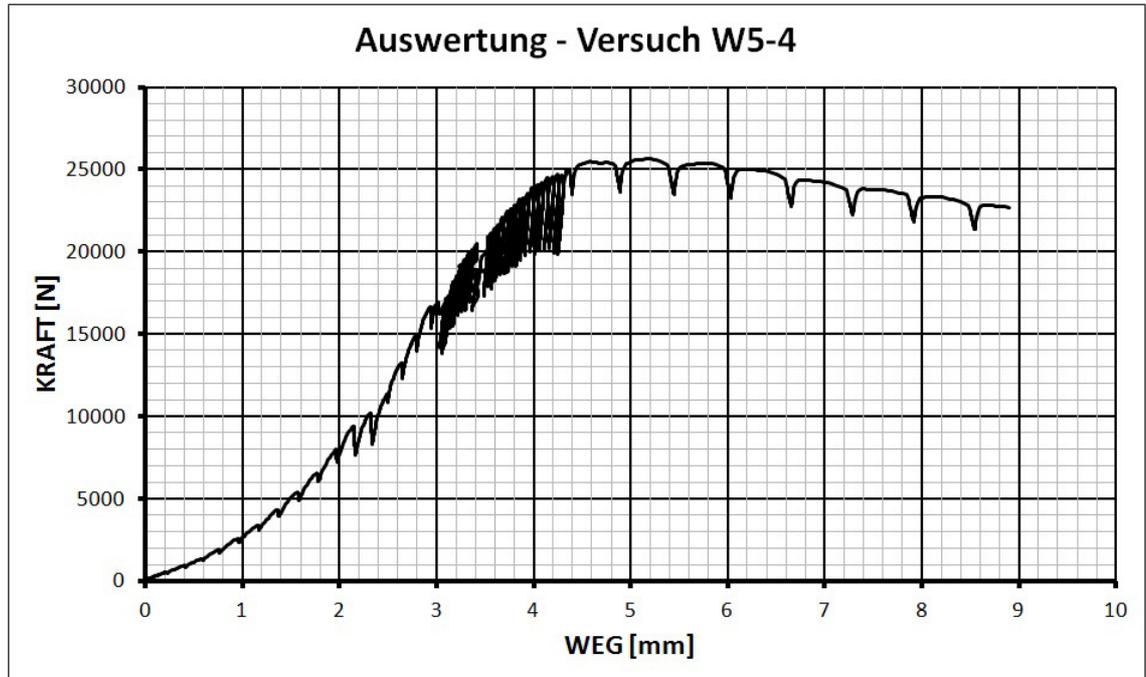


Abb. 44: Übersicht – Wand 5

7.7 Wand 6

Bei der Zwischenwand 6 konnte im vierten Stockwerk ein Versuch durchgeführt werden.

Tab. 16: Wand 6 – 4. Obergeschoß

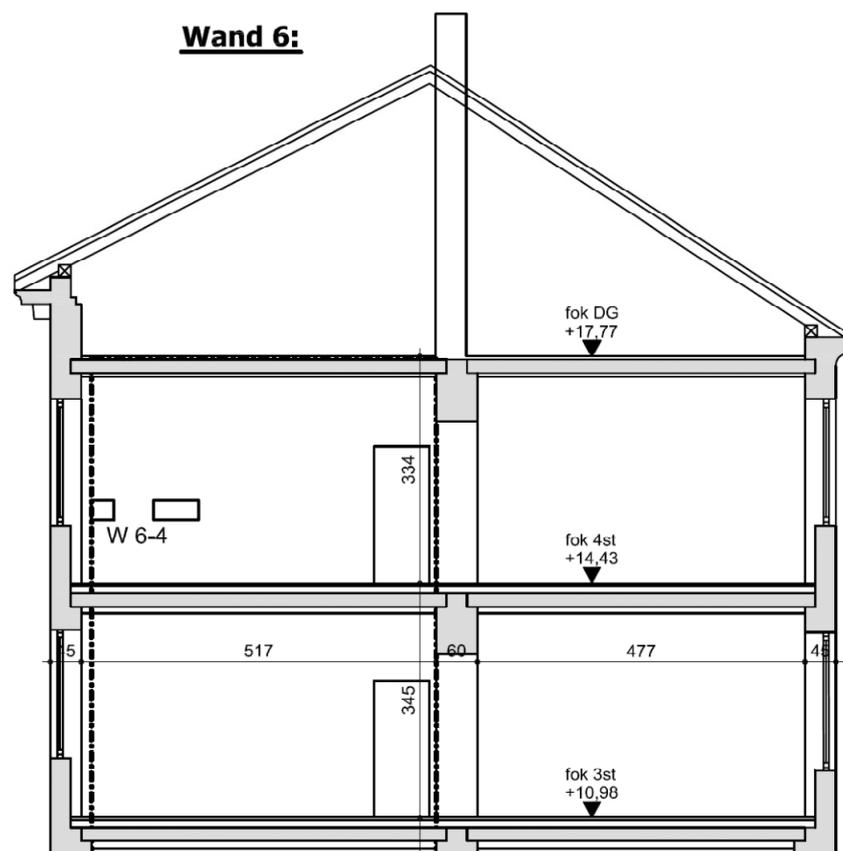
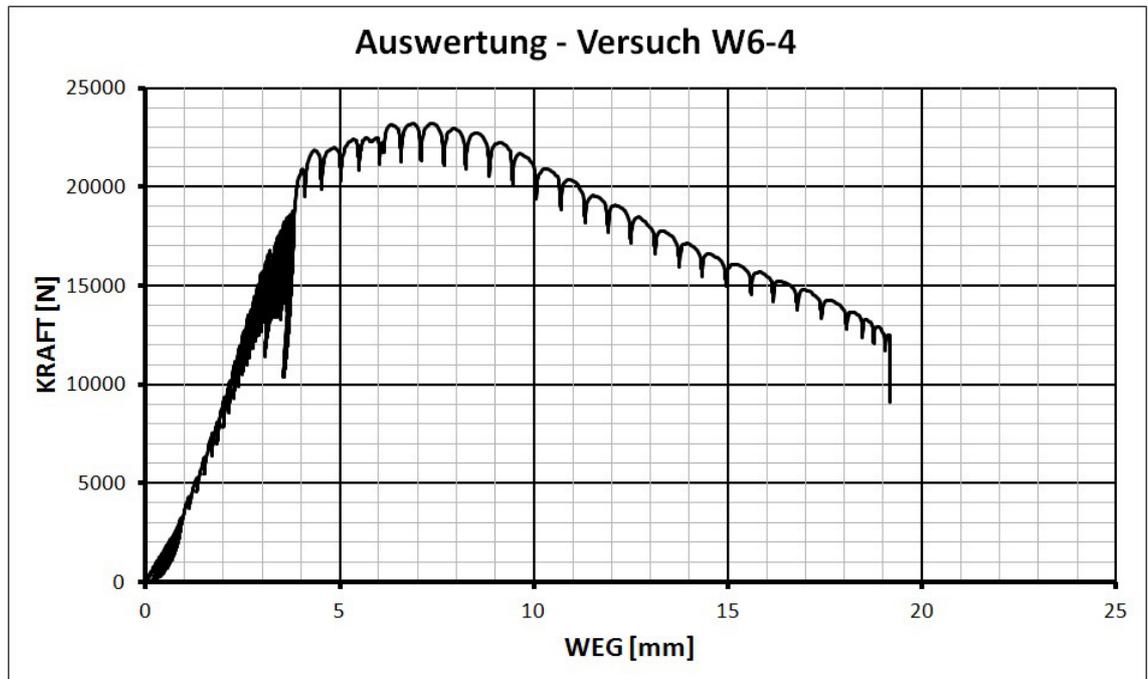


Abb. 45: Übersicht – Wand 6

8 Schlussfolgerung

8.1 Mörteldruckfestigkeit

Da sich durch die unterschiedlichen Mörteldruckfestigkeiten in den Versuchsergebnissen Abweichungen ergeben können, ist es notwendig, bei den einzelnen Versuchen jeweils die zugehörigen Materialparameter festzustellen. In der Diplomarbeit von Herrn Bernhard Nowak [NOW13] ist die genaue Vorgangsweise zur Ermittlung dieser Werte dokumentiert und dargestellt.

Tab. 17: Mörteldruckfestigkeiten der Versuchsstellen [N/mm²]

Wand	1. Stock	2. Stock	3. Stock	4. Stock
1	0,88	1,27	1,25	1,06
2	1,16	1,09	1,22	1,19
3	-	1,15	0,93	1,03
4	-	1,02	-	-
5	-	-	-	1,04
6	-	-	-	0,94

Wie aus der Tabelle 17 ersichtlich, liegen alle Werte zwischen 0,88 und 1,27 N/mm². Über sämtliche Probestellen konnte mithilfe der Ausgleichskurve eine mittlere Mörteldruckfestigkeit von 1,07 N/mm² errechnet werden.

8.2 Mörtelfuge

Bei allen Versuchen konnte festgestellt werden, dass die Mörtelfuge nach einer Verschiebung von ca. zwei bis drei Millimetern versagt. Dieses Kriterium ist hinsichtlich der Bemessung von Ersatzmaßnahmen (Auswechslungen und Erdbebenaussteifungen aus Stahl oder Stahlbeton) von großer Bedeutung. Falls das Thema der Horizontalverschiebung von Zwischenwänden in einer weiteren wissenschaftlichen Arbeit untersucht wird, können unsere Daten und Versuchsdiagramme, welche auf dem Institut für Hochbau an der Technischen Universität Wien aufliegen, als zusätzliche Informationsquelle herangezogen werden.

8.3 Auflast

8.3.1 Allgemeines

Durch die auftretende Auflast auf die Mörtelfuge (Last entsteht aus der Wand darüber) wird die maximale Grenzschertragfähigkeit stark beeinflusst. Daher ist diese Annahme bei einer theoretischen Berechnung von großer Bedeutung. Mehr Auflast bedeutet mehr aufnehmbare Horizontalkraft – siehe dazu die Berechnungsformel unter Kapitel 3.

Aus dieser Relation kann vorab davon ausgegangen werden, dass in den unteren Geschoßen höhere Horizontalkräfte aufgenommen werden können (mehr Auflast, da eine höhere Wand darüber aufgemauert ist). Bei den Versuchen wurde festgestellt, dass diese vorab berechneten Ergebnisse (Berechnung der theoretischen Auflast) nur zum Teil erreicht wurden.

8.3.2 Vergleich Auflast aus dem Versuch mit der theoretischen Berechnung

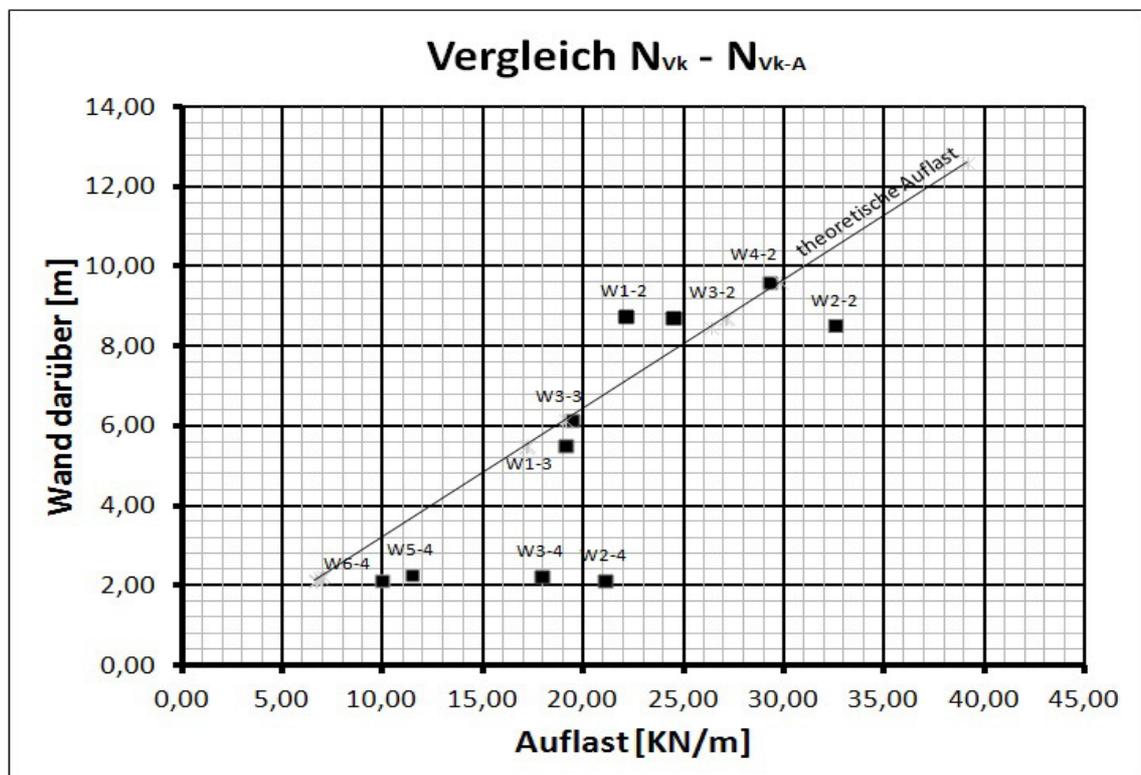
Bei der Auswertung aller Versuche konnte festgestellt werden, dass die Versuchsergebnisse aus W1-1, W1-4 und W2-3 im Vergleich zu den erwarteten Werten bzw. den berechneten Werten im RFEM nicht übereinstimmen. Beim Vergleich der restlichen Versuche konnte eine relativ annehmbare Abweichung vorgefunden werden.

An dieser Stelle sei nochmals der Abminderungsfaktor erwähnt. Durch die Herstellung der Öffnungen kommt es in einer durchgehenden homogenen Fläche/Wand zu Lastumlagerungen. Das Resultat sind höhere Druckspannungen im Pfeiler, welcher durch den Versuch beansprucht wird. Dieses Phänomen konnte mittels einer RFEM Berechnung bestätigt werden. Da dieser Faktor je nach Versuchsgeometrie variiert, wurde er im Kapitel 6.3: Abminderungsfaktor durch den Versuchsaufbau für alle Versuchsstellen berechnet.

Die obersten beiden Stockwerke weisen eine höhere Auflast auf als die theoretische Berechnung vorab ergab. Im zweiten Stockwerk konnte eine relativ gute Übereinstimmung mit der theoretischen Auflast vorgefunden werden.

Tab. 18: Vergleich $N_{V_{k-A}}$ mit N_{V_k} [KN/m]

Wand	1. Stock		2. Stock		3. Stock		4. Stock	
	$N_{V_{k-A}}$	N_{V_k}	$N_{V_{k-A}}$	N_{V_k}	$N_{V_{k-A}}$	N_{V_k}	$N_{V_{k-A}}$	N_{V_k}
1	52,08	39,09	22,09	27,09	19,12	17,03	-2,25	6,67
2	-	-	32,59	28,32	46,43	17,14	21,05	6,60
3	-	-	24,50	27,00	19,43	19,07	17,93	6,85
4	-	-	29,26	29,79	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	11,43	6,94
6	-	-	-	-	-	-	9,98	6,60
... Versuch außerhalb der Grenzen								

Tab. 19: Vergleich $N_{V_{k-A}}$ mit N_{V_k} [KN/m]

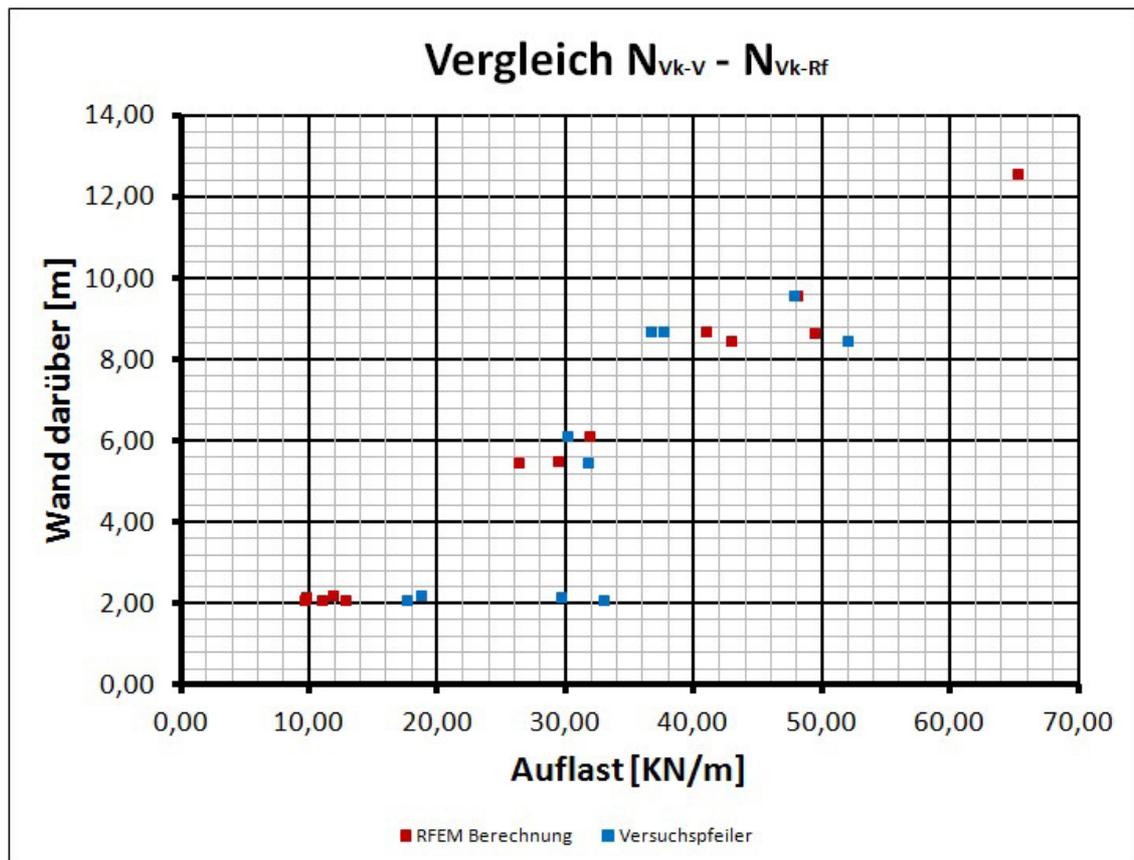
8.3.3 Vergleich Auflast aus Versuch mit der RFEM Berechnung

Bei dem Vergleich der Auflast aus den Versuchen mit der RFEM Berechnung konnte eine bessere Übereinstimmung vorgefunden werden als bei der theoretischen Auflast. Durch Türen kommt es zu Veränderungen in der Druckverteilung, wodurch die Auflast besser als über die theoretische Auflast berechnet werden kann. Aus diesem Schluss ergibt sich, dass bei der Berechnung der Schubtragfähigkeit einer Zwischenwand immer zumindest ein RFEM Modell der gesamten Zwischenwand (über die gesamte vorhandene Höhe) erstellt werden soll.

Im obersten Stockwerk spiegelt aber auch die Berechnung mittels eines RFEM Programms nicht die durch die Versuche ermittelten Werte wider (ähnlich der theoretischen Auflast).

Tab. 20: Vergleich N_{V_k-V} mit N_{V_k-Rf} [KN/m]

Wand	1. Stock		2. Stock		3. Stock		4. Stock	
	N_{V_k-V}	N_{V_k-Rf}	N_{V_k-V}	N_{V_k-Rf}	N_{V_k-V}	N_{V_k-Rf}	N_{V_k-V}	N_{V_k-Rf}
1	96,91	65,13	36,55	40,92	31,67	26,26	-3,17	9,58
2	-	-	51,94	42,88	76,83	29,32	32,88	10,93
3	-	-	37,52	49,29	30,05	31,84	29,61	9,66
4	-	-	47,77	47,99	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	18,60	11,82
6	-	-	-	-	-	-	17,53	12,79
	... Versuch außerhalb der Grenzen							

Tab. 21: Vergleich N_{V_k-V} mit N_{V_k-Rf} [KN/m]

8.4 Resumé

Da es sich nur um eine geringe Anzahl an Versuchen handelt, bzw. diese nur Stichproben darstellen, sind unbedingt weitere Versuche durchzuführen, um die bisherigen Erkenntnisse zu bestätigen bzw. zu verfeinern.

Eindeutig konnte aber festgestellt werden, dass die Zwischenwände im obersten Stockwerk (in unserem Objekt das vierte Obergeschoß) eine höhere Schubtragfähigkeit aufweisen als in den Ergebnissen der Berechnung (theoretische Auflast und RFEM Berechnung). Im dritten und im zweiten Stockwerk konnten jedoch vergleichbare Werte festgestellt werden.

9 ANHANG A – Dokumentation der Versuche

9.1 Wand 1 – 1. Stock

9.1.1 Fotodokumentation



Abb. 46: Übersicht



Abb. 47: Wandpfeiler



Abb. 48: Einbau der Geräte

9.1.2 Wandansicht

Wand W 1-1

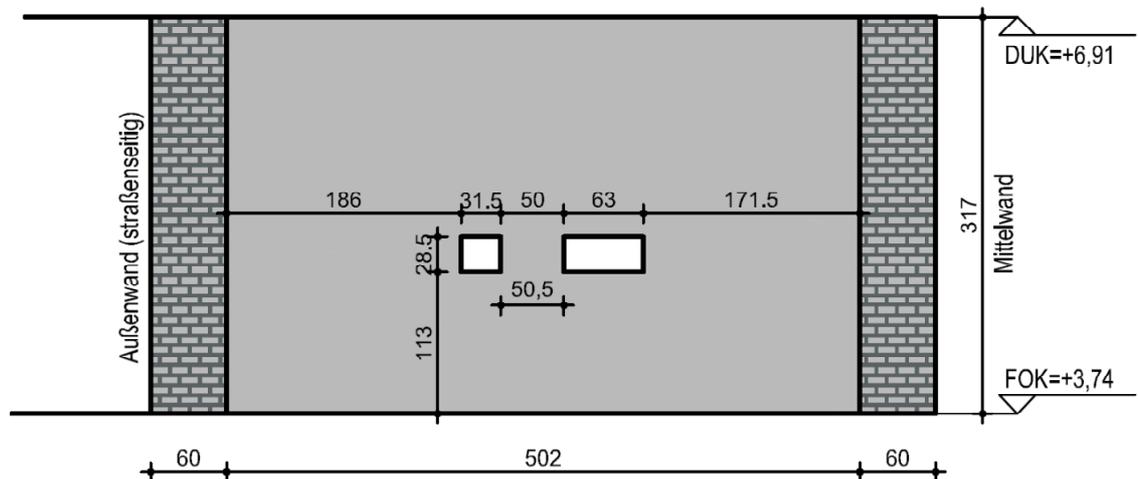
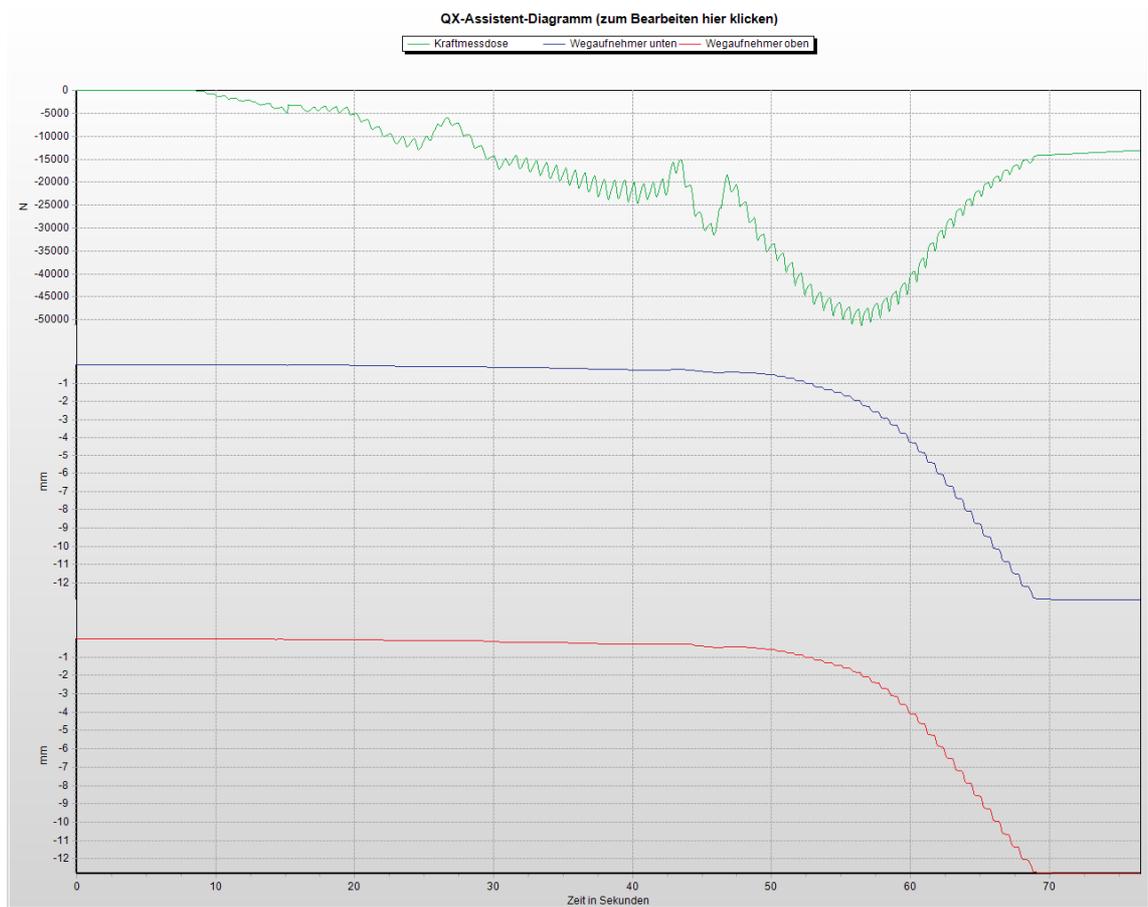


Abb. 49: Wandansicht W1-1

9.1.3 Versuchsprotokoll

Tab. 22: Aufzeichnungsprotokoll Wand 1 - 1. Stock



9.1.4 Auswertung

Objekt A-1100 Wien, Eckertgasse 10
Auswertung Schubversuche
Wand W 1-1

Mauerwerkseigenschaften / Versuchsgeometrie

Mörteldruckfestigkeit (lt. Laboruntersuchung) → siehe Diplomarbeit Bernhard Nowak Teil 1	f_m	0,88	N/mm ²
Anfangsscherfestigkeit	f_{vk0}	0,088	N/mm ²
maximal aufgebrauchte Kraft (aus Versuch)	F	51,34	KN
Durchbruchlänge - Versuchsgeräte		63,0	cm
Länge der oberen Fuge	l_o	50,0	cm
Länge der unteren Fuge	l_u	50,5	cm
Durchbruchlänge - zweite Öffnung		31,5	cm
Wanddicke	t	14,0	cm
Fläche der Scherfuge	A	1407	cm ²

Annahme: vermörtelte Stoßfugen

Berechnung:

Schubfestigkeit des Mauerwerks	f_{vk}	0,3649	N/mm ²
Normalspannung	σ_k	0,6922	N/mm ²
Normalkraft pro Laufmeter Wand	N_{V_k-V}	96,91	KN/m

Berechnung mittels RFEM

Auflast auf den Versuchspfeiler	N_{V_k-Rf}	65,13	KN/m
---------------------------------	--------------	-------	------

Auflast aus theoretischen Berechnung:

Wand darüber	h	12,61	m
Eigengewicht der Zwischenwand	g	3,1	KN/m ²
Auflast pro Laufmeter	N_{V_k}	39,09	KN/m

Abminderungsfaktor lt. RFEM Berechnung

Abminderungsfaktor - Beschr. siehe Diplomarbeit	α	1,86	
Auflast pro Laufmeter Wand inkl. Abminderung	N_{V_k-A}	52,08	KN/m

Vergleich der Ergebnisse:

Versuchspfeiler	N_{V_k-V} aus Versuch	96,91	KN/m
	N_{V_k-Rf} aus Rfem	65,13	KN/m
Bestandwand	N_{V_k-A} inkl. Abmin.	52,08	KN/m
	N_{V_k} aus theo. Ber.	39,09	KN/m

9.2 Wand 1 – 2. Stock

9.2.1 Fotodokumentation



Abb. 50: Übersicht



Abb. 51: verschobener Wandfeiler

9.2.2 Wandansicht

Wand W 1-2

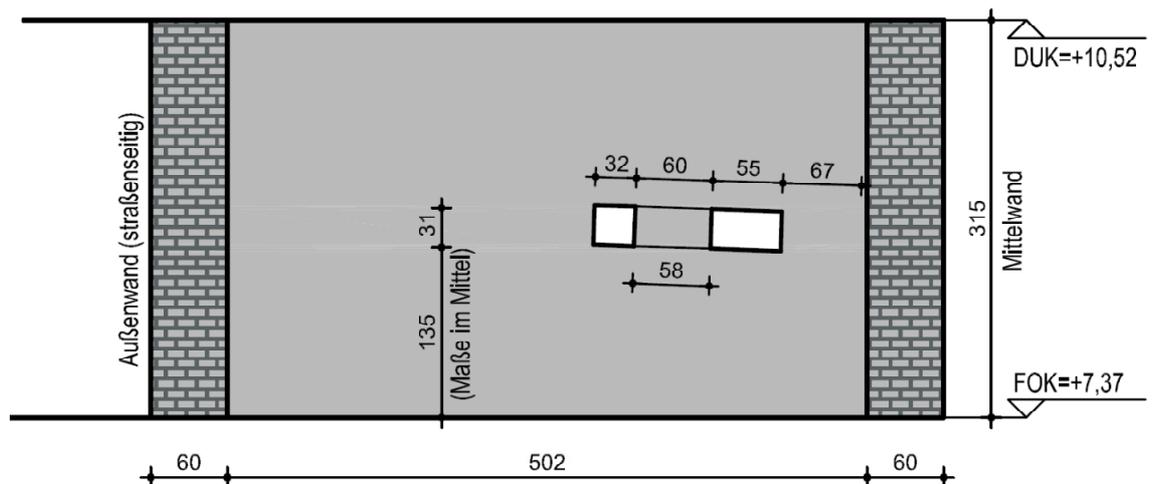
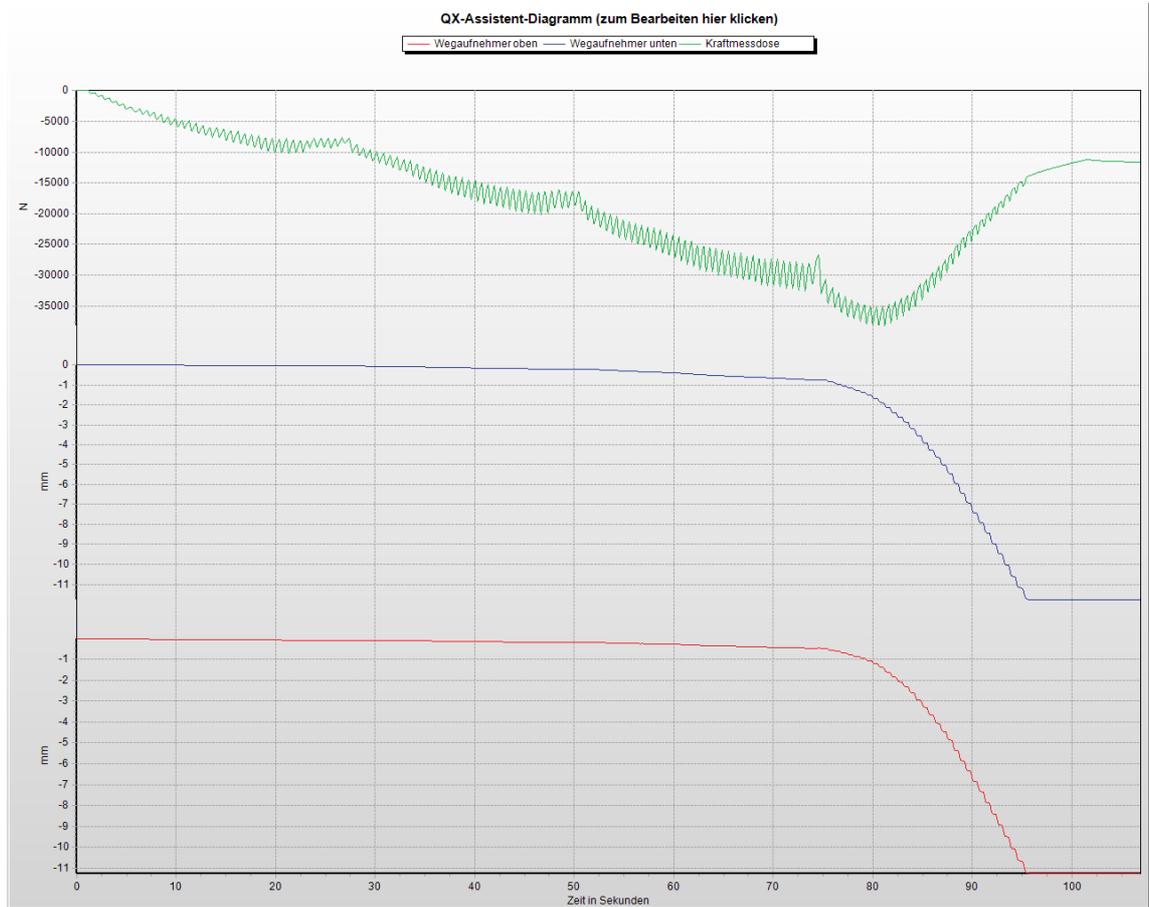


Abb. 52: Wandansicht W1-2

9.2.3 Versuchsprotokoll

Tab. 23: Aufzeichnungsprotokoll Wand 1 - 2. Stock



9.2.4 Auswertung

Objekt A-1100 Wien, Eckertgasse 10
Auswertung Schubversuche
Wand W 1-2

Mauerwerkseigenschaften / Versuchsgeometrie

Mörteldruckfestigkeit (lt. Laboruntersuchung) → siehe Diplomarbeit Bernhard Nowak Teil 1	f_m	1,27	N/mm ²
Anfangsscherfestigkeit	f_{vk0}	0,127	N/mm ²
maximal aufgebrachte Kraft (aus Versuch)	F	38,23	KN
Durchbruchlänge - Versuchsgeräte		55,0	cm
Länge der oberen Fuge	l_o	60,0	cm
Länge der unteren Fuge	l_u	58,0	cm
Durchbruchlänge - zweite Öffnung		32,0	cm
Wanddicke	t	14,0	cm
Fläche der Scherfuge	A	1652	cm ²

Annahme: vermörtelte Stoßfugen

Berechnung:

Schubfestigkeit des Mauerwerks	f_{vk}	0,2314	N/mm ²
Normalspannung	σ_k	0,2610	N/mm ²
Normalkraft pro Laufmeter Wand	N_{V_k-V}	36,55	KN/m

Berechnung mittels RFEM

Auflast auf den Versuchspfeiler	N_{V_k-Rf}	40,92	KN/m
---------------------------------	--------------	-------	------

Auflast aus theoretischen Berechnung:

Wand darüber	h	8,74	m
Eigengewicht der Zwischenwand	g	3,1	KN/m ²
Auflast pro Laufmeter	N_{V_k}	27,09	KN/m

Abminderungsfaktor lt. RFEM Berechnung

Abminderungsfaktor - Beschr. siehe Diplomarbeit	α	1,65	
Auflast pro Laufmeter Wand inkl. Abminderung	N_{V_k-A}	22,1	KN/m

Vergleich der Ergebnisse:

Versuchspfeiler	N_{V_k-V} aus Versuch	36,55	KN/m
	N_{V_k-Rf} aus Rfem	40,92	KN/m
Bestandwand	N_{V_k-A} inkl. Abmin.	22,09	KN/m
	N_{V_k} aus theo. Ber.	27,09	KN/m

9.3 Wand 1 – 3. Stock

9.3.1 Fotodokumentation



Abb. 53: Übersicht



Abb. 54: Wegaufnehmer



Abb. 55: Messgeräte



Abb. 56: Wandpfeiler

9.3.2 Wandansicht

Wand W 1-3

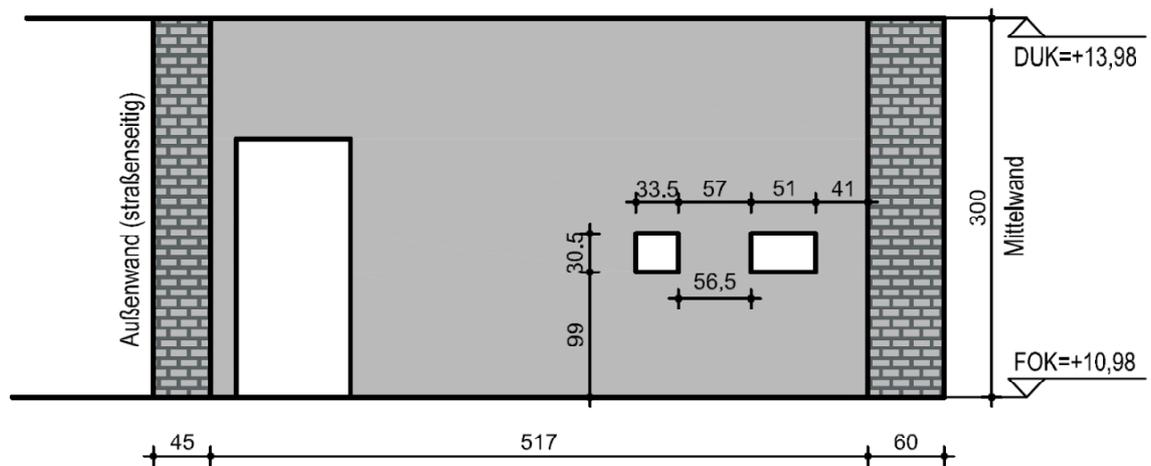
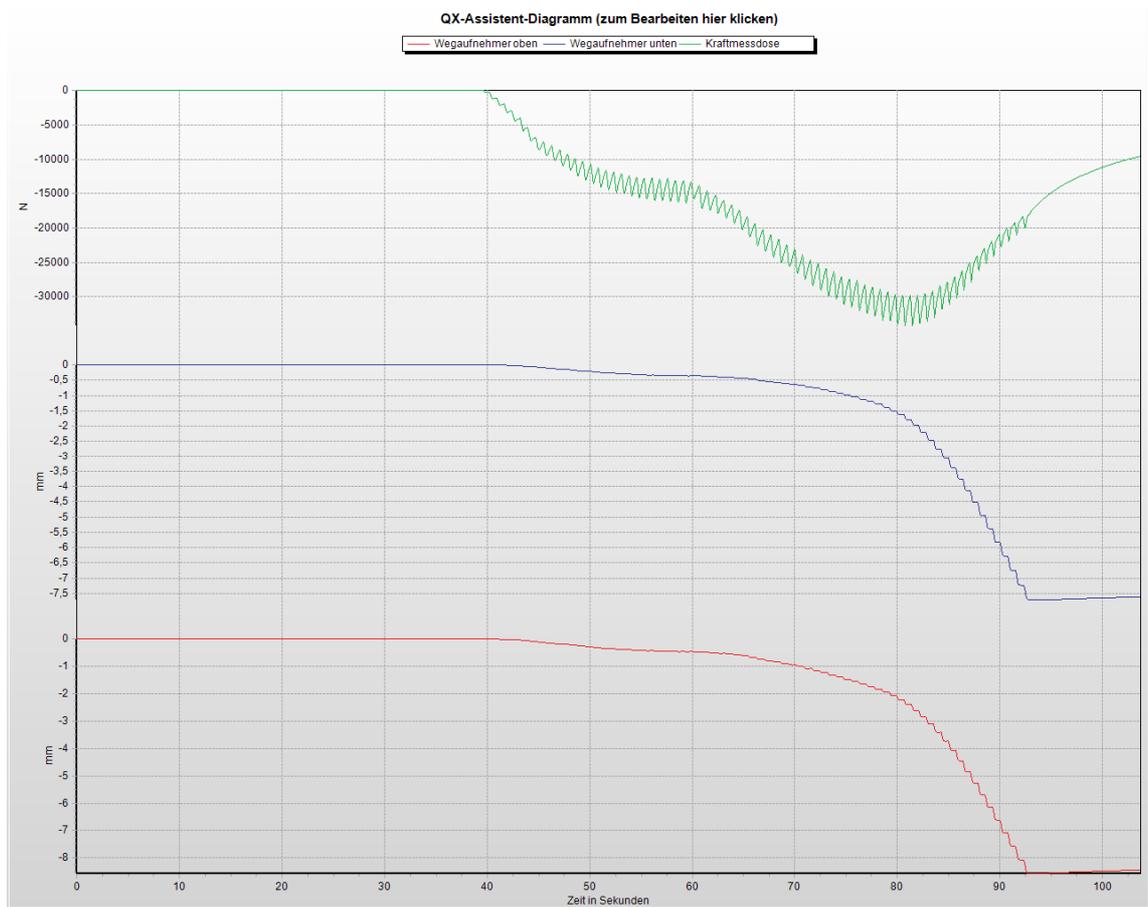


Abb. 57: Wandansicht W1-3

9.3.3 Versuchsprotokoll

Tab. 24: Aufzeichnungsprotokoll Wand 1 - 3. Stock



9.3.4 Auswertung

Objekt A-1100 Wien, Eckertgasse 10
Auswertung Schubversuche
Wand W 1-3

Mauerwerkseigenschaften / Versuchsgeometrie

Mörteldruckfestigkeit (lt. Laboruntersuchung) → siehe Diplomarbeit Bernhard Nowak Teil 1	f_m	1,25	N/mm ²
Anfangsscherfestigkeit	f_{vk0}	0,125	N/mm ²
maximal aufgebrauchte Kraft (aus Versuch)	F	34,24	KN
Durchbruchlänge - Versuchsgeräte		51,0	cm
Länge der oberen Fuge	l_o	57,0	cm
Länge der unteren Fuge	l_u	56,5	cm
Durchbruchlänge - zweite Öffnung		33,5	cm
Wanddicke	t	14,0	cm
Fläche der Scherfuge	A	1589	cm ²

Annahme: vermörtelte Stoßfugen

Berechnung:

Schubfestigkeit des Mauerwerks	f_{vk}	0,2155	N/mm ²
Normalspannung	σ_k	0,2262	N/mm ²
Normalkraft pro Laufmeter Wand	N_{V_k-V}	31,67	KN/m

Berechnung mittels RFEM

Auflast auf den Versuchspfeiler	N_{V_k-Rf}	26,26	KN/m
---------------------------------	--------------	-------	------

Auflast aus theoretischen Berechnung:

Wand darüber	h	5,50	m
Eigengewicht der Zwischenwand	g	3,1	KN/m ²
Auflast pro Laufmeter	N_{V_k}	17,03	KN/m

Abminderungsfaktor lt. RFEM Berechnung

Abminderungsfaktor - Beschr. siehe Diplomarbeit	α	1,66	
Auflast pro Laufmeter Wand inkl. Abminderung	N_{V_k-A}	19,1	KN/m

Vergleich der Ergebnisse:

Versuchspfeiler	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">N_{V_k-v} aus Versuch</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">31,67</td> <td style="width: 50%; text-align: right;">KN/m</td> </tr> <tr> <td>N_{V_k-Rf} aus Rfem</td> <td style="text-align: center;">26,26</td> <td style="text-align: right;">KN/m</td> </tr> </table>	N _{V_k-v} aus Versuch	31,67	KN/m	N _{V_k-Rf} aus Rfem	26,26	KN/m
N _{V_k-v} aus Versuch	31,67	KN/m					
N _{V_k-Rf} aus Rfem	26,26	KN/m					
Bestandwand	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">N_{V_k-A} inkl. Abmin.</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">19,12</td> <td style="width: 50%; text-align: right;">KN/m</td> </tr> <tr> <td>N_{V_k} aus theo. Ber.</td> <td style="text-align: center;">17,03</td> <td style="text-align: right;">KN/m</td> </tr> </table>	N _{V_k-A} inkl. Abmin.	19,12	KN/m	N _{V_k} aus theo. Ber.	17,03	KN/m
N _{V_k-A} inkl. Abmin.	19,12	KN/m					
N _{V_k} aus theo. Ber.	17,03	KN/m					

9.4 Wand 1 – 4. Stock

9.4.1 Fotodokumentation



Abb. 58: Übersicht Wand



Abb. 59: Messgeräte nach dem Versuch



Abb. 60: Übersicht 2



Abb. 61: verschobener Wandpfeiler

9.4.2 Wandansicht

Wand W 1-4

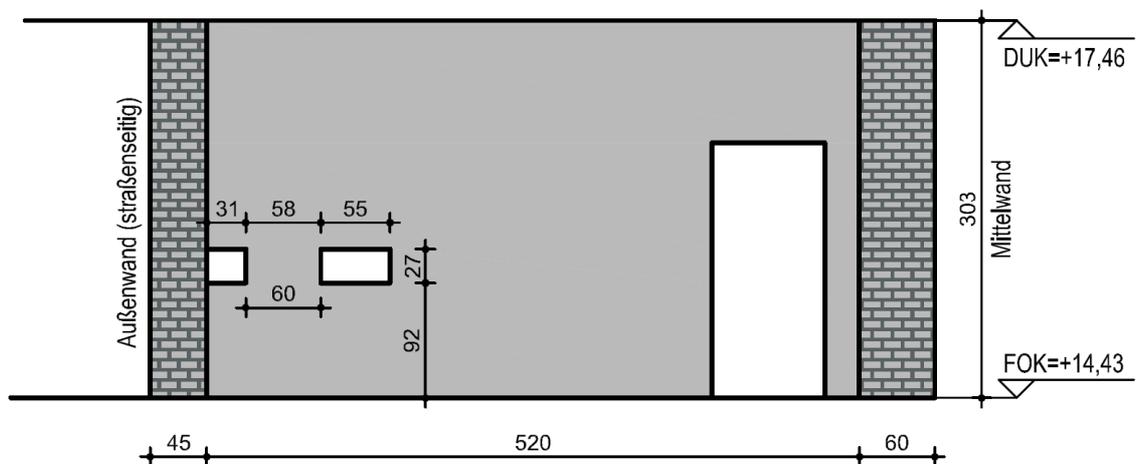
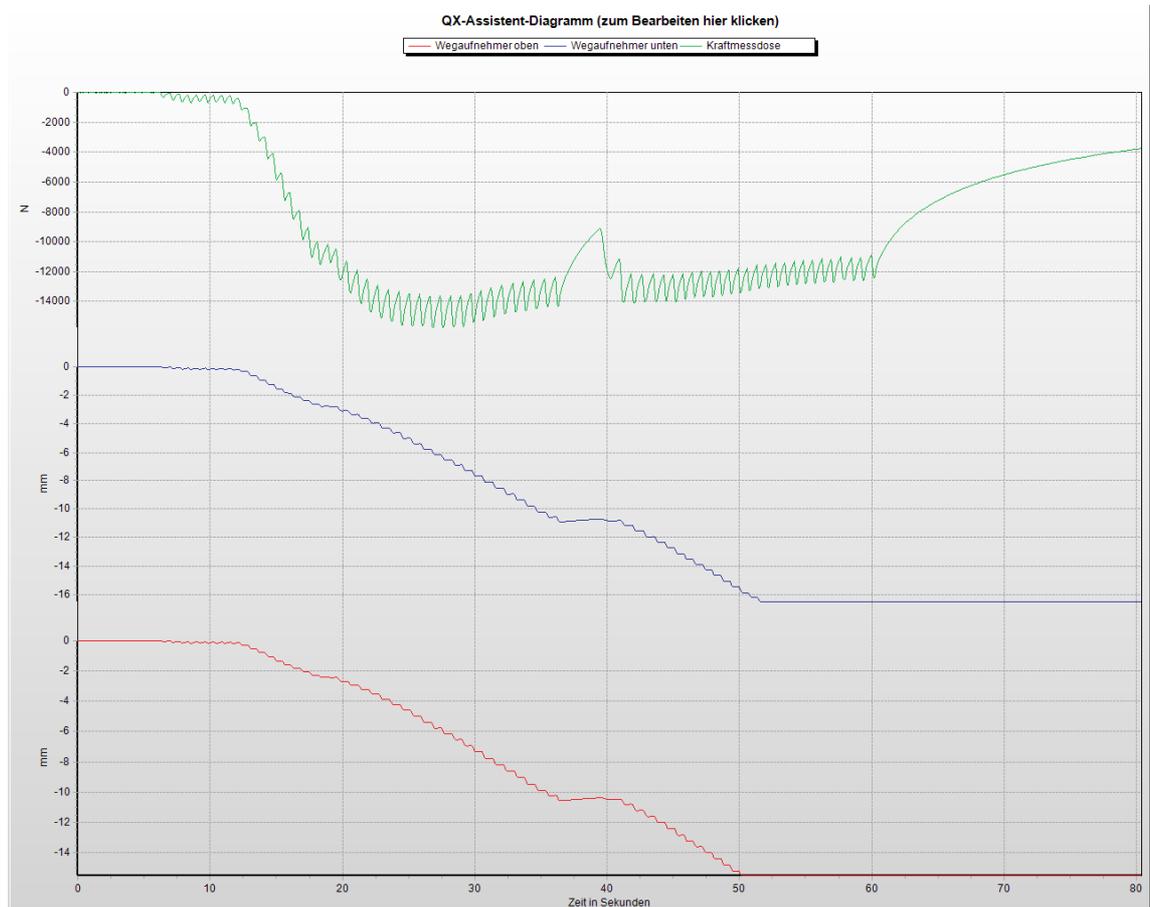


Abb. 62: Wandansicht W1-4

9.4.3 Versuchsprotokoll

Tab. 25: Aufzeichnungsprotokoll Wand 1 - 4. Stock



Bei dem Versuch wurden die Wegaufnehmer auf der Lastverteilerplatte angebracht. Daher kann die Verschiebung aus diesem Versuch nicht gewertet werden.

9.4.4 Auswertung

Objekt A-1100 Wien, Eckertgasse 10
Auswertung Schubversuche
Wand W 1-4

Mauerwerkseigenschaften / Versuchsgeometrie

Mörteldruckfestigkeit (lt. Laboruntersuchung) → siehe Diplomarbeit Bernhard Nowak Teil 1	f_m	1,06	N/mm ²
Anfangsscherfestigkeit	f_{vk0}	0,106	N/mm ²
maximal aufgebrauchte Kraft (aus Versuch)	F	15,76	KN
Durchbruchlänge - Versuchsgeräte		55,0	cm
Länge der oberen Fuge	l_o	58,0	cm
Länge der unteren Fuge	l_u	60,0	cm
Durchbruchlänge - zweite Öffnung		31,0	cm
Wanddicke	t	14,0	cm
Fläche der Scherfuge	A	1652	cm ²

Annahme: vermörtelte Stoßfugen

Berechnung:

Schubfestigkeit des Mauerwerks	f_{vk}	0,0954	N/mm ²
Normalspannung	σ_k	-0,0265	N/mm ²
Normalkraft pro Laufmeter Wand	N_{V_k-V}	-3,71	KN/m

Berechnung mittels RFEM

Auflast auf den Versuchspfeiler	N_{V_k-Rf}	9,58	KN/m
---------------------------------	--------------	------	------

Auflast aus theoretischen Berechnung:

Wand darüber	h	2,15	m
Eigengewicht der Zwischenwand	g	3,1	KN/m ²
Auflast pro Laufmeter	N_{V_k}	6,67	KN/m

Abminderungsfaktor lt. RFEM Berechnung

Abminderungsfaktor - Beschr. siehe Diplomarbeit	α	1,65	
Auflast pro Laufmeter Wand inkl. Abminderung	N_{V_k-A}	-2,3	KN/m

Vergleich der Ergebnisse:

Versuchspfeiler	N_{V_k-V} aus Versuch	-3,71	KN/m
	N_{V_k-Rf} aus Rfem	9,58	KN/m
Bestandwand	N_{V_k-A} inkl. Abmin.	-2,25	KN/m
	N_{V_k} aus theo. Ber.	6,67	KN/m

9.5 Wand 2 – 1. Stock

9.5.1 Fotodokumentation



Abb. 63: Übersicht (1)



Abb. 64: Übersicht (2)



Abb. 65: verschobener Wandpfeiler (1)



Abb. 66: verschobener Wandpfeiler (2)

9.5.2 Wandansicht

Wand W 2-1

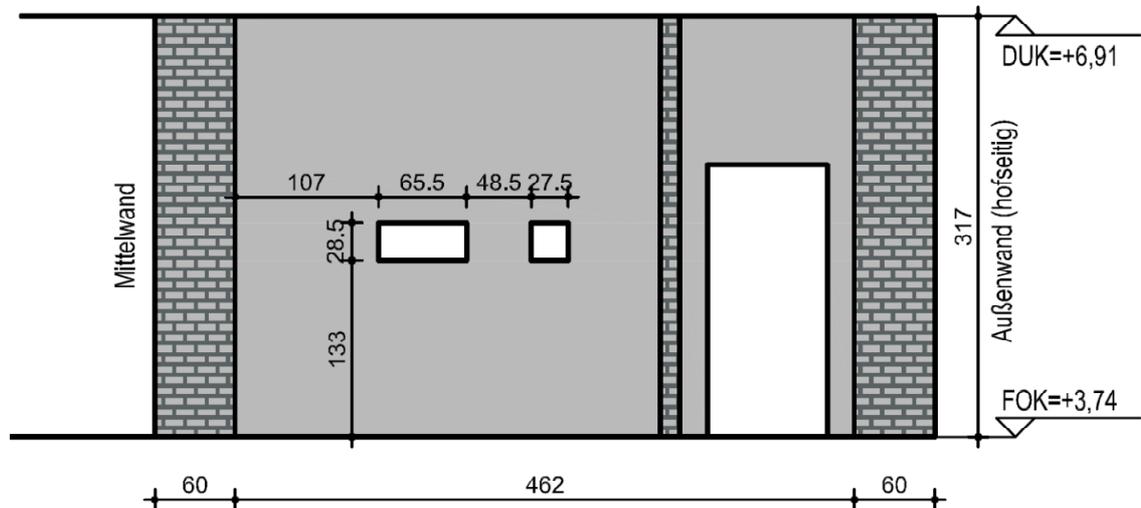
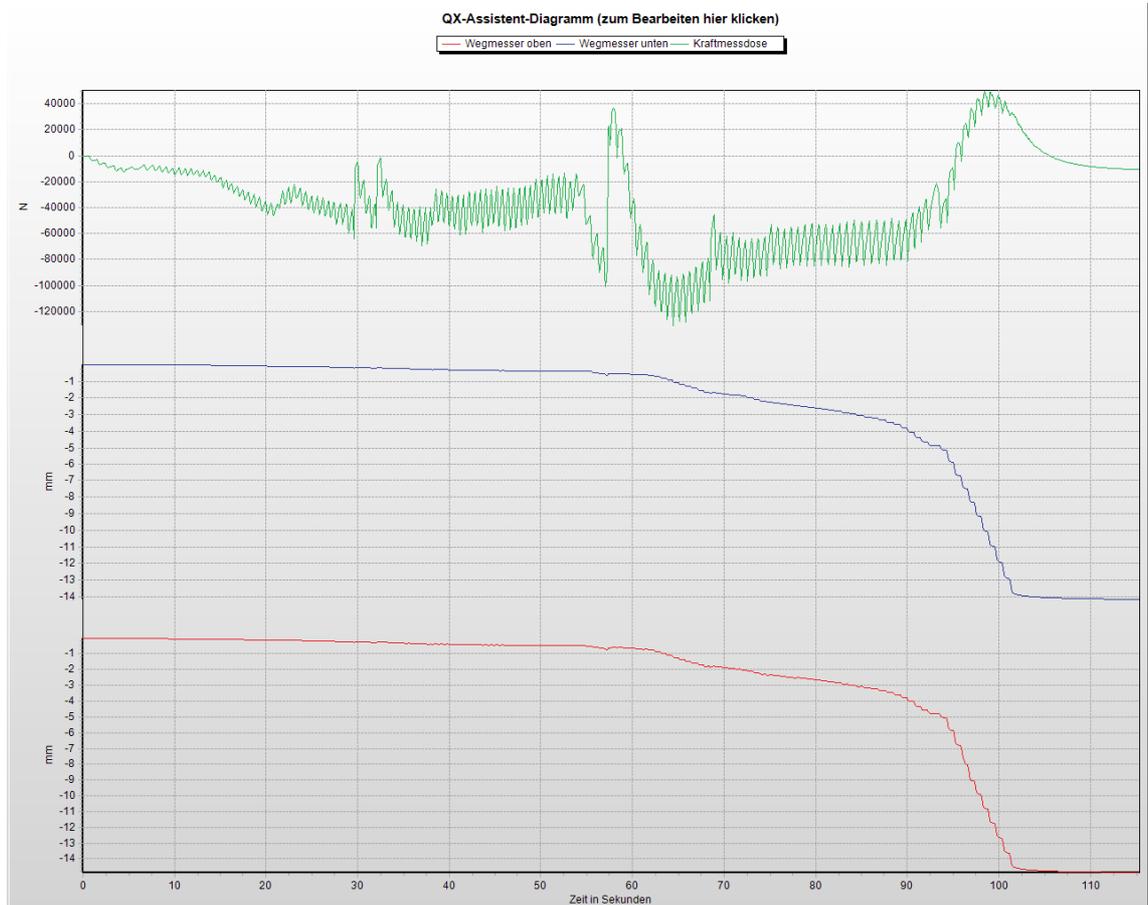


Abb. 67: Wandansicht W2-1

9.5.3 Versuchsprotokoll

Tab. 26: Aufzeichnungsprotokoll Wand 2 - 1. Stock



9.6 Wand 2 – 2. Stock

9.6.1 Fotodokumentation



Abb. 68: Übersicht



Abb. 69: Versuchsaufbau

9.6.2 Wandansicht

Wand W 2-2

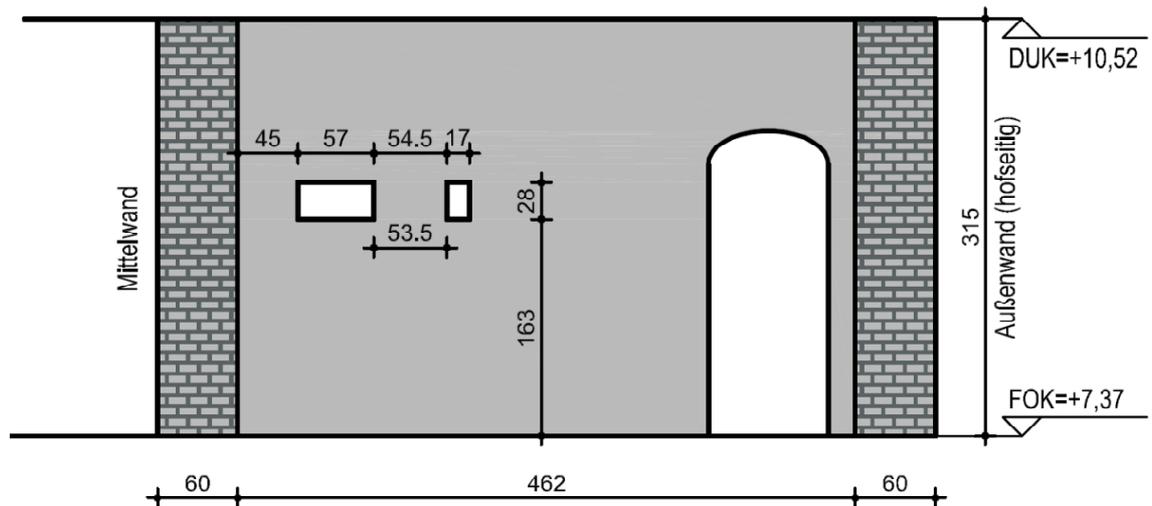
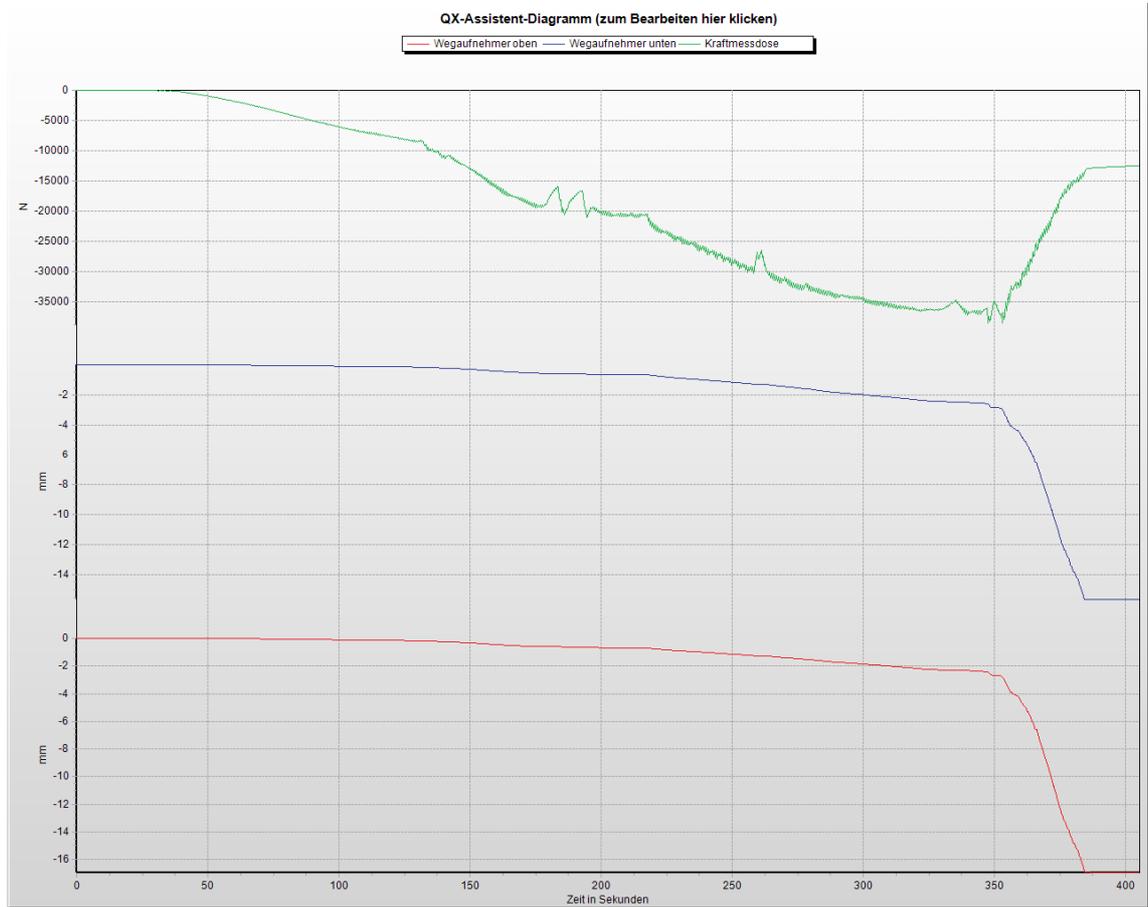


Abb. 70: Wandansicht W2-2

9.6.3 Versuchsprotokoll

Tab. 27: Aufzeichnungsprotokoll Wand 2 - 2. Stock



9.6.4 Auswertung

Objekt A-1100 Wien, Eckertgasse 10
Auswertung Schubversuche
Wand W 2-2

Mauerwerkseigenschaften / Versuchsgeometrie

Mörteldruckfestigkeit (lt. Laboruntersuchung) → siehe Diplomarbeit Bernhard Nowak Teil 1	f_m	1,09	N/mm ²
Anfangsscherfestigkeit	f_{vk0}	0,109	N/mm ²
maximal aufgebrachte Kraft (aus Versuch)	F	38,92	KN
Durchbruchlänge - Versuchsgeräte		57,0	cm
Länge der oberen Fuge	l_o	54,5	cm
Länge der unteren Fuge	l_u	53,5	cm
Durchbruchlänge - zweite Öffnung		17,0	cm
Wanddicke	t	14,0	cm
Fläche der Scherfuge	A	1512	cm ²

Annahme: vermörtelte Stoßfugen

Berechnung:

Schubfestigkeit des Mauerwerks	f_{vk}	0,2574	N/mm ²
Normalspannung	σ_k	0,3710	N/mm ²
Normalkraft pro Laufmeter Wand	N_{V_k-V}	51,94	KN/m

Berechnung mittels RFEM

Auflast auf den Versuchspfeiler	N_{V_k-Rf}	42,88	KN/m
---------------------------------	--------------	-------	------

Auflast aus theoretischen Berechnung:

Wand darüber	h	8,49	m
Eigengewicht der Zwischenwand	g	3,1	KN/m ²
Auflast pro Laufmeter	N_{V_k}	26,32	KN/m

Abminderungsfaktor lt. RFEM Berechnung

Abminderungsfaktor - Beschr. siehe Diplomarbeit	α	1,59	
Auflast pro Laufmeter Wand inkl. Abminderung	N_{V_k-A}	32,6	KN/m

Vergleich der Ergebnisse:

Versuchspfeiler	N_{V_k-V} aus Versuch	51,94	KN/m
	N_{V_k-Rf} aus Rfem	42,88	KN/m
Bestandwand	N_{V_k-A} inkl. Abmin.	32,59	KN/m
	N_{V_k} aus theo. Ber.	26,32	KN/m

9.7 Wand 2 – 3. Stock

9.7.1 Fotodokumentation



Abb. 71: Übersicht (1)



Abb. 72: Übersicht (2)



Abb. 73: verschobener Wandpfeiler (1)



Abb. 74: verschobener Wandpfeiler (2)

9.7.2 Wandansicht

Wand W 2-3

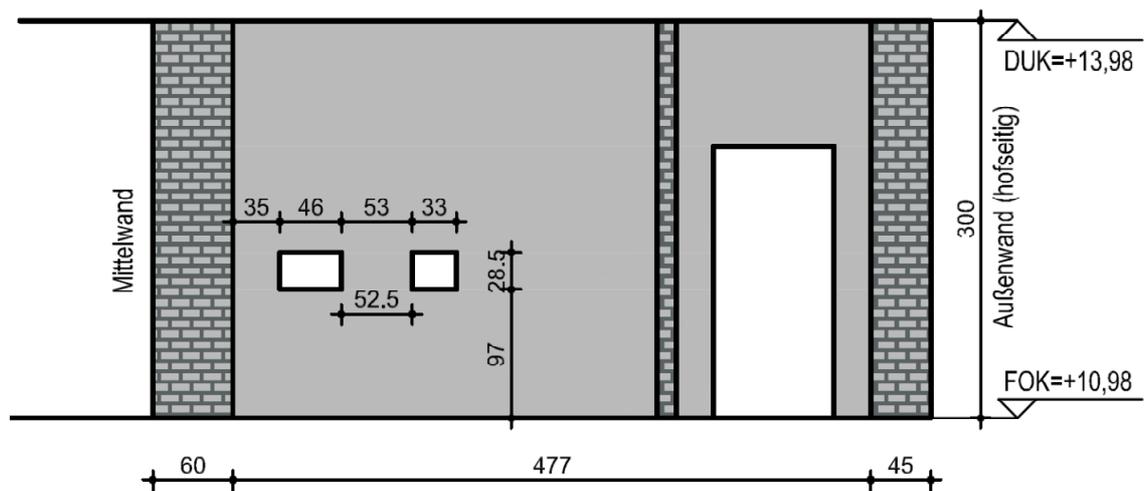
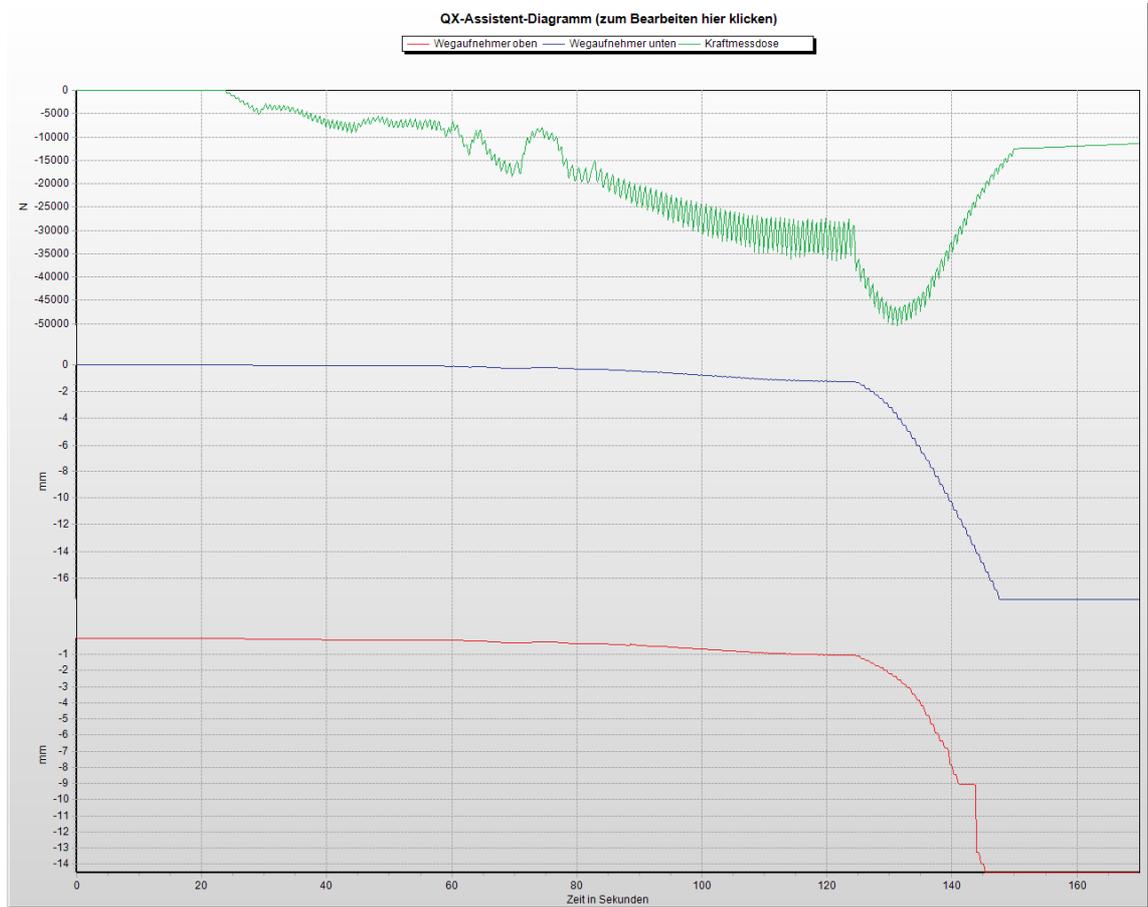


Abb. 75: Wandansicht W2-3

9.7.3 Versuchsprotokoll

Tab. 28: Aufzeichnungsprotokoll Wand 2 - 3. Stock



9.7.4 Auswertung

Objekt A-1100 Wien, Eckertgasse 10
Auswertung Schubversuche
Wand W 2-3

Mauerwerkseigenschaften / Versuchsgeometrie

Mörteldruckfestigkeit (lt. Laboruntersuchung) → siehe Diplomarbeit Bernhard Nowak Teil 1	f_m	1,22	N/mm ²
Anfangsscherfestigkeit	f_{vk0}	0,122	N/mm ²
maximal aufgebrachte Kraft (aus Versuch)	F	50,44	KN
Durchbruchlänge - Versuchsgeräte		46,0	cm
Länge der oberen Fuge	l_o	53,0	cm
Länge der unteren Fuge	l_u	52,5	cm
Durchbruchlänge - zweite Öffnung		33,0	cm
Wanddicke	t	14,0	cm
Fläche der Scherfuge	A	1477	cm ²

Annahme: vermörtelte Stoßfugen

Berechnung:

Schubfestigkeit des Mauerwerks	f_{vk}	0,3415	N/mm ²
Normalspannung	σ_k	0,5488	N/mm ²
Normalkraft pro Laufmeter Wand	N_{V_k-V}	76,83	KN/m

Berechnung mittels RFEM

Auflast auf den Versuchspfeiler	N_{V_k-Rf}	29,32	KN/m
---------------------------------	--------------	-------	------

Auflast aus theoretischen Berechnung:

Wand darüber	h	5,53	m
Eigengewicht der Zwischenwand	g	3,1	KN/m ²
Auflast pro Laufmeter	N_{V_k}	17,14	KN/m

Abminderungsfaktor lt. RFEM Berechnung

Abminderungsfaktor - Beschr. siehe Diplomarbeit	α	1,65	
Auflast pro Laufmeter Wand inkl. Abminderung	N_{V_k-A}	46,4	KN/m

Vergleich der Ergebnisse:

Versuchspfeiler	N_{V_k-V} aus Versuch	76,83	KN/m
	N_{V_k-Rf} aus Rfem	29,32	KN/m
Bestandwand	N_{V_k-A} inkl. Abmin.	46,43	KN/m
	N_{V_k} aus theo. Ber.	17,14	KN/m

9.8 Wand 2 – 4. Stock

9.8.1 Fotodokumentation



Abb. 76: Übersicht (1)



Abb. 77: Übersicht & Geräte

9.8.2 Wandansicht

Wand W 2-4

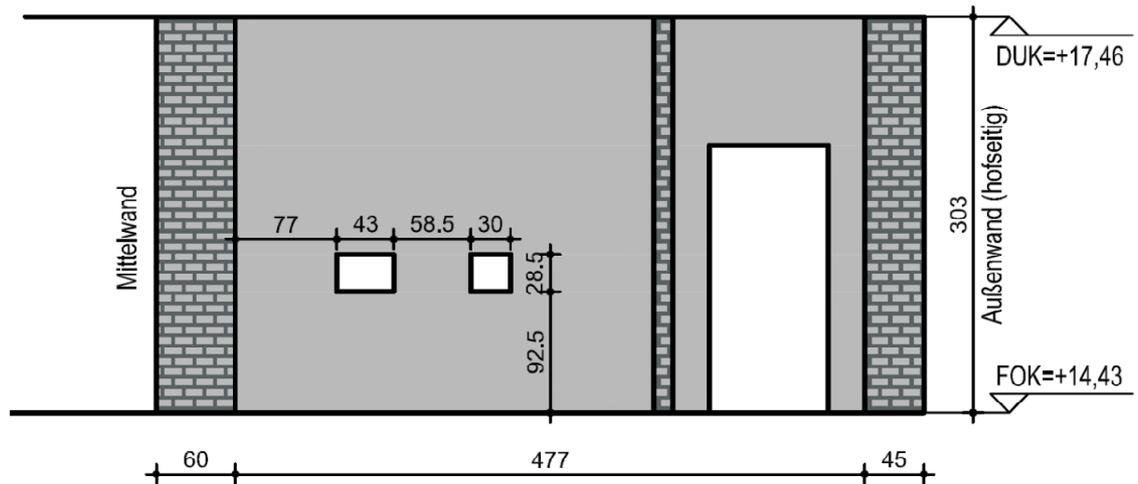
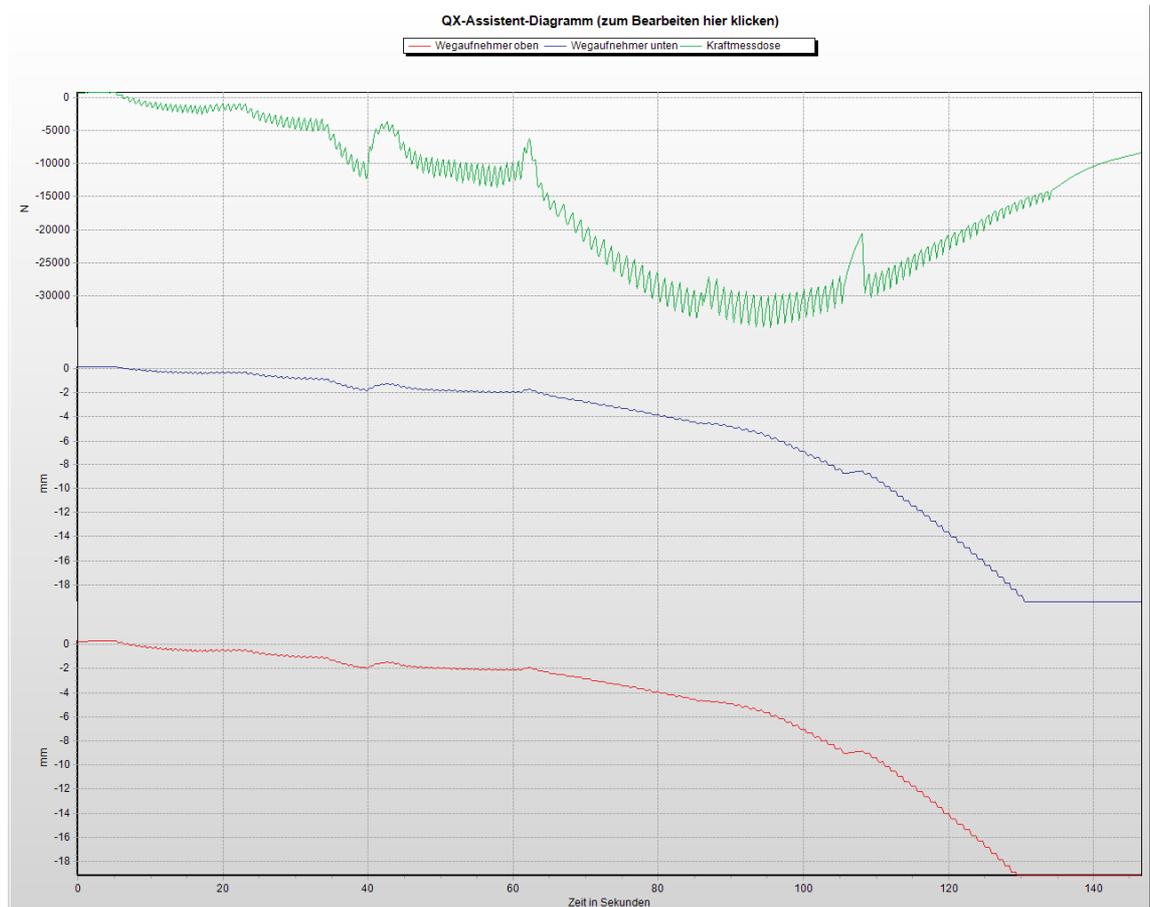


Abb. 78: Wandansicht W2-4

9.8.3 Versuchsprotokoll

Tab. 29: Aufzeichnungsprotokoll Wand 2 - 4. Stock



Bei dem Versuch wurden die Wegaufnehmer auf der Lastverteilerplatte angebracht. Daher kann die Verschiebung aus diesem Versuch nicht gewertet werden.

9.9 Wand 3 – 2. Stock

9.9.1 Fotodokumentation



Abb. 79: Übersicht



Abb. 80: Messgeräte

9.9.2 Wandansicht

Wand W 3-2

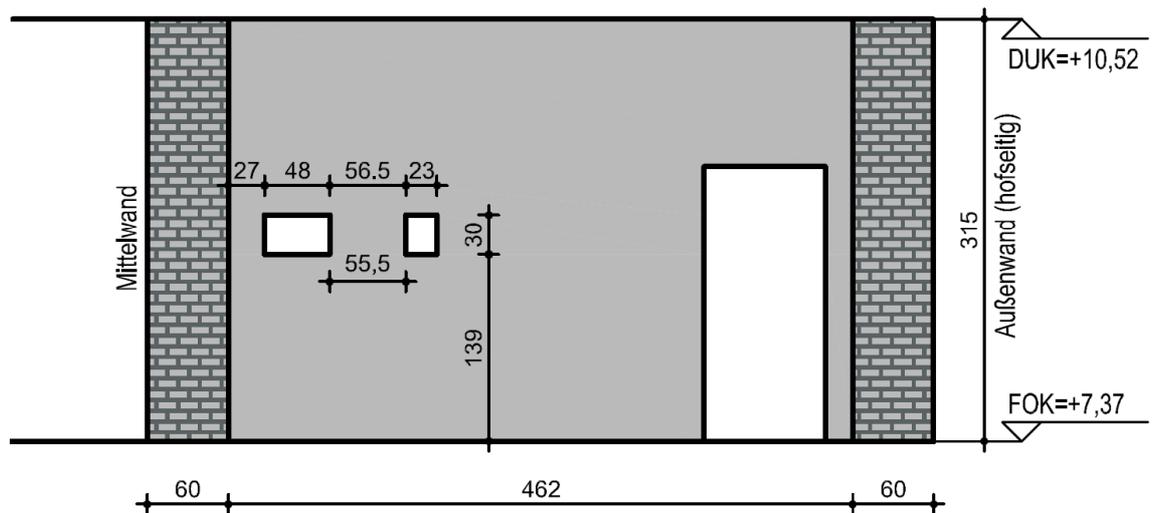
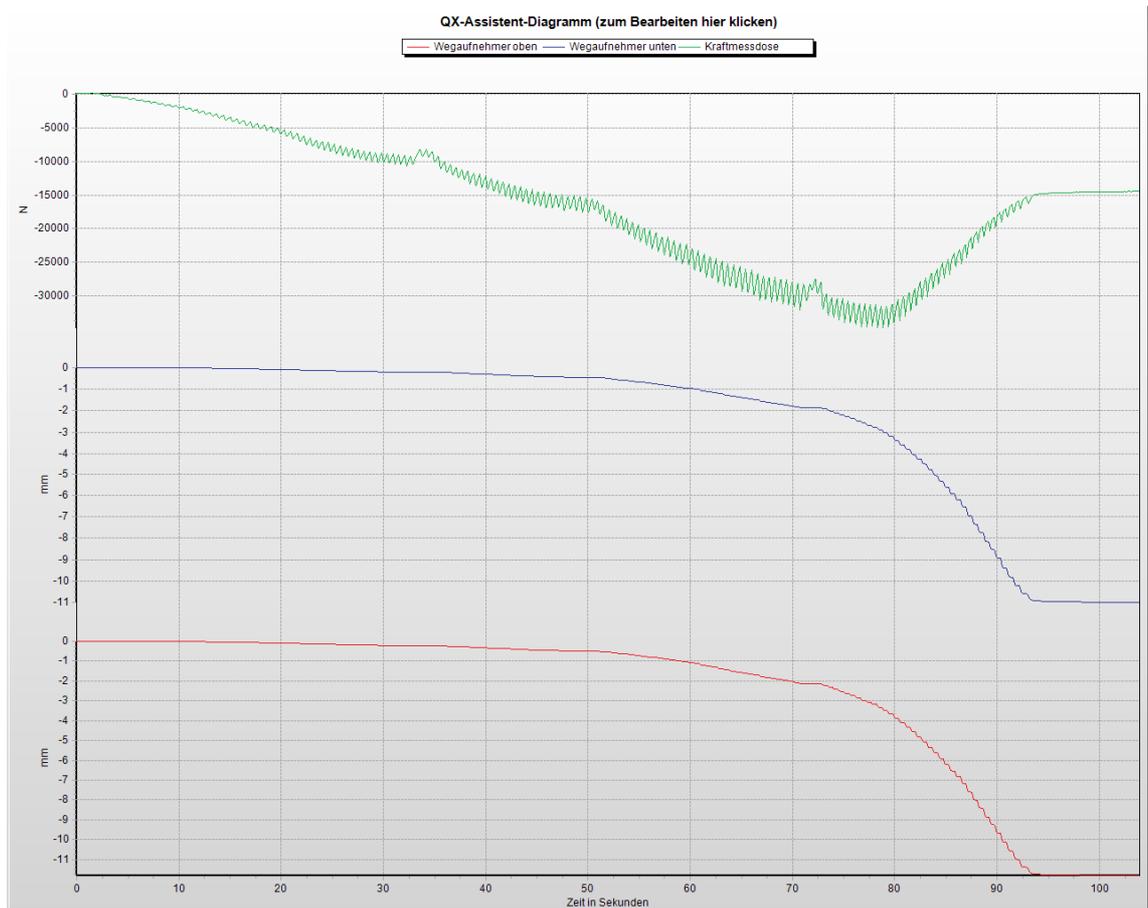


Abb. 81: Wandansicht W3-2

9.9.3 Versuchsprotokoll

Tab. 30: Aufzeichnungsprotokoll Wand 3 - 2. Stock



9.9.4 Auswertung

Objekt A-1100 Wien, Eckertgasse 10
Auswertung Schubversuche
Wand W 3-2

Mauerwerkseigenschaften / Versuchsgeometrie

Mörteldruckfestigkeit (lt. Laboruntersuchung) → siehe Diplomarbeit Bernhard Nowak Teil 1	f_m	1,15	N/mm ²
Anfangsscherfestigkeit	f_{vk0}	0,115	N/mm ²
maximal aufgebrachte Kraft (aus Versuch)	F	34,84	KN
Durchbruchlänge - Versuchsgeräte		48,0	cm
Länge der oberen Fuge	l_o	56,5	cm
Länge der unteren Fuge	l_u	55,5	cm
Durchbruchlänge - zweite Öffnung		23,0	cm
Wanddicke	t	14,0	cm
Fläche der Scherfuge	A	1568	cm ²

Annahme: vermörtelte Stoßfugen

Berechnung:

Schubfestigkeit des Mauerwerks	f_{vk}	0,2222	N/mm ²
Normalspannung	σ_k	0,2680	N/mm ²
Normalkraft pro Laufmeter Wand	N_{V_k-V}	37,52	KN/m

Berechnung mittels RFEM

Auflast auf den Versuchspfeiler	N_{V_k-Rf}	49,29	KN/m
---------------------------------	--------------	-------	------

Auflast aus theoretischen Berechnung:

Wand darüber	h	8,71	m
Eigengewicht der Zwischenwand	g	3,1	KN/m ²
Auflast pro Laufmeter	N_{V_k}	27,00	KN/m

Abminderungsfaktor lt. RFEM Berechnung

Abminderungsfaktor - Beschr. siehe Diplomarbeit	α	1,53	
Auflast pro Laufmeter Wand inkl. Abminderung	N_{V_k-A}	24,5	KN/m

Vergleich der Ergebnisse:

Versuchspfeiler	N_{V_k-V} aus Versuch	37,52	KN/m
	N_{V_k-Rf} aus Rfem	49,29	KN/m
Bestandwand	N_{V_k-A} inkl. Abmin.	24,50	KN/m
	N_{V_k} aus theo. Ber.	27,00	KN/m

9.10 Wand 3 – 3. Stock

9.10.1 Fotodokumentation



Abb. 82: Übersicht



Abb. 83: Übersicht & Messgeräte



Abb. 84: Wegaufnehmer - Einbauzustand



Abb. 85: verschobener Wandpfeiler

9.10.2 Wandansicht

Wand W 3-3

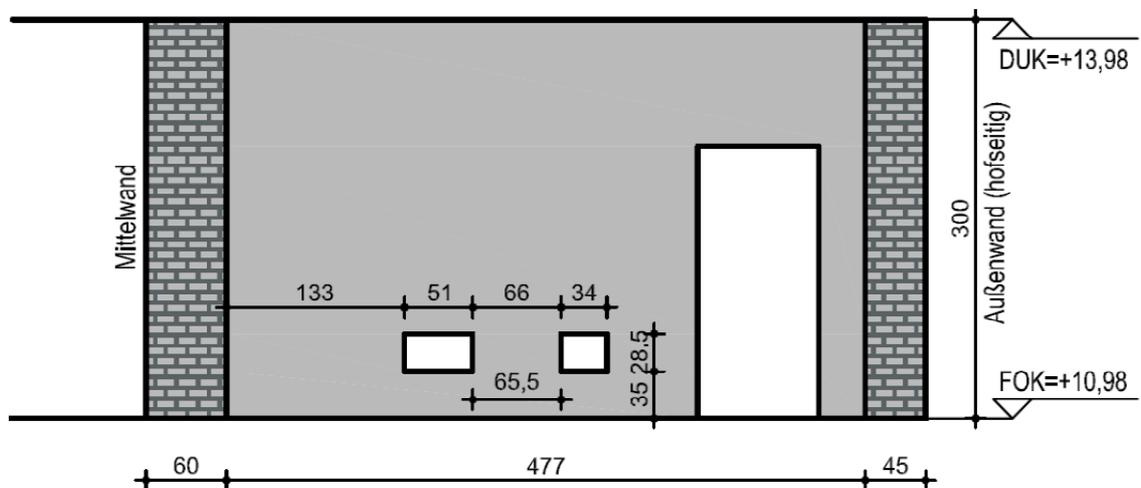
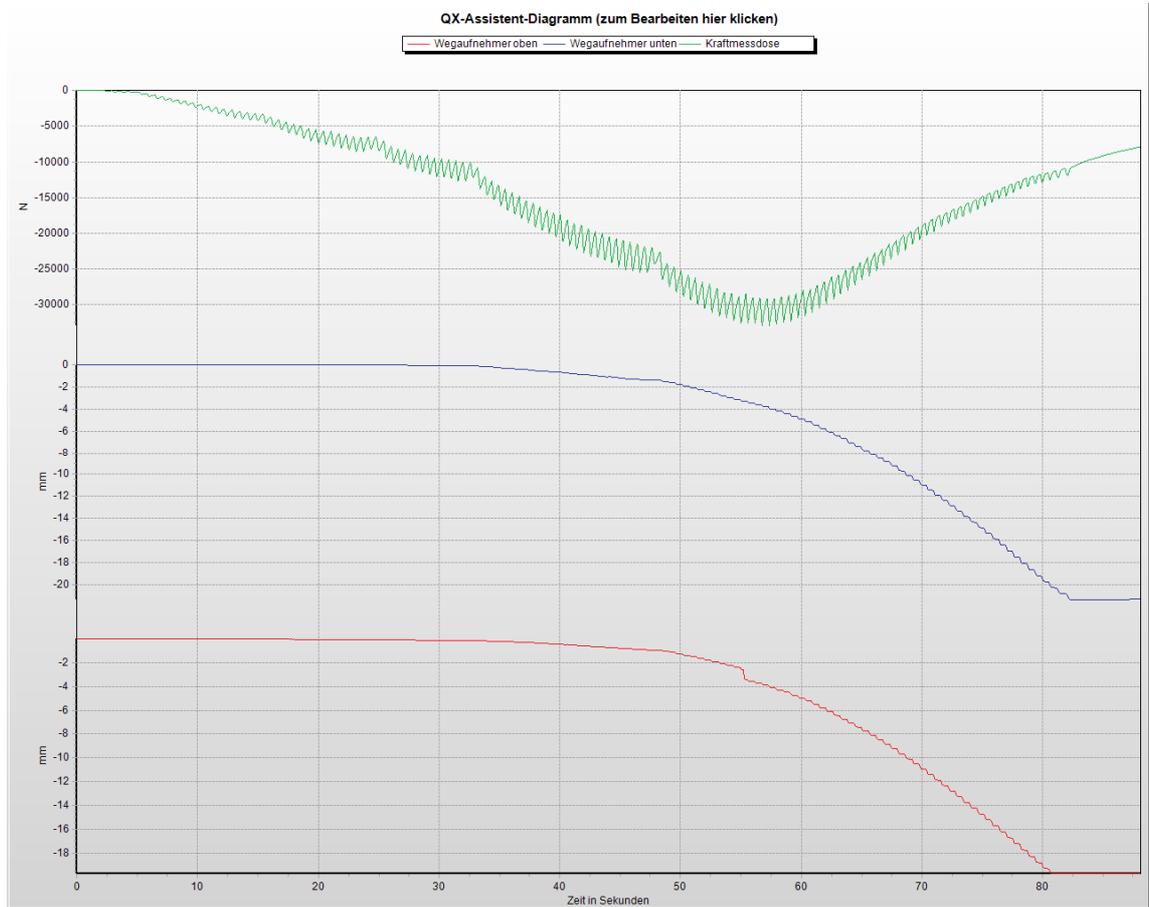


Abb. 86: Wandansicht W3-3

9.10.3 Versuchsprotokoll

Tab. 31: Aufzeichnungsprotokoll Wand 3 - 3. Stock



9.10.4 Auswertung

Objekt A-1100 Wien, Eckertgasse 10
Auswertung Schubversuche
Wand W 3-3

Mauerwerkseigenschaften / Versuchsgeometrie

Mörteldruckfestigkeit (lt. Laboruntersuchung) → siehe Diplomarbeit Bernhard Nowak Teil 1	f_m	0,93	N/mm ²
Anfangsscherfestigkeit	f_{vk0}	0,093	N/mm ²
maximal aufgebrachte Kraft (aus Versuch)	F	32,93	KN
Durchbruchlänge - Versuchsgeräte		51,0	cm
Länge der oberen Fuge	l_o	66,0	cm
Länge der unteren Fuge	l_u	65,5	cm
Durchbruchlänge - zweite Öffnung		34,0	cm
Wanddicke	t	14,0	cm
Fläche der Scherfuge	A	1841	cm ²

Annahme: vermörtelte Stoßfugen

Berechnung:

Schubfestigkeit des Mauerwerks	f_{vk}	0,1789	N/mm ²
Normalspannung	σ_k	0,2147	N/mm ²
Normalkraft pro Laufmeter Wand	N_{vk-v}	30,05	KN/m

Berechnung mittels RFEM

Auflast auf den Versuchspfeiler	N_{vk-Rf}	31,84	KN/m
---------------------------------	-------------	-------	------

Auflast aus theoretischen Berechnung:

Wand darüber	h	6,15	m
Eigengewicht der Zwischenwand	g	3,1	KN/m ²
Auflast pro Laufmeter	N_{vk}	19,07	KN/m

Abminderungsfaktor lt. RFEM Berechnung

Abminderungsfaktor - Beschr. siehe Diplomarbeit	α	1,55	
Auflast pro Laufmeter Wand inkl. Abminderung	N_{vk-A}	19,4	KN/m

Vergleich der Ergebnisse:

Versuchspfeiler	N_{vk-v} aus Versuch	30,05	KN/m
	N_{vk-Rf} aus Rfem	31,84	KN/m
Bestandwand	N_{vk-A} inkl. Abmin.	19,43	KN/m
	N_{vk} aus theo. Ber.	19,07	KN/m

9.11 Wand 3 – 4. Stock

9.11.1 Fotodokumentation



Abb. 87: Übersicht



Abb. 88: Messgeräte



Abb. 89: verschobener Wandfeiler - unten



Abb. 90: verschobener Wandfeiler – oben

9.11.2 Wandansicht

Wand W 3-4

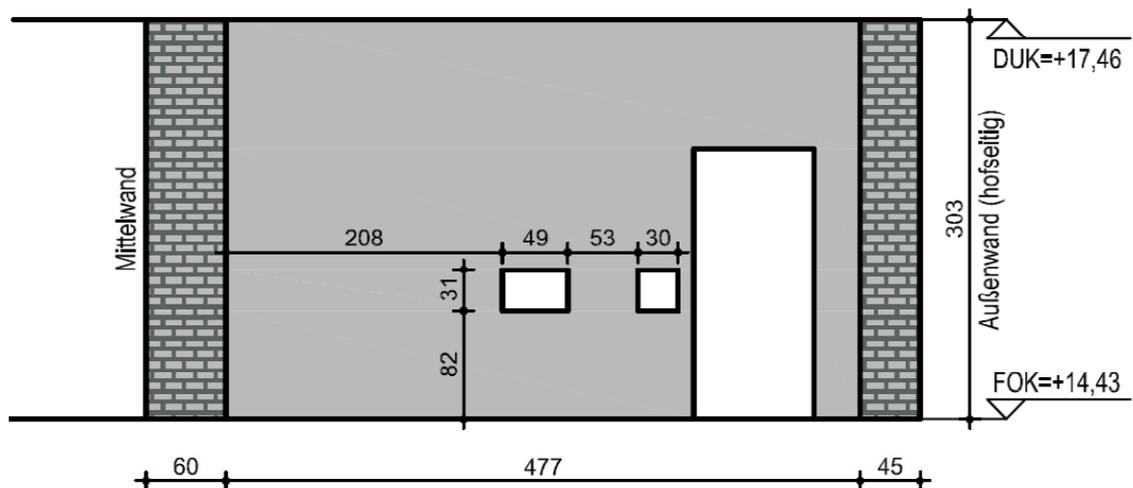
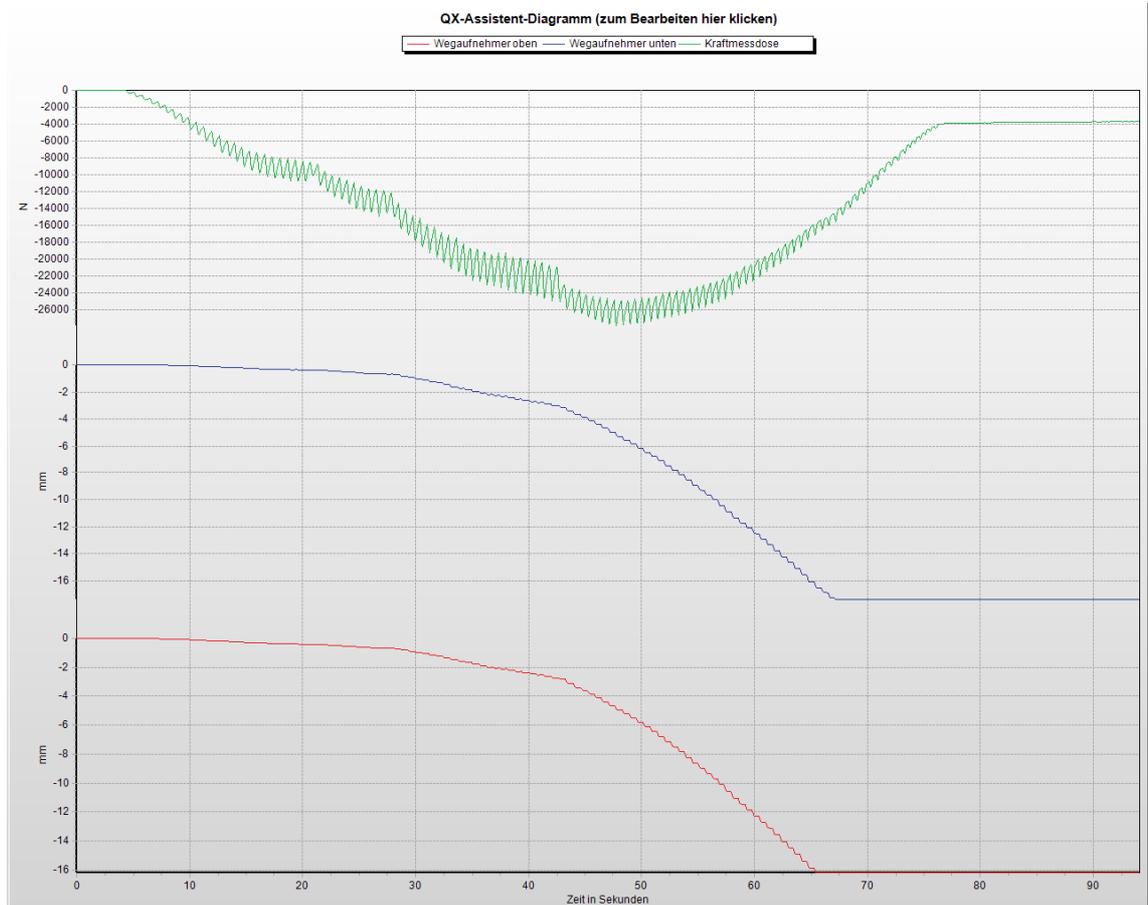


Abb. 91: Wandansicht W3-4

9.11.3 Versuchsprotokoll

Tab. 32: Aufzeichnungsprotokoll Wand 3 - 4. Stock



9.11.4 Auswertung

Objekt A-1100 Wien, Eckertgasse 10
Auswertung Schubversuche
Wand W 3-4

Mauerwerkseigenschaften / Versuchsgeometrie

Mörteldruckfestigkeit (lt. Laboruntersuchung)	f_m	1,03	N/mm ²
→ siehe Diplomarbeit Bernhard Nowak Teil 1			
Anfangsscherfestigkeit	f_{vk0}	0,103	N/mm ²
maximal aufgebrachte Kraft (aus Versuch)	F	27,84	KN
Durchbruchlänge - Versuchsgeräte		49,0	cm
Länge der oberen Fuge	l_o	53,0	cm
Länge der unteren Fuge	l_u	53,0	cm
Durchbruchlänge - zweite Öffnung		30,0	cm
Wanddicke	t	14,0	cm
Fläche der Scherfuge	A	1484	cm ²

Annahme: vermörtelte Stoßfugen

Berechnung:

Schubfestigkeit des Mauerwerks	f_{vk}	0,1876	N/mm ²
Normalspannung	σ_k	0,2115	N/mm ²
Normalkraft pro Laufmeter Wand	N_{V_k-V}	29,61	KN/m

Berechnung mittels RFEM

Auflast auf den Versuchspfeiler	N_{V_k-Rf}	9,66	KN/m
---------------------------------	--------------	------	------

Auflast aus theoretischen Berechnung:

Wand darüber	h	2,21	m
Eigengewicht der Zwischenwand	g	3,1	KN/m ²
Auflast pro Laufmeter	N_{V_k}	6,85	KN/m

Abminderungsfaktor lt. RFEM Berechnung

Abminderungsfaktor - Beschr. siehe Diplomarbeit	α	1,65	
Auflast pro Laufmeter Wand inkl. Abminderung	N_{V_k-A}	17,9	KN/m

Vergleich der Ergebnisse:

Versuchspfeiler	N_{V_k-V} aus Versuch 29,61 KN/m N_{V_k-Rf} aus Rfem 9,66 KN/m
Bestandwand	N_{V_k-A} inkl. Abmin. 17,93 KN/m N_{V_k} aus theo. Ber. 6,85 KN/m

9.12 Wand 4 – 2. Stock

9.12.1 Fotodokumentation



Abb. 92: Übersicht (1)



Abb. 93: Übersicht (2)



Abb. 94: verschobener Wandpfeiler (1)



Abb. 95: verschobener Wandpfeiler (2)

9.12.2 Wandansicht

Wand W 4-2

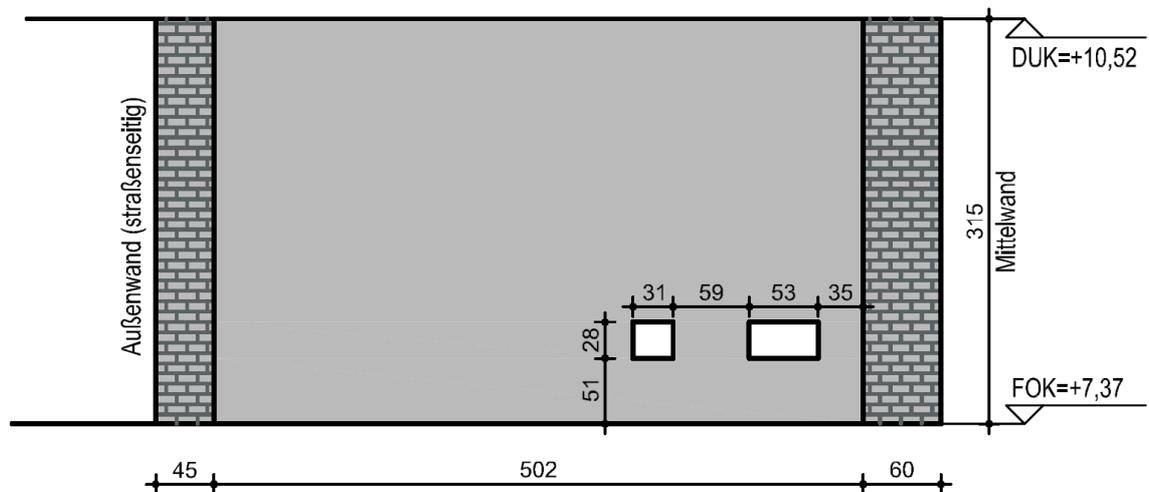
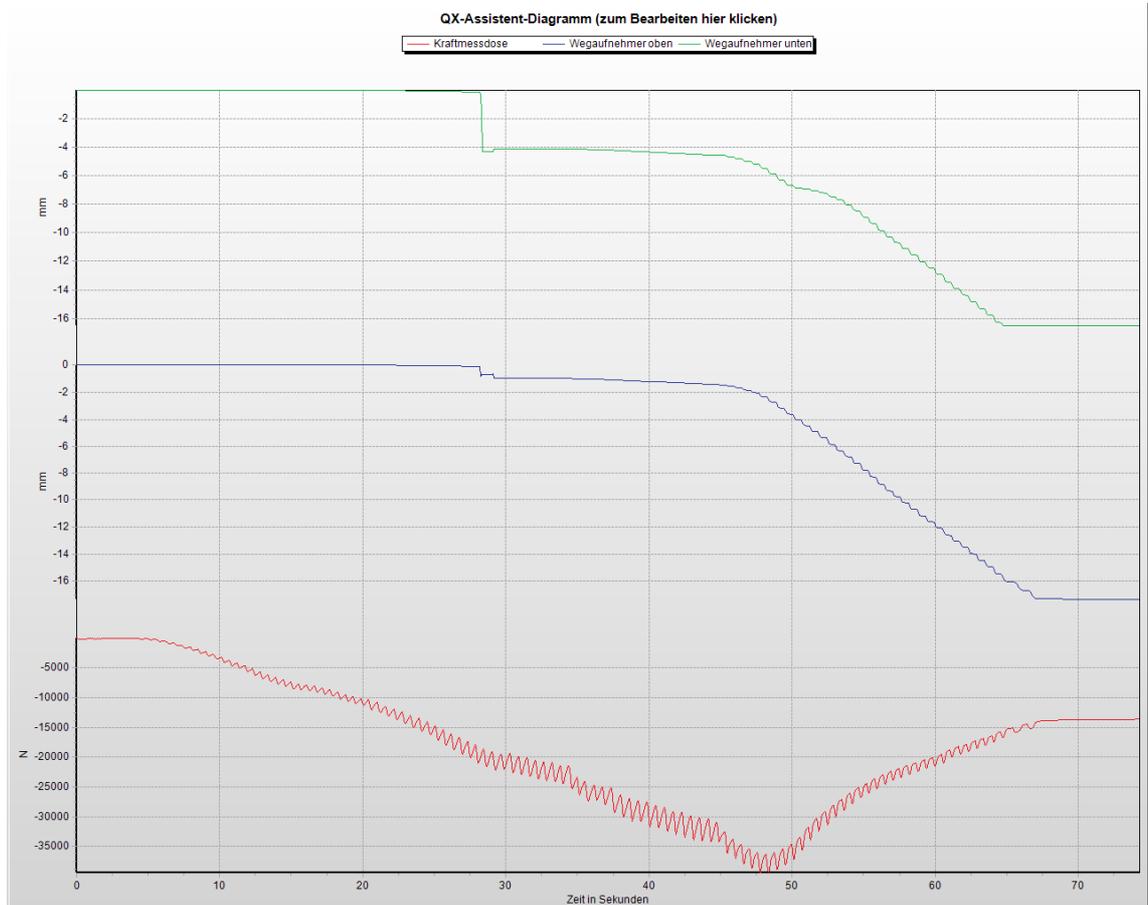


Abb. 96: Wandansicht W4-2

9.12.3 Versuchsprotokoll

Tab. 33: Aufzeichnungsprotokoll Wand 4 – 2. Stock



9.12.4 Auswertung

Objekt A-1100 Wien, Eckertgasse 10
Auswertung Schubversuche
Wand W 4-2

Mauerwerkseigenschaften / Versuchsgeometrie

Mörteldruckfestigkeit (lt. Laboruntersuchung) → siehe Diplomarbeit Bernhard Nowak Teil 1	f_m	1,02	N/mm ²
Anfangsscherfestigkeit	f_{vk0}	0,102	N/mm ²
maximal aufgebrauchte Kraft (aus Versuch)	F	39,40	KN
Durchbruchlänge - Versuchsgeräte		53,0	cm
Länge der oberen Fuge	l_o	59,0	cm
Länge der unteren Fuge	l_u	59,0	cm
Durchbruchlänge - zweite Öffnung		31,0	cm
Wanddicke	t	14,0	cm
Fläche der Scherfuge	A	1652	cm ²

Annahme: vermörtelte Stoßfugen

Berechnung:

Schubfestigkeit des Mauerwerks	f_{vk}	0,2385	N/mm ²
Normalspannung	σ_k	0,3412	N/mm ²
Normalkraft pro Laufmeter Wand	N_{V_k-V}	47,77	KN/m

Berechnung mittels RFEM

Auflast auf den Versuchspfeiler	N_{V_k-Rf}	47,99	KN/m
---------------------------------	--------------	-------	------

Auflast aus theoretischen Berechnung:

Wand darüber	h	9,61	m
Eigengewicht der Zwischenwand	g	3,1	KN/m ²
Auflast pro Laufmeter	N_{V_k}	29,79	KN/m

Abminderungsfaktor lt. RFEM Berechnung

Abminderungsfaktor - Beschr. siehe Diplomarbeit	α	1,63	
Auflast pro Laufmeter Wand inkl. Abminderung	N_{V_k-A}	29,3	KN/m

Vergleich der Ergebnisse:

Versuchspfeiler	N_{V_k-V} aus Versuch	47,77	KN/m
	N_{V_k-Rf} aus Rfem	47,99	KN/m
Bestandwand	N_{V_k-A} inkl. Abmin.	29,26	KN/m
	N_{V_k} aus theo. Ber.	29,79	KN/m

9.13 Wand 5 – 4. Stock

9.13.1 Fotodokumentation



Abb. 97: Übersicht



Abb. 98: Messgeräte vor dem Versuch



Abb. 99: verschobener Wandpfeiler

9.13.2 Wandansicht

Wand W 5-4

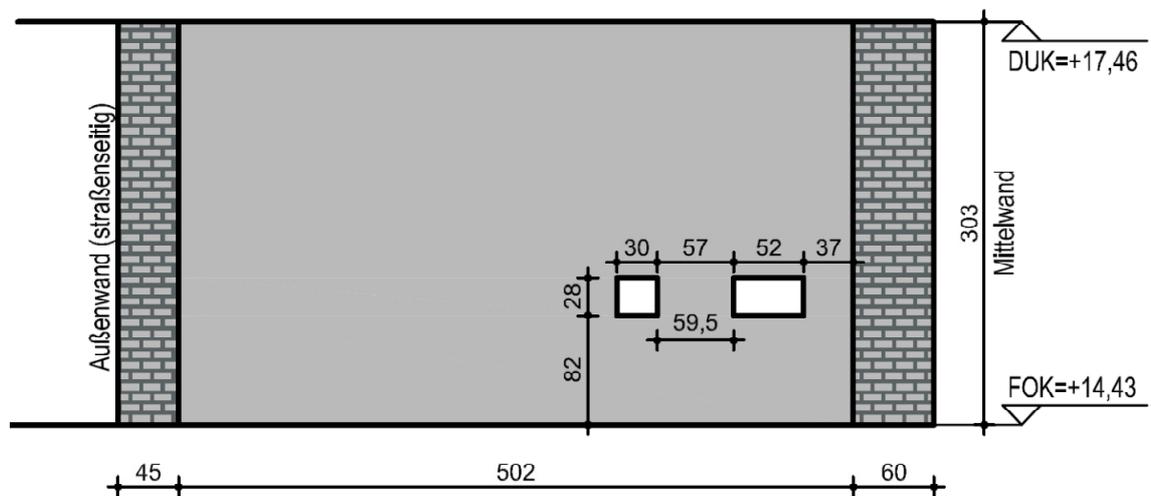
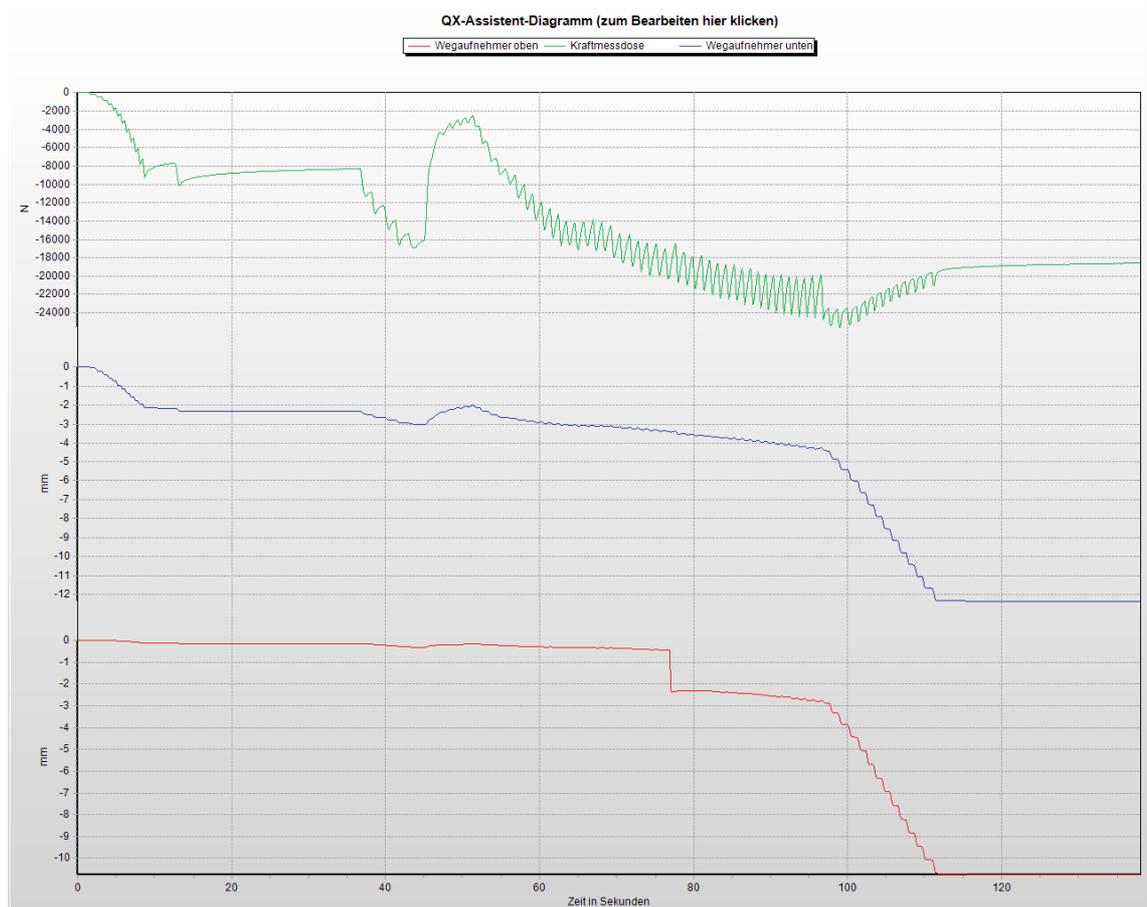


Abb. 100: Wandansicht W5-4

9.13.3 Versuchsprotokoll

Tab. 34: Aufzeichnungsprotokoll Wand 5 - 4. Stock



Bei dem Versuch wurden die Wegaufnehmer auf der Lastverteilerplatte angebracht. Daher kann die Verschiebung aus diesem Versuch nicht gewertet werden.

9.13.4 Auswertung

Objekt A-1100 Wien, Eckertgasse 10
Auswertung Schubversuche
Wand W 5-4

Mauerwerkseigenschaften / Versuchsgeometrie

Mörteldruckfestigkeit (lt. Laboruntersuchung) → siehe Diplomarbeit Bernhard Nowak Teil 1	f_m	1,04	N/mm ²
Anfangsscherfestigkeit	f_{vk0}	0,104	N/mm ²
maximal aufgebrachte Kraft (aus Versuch)	F	25,63	KN
Durchbruchlänge - Versuchsgeräte		52,0	cm
Länge der oberen Fuge	l_o	57,0	cm
Länge der unteren Fuge	l_u	59,5	cm
Durchbruchlänge - zweite Öffnung		30,0	cm
Wanddicke	t	14,0	cm
Fläche der Scherfuge	A	1631	cm ²

Annahme: vermörtelte Stoßfugen

Berechnung:

Schubfestigkeit des Mauerwerks	f_{vk}	0,1571	N/mm ²
Normalspannung	σ_k	0,1329	N/mm ²
Normalkraft pro Laufmeter Wand	N_{V_k-V}	18,60	KN/m

Berechnung mittels RFEM

Auflast auf den Versuchspfeiler	N_{V_k-Rf}	11,82	KN/m
---------------------------------	--------------	-------	------

Auflast aus theoretischen Berechnung:

Wand darüber	h	2,24	m
Eigengewicht der Zwischenwand	g	3,1	KN/m ²
Auflast pro Laufmeter	N_{V_k}	6,94	KN/m

Abminderungsfaktor lt. RFEM Berechnung

Abminderungsfaktor - Beschr. siehe Diplomarbeit	α	1,63	
Auflast pro Laufmeter Wand inkl. Abminderung	N_{V_k-A}	11,4	KN/m

Vergleich der Ergebnisse:

Versuchspfeiler	N_{V_k-V} aus Versuch	18,60	KN/m
	N_{V_k-Rf} aus Rfem	11,82	KN/m
Bestandwand	N_{V_k-A} inkl. Abmin.	11,43	KN/m
	N_{V_k} aus theo. Ber.	6,94	KN/m

9.14 Wand 6 – 4. Stock

9.14.1 Fotodokumentation



Abb. 101: Übersicht



Abb. 102: verschobener Wandpfeiler

9.14.2 Wandansicht

Wand W 6-4

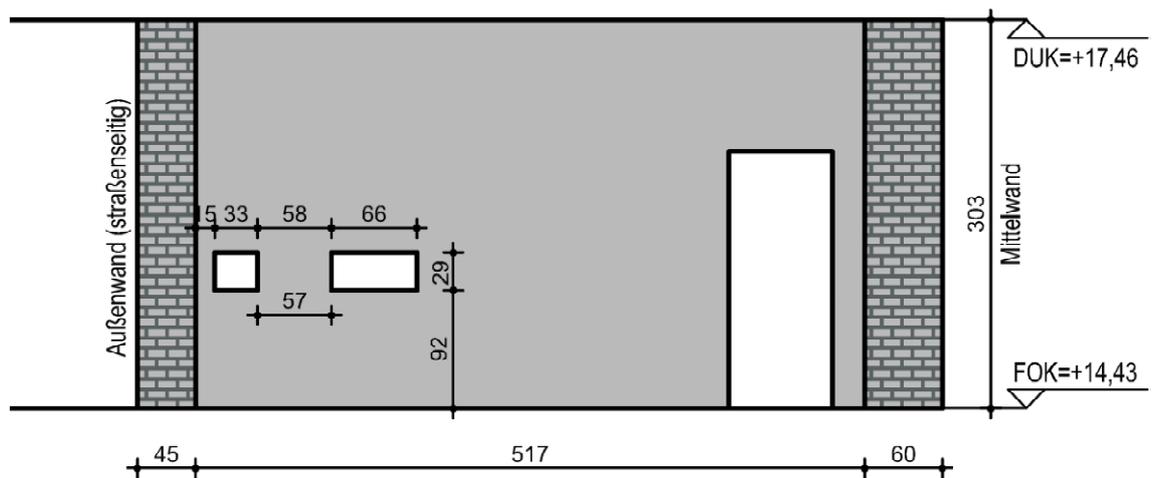
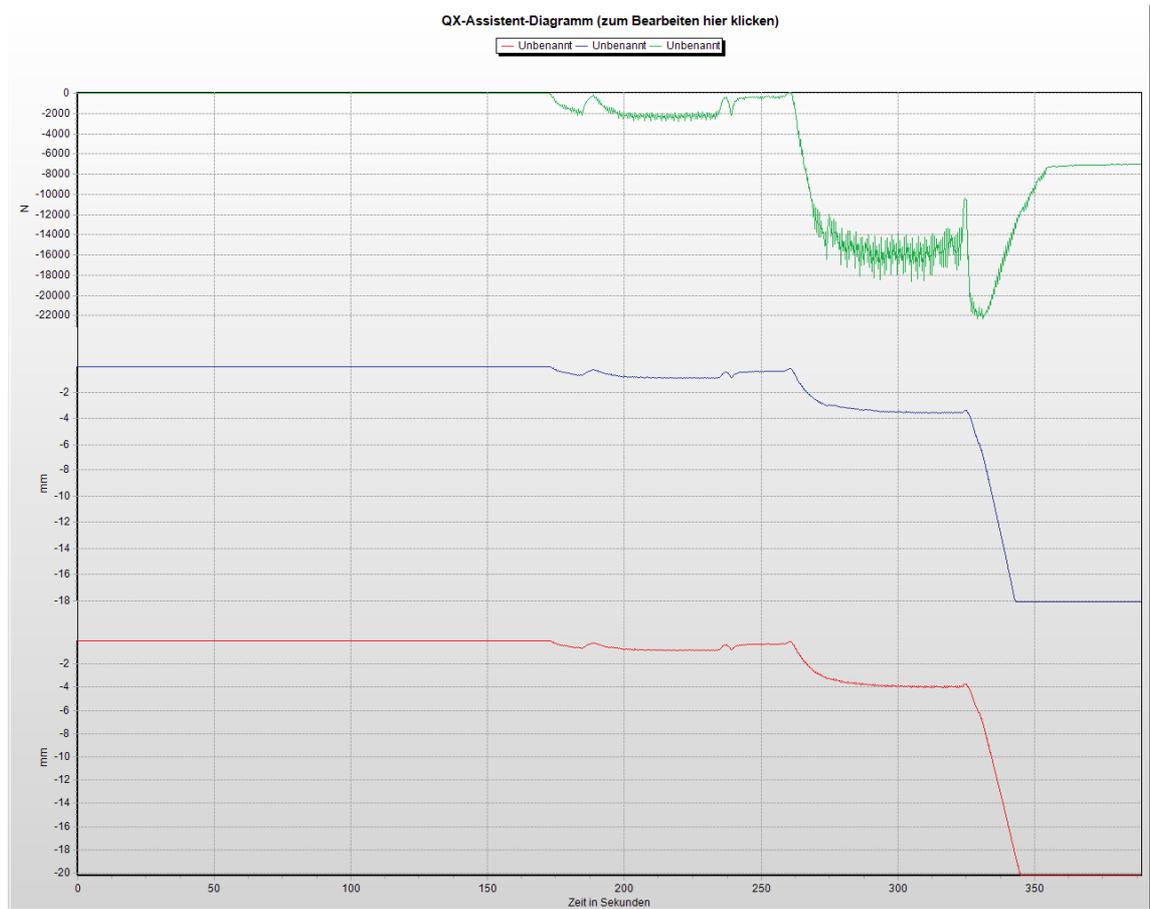


Abb. 103: Wandansicht W6-4

9.14.3 Versuchsprotokoll

Tab. 35: Aufzeichnungsprotokoll Wand 6 - 4. Stock



Bei dem Versuch wurden die Wegaufnehmer auf der Lastverteilerplatte angebracht. Daher kann die Verschiebung aus diesem Versuch nicht gewertet werden.

9.14.4 Auswertung

Objekt A-1100 Wien, Eckertgasse 10
Auswertung Schubversuche
Wand W 6-4

Mauerwerkseigenschaften / Versuchsgeometrie

Mörteldruckfestigkeit (lt. Laboruntersuchung) → siehe Diplomarbeit Bernhard Nowak Teil 1	f_m	0,94	N/mm ²
Anfangsscherfestigkeit	f_{vk0}	0,094	N/mm ²
maximal aufgebrauchte Kraft (aus Versuch)	F	23,20	KN
Durchbruchlänge - Versuchsgeräte		66,0	cm
Länge der oberen Fuge	l_o	58,0	cm
Länge der unteren Fuge	l_u	57,0	cm
Durchbruchlänge - zweite Öffnung		33,0	cm
Wanddicke	t	14,0	cm
Fläche der Scherfuge	A	1610	cm ²

Annahme: vermörtelte Stoßfugen

Berechnung:

Schubfestigkeit des Mauerwerks	f_{vk}	0,1441	N/mm ²
Normalspannung	σ_k	0,1252	N/mm ²
Normalkraft pro Laufmeter Wand	N_{V_k-V}	17,53	KN/m

Berechnung mittels RFEM

Auflast auf den Versuchspfeiler	N_{V_k-Rf}	12,79	KN/m
---------------------------------	--------------	-------	------

Auflast aus theoretischen Berechnung:

Wand darüber	h	2,13	m
Eigengewicht der Zwischenwand	g	3,1	KN/m ²
Auflast pro Laufmeter	N_{V_k}	6,60	KN/m

Abminderungsfaktor lt. RFEM Berechnung

Abminderungsfaktor - Beschr. siehe Diplomarbeit	α	1,76	
Auflast pro Laufmeter Wand inkl. Abminderung	N_{V_k-A}	10,0	KN/m

Vergleich der Ergebnisse:

Versuchspfeiler	N_{V_k-V} aus Versuch	17,53	KN/m
	N_{V_k-Rf} aus Rfem	12,79	KN/m
Bestandwand	N_{V_k-A} inkl. Abmin.	9,98	KN/m
	N_{V_k} aus theo. Ber.	6,60	KN/m

10 ANHANG B – Berechnung mittels RFEM

10.1 Wand 1

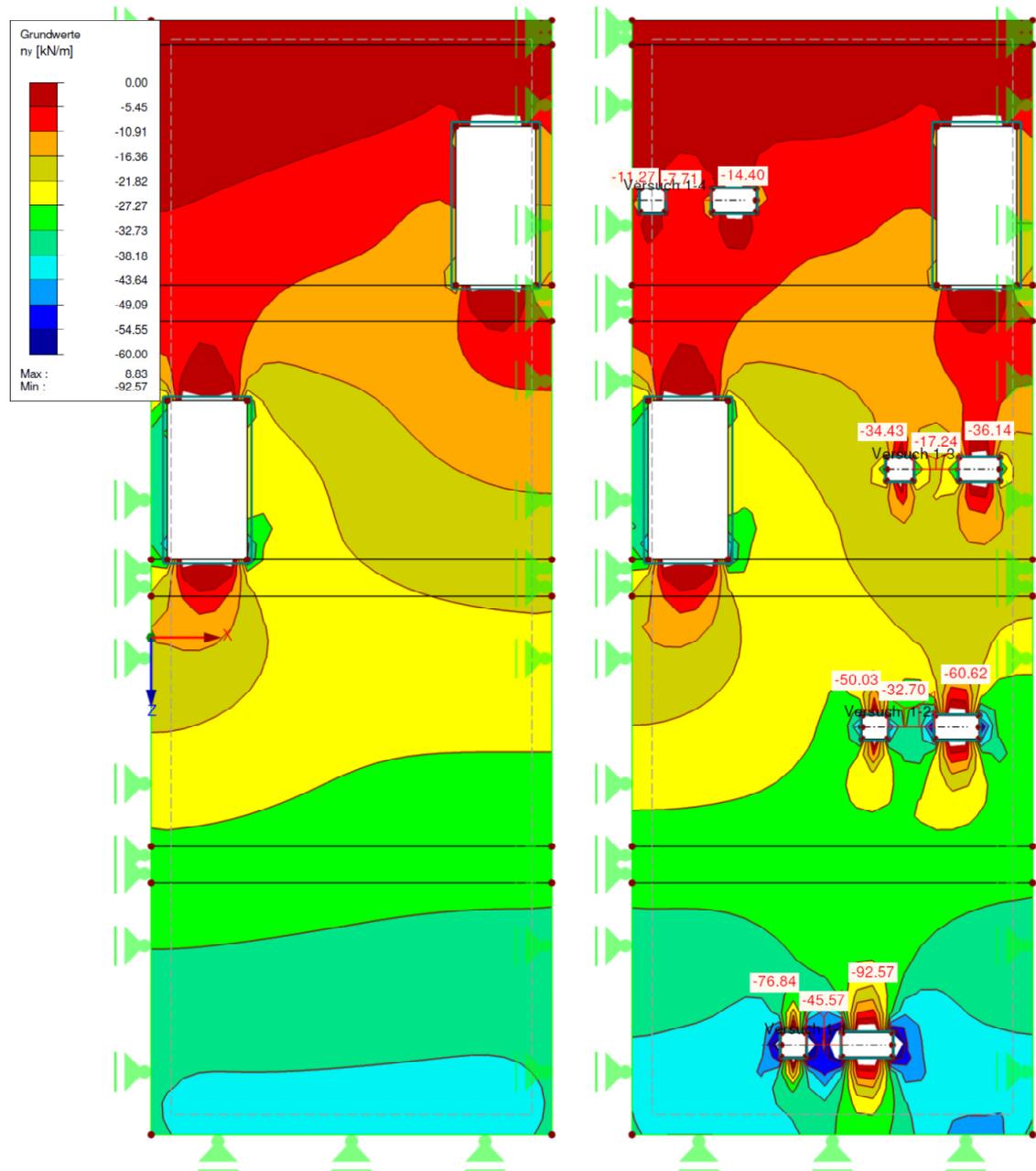


Abb. 104: Wandansicht W1

Auflast im Versuchspfeiler:

W 1-1: 65,13 KN/m

W 1-2: 40,92 KN/m

W 1-3: 26,26 KN/m

W 1-4: 9,58 KN/m

10.2 Wand 2

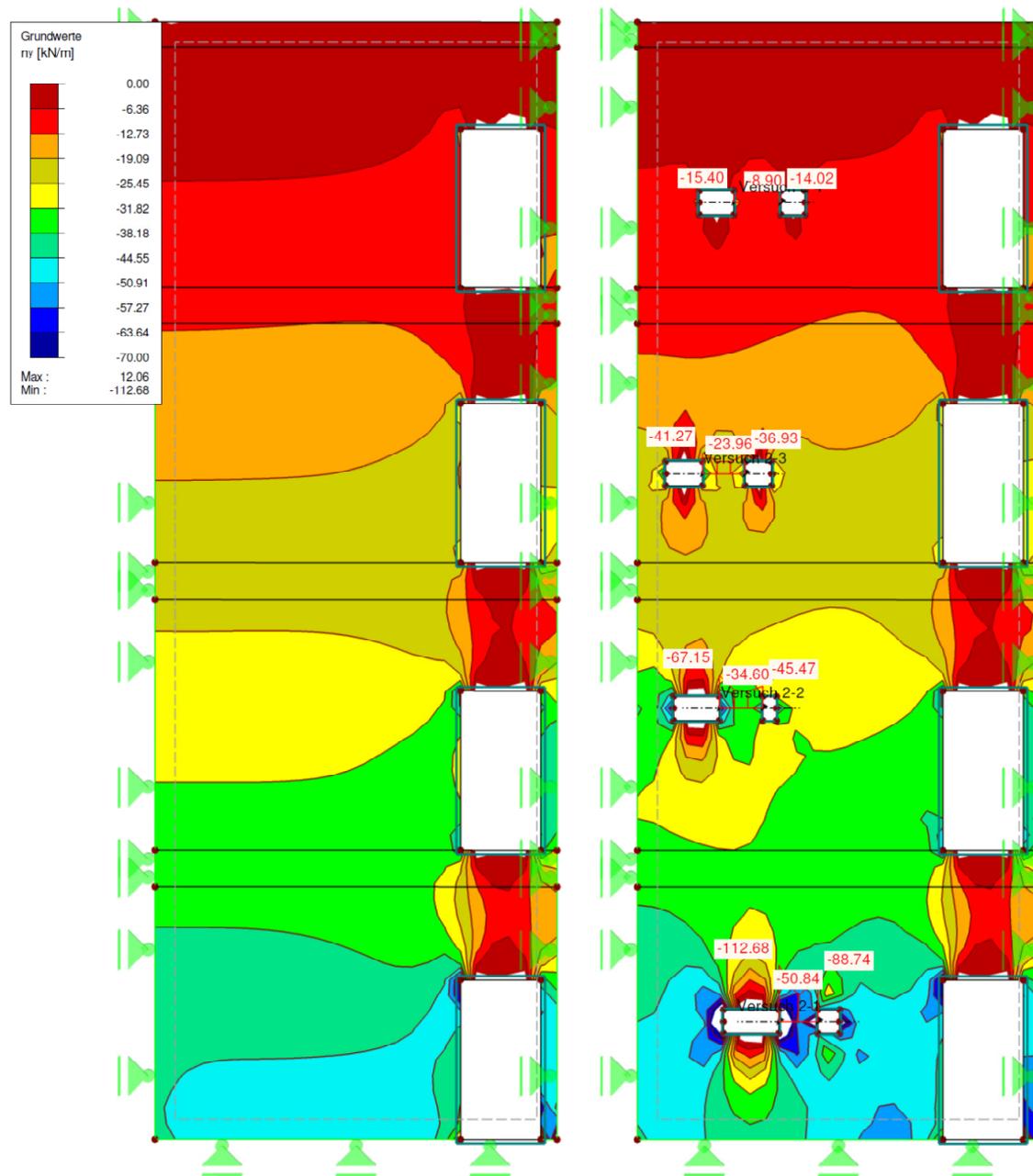


Abb. 105: Wandansicht W2

Auflast im Versuchspfeiler:

W 2-1: 75,77 KN/m

W 2-2: 42,88 KN/m

W 2-3: 29,32 KN/m

W 2-4: 10,93 KN/m

10.3 Wand 3

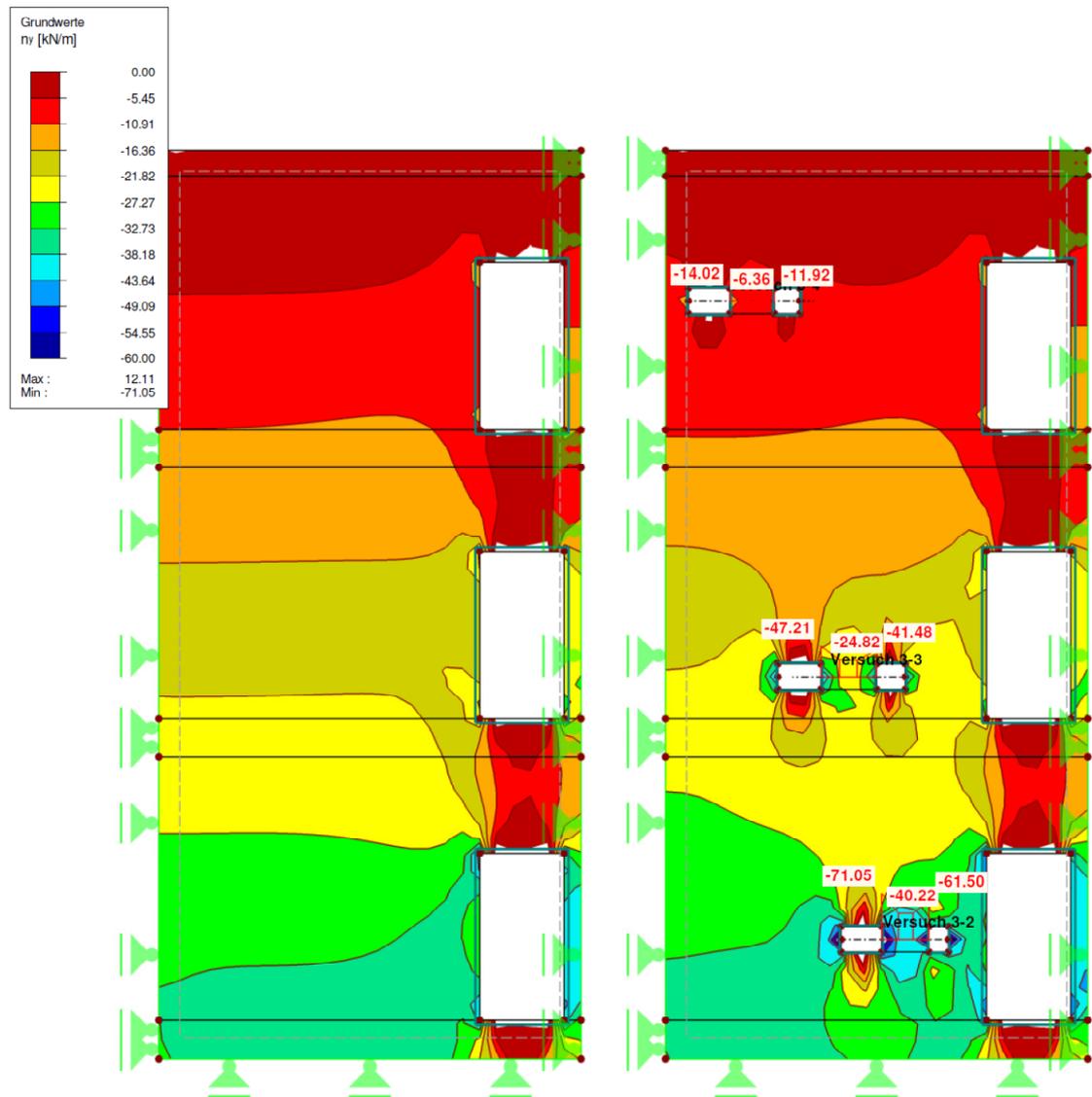


Abb. 106: Wandansicht W3

Auflast im Versuchspfeiler:

W 3-2: 49,29 KN/m

W 3-3: 31,84 KN/m

W 3-4: 9,66 KN/m

10.4 Wand 4

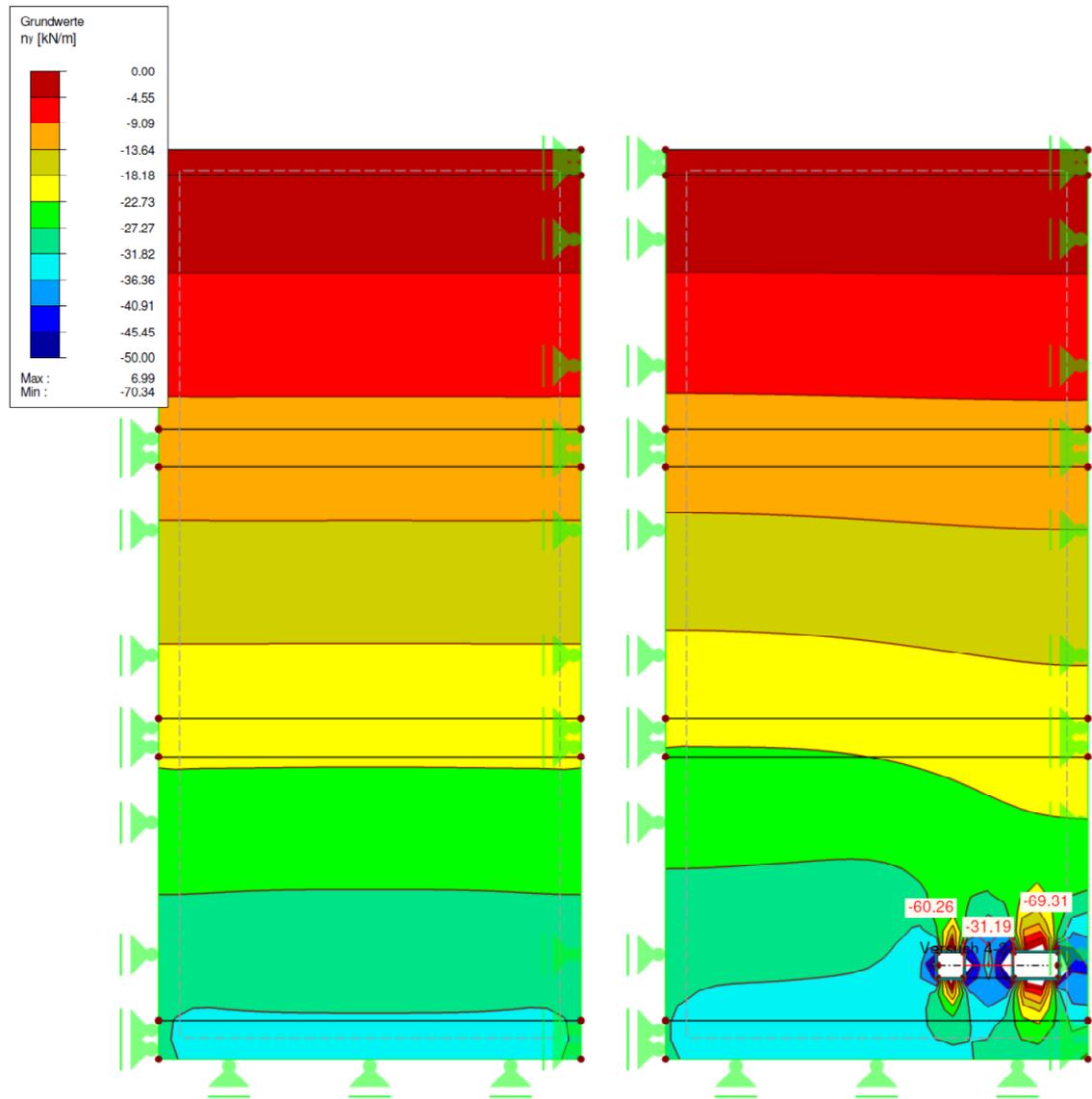


Abb. 107: Wandansicht W4

Auflast im Versuchspfeiler:

W 4-2: 47,99 KN/m

10.5 Wand 5

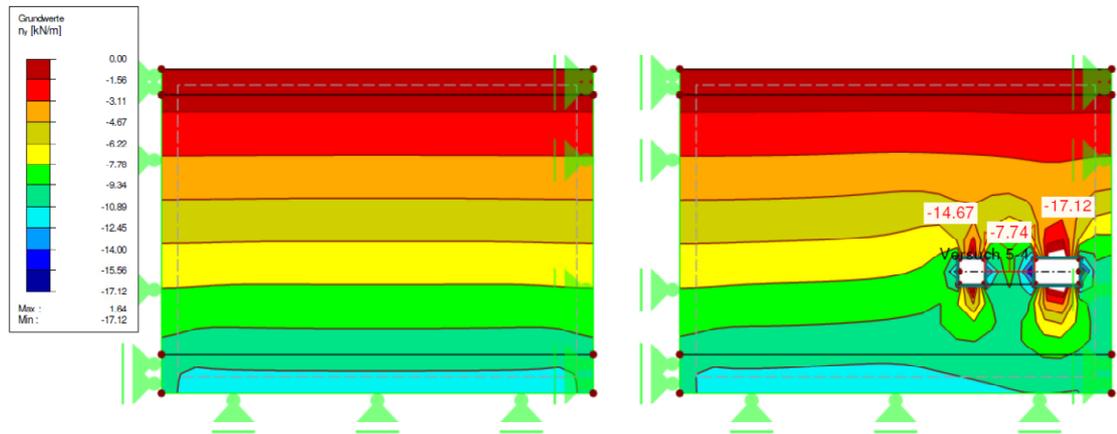


Abb. 108: Wandansicht W5

Auflast im Versuchspfeiler:

W 5-4: 11,82 KN/m

10.6 Wand 6

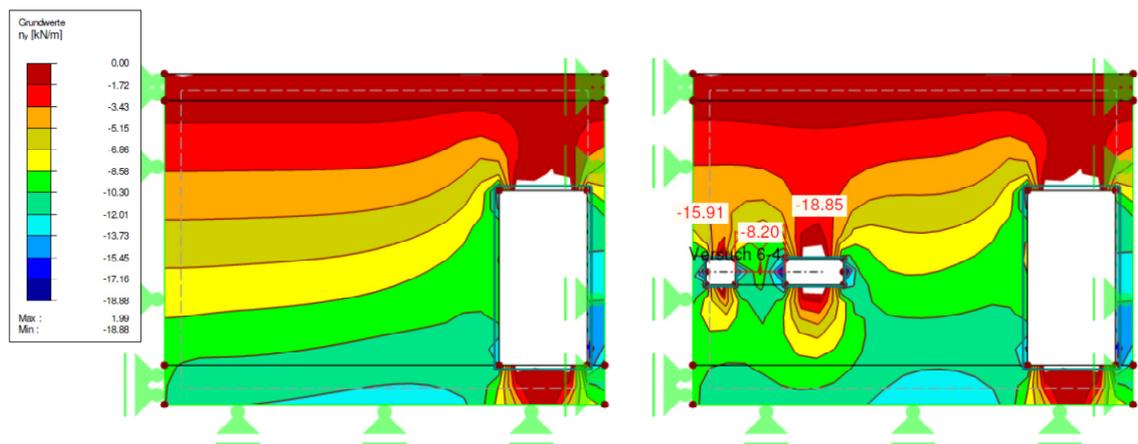


Abb. 109: Wandansicht W6

Auflast im Versuchspfeiler:

W 6-4: 12,79 KN/m

11 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: typischer Grundriss aus der Spätgründerzeit [BOB66]	3
Abb. 2: Läuferverband [AHN09-1]	3
Abb. 3: typischer Verband [ISA13]	4
Abb. 4: gleichzeitige Aufmauerung im Verband [AHN09-1].....	4
Abb. 5: stehende Verzahnung [AHN09-1]	5
Abb. 6: Lochverzahnung [AHN09-1].....	5
Abb. 7: Streichbalken [AHN09-2]	5
Abb. 8: Versuchsanordnung (1)	9
Abb. 9: Versuchsanordnung (2)	9
Abb. 10: Presse mit händischer Pumpe	10
Abb. 11: Kraftmessdose	10
Abb. 12: Versuchsstelle finden	11
Abb. 13: Schlitze herstellen.....	12
Abb. 14: herausgelöste Mauerziegel	12
Abb. 15: Auflagerflächen optimieren	13
Abb. 16: Einbau der Presse und der Kraftmessdose	14
Abb. 17: Wegaufnehmer positionieren	14
Abb. 18: Versuchsaufbau (1).....	15
Abb. 19: Versuchsaufbau (2).....	15
Abb. 20: Versuchsaufbau (3).....	15
Abb. 21: Straßenansicht (1)	17
Abb. 22: Straßenansicht (2)	17
Abb. 23: Eingangsbereich	17
Abb. 24: Hofansicht	18
Abb. 25: Stiegenhaus EG.....	18
Abb. 26: Dachstuhl	18
Abb. 27: Verzahnung der Zwischenwände.....	18
Abb. 28: Grundriss Keller	19
Abb. 29: Grundriss Erdgeschoß	20
Abb. 30: Grundriss 2.Stock.....	20
Abb. 31: Schnitt	21
Abb. 32: Decke über dem 3.OG	22
Abb. 33: Decke über dem 2.OG (1).....	22
Abb. 34: Decke über dem 2.OG (2).....	22
Abb. 35: Decke über dem 1.OG	22
Abb. 36: Vergleich der Auflast: Bestand zu Versuch Wand 1	24

Abb. 37: Vergleich Bestand zu Versuchsaufbau	25
Abb. 38: Kraftverlauf im Bestand.....	26
Abb. 39: Kraftverlauf im Pfeiler.....	26
Abb. 40: Übersicht der Versuchswände	28
Abb. 41: Übersicht – Wand 1 & 2	30
Abb. 42: Übersicht – Wand 3	35
Abb. 43: Übersicht – Wand 4	37
Abb. 44: Übersicht – Wand 5	38
Abb. 45: Übersicht – Wand 6	39
Abb. 46: Übersicht.....	45
Abb. 47: Wandpfeiler	45
Abb. 48: Einbau der Geräte.....	45
Abb. 49: Wandansicht W1-1.....	45
Abb. 50: Übersicht.....	48
Abb. 51: verschobener Wandpfeiler	48
Abb. 52: Wandansicht W1-2.....	48
Abb. 53: Übersicht.....	51
Abb. 54: Wegaufnehmer	51
Abb. 55: Messgeräte	51
Abb. 56: Wandpfeiler	51
Abb. 57: Wandansicht W1-3.....	51
Abb. 58: Übersicht Wand	54
Abb. 59: Messgeräte nach dem Versuch	54
Abb. 60: Übersicht 2.....	54
Abb. 61: verschobener Wandpfeiler	54
Abb. 62: Wandansicht W1-4.....	54
Abb. 63: Übersicht (1)	57
Abb. 64: Übersicht (2)	57
Abb. 65: verschobener Wandpfeiler (1).....	57
Abb. 66: verschobener Wandpfeiler (2).....	57
Abb. 67: Wandansicht W2-1.....	57
Abb. 68: Übersicht.....	59
Abb. 69: Versuchsaufbau	59
Abb. 70: Wandansicht W2-2.....	59
Abb. 71: Übersicht (1)	62
Abb. 72: Übersicht (2)	62
Abb. 73: verschobener Wandpfeiler (1).....	62
Abb. 74: verschobener Wandpfeiler (2).....	62

Abb. 75: Wandansicht W2-3.....	62
Abb. 76: Übersicht (1)	65
Abb. 77: Übersicht & Geräte	65
Abb. 78: Wandansicht W2-4.....	65
Abb. 79: Übersicht.....	67
Abb. 80: Messgeräte	67
Abb. 81: Wandansicht W3-2.....	67
Abb. 82: Übersicht.....	70
Abb. 83: Übersicht & Messgeräte.....	70
Abb. 84: Wegaufnehmer - Einbauzustand.....	70
Abb. 85: verschobener Wandpfeiler	70
Abb. 86: Wandansicht W3-3.....	70
Abb. 87: Übersicht.....	73
Abb. 88: Messgeräte	73
Abb. 89: verschobener Wandpfeiler - unten	73
Abb. 90: verschobener Wandpfeiler – oben	73
Abb. 91: Wandansicht W3-4.....	73
Abb. 92: Übersicht (1)	76
Abb. 93: Übersicht (2)	76
Abb. 94: verschobener Wandpfeiler (1).....	76
Abb. 95: verschobener Wandpfeiler (2).....	76
Abb. 96: Wandansicht W4-2.....	76
Abb. 97: Übersicht.....	79
Abb. 98: Messgeräte vor dem Versuch	79
Abb. 99: verschobener Wandpfeiler	79
Abb. 100: Wandansicht W5-4.....	79
Abb. 101: Übersicht.....	82
Abb. 102: verschobener Wandpfeiler	82
Abb. 103: Wandansicht W6-4.....	82
Abb. 104: Wandansicht W1	85
Abb. 105: Wandansicht W2.....	86
Abb. 106: Wandansicht W3.....	87
Abb. 107: Wandansicht W4.....	88
Abb. 108: Wandansicht W5.....	89
Abb. 109: Wandansicht W6.....	89

12 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Teilsicherheitsbeiwerte im Mauerwerksbau [ONO09a]	6
Tab. 2: Werte für die Anfangsscherfestigkeit f_{vk0} von Mauerwerk [ONO09a]	7
Tab. 3: Wand 1 – 1. Obergeschoß	29
Tab. 4: Wand 1 – 2. Obergeschoß	29
Tab. 5: Wand 1 – 3. Obergeschoß	31
Tab. 6: Wand 1 – 4. Obergeschoß	31
Tab. 7: Wand 2 – 1. Obergeschoß	32
Tab. 8: Wand 2 – 2. Obergeschoß	32
Tab. 9: Wand 2 – 3. Obergeschoß	33
Tab. 10: Wand 2 – 4. Obergeschoß	33
Tab. 11: Wand 3 – 2. Obergeschoß	34
Tab. 12: Wand 3 – 3. Obergeschoß	34
Tab. 13: Wand 3 – 4. Obergeschoß	36
Tab. 14: Wand 4 – 2. Obergeschoß	36
Tab. 15: Wand 5 – 4. Obergeschoß	38
Tab. 16: Wand 6 – 4. Obergeschoß	39
Tab. 17: Mörteldruckfestigkeiten der Versuchsstellen [N/mm^2]	40
Tab. 18: Vergleich $N_{V_{k-A}}$ mit N_{V_k} [KN/m]	42
Tab. 19: Vergleich $N_{V_{k-A}}$ mit N_{V_k} [KN/m]	42
Tab. 20: Vergleich $N_{V_{k-V}}$ mit $N_{V_{k-Rf}}$ [KN/m]	43
Tab. 21: Vergleich $N_{V_{k-V}}$ mit $N_{V_{k-Rf}}$ [KN/m]	44
Tab. 22: Aufzeichnungsprotokoll Wand 1 - 1. Stock.....	46
Tab. 23: Aufzeichnungsprotokoll Wand 1 - 2. Stock.....	49
Tab. 24: Aufzeichnungsprotokoll Wand 1 - 3. Stock.....	52
Tab. 25: Aufzeichnungsprotokoll Wand 1 - 4. Stock.....	55
Tab. 26: Aufzeichnungsprotokoll Wand 2 - 1. Stock.....	58
Tab. 27: Aufzeichnungsprotokoll Wand 2 - 2. Stock.....	60
Tab. 28: Aufzeichnungsprotokoll Wand 2 - 3. Stock.....	63
Tab. 29: Aufzeichnungsprotokoll Wand 2 - 4. Stock.....	66
Tab. 30: Aufzeichnungsprotokoll Wand 3 - 2. Stock.....	68
Tab. 31: Aufzeichnungsprotokoll Wand 3 - 3. Stock.....	71
Tab. 32: Aufzeichnungsprotokoll Wand 3 - 4. Stock.....	74
Tab. 33: Aufzeichnungsprotokoll Wand 4 – 2. Stock.....	77
Tab. 34: Aufzeichnungsprotokoll Wand 5 - 4. Stock.....	80
Tab. 35: Aufzeichnungsprotokoll Wand 6 - 4. Stock.....	83

13 Literatur

[AHN09-1] Rudolf Ahnert, Karl Heinz Krause: Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 Band 1, 2009, 7. Auflage

[AHN09-2] Rudolf Ahnert, Karl Heinz Krause: Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 Band 2, 2009, 7. Auflage

[ACH11] Günther Achs, Helmut Wenzel: Erdbeben im Wiener Becken: Beurteilung, Gefährdung, Standortrisiko, VCE Holding GmbH, Wien 2011

[BOB66] Hans Bobek, Elisabeth Lichtenberger: Wien Bauliche Gestalt und Entwicklung seit der Mitte des 19. Jahrhunderts, Böhlau 1966

[ISA13] Interdisziplinäre Seminararbeit der TU Wien: Philipp Löffler und Bernhard Nowak - Verbindung der lastableitenden Bauteile in Gründerzeithäusern, 2013

[NOW13] Diplomarbeit an der TU Wien: Bernhard Nowak: Schubtragfähigkeit von aussteifenden, gemauerten Zwischenwänden; Teil 1 – Materialparameterstudie an einem bestehenden Gebäude, Wien 2013

[ONO09] ÖNORM EN 1996-1-1 2009-11-15 Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk

[ONO09a] ÖNORM B 1996-1-1 2009-03-01 Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk