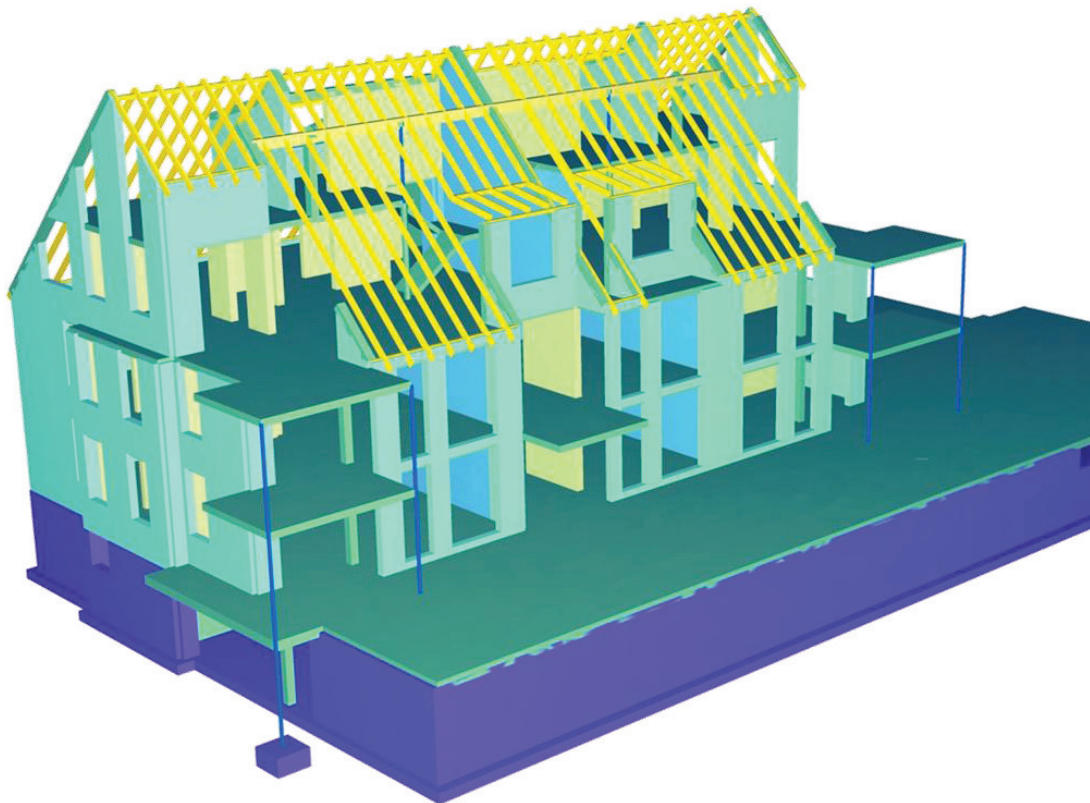


BACHELORARBEIT

Vergleich von räumlichen und ebenen Berechnungen am Beispiel eines Mehrfamilienhauses mit Tiefgarage



Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. W. Moorkamp (FH Aachen)

Zweitprüfer: Dipl.-Ing. A. Meurs (MTM Ingenieure)

Verfasser: Philipp Palm
Matrikelnummer: 389364
Fachbereich: Bauingenieurwesen
WS 2013/2014

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	09
1. Grundsätzliche Vor- und Nachteile der (räumlicher) FEM-Modellierung	11
1.1 Allgemeine Probleme	11
1.2 Singularitäten	12
1.3 Diskretisierung	13
1.4 Kopplung von Elementen unterschiedlicher Typen	15
1.5 Änderungen während der Ausführung (Nachteile)	15
1.6 Übergang von Zustand I in Zustand II	15
1.7 Berücksichtigung des Baufortschritts	16
1.8 Modellierung von Unterzügen	17
1.8.1 Plattenbalken als Stabwerk	18
1.8.2 Plattenbalken im räumlichen System	19
1.8.3 Exzentrischer Anschluss Unterzug-Platte	19
1.8.4 Zentrischer Anschluss Unterzug-Platte	20
1.8.5 Zentrischer Anschluss Unterzug-Platte (angepasste Höhe)	21
1.8.6 Vollständige Generierung als Schalenelemente	22
1.8.7 Starrkörperkopplung	23
1.8.8 Auswertung der Varianten	23
1.9 Umsetzung der statisch-konstruktiven Prüfung	24
1.10 Allgemeine Vorteile	26
1.11 Bodenplatten im Gesamtmodell	27
1.12 Dynamische Einwirkung, horizontale Belastungen	27
1.13 Exakte Berücksichtigung der räumlichen Steifigkeiten	27
1.14 Änderungen während der Ausführung (Vorteile)	28
2. Positionspläne	29
2.1 Positionspläne der ebenen Berechnung	29
2.1.1 Bodenplatte und Verdickungen	29
2.1.2 Kellergeschoss und Tiefgarage	30
2.1.3 Erdgeschoss	31
2.1.4 Obergeschoss	32
2.1.5 Dachgeschoss	33
2.1.6 Galerie	34
2.2 Positionspläne der räumlichen Berechnung	35
2.2.1 Bodenplatte und Verdickungen	35
2.2.2 Kellergeschoss und Tiefgarage	36
2.2.3 Erdgeschoss	37
2.2.4 Obergeschoss	38
2.2.5 Dachgeschoss	39
2.2.6 Galerie	40

2.2.7 Dachstuhl	40
2.2.8 Treppe	41
3. Statische Berechnung und Bemessung am Gesamtmodell	42
3.1 Allgemeine Beschreibung	42
3.2 Annahmen abweichend zur Ausführungsplanung des Architekten	43
3.3 Weiße Wanne	43
3.4 Expositionsclassen und Baustoffe	45
3.5 Lastannahmen	47
3.5.1 Ständige Lasten	47
3.5.2 Nutzlasten	47
3.5.3 Schneelasten	50
3.5.4 Windlasten	50
3.5.5 Wasserdruck	54
3.5.6 Erddruck	54
3.5.7 Außergewöhnliche Lasten	56
3.6 Bauteilbezogene Lastzusammenstellung	57
3.6.1 Lastfälle	57
3.6.2 Fundamente	59
3.6.3 Kellergeschoss/Tiefgarage	60
3.6.4 Erd-, Ober-, Dachgeschoss und Galerie	65
3.6.5 Treppe	70
3.6.6 Dachkonstruktion	72
3.6.7 Kombinationsvorschriften	82
3.7 Sicherheit gegen Aufschwimmen	84
3.8 Mindestbewehrung und Rissbreitenbeschränkung	84
3.8.1 Bodenplatte und Kellerwände	84
3.8.2 Decke über Kellergeschoss und Tiefgarage	86
3.8.3 Decke über Erd- und Obergeschoss	86
3.8.4 Decke über Dachgeschoss	86
3.9 Auswertung der räumlichen Bemessung	87
3.9.1 Materialien und Bauteildicken	88
3.9.2 Decke über Dachgeschoss	89
3.9.3 Decke über Obergeschoss	93
3.9.4 Decke über Erdgeschoss	97
3.9.5 Decke über Kellergeschoss und Tiefgarage	101
3.9.6 Bodenplatte	106
3.9.7 Stütze neben dem Aufzugsschacht	112
3.9.8 Stütze im Dachgeschoss	112
3.9.9 Maximal belastete Stütze in der Tiefgarage	113
3.9.10 Durchstanznachweis der maximal belasteten Stütze	114
3.9.11 Maximal belasteter Plattenbalken der Decke über TG	116
3.9.12 Aufzugsschacht	120
3.9.13 Stahlbetonkellerwände	122
3.9.14 Treppe	126

3.9.15 Balkone	128
3.9.16 Knicknachweis der Balkonstützen	130
3.9.17 Mauerwerksnachweis	132
3.10 Erdbeben	134
3.11 Berücksichtigung der Bauphasen	140
4. Ebene Berechnung für ausgesuchte Tragwerksteile	144
4.1 Lastpläne	146
4.1.1 Lastplan für die Decke über Dachgeschoss	146
4.1.2 Lastplan für die Decke über Obergeschoss	149
4.1.3 Lastplan für die Decke über Erdgeschoss	152
4.1.4 Lastplan für die Decke über Kellergeschoss und Tiefgarage	155
4.1.5 Lastplan für die Bodenplatte	158
4.2 Auswertung der ebenen Berechnung und Bemessung	161
4.2.1 Decke über Dachgeschoss	161
4.2.2 Decke über Obergeschoss	164
4.2.3 Decke über Erdgeschoss	167
4.2.4 Decke über Kellergeschoss und Tiefgarage	170
4.2.5 Bodenplatte	174
4.2.6 Maximal belasteter Plattenbalken der Decke über TG	179
4.2.7 Verformungen	182
4.2.8 Stahlbetonkellerwände	183
4.2.9 Balkone	185
5. Vergleich der beiden Berechnungsmodelle hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile	187
5.1 Vergleich der Allgemeinen Unterschiede	188
5.2 Vergleich der Verformungen	189
5.3 Vergleich der Bewehrungsmengen	189
5.4 Vergleich der Balkonbemessung	191
5.5 Fazit	191
6. Zusammenstellung der Ergebnisse als Handlungsempfehlungen	192
7. Ergebnisse der Bachelorarbeit in Form eines Plakates	193
Resümee	194
Literaturverzeichnis	195
Aufgabenstellung	196

Anlagenordner

- Anlage 1 Ausführungspläne des Architekten
- Anlage 2 Positionspläne
- Anlage 3 Ebene Berechnung der Dachkonstruktion
- Anlage 4 Numerische Rechenergebnisse der räumlichen Modellierung
 - Anlage 4.1 Materialien
 - Anlage 4.2 Querschnitte
 - Anlage 4.3 Lastfälle
 - Anlage 4.4 Berechnung von Schnittkräften
 - Anlage 4.5 Grafische Darstellung der Lastfälle
 - Anlage 4.6 Überlagerungen
 - Anlage 4.7 Lastfälle für die Bemessung
 - Anlage 4.8 Auszüge aus der Bemessung
- Anlage 5 Numerische Rechenergebnisse der ebenen Berechnung
 - Anlage 5.1 Materialien
 - Anlage 5.2 Querschnitte
 - Anlage 5.3 Lastfälle
 - Anlage 5.4 Grafische Darstellung der Lastfälle
 - Anlage 5.5 Überlagerungen
 - Anlage 5.6 Lastfälle für die Bemessung
 - Anlage 5.7 Auszüge aus der Bemessung
- Anlage 6 Ergebnisse in Form eines Plakates

Resümee der Arbeit

Die vorliegende Bachelorarbeit beinhaltet den Vergleich von räumlichen und ebenen Berechnungen am Beispiel eines Mehrfamilienhauses mit Tiefgarage. Das 5-geschossige Mehrfamilienhaus besteht aus einem Kellergeschoss, einer Tiefgarage, einem Erdgeschoss, einem Obergeschoss und einem Dachgeschoss sowie einer Galerie. Es ist in Massivbauweise errichtet.

Als Grundlage für die Arbeit liegen die Ausführungspläne des Architekten (Dipl.-Ing. V. Hoch, Architekt BDA) vor. Abweichend zur Ausführungsplanung wird ab einer Höhe von $h = +119,00\text{m}$ üNN drückendes Grundwasser angenommen. Außerdem wird das Gebäude fiktiv auf einer gebetteten Bodenplatte gegründet. Weiterhin wird in einem ergänzenden Kapitel eine kurze Erdbebenuntersuchung für die Erdbebenzone 2 durchgeführt.

Die grundsätzlichen Vor- und Nachteile eines FEM-Modells werden behandelt. Es wird deutlich, dass die räumliche FEM-Modellierung ohne tieferes Grundlagenwissen zu Fehlern und nicht realistischen Abbildungen führen kann, die dann eventuell falsch oder gar nicht eingeschätzt werden. Fehlendes Wissen über die Software sowie die Verwendung der Software als „Black-Box“ sind nicht angebracht. Jedoch werden auch die Vorteile der räumlichen Modellierung bei richtiger Anwendung deutlich gemacht. So können räumlich komplexe Tragstrukturen realitätsnah generiert werden.

Die Berechnung und Bemessung des räumlichen und ebenen Systems wird mit der Software der Sofistik AG durchgeführt. Sämtliche Berechnungen erfolgen nach den aktuell gültigen Eurocodes. Anschließend werden die Varianten der räumlichen Berechnung und Bemessung einerseits und der ebenen Berechnung und Bemessung andererseits miteinander verglichen und auftretende Unterschiede aus den vorher erwähnten Vor- und Nachteilen benannt und erläutert.

In den Bearbeitungswochen der Bachelorarbeit habe ich die Modellierung eines FEM-Modells gut kennen gelernt und neue Kenntnisse bezüglich der auftretenden Probleme sowie Vorteile erlangt.

Außerdem konnte ich mir Kenntnisse mit dem Umgang der Software der Sofistik AG durch die umfangreichen Berechnungen aneignen sowie meine bisherigen CAD-Kenntnisse aus dem Studium weiter vertiefen.

Ein großer Dank gilt dem Büro MTM Ingenieure, in dem ich mit viel Unterstützung und Bereitstellung verschiedener Arbeitsmaterialien diesen Vergleich der räumlichen und ebenen Berechnung als Thema meiner Bachelorarbeit ausarbeiten durfte.

Abschließend kann gesagt werden, dass eine räumliche Berechnung nur dann Sinn macht, wenn die Randbedingungen komplex genug sind. Einfache mehrgeschossige Gebäude mit üblichen Randbedingungen gehören nicht dazu und sollten mit ebenen Modellen berechnet werden, da der Aufwand einer räumlichen Berechnung zu groß ist. Handelt es sich jedoch um Gebäude in denen die Berücksichtigung der räumlichen Steifigkeiten (z.B. Erdbeben) relevant werden oder um komplexe räumliche Strukturen, ist die Anwendung einer räumlichen Modellierung dringend zu empfehlen.