

Diplomarbeit 2024

Neubau 4 MFH Centro, Wil ZH



Dipl. Technikerin HF Bauplanung Ingenieurbau

Alessia Schwyn

TEKO WBI

Inhaltsverzeichnis

1. Management Summary	3
2. Aufgabenstellung.....	4
3. Terminplan Diplomarbeit	5
4. Risikomanagement.....	6
5. Projektbeschreibung.....	8
6. Terminplan Projekt	10
7. Leistungsverzeichnis	12
8. Statik	16
8.1 Allgemeines	16
8.2 Platten	17
8.3 Berechnung Decke	18
9. Vergleich Ingenieurangaben	21
10. Ausführungspläne.....	22
10.1 Schalungsplan	22
10.2 Vorfabrizierte Stützen.....	23
10.3 Bewehrungsplan	24
11. Variantenstudium.....	25
12. Bewehrungskontrollen	27
13. Erdbebenschutz	29
14. Brandschutz	30
15. Probleme während dem Bau	32
15.1 Fehlerhafter Beton	32
16. Schlusswort.....	33
16.1 Reflexion.....	33
16.2 Danksagung.....	33
16.3 Eigenständigkeitserklärung	33
17. Quellenangaben	34
17.1 Literaturverzeichnis.....	34
17.2 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	34
18. Anhang.....	35

1. Management Summary

Bei meiner Diplomarbeit habe ich mich mit dem Projekt Centro in Wil ZH befasst. Das Projekt umfasst vier Mehrfamilienhäuser mit einer gemeinsamen Tiefgarage. Ich habe mich jedoch nur auf die Tiefgarage und das Haus Hug konzentriert.

Alle möglichen Gefahren, welche bei der Diplomarbeit oder beim Projekt hätten eintreten können, konnten durch das vorgängig erstellte Risikomanagement minimiert werden. Das Terminprogramm erstellte ich auf Basis der Vorgaben des Unternehmers. Die meisten Termine konnten rechtzeitig eingehalten werden, jedoch nicht alle.

Das Leistungsverzeichnis habe ich nur für das Haus Hug erstellt. Dank der Unterstützung der Firma WBI AG gelang mir das Erstellen problemlos. Das Leistungsverzeichnis dient als Grundlage für die Ausschreibung und für die Vergabe des Auftrags an den Unternehmer. Direkt nach der Erstellung wurde dieses an den Architekten versendet.

Mit den Plänen für die Tiefgarage musste ich sofort beginnen, da diese zeitnah benötigt wurden. Ich erstellte zuerst die Schalungspläne, die Pläne von den vorfabrizierten Stützen und die Bewehrungspläne für die Bodenplatte der Tiefgarage. Besonders an diesem Projekt sind die vielen Etappierungen. Die Bodenplatte wurde in zwölf Etappen und die Decke des Untergeschosses in neun Etappen unterteilt.

Mit dem in der Schule erworbenen Wissen berechnete ich selbstständig die Statik für die Decke des 1. Obergeschosses vom Haus Hug. Mit meinen Handrechnungen erzielte ich fast die gleichen Ergebnisse wie der Ingenieur mit dem Statikprogramm. Einzig die Zulagen und der höhere Bewehrungsgehalt aufgrund zahlreicher Leitungen wurden bei meinen Berechnungen nicht berücksichtigt.

Diverse Bewehrungsabnahmen konnte ich vor Ort selbst kontrollieren, da mit dem Bau direkt begonnen wurde. Die meiste Bewehrung wurde aufgrund meiner Pläne korrekt verlegt. Allerdings konnte ich auch Fehler feststellen, welche zum Glück noch vor dem Betonieren behoben werden konnten.

Für die Einhaltung des Erdbebenschutzes und des Brandschutzes des Gebäudes beachtete ich die Normalien.

Dank guter Planung und Koordination konnte das Projekt mehr oder weniger reibungslos umgesetzt werden.

2. Aufgabenstellung

Mitten im Dorfkern der Gemeinde Wil ZH sollen vier Mehrfamilienhäuser mit einer gemeinsamen Tiefgarage entstehen. Die Tragkonstruktion wird gemäss den Plänen des Architekten in Massivbauweise erstellt. Die Bodenplatte wird in zwölf Etappen und die Decke des Untergeschosses in neun Etappen erstellt. Jedes der vier Mehrfamilienhäuser verfügt über vier Geschosse (Erdgeschoss bis 2. Dachgeschoss). Bauherr, Architekt und Auftraggeber für dieses Projekt ist ein Architekturbüro aus Rafz.

Im Rahmen meiner Diplomarbeit werde ich die folgenden Themen bearbeiten:

- Erstellen eines Terminplans für das Projekt
- Erstellung des Leistungsverzeichnisses für das Haus Hug (ohne Tiefgarage)
- Ausführungspläne für die Tiefgarage und das Haus Hug (inklusive Schalung und Bewehrung sowie Eisenlisten)
- Betreuung und Kontrolle der Lernenden bei den Häusern 1-3
- Statische Berechnungen für die Bewehrung einer Decke des Hauses Hug (nur die Grundbewehrung auf dem in der Schule behandelten Niveau)
- Bewehrungskontrollen vor Ort
- Nachweis von Erdbeben- und Brandschutz (nur das in der Schule behandelte Niveau)

Nicht in der Diplomarbeit enthalten sind:

- Die Statik (mit Ausnahme einer Decke des Hauses Hug)
- Die Ausführungspläne für die Häuser 1-3
- Das Leistungsverzeichnis für die Tiefgarage und die Häuser 1-3
- Der Baugrubenplan

Erfolgskriterien:


- Am Ende der Arbeit erhoffe ich mir, dass das Projekt reibungslos geplant und erbaut werden konnte.


Meine Ziele:

- Anhand meines Leistungsverzeichnisses soll der Unternehmer eine Offerte erstellen, ohne dass Nachträge gestellt werden müssen.
- Mein Terminplan soll eingehalten werden.
- Meine statischen Berechnungen sollen gemäss dem Ingenieur verwendet werden können.

3. Terminplan Diplomarbeit

	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
Terminplan Centro	x								
Ausführungspläne Tiefgarage	x	x	x	x	x	x	x		
Leistungsverzeichnis erstellen		x							
Themeneigabe			x						
Bewilligung Thema				x					
Ausführungspläne Haus Hug			x		x	x	x		
Statik nachrechnen					x	x	x		
Statik nachrechnen						x			
Kompetenzprofil / Lebenslauf					x				
Aufgabenstellung / Terminplan						x			
Risikomanagement									
Projektbeschreibung									
Leistungsverzeichnis									
Statik / Ausführungspläne						x	x		
Erdbeben- + Brandschutz							x		
Sonstiges						x			x
Schlusswort								x	
Quellenangaben									
Formatierung								x	
Korrekturlesen									x
Reserve									
Abgabe									
1. Gespräch Diplomcoach									
2. Gespräch Diplomcoach									

 Soll - Termine

 Ist - Termine

4. Risikomanagement

Das Risikomanagement ist der systematische Prozess zur Identifizierung, Bewertung und Steuerung von Risiken. Mögliche negative Auswirkungen auf ein Projekt können damit minimiert werden. Das Hauptziel des Risikomanagements besteht darin, Unsicherheiten zu reduzieren und damit die Erfolgsaussichten eines Projekts zu erhöhen. Für dieses Projekt habe ich mich für die Verwendung einer Matrix entschieden.

Eintrittswahrscheinlichkeit	Sehr selten				
	Selten				
	Häufig				
	Sehr häufig				
		Unbedeutend	Gering	Kritisch	Katastrophal
		Schadenpotenzial			

- Niedrig (Akzeptanz)
- Mittel (Minderung)
- Hoch (Verhindern)

Ereignis	Schaden	Wahrscheinlichkeit	Risiko	Massnahmen
Datenverlust	Katastrophal	Selten	Hoch	Regelmässig speichern und die Dateien an zwei verschiedenen Orten sichern.
Verzögerungen im Zeitplan	Gering	Sehr häufig	Mittel	Regelmässige Überprüfung und Anpassung vom Zeitplan. Genügend Reservezeit einplanen.
Gesundheitliche Probleme	Kritisch	Selten	Mittel	Genügend Reservezeit einplanen. Ausreichende Pausen zur Erholung einplanen.
Arbeitsaufwand falsch einschätzen	Gering	Häufig	Mittel	Sich einen Überblick über das gesamte Projekt verschaffen und den Zeitplan mit einer erfahrenen Person besprechen.
Ungenügende Qualität der Arbeit	Gering	Selten	Niedrig	Die Ziele wurden bereits bei der Themeneingabe definiert, und bei Fragen kann ich mich jederzeit an den Coach wenden.
Fehlende Hilfe	Gering	Selten	Niedrig	Termine mit dem Coach frühzeitig planen. Da ich bereits angekündigt habe, dass ich möglicherweise Hilfe vom Ingenieur brauche, mache ich mir keine grossen Sorgen.

5. Projektbeschreibung

Insgesamt umfasst das Projekt vier Mehrfamilienhäuser mit einem gemeinsamen Untergeschoss. Die Zufahrt zur Tiefgarage erfolgt über die Bächerwiesstrasse. Die Tiefgarage ist in fünf Bereiche mit Parkplätzen unterteilt (Tiefgarage A-E). Die Tiefgarage C bietet einen direkten Zugang zum Gemeindehaus von Wil. Jedes Mehrfamilienhaus verfügt über ein Kellergeschoss.

Auf den Parkplätzen werden ovale Stützen verbaut. Alle Wände bestehen aus Stahlbeton. Nur die Trennwände der Kellerräume, bestehen aus Mauerwerk. Jedes Kellergeschoss verfügt über einen Technikraum, einen Fahrradraum, Kellerabteile und einen direkten Zugang zum Parkplatz. Im Keller von Haus 1 wurde zusätzlich ein Schutzraum erstellt. In der Mitte des Untergeschosses wurde ein grosses Loch eingeplant, um später einen Baum pflanzen zu können.

Auf der Baustelle sind zwei Kräne erforderlich. Einer davon wird auf der Bodenplatte der Tiefgarage E stehen. In der Decke des Untergeschosses befindet sich deshalb eine grosse Kranaussparung. Diese wird nach der Demontage des Krans zubetoniert.

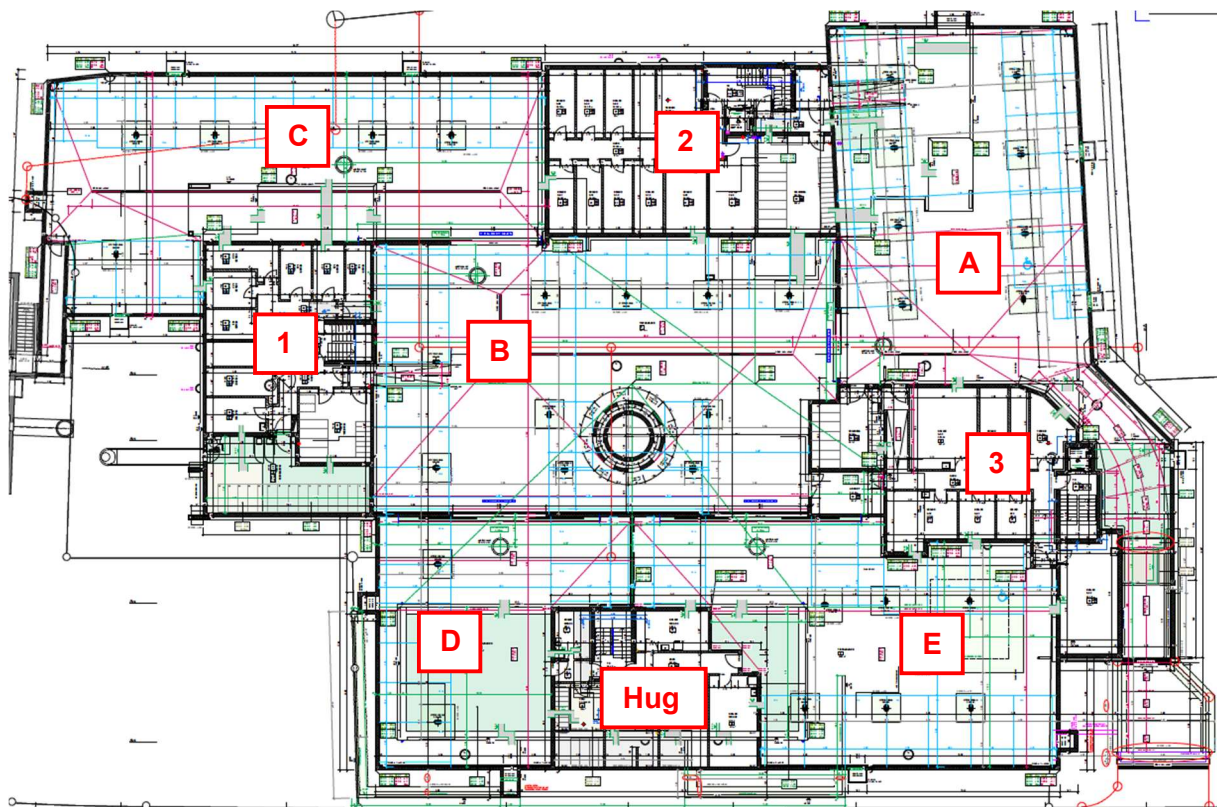


Abbildung 1 Grundriss Untergeschoss (Architekt)

Alle vier Mehrfamilienhäuser verfügen über vier Obergeschosse (Erdgeschoss, Obergeschoss, 1. Dachgeschoss und 2. Dachgeschoss). Da ich mich in meiner Diplomarbeit hauptsächlich mit dem Haus Hug auseinandergesetzt habe, werde ich dieses Mehrfamilienhaus näher beschreiben.

Das Haus Hug hat zwei Eingänge. Ein Eingang befindet sich an der Bäckerwiesstrasse und einer auf der gegenüberliegenden Seite im Innenhof. Die drei Wohnungen sind über das Treppenhaus zugänglich. Im Treppenhaus befindet sich auch ein Lift.

Im Erdgeschoss befinden sich zwei Wohnungen, die jeweils über einen Eingangsbereich, ein Badezimmer, ein Büro, eine Küche, ein Wohnzimmer, ein Reduit und einen Sitzplatz verfügen. Eine Holzterrasse im Erdgeschoss führt in das Obergeschoss der jeweiligen Wohnung. Dort gibt es ein weiteres Badezimmer, ein Ankleidezimmer und vier Schlafzimmer.

Die dritte Wohnung befindet sich im 1. und 2. Dachgeschoss. Diese Wohnung verfügt über eine Küche, ein Wohnzimmer, ein Reduit, eine Garderobe, zwei Badezimmer, vier Schlafzimmer und zwei Loggien. Das 2. Dachgeschoss ist nur noch mit dem Estrich der Wohnung ausgestattet.

Die meisten Wände bestehen aus Mauerwerk. Nur die Aussenstützen der Sitzplätze, die Wände im Treppenhausbereich und die Giebelwände bestehen aus Stahlbeton.



Abbildung 2 Grundrisse Haus Hug (Architekt)

Gemeinsam mit den Auszubildenden habe ich die Häuser 1-3 erstellt. Meine Aufgabe war es, die Termine unter Kontrolle zu haben, zudem habe ich alle Schalungs- und Bewehrungspläne kontrolliert. Die Auszubildenden hatten noch wenig bis keine Erfahrung im Bereich Hochbau. Deshalb habe ich versucht, mein Fachwissen bestmöglich zu vermitteln. Die Schalungspläne wurden nur durch mich kontrolliert. Die Bewehrungspläne kontrollierte zusätzlich der Ingenieur.

6. Terminplan Projekt

Objekt / Bauteil	Soll	Ist	Bemerkungen
Leistungsverzeichnis	22.03.24	22.03.24	
UG			
Bodenplatte 1	28.02.24	16.02.24	
Bodenplatte 2	05.03.24	16.02.24	
Bodenplatte 3	13.03.24	06.03.24	
Bodenplatte 4	19.03.24	06.03.24	
Bodenplatte 5	25.03.24	25.03.24	
Bodenplatte 6	03.04.24	03.04.24	
Bodenplatte 7	05.04.24	03.04.24	
Bodenplatte 8	12.04.24	12.04.24	
Bodenplatte 9	22.04.24	22.04.24	
Bodenplatte 10	30.04.24	30.04.24	
Bodenplatte 11	06.05.24	06.05.24	
Bodenplatte 12	07.05.24	06.05.24	
Bodenplatte Rampe	20.05.24	06.05.24	
Wände 1	06.03.24	06.03.24	
Wände 2	20.03.24	19.03.24	
Wände 3	26.03.24	19.03.24	
Wände 4	11.04.24	26.03.24	
Wände 5	12.04.24	11.04.24	
Wände 6	15.04.24	12.04.24	
Wände 7	30.04.24	12.04.24	
Wände 8	13.05.24	15.05.24	Freigabe vom Abdichter fehlte
Wände 9	14.05.24	14.05.24	
Wände Rampe	24.05.24	21.05.24	
Decke 1	19.03.24	19.03.24	
Decke 2	28.03.24	28.03.24	
Decke 3	04.04.24	03.04.24	
Decke 4	17.04.24	19.04.24	Einlagen Fernwärme fehlten
Decke 5	22.04.24	29.04.24	Termin war zu knapp wegen Korrex
Decke 6	09.05.24	13.05.24	Einlagen Fernwärme fehlten
Decke 7	09.05.24	13.05.24	Einlagen Fernwärme fehlten
Decke 8	30.05.24	29.05.24	
Decke 9	03.06.24	03.06.24	
Stützen 1	16.02.24	16.02.24	
Stützen 2+3	21.02.24	16.02.24	
Stützen 5	28.02.24	28.02.24	
Stützen 6+7	03.04.24	06.03.24	
Stützen 8+9	24.04.24	26.03.24	
Haus 1			
Stützen	20.03.24	26.03.24	Termin ging vergessen
Wände EG	01.05.24	30.04.24	
Decke EG	16.05.24	15.05.24	
Wände 1. OG	27.05.24	27.05.24	
Decke 1. OG	10.06.24	17.06.24	Änderung Wände 1.+2.DG
Wände 1. DG	19.06.24	01.07.24	Änderung vom Arch. fehlten
Decke 1. DG	18.07.24	16.07.24	
Wände 2. DG	30.07.24	30.07.24	

Haus 2

Stützen	09.04.24	09.04.24	
Wände EG	04.06.24	04.06.24	
Decke EG	21.06.24	21.06.24	
Wände 1. OG	16.07.24	16.07.24	
Decke 1. OG	30.07.24	30.07.24	
Wände 1. DG	08.08.24	07.08.24	
Decke 1. DG	21.08.24	21.08.24	
Wände 2. DG	02.09.24	26.08.24	

Haus 3

Stützen	22.04.24	19.04.24	
Wände EG	17.06.24	11.06.24	
Decke EG	27.06.24	21.06.24	
Wände 1. OG	22.07.24	16.07.24	
Decke 1. OG	01.08.24	30.07.24	
Wände 1. DG	12.08.24	12.08.24	
Decke 1. DG	26.08.24	26.08.24	
Wände 2. DG	04.09.24	26.08.24	

Haus Hug

Stützen	30.04.24	30.04.24	
Wände EG	24.06.24	17.06.24	
Decke EG	22.07.24	16.07.24	
Wände 1. OG	31.07.24	30.07.24	
Decke 1. OG	15.08.24	13.08.24	
Wände 1. DG	26.08.24	26.08.24	
Decke 1. DG	09.09.24	10.09.24	Änderung vom Arch. fehlten
Wände 2. DG	19.09.24	10.09.24	

Leider konnten nicht alle Termine wie geplant eingehalten werden. Den Bauführer habe ich jedoch immer so früh wie möglich informiert, dass die Termine verschoben werden müssen. Der Bauführer zeigte grosses Verständnis und war dankbar für meine frühzeitige Benachrichtigung.

Es gab verschiedene Gründe für die Verzögerungen der Pläne:

- Alle Bauteile, welche sich im Erdreich befinden, mussten vom Abdichter freigegeben werden. Die Freigabe für einen Bewehrungsplan wurde mir zu spät erteilt.
- Einige Deckenpläne des Untergeschosses mussten verspätet versendet werden. Grund dafür war, dass die Einlagen für die Fernwärmeleitungen vom Haustechnikplaner noch nicht definiert waren.
- Einen Kontrollplan erhielt ich vom Architekten zu spät zurück. Deshalb war der Termin für mich zu knapp und er konnte nicht eingehalten werden.
- Beim Haus 1 hatten wir Verzögerungen bei den Giebelwänden, da der Architekt diese noch nicht mit dem Holzbauer abgestimmt hatte.
- Die Pläne für die Stützen vom Haus 1 habe ich leider völlig vergessen. Vorgefertigte Stützen haben eine lange Lieferzeit. Diese hätte ich acht Wochen vor Baubeginn, der jeweiligen Etappe, versenden müssen.

7. Leistungsverzeichnis

Ein Leistungsverzeichnis (LV) ist ein Hilfsmittel zur Planung und Umsetzung von Bauvorhaben. Die Leistungen und Materialien, die für das Bauvorhaben benötigt werden, werden detailliert aufgelistet. Dies ist die Grundlage für die Ausschreibung und die Vergabe des Bauauftrags an den Unternehmer.

In den meisten Fällen wird das Leistungsverzeichnis mit dem Normpositionskatalog (NPK) erstellt. Der Normpositionskatalog umfasst standardisierte Leistungsbeschreibungen für Bauleistungen. Jede Position im Leistungsverzeichnis beschreibt die notwendigen Arbeiten, inklusive Materialien, Masse, Mengen und Qualitäten. Dank des standardisierten Leistungsverzeichnisses können Angebote schneller erstellt werden. Es erleichtert anschliessend auch die Auftragsvergabe.

Darüber hinaus dient das Leistungsverzeichnis als Vertragsgrundlage, da alle zu erledigenden Leistungen genau definiert und vereinbart sind. Nachdem das Bauvorhaben abgeschlossen ist, kann es als Basis für die Abrechnung verwendet werden. Es ermöglicht die Überprüfung und Abrechnung der tatsächlich ausgeführten Mengen.

Die Bauprojektpläne des Architekten dienen als Grundlage für die Erstellung des Leistungsverzeichnisses des Hauses Hug. Ich informierte mich zuerst beim Ingenieur über den Normpositionskatalog. Anschliessend schaute ich mir Beispiele von früheren Projekten an, da ich zum ersten Mal ein Leistungsverzeichnis erstellen durfte.

Als erstes erstellte ich den Massenauszug mithilfe eines Excel-Dokuments der WBI AG. In meinem Leistungsverzeichnis benötigte ich nur den NPK 241 Ortbetonbau. Alle anderen erforderlichen Arbeiten wurden bereits im Leistungsverzeichnis des Untergeschosses definiert.

Da ich nichts vergessen wollte, arbeitete ich mich jeweils pro Kapitel vom Erdgeschoss bis zum 2. Dachgeschoss vor. Zur besseren Übersicht habe ich die berechneten Massen in dem ausgedruckten Plan gekennzeichnet. So konnte ich später nachvollziehen, wie ich auf die gesamten Massen gekommen bin. Beim Kapitel „Schalungen“ habe ich darauf geachtet, jedes Bauteil der korrekten Unterposition zuzuordnen. Für das Kapitel „Beton“ musste bereits vor dem Ausmass festgelegt werden, welches Bauteil mit welcher Betonsorte erstellt wird. Die Betonsorten nach NPK werden aufgrund ihrer Druckfestigkeit und ihrer Expositionsklasse unterteilt.

Betonsorte	NPK A	NPK B	NPK C	NPK D	NPK E	NPK F
Grundlegende Anforderungen						
Übereinstimmung	Beton nach SN EN 206					
Druckfestigkeitsklasse	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 25/30	C 25/30	C 30/37
Expositionsklasse	XC2	XC3	XC4 XF1	XC4 XD1 XF2	XC4 XD1 XF4	XC4 XD3 XF2
Nennwert Grösstkorn	Dmax 32					
Klasse des Chloridgehalts	CI 0.10					
Konsistenzklasse	C3					
Zusätzliche Anforderungen für die Expositionsklassen XF2 bis XF 4						
Frost-Tausalz-Widerstand	nein	nein	nein	mittel	hoch	mittel

Tabelle 1 Betonsorten

Beim Projekt Centro verwendete ich folgende Betonsorten:

- NPK A: Magerbeton
 NPK B: Bodenplatte UG, Wände, Decken (EG – 2. DG)
 NPK C: Fundamentvertiefungen, Decke UG, Aussenstützen, Balkonplatten
 NPK D: Stützmauern
 NPK E: -
 NPK F: Bodenplatte Rampe

Expositionsklassen		
Kein Korrosions- oder Angriffsrisiko		
X0		Unbewehrte Fundamente ohne Frost, unbewehrte Innenbauteile
XC: Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Karbonatisierung		
XC1	Trocken oder ständig nass	Bewehrte Innenbauteile, Bauteile die ständig im Wasser sind
XC2	Nass, selten trocken	Fundamente
XC3	Mässige Feuchte	Vor Regen geschützter Beton im Freien, offene Hallen, Feuchträume
XC4	Wechselnd nass und trocken	Aussenbauteile mit direkter Beregnung, Balkone
XD: Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Chloride, ausgenommen Meerwasser		
XD1	Mässige Feuchte	Bauteile im Sprühnebelbereich von Verkehrsflächen
XD2	Nass, selten trocken	Schwimmbecken, Bauteile, die chloridhaltigem Abwasser ausgesetzt sind
XD3	Wechselnd nass und trocken	Teile von Brücken, Fahrbahndecken, Parkdecks
XF: Betonangriff durch Frost mit und ohne Taumittel		
XF1	Mässige Wassersättigung ohne Taumittel	Vertikale Aussenbauteile, die Regen und Frost ausgesetzt sind
XF2	Mässige Wassersättigung mit Taumittel oder Meerwasser	Vertikale Betonbauteile im Sprühnebelbereich
XF3	Hohe Wassersättigung ohne Taumittel	Horizontale Aussenbauteile, Betonbeläge ohne Taumittelbeanspruchung
XF4	Hohe Wassersättigung mit Taumittel oder Meerwasser	Horizontale und vertikale Bauteile, Betonbeläge, offene Parkdecks

Tabelle 2 Expositionsklassen

Ich fand es besonders herausfordernd, die Aussparungen und Einlagen auszuschreiben. Da die Architektenpläne noch nicht sehr detailliert waren, mussten diese grösstenteils geschätzt werden. Als Anhaltspunkt orientierte ich mich an den Häusern 1-3, auch wenn diese nicht identisch mit dem Haus Hug sind.

Anhand des Betonausmasses konnte die Bewehrung bestimmt werden. Ich verwendete dafür eine automatisierte Excel-Datei. Anhand vom Bewehrungsgehalts der einzelnen Bauteile konnte dadurch die Bewehrung in Kilogramm berechnet werden. Die Bauetappen mussten vorgängig definiert werden, um die Anzahl der Bewehrungsanschlüsse berechnen zu können. Die Bauetappen zeichnete ich in den Plan ein, um diese bis zur Ausführung nicht wieder zu vergessen. Die Angaben zur Durchstanzbewehrung erhielt ich vom Ingenieur.

Da ich alle Positionen im NPK 241 Ortbetonbau definieren wollte, erstellte ich für alle vofabrizierten Elemente wie Treppen und Stützen eine R-Position. Eine R-Position ermöglicht es eine Position nach seinen eigenen Bedürfnissen abzuändern oder eigene Texte einzufügen. Zusätzlich zum Leistungsverzeichnis erstellte ich ein Dokument mit allen Bemerkungen zur Submission. Dieses Dokument ist ausschliesslich für den Architekten bestimmt. So ist dem Architekt auf den ersten Blick klar, was im Leistungsverzeichnis enthalten ist und was nicht.

Ich habe das gesamte Leistungsverzeichnis für das Haus Hug eigenständig erstellt. Der Ingenieur stand mir bei Fragen jederzeit zur Verfügung. Der Ingenieur überprüfte zum Schluss mein erstelltes Leistungsverzeichnis. Seine einzige Bemerkung war, dass ich alle Massen aufrunden sollte. Anschliessend konnte das Leistungsverzeichnis versendet werden.

Leistungsverzeichnisse:

Baumeisterarbeiten (BKP 211) Ortbetonbau NPK 241, D/19 (V'20)

Grundlagen der Submission:

Architektenpläne: Submissionsprojekt.

Baumeisterarbeiten BKP 211:

In der Submission enthalten:

- Schalung Typ 2
- Aussparungen (Anteil HLKSE geschätzt)
- Betone inkl. Bewehrung
- Bewehrungszubehör wie Bewehrungsanschlüsse und Durchstanzbewehrungen
- Einlagen und Hochbaulager
- Diverse Abschaltungseinlagen (Dämmmaterial) in Deckenschalungen betreffend Fensteranschlüssen.
- Decken abtaloschieren
- Betonnachbehandlung geschätzt
- Winterbaumassnahmen (Betonthermomatten) und im Sommer für Betonnachbehandlung
- Untergiessen von Fussplatten
- Negativschalung und dazugehöriger Negativbeton für Liftunterfahrten
- Wärmedämmung unter Bodenplatte inkl. Splittschicht 3-5 cm und Trennlage
- Schleuderbetonstützen SACAC (EG)
- Ortbetontreppe (Eingang EG)
- Fertigbetontreppen-Elemente
- Treppendorne/-lager

In der Submission nicht enthalten (nicht abschliessend):

- Unterlagsbeton (Magerbeton)
- Wasserhaltung
- Allg. Baustelleninstallation
- Schalungseinlagen für Sanitär, Elektro, Heizung und Lüftung
- Jegliche neuen Bodenbeläge (inkl. Hartbetonbelag)
- Nachträgliche Wärmedämmung an Wänden und Decken
- Kantenschutz vorgefertigte Elemente
- Zuschlag und Massnahmen für Ausführung mit Unterbrüchen
- Kanalisationsarbeiten komplett
- Kernbohrungen
- Mauerwerksarbeiten komplett (exkl. Hochbaulager)
- Mehraufwendungen, wenn Bauablauf nicht nach Vorstellung Bauingenieur erfolgen kann
- Rohbaureinigungen
- Abdichtung Rohrdurchführungen und Schächte
- Jegliche Fassaden- bzw. Fassadenunterkonstruktion
- Regiearbeiten
- Materialersatz bezüglich schlechten Baugrunds
- Querkraftverstärkungen eingelegte Leitungen
- Bretteinlagen HLKSE
- Abdichtungen (Liftunterfahrt)
- Treppen in den Wohnbereichen (evtl. Holztreppen)
- Sichtbeton
- Wandanpassungen im UG

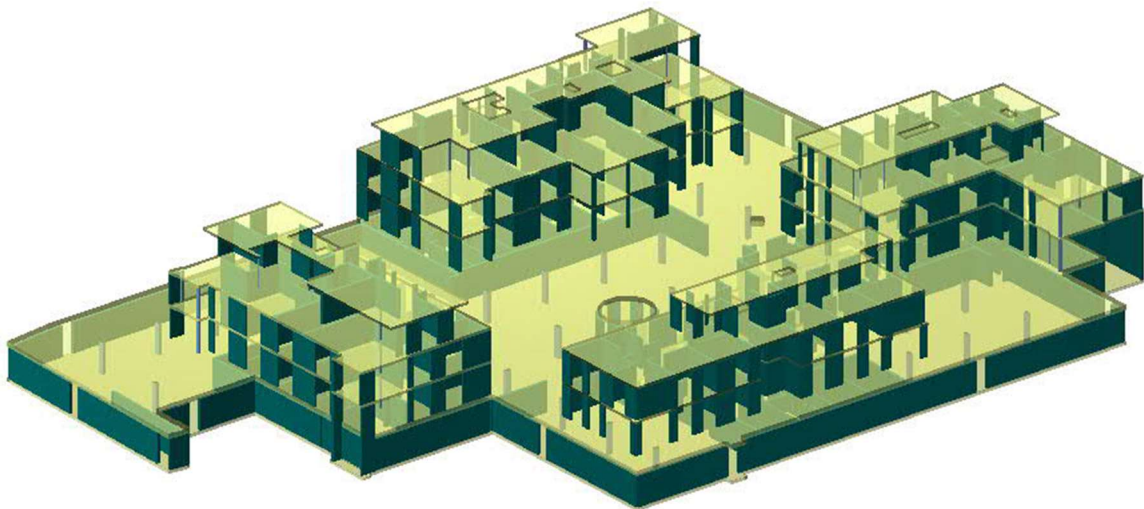


Abbildung 3 Statikmodell (Ingenieur)

8. Statik

Das Tragwerk hat die Aufgabe, alle auf ein Bauwerk einwirkenden Lasten und Kräfte aufzunehmen und unter Gewährleistung von Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit in den Baugrund abzuleiten.

8.1 Allgemeines

Grundlagen

- **Kräfte und Momente:** Kräfte sind Vektoren, die eine Grösse und Richtung haben. Momente entstehen, wenn Kräfte an einem Punkt angreifen, der nicht im Schwerpunkt des Körpers liegt.
- **Gleichgewichtsbedingungen:** Ein Körper ist im Gleichgewicht, wenn die Summe aller an ihm angreifenden Kräfte und Momente null ist.

Belastungen

- **Unveränderliche Lasten:** Eigenlast
Sicherheitsfaktor = 1.35
- **Veränderliche Lasten:** Nutzlast, Windlast, Schneelast, Erddruck, Wasserdruck, Auftrieb (Grundwasser)
Sicherheitsfaktor = 1.5

Aussergewöhnliche Lasten: Erdbeben, Brand, Anprall

Tragwerke

- **Balken:** Ein horizontaler Träger, der vorwiegend durch Biegung und Querkraft belastet wird.
- **Platten:** Flächige Tragwerke, die hauptsächlich auf Biegung beansprucht werden.
- **Stützen:** Stabförmige Tragelemente, die nur oder vorwiegend durch Normalkräfte beansprucht werden.
- **Scheiben:** Ebene Flächentragelemente, die nur in ihrer Mittelebene belastet werden.

Spannungen und Verformungen

- **Normalspannung:** Spannung, die senkrecht zur Querschnittsfläche wirkt.
- **Schubspannung:** Spannung, die parallel zur Querschnittsfläche wirkt.
- **Verformungen:** Durch Belastungen verursachte Änderungen der Form oder Abmessungen eines Körpers.

Anforderungen an das Tragwerk

- **Tragsicherheit:** Grenzzustand der Tragfähigkeit, bei dem das Tragwerk versagt oder unerträgliche Verformungen erleidet.
- **Gebrauchstauglichkeit:** Beschränkung der Rissbreite, Beschränkung der Verformung, Nachweis der Schwingungen und Dichtigkeit.

Berechnungsmethoden

- **Grafische Statik:** Kräfte und Momente werden grafisch ermittelt.
- **Analytische Methoden:** Die Gleichungen der Statik werden mathematisch gelöst.
- **Numerische Methoden:** Computergestützte Verfahren zur Lösung komplexer Tragwerksprobleme.

Stabilität

- **Knicken:** Stabilitätsversagen, das bei schlanken Bauteilen unter Druckbelastung auftritt (Stützen).

8.2 Platten

Da ich mich in meiner Diplomarbeit auf eine Überprüfung von einer Platte festgelegt habe, werde ich diese genauer erläutern.

Platten sind flache Tragstrukturen, die senkrecht zu ihrer Fläche belastet werden. Diese schlanken Bauelemente liegen entlang ihrer Kanten auf Wänden oder Unterzügen auf und sind hauptsächlich Biegebelastungen ausgesetzt. Sie sind ideal geeignet, um gleichmässig verteilte Lasten über kleine bis mittlere Spannweiten zu tragen. Je nach Breiten-Längen-Verhältnis und den Auflagerbedingungen unterscheidet man zwischen Platten vom Typ I und Typ II.

Platten Typ I

Die Lastabtragung erfolgt nur oder überwiegend in eine Richtung.

Folgende Bedingungen müssen erfüllt sein:

Plattenlagerung 1-seitig: Kragarmplatte, eingespannt

Plattenlagerung 2-seitig: Zwei gegenüberliegende Ränder
Zwei aneinanderstossende Ränder und $l_y / l_x > 2$
mit mindestens einem eingespannten Rand

Plattenlagerung 3-seitig: $l_y / l_x > 1.5$

Plattenlagerung 4-seitig: $l_y / l_x > 2$

Platten Typ II

Die Lastabtragung erfolgt in zwei Richtungen.

Folgende Bedingungen müssen erfüllt sein:

Plattenlagerung 2-seitig: Zwei aneinanderstossende Ränder und $l_y / l_x \leq 2$
mit mindestens einem eingespannten Rand

Plattenlagerung 3-seitig: $l_y / l_x \leq 1.5$

Plattenlagerung 4-seitig: $l_y / l_x \leq 2$

8.3 Berechnung Decke

Bevor mit der Berechnung begonnen werden kann, müssen alle Materialien und deren Kennwerte bekannt sein.

Material und Kennwerte

Beton	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50
F_{cd} (N/mm ²)	10.5	13.5	16.5	20.0	22.0	24.0

Betonstahl	B500A	B500B	B500C
F_{sd} (N/mm ²)	435	435	≥390

Tabelle 3 Material und Kennwerte

Beton C25/30 $f_{cd} = 16.5 \text{ N/mm}^2$
 Stahl B500B $f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$
 Bewehrungsüberdeckung: $c_{nom} = 30 \text{ mm}$
 Plattenstärke: $d = 260 \text{ mm}$

Einwirkungen

Die Nutzlast wird über eine Normalie definiert.

Nutzungskategorie	Nutzung	Vertikale Nutzlast
A	Wohnflächen (allgemein)	2 N/mm²
	Wohnfläche (Treppen, Balkone)	3 N/mm ²
B	Büroflächen	3 N/mm ²

Tabelle 4 Nutzlastkategorien

Nutzlast $q_n = 2 \text{ kN/m}^2$

Die Nutzlast wird mit einem Sicherheitsfaktor von 1.5 gerechnet.

$$q_n = 1.5 \cdot 2 \text{ kN/m}^2 = 3 \text{ kN/m}^2$$

Ständige Auflast $q_s = 8.4 \text{ kN/m}^2$

Fertigbelag	10 mm	= 0.11 kN/m ²
Unterlagsboden	80 mm	= 1.76 kN/m ²
Trittschalldämmung EPS	20 mm	= 0.0024 kN/m ²
Superdämmplatte EPS	20 mm	= 0.004 kN/m ²
Eigengewicht Decke	260 mm	
		$0.26 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 6.5 \text{ kN/m}^2$

Die ständigen Auflasten werden mit einem Sicherheitsfaktor von 1.35 gerechnet.

$$q_n = 1.35 \cdot 8.4 \text{ kN/m}^2 = 11.34 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Einwirkungen total: } 11.34 \text{ kN/m}^2 + 3 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{14.34 \text{ kN/m}^2}$$

Platteneinteilung und Plattentyp

Zur Vereinfachung der Berechnung der Decke wird diese in mehrere kleine Platten unterteilt. Wie bereits erläutert wurde, erfolgt anschliessend die Festlegung des jeweiligen Plattentyps.

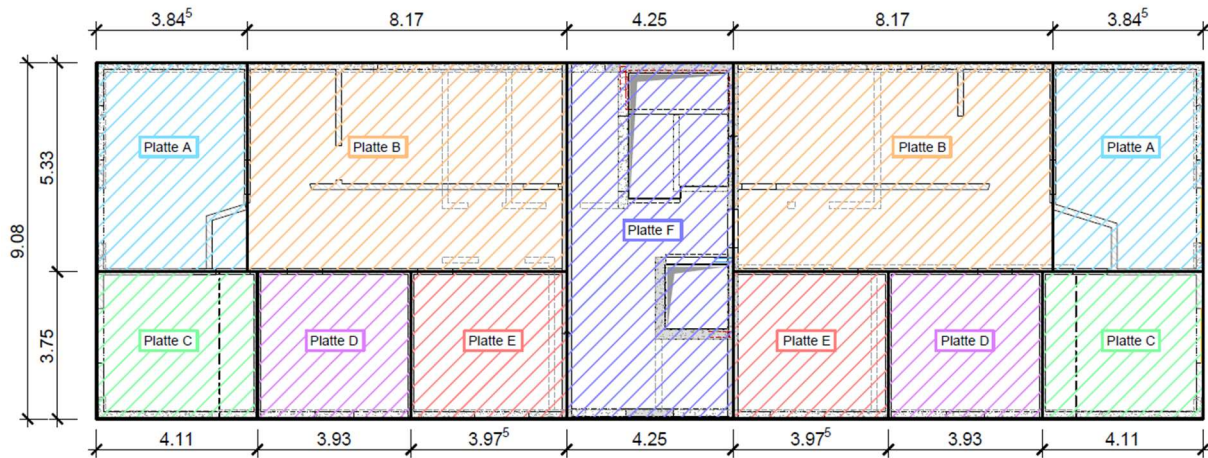


Abbildung 4 Platteneinteilung (eigene Darstellung)

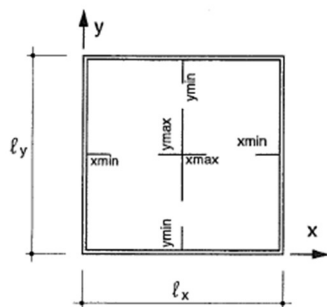
Die Platten A bis E sind vierseitig gelagert und haben ein Längen-Breiten-Verhältnis von weniger als 2. Es handelt sich deshalb um den Plattentyp II, Nummer 6.

Das Längen-Breiten-Verhältnis bei der Platte F ist grösser als 2, sie wird deshalb dem Plattentyp I zugeordnet.

Bemessungswerte der Auswirkungen

Mithilfe der k-Werte aus der Tabelle lassen sich die Momente für den Plattentyp II bestimmen.

Platte Nr. 6 ($\nu_c = 0.2$)



l_y/l_x	k für $m_{x \min}$	k für $m_{x \max}$	k für $m_{y \min}$	k für $m_{y \max}$
1.00	-19.4	47.3	-19.4	47.3
1.10	-18.8	44.0	-20.2	52.6
1.20	-18.6	42.2	-21.5	59.2
1.30	-18.8	41.4	-22.9	67.3
1.40	-19.2	41.5	-24.5	77.6
1.50	-19.8	41.9	-26.2	88.4
1.60	-20.5	42.9	-28.0	100
1.70	-21.2	44.0	-29.7	110
1.80	-22.1	45.4	-31.5	119
1.90	-23.0	47.1	-33.2	128
2.00	-24.0	49.1	-35.0	135

$K = (g + q) \cdot l_x \cdot l_y$ $m = K / k$

Abbildung 5 Platte Nr. 6 (TEKO Tragkonstruktionen Stahlbetonbau 2023)

Für den Plattentyp I wird die folgende Formel verwendet, um das Moment in x-Richtung zu bestimmen. Die Verteileisen in y-Richtung tragen ein Moment, das ein Fünftel des Moments in x-Richtung beträgt.

$$m_{\max} = \frac{q \cdot l^2}{8}$$

Abschätzen der statischen Höhe

Da die Bewehrung noch nicht festgelegt ist, muss eine Annahme getroffen werden, um die statische Höhe berechnen zu können. Die statische Höhe (d) ergibt sich aus der Plattenstärke abzüglich der Bewehrungsüberdeckung und dem Durchmesser der Bewehrung. Diese Annahme wird später überprüft.

Bemessung der Platte

Anhand der abgeschätzten statischen Höhe sind die erforderlichen Bewehrungsflächen pro Laufmeter Plattenbreite für die einzelnen Positionen zu bestimmen.

$$A_{s,req} \geq \frac{m_d}{0.9 \cdot d \cdot f_{sd}}$$

Der Durchmesser und die Teilung der Bewehrung kann nun aufgrund der erforderlichen Bewehrungsfläche festgelegt werden.

Durchmesser (mm)	Querschnittsfläche A_s in mm^2 für eine Platte vom 1m und einem Stababstand s				
	30 cm	25 cm	20 cm	15 cm	10 cm
8	168	201	251	335	503
10	262	314	393	524	785
12	377	452	565	754	1131
14	513	616	770	1026	1539
16	670	804	1005	1340	2011
18	848	1018	1272	1696	2545
20	1047	1257	1571	2094	3142
22	1267	1521	1901	2534	3801
26	1770	2124	2655	3540	5309
30	2356	2827	3534	4712	7069

Tabelle 5 Querschnittsflächen

Kontrolle

Die statische Höhe muss überprüft werden. Der Durchmesser der gewählten Bewehrung darf nicht grösser als der angenommene Durchmesser, welcher für die Abschätzung der statischen Höhe verwendet wurde, sein.

Der minimale Bewehrungsgehalt bei Platten beträgt 0.17 %. Sollte dieser Wert nicht erreicht werden, muss die Bewehrung entsprechend angepasst werden.

10. Ausführungspläne

10.1 Schalungsplan

Ich begann sofort mit der Erstellung der Schalungspläne, als ich die Architektenpläne bekommen habe. Diese Schalungspläne bestehen normalerweise aus einem Grundriss und mehreren Schnitten. Alle Betonbauteile werden vermasst und beschriftet. Auf dem Titelblatt sind die wichtigsten Informationen ersichtlich. Wie zum Beispiel den Bezug zur Meereshöhe, die Betonqualität, die Nachbehandlung, die Oberflächenbehandlung, den Schalungstyp und sonstige notwendige Angaben.

Einlagen und Aussparungen:

Die Einlagen und Aussparungen in den Betonbauteilen erhielt ich vom Architekten und dem Haustechnikplaner. Der Ingenieur überprüfte diese, um sicherzustellen, dass sie statisch unbedenklich sind. In der Bodenplatte waren mehrere Aussparungen für die Kanalisationsschächte erforderlich. Die Decke des Untergeschosses ist mit runden Aussparungen für die Oberlichter versehen. An der Unterkante der Decke vom Untergeschoss wurden grosse Einlagen für die Fernwärmeleitungen benötigt. In den Wohngeschossen des Hauses Hug sind Deckenaussparungen für die Holzterrasse und diverse Leitungen vorgesehen. Einlagen wurden bei den Fenstern, Treppen und beim Lift eingeplant.

Arbeitsetappen:

Die Arbeitsetappen für das Untergeschoss wurden vom Unternehmer und Abdichter festgelegt. Die Bodenplatte wurde in zwölf Etappen und die Decke des Untergeschosses in neun Etappen unterteilt. Bei den Wänden bestimmte ich die Einteilung der Arbeitsetappen selbst. Bauteile, die nicht in einem Guss erstellt werden können, benötigen eine Arbeitsfuge. Meistens wird dafür auch ein Bewehrungsanschluss benötigt, welchen ich später genauer beschreiben werde. Für alle erdberührten Wände bekam ich die Vorgabe, dass die Etappen maximal 8 Meter lang sein dürfen. Diese Vorgabe wurde vom Abdichter verlangt. Bei nicht erdberührten Wänden achtete ich darauf, keine Etappe zu haben, welche länger als 15 m ist. Zwischen der Bodenplatte des Lifts und den Wänden der Liftunterfahrt wurde keine Arbeitsfuge erstellt, da dies in einem Guss ausgeführt werden sollte.

Bewehrungsanschlüsse:

Die Bewehrungsanschlüsse werden für Arbeitsfugen ohne Bewehrungsdurchdringung verwendet und ermöglichen das Durchlaufen der Schalung. Der Bewehrungsanschluss wird an die Schalung genagelt und anschliessend einbetoniert. Nach dem Ausschalen und Entfernen der Kunststoffabdeckung können die Bewehrungsseile zurückgebogen werden. Somit kann die nächste Etappe betoniert werden und ist kraftschlüssig mit der vorherigen verbunden. Beim Projekt Centro benötigte ich die Bewehrungsanschlüsse für Wandetappen und die Treppenpodeste. Da die Treppenpodeste in der Mitte des Geschosses liegen, ist es einfacher, diese nachträglich anzuhängen und die Wände durchgehend zu betonieren.



Abbildung 8 Bewehrungsanschluss
(eigene Aufnahme)

Die Bewehrungsanschlüsse kann ich anhand der Bewehrung, der Höhe und Dicke des Bauteils bestimmen.

Kragplattenanschlüsse:

Kragplattenanschlüsse sind Verbindungselemente zwischen dem Gebäude und auskragenden Bauteilen. Sie ermöglichen die Kraftübertragung und thermische Trennung der Bauteile. Dadurch werden Wärmebrücken minimiert und die Energieeffizienz des Gebäudes verbessert. Die Anzahl und der Typ der Kragplattenanschlüsse wurde mir vom Ingenieur vorgegeben.

Durchstanzbewehrung:

Eine Durchstanzbewehrung ist eine spezielle Art der Bewehrung in Stahlbetonplatten. Es soll das Durchstanzen der Platten an Auflagern wie Stützen oder Wänden verhindern. Das Durchstanzen ist ein lokales Versagen, bei dem die Betonplatte durch die konzentrierte Last einer Stütze durchbricht. Um die Schubkräfte besser aufzunehmen, besteht die Durchstanzbewehrung meistens aus Kopfbolzendübeln oder Stahlpilzen. Die Anzahl und der Typ wurde mir vom Ingenieur vorgegeben.



*Abbildung 9 Durchstanzbewehrung
(eigene Aufnahme)*

10.2 Vorfabrizierte Stützen

Vorfabrizierte Stützen haben eine Lieferzeit von acht Wochen. Da das Projekt sehr kurzfristig begann, musste ich die Stützenpläne schnellstmöglich zeichnen, damit diese rechtzeitig bestellt werden konnten. Im Bereich der Tiefgaragen wurden ovale Stützen verwendet, da diese das Risiko von Parkunfällen aufgrund ihrer abgerundeten Form verringern. Diese Stützen werden aus Schleuderbeton hergestellt. Durch die Rotationskräfte wird der Beton nach aussen verdichtet, wobei überschüssiges Wasser nach innen abfließt. Dadurch entsteht ein hochfester Beton mit niedrigem Wasserzementgehalt. Typisch für diese Stützen ist die glatte Oberfläche. Durch das Schleudern können kaum Poren entstehen. Das notwendige Kopfdetail für die Stützen wurde vom Ingenieur aufgrund der zu tragenden Lasten bestimmt. Beim Fussdetail entschied ich mich für eine Fussplatte mit einem Dorn. Vor dem Betonieren der Bodenplatte wurde eine Einlage eingelegt, damit die Fussplatte bündig mit der Bodenplatte abschliesst. Anschliessend wird der Hohlraum unter der Fussplatte mit mindestens 2 cm Fließmörtel untergossen.

Im Erdgeschoss des Hauses Hug werden ebenfalls zwei Stützen verwendet. In diesem Fall handelt es sich jedoch um quadratische Stahl-Beton-Verbundstützen. Man entschied sich für diese Stützen, da diese hohe Lasten auf einem sehr kleinen Querschnitt tragen können. Der Grund für die höhere Tragfähigkeit ist das mit Beton gefüllte Stahlhohlprofil. Stahl kann grössere Lasten als Beton aufnehmen. Das Kopf- und Fussdetail ist hier dasselbe wie bei den Schleuderbetonstützen. Da es sich hier jedoch um ein Wohngeschoss mit einem Bodenaufbau handelt, kann auf die Einlage in der Bodenplatte verzichtet werden. Die Fussplatte wird nach dem Innenausbau nicht mehr sichtbar sein.

10.3 Bewehrungsplan

Der Bewehrungsplan enthält Informationen über die Anordnung, Anzahl, Abmessungen und Positionierung der Bewehrung. Beim Projekt „Centro“ wurden ausschliesslich Stahlstäbe verwendet und keine Bewehrungsnetze. Auf dem Titelblatt sind die Überdeckung, die Stosslänge und die Stahlqualität festgelegt. Die Betonüberdeckung schützt den Stahl insbesondere vor Korrosion. Im Innenbereich wird eine Überdeckung von 30 mm und im Aussenbereich von 40 mm verwendet. Da die Stabstähle teilweise getrennt werden müssen, ist eine Stosslänge von $50 \times$ Stabdurchmesser erforderlich, um die Kraftübertragung sicherzustellen. In unserem Projekt wurden Bewehrungsstäbe B500B verwendet. Das sind die gängigsten Bewehrungsstäbe. Dieser Stahl hat eine normale Duktilität und ist gerippt, um eine gute Verbindung mit dem Beton zu gewährleisten.

Die Bewehrung eines Betonbauwerks besteht aus vier Lagen, die kreuzweise angeordnet werden. Zur besseren Übersicht erstellte ich jeweils zwei Grundrisse. Einen Grundriss für die untere Lage und einen für die obere Lage. Die Stäbe sind je nach Form und Durchmesser mit einer Positionsnummer versehen und werden mit Anzahl, Durchmesser und Teilung beschriftet. Die genaue Lage des Stahls wird im Grundriss an der entsprechenden Stelle eingezeichnet. Es ist sehr wichtig, dass alle Stosslängen und Bügelhöhen korrekt berechnet werden, damit die Stäbe richtig verbaut werden können und die Überdeckung eingehalten wird. Um die untere von der oberen Lage zu trennen, werden bei den Wänden Distanzhalter und bei den Platten Distanzkörbe verwendet. Bei einer sehr komplizierten Bewehrung ist es hilfreich, ein Detail aufzuzeichnen. Sobald alle Stabstähle eingezeichnet sind, wird eine Betonstahlliste erstellt. Diese Liste enthält die exakten Abmessungen, Anzahl und Durchmesser der jeweiligen Position. Der Unternehmer kann anhand dieser Liste die benötigten Stäbe mit der richtigen Biegung bestellen.

Um die Bewehrung mit dem richtigen Durchmesser und der korrekten Teilung zu erstellen, erhalte ich vom Ingenieur die entsprechenden Bewehrungsangaben. Wie im Kapitel "Statik" ersichtlich, handelt es sich um eine Grafik mit den erforderlichen Querschnittsangaben. Die vorgesehene Grundbewehrung ist ebenfalls in diesem Dokument vermerkt. Anschliessend kann ich selbst entscheiden, ob ich den Durchmesser erhöhen, die Teilung verringern oder mit zusätzlichen Eisen (Zulagen) arbeiten möchte. Nachdem der Bewehrungsplan fertiggestellt ist, wird er vom Ingenieur überprüft. Teilweise ist es erforderlich, zusätzliche Eisen um Aussparungen hinzuzufügen oder den Bewehrungsgehalt aufgrund zahlreicher Leitungen zu erhöhen.

Da die Zeit sehr knapp war, haben ich und mein Ingenieur uns dafür entschieden, dass fünf Bewehrungspläne von der Bodenplatte durch meine Lernende erstellt werden. Ich habe ihr alle Angaben aufgezeichnet und anschliessend ihre Pläne und Listen kontrolliert. Durch ihre Hilfe konnten alle Pläne von den Bewehrungen der Bodenplatte rechtzeitig verschickt werden.

11. Variantenstudium

Da ich an meinem Projekt leider gestalterisch nicht viel zu sagen hatte, habe ich mich dazu entschieden, eine Variante für eine Holzdecke zu erarbeiten. Wie bei der statischen Überprüfung hatte ich mich für die Decke vom 1. Obergeschoss beim Haus Hug entschieden. Mein Vorschlag war, die Stahlbetondecke durch eine Holzbalkendecke zu ersetzen, da mir persönlich Holzdecken besser gefallen.

Vorteile einer Holzdecke:

- Naturbaustoffs (nachwachsender Rohstoff, positive CO₂-Bilanz)
- Besitzt natürliche Dämmwerte
- Behagliches Wohnklima
- Schnelle und trockene Bauweise
- Gutes Verhältnis zwischen Eigengewicht und Tragfähigkeit
- Berechenbarer Abbrand
- Holz lässt sich leicht anpassen und reparieren
- Gute chemische Resistenz
- Kurze Montagezeit
- Für den Einbau sind meistens keine Gerüste und Stützen notwendig
- Holzabfälle sind biologisch abbaubar und leichter zu entsorgen

Für den Aufbau würde ich folgendes Detail vorschlagen:

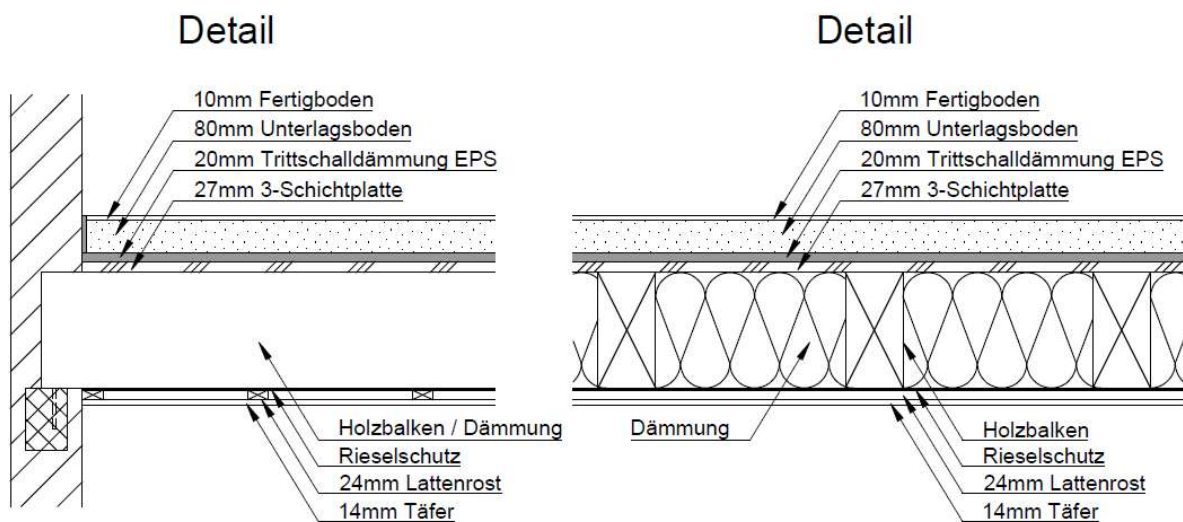


Abbildung 10 Aufbau Holzdecke (eigene Darstellung)

Da es sich um ein Variantenstudium handelt, verwendete ich für die Vordimensionierung folgende Formeln:

$$h = \frac{l}{20}$$

$$\frac{h}{2.5} \leq b \leq \frac{h}{2}$$

h = Balkenhöhe, l = maximale Spannweite, b = Balkenbreite, Sprungmass = ca. 600 mm

$$h = \frac{5330 \text{ mm}}{20} = 270 \text{ mm} \Rightarrow 280 \text{ mm}$$

$$b \geq \frac{280 \text{ mm}}{2.5} = 112 \text{ mm}$$

$$b \leq \frac{280 \text{ mm}}{2} = 140 \text{ mm}$$

Gewählter Balkenquerschnitt: 140 x 280 mm

Für die Vordimensionierung kann auch folgende Tabelle verwendet werden:

Balkenquerschnitt [mm]	Abstand von Balkenmitte zu Balkenmitte [mm]						
	600	650	700	750	800	850	900
	Maximale Spannweite [m]						
100/160	3.0	2.9	2.9	2.8	2.7	2.7	2.6
100/180	3.4	3.3	3.2	3.1	3.1	3.0	3.0
120/180	3.6	3.5	3.4	3.3	3.3	3.2	3.1
100/200	3.8	3.7	3.6	3.5	3.4	3.4	3.3
120/200	4.0	3.9	3.8	3.7	3.6	3.6	3.5
140/200	4.2	4.1	4.0	3.9	3.8	3.8	3.7
120/220	4.4	4.3	4.2	4.1	4.0	3.9	3.8
140/220	4.6	4.5	4.4	4.3	4.2	4.1	4.1
120/240	4.8	4.7	4.6	4.5	4.4	4.3	4.2
140/240	5.1	4.9	4.8	4.7	4.6	4.5	4.5
160/240	5.3	5.1	5.0	4.9	4.8	4.7	4.6

Tabelle 6 Maximale Spannweiten bei Balkenlage

Trotz der Deckenstärke von 455 mm, die fast 20 cm mehr als bei der Stahlbetondecke beträgt, bevorzuge ich die Holzbalkendecke. Ich finde, dass sie optisch sehr gut zu den Holztrepfen in den Wohnungen passen würde. Darüber hinaus schätze ich besonders, dass Holz ein natürlicher und nachwachsender Rohstoff ist. Vor allem fühle ich mich aufgrund der besser einschätzbaren Abbrennzeit bei einer Holzdecke am sichersten.

12. Bewehrungskontrollen

Die Bewehrungskontrolle ist ein wichtiger Bestandteil der Baustellenüberwachung. Es ist eine Sichtprüfung der Bewehrung und Schalung.

Ich durfte bereits mehrere Bewehrungskontrollen eigenständig durchführen, unter anderem auch beim Projekt „Centro“. Bevor ich auf die Baustelle gehe, bereite ich mich im Büro vor und drucke mir alle notwendigen Unterlagen aus. Für die Bewehrungskontrolle benötige ich den Schalungsplan, den Bewehrungsplan und eine Checkliste. Anschliessend markiere ich mir alle kritischen Bereiche im Plan.

Auf der Baustelle verschaffe ich mir als Erstes einen Überblick. Ich begutachte auch bereits fertiggestellte Bauteile, um allfällige Fehler zu erkennen. In diesem Projekt war die Schalung weniger anspruchsvoll, da wir keinen Sichtbeton hatten. Wichtig ist es jedoch, dass die Schalung stabil und alle Einlagen an der richtigen Stelle platziert sind. Die Abdichtung hätte ich nicht kontrollieren müssen, da diese durch den Abdichter erstellt wurde. Ich stellte dennoch sicher, dass die Abdichtung überall angebracht oder eingelegt wurde.

Bei der Bewehrung kontrollierte ich, dass die grösseren Durchmesser und die Zulagen an den richtigen Stellen verlegt worden sind. Die untere und obere Lage der Bewehrung wurde teilweise separat kontrolliert. Wie zum Beispiel bei komplizierteren Etappen der Decke des Untergeschosses. Die Überdeckung überprüfte ich stichprobenartig mit einem Doppelmeter. Besonders gut kontrolliere ich die Durchstanzbewehrung und die Kragplattenanschlüsse.

Abschliessend machte ich ausreichend Fotos und füllte das Prüfprotokoll aus, um mögliche Fehler dokumentieren zu können.

Folgende Angaben wurden kontrolliert und protokolliert:

Schalung:

- Typ / Fugenbild / Stabilität
- Lage
- Abmessungen
- Bindstellen
- Sauberkeit
- Material verlorene Schalung
- Abdichtung

Bewehrung:

- Lage / Stosslänge
- Durchmesser
- Überdeckung
- Einlagen / Aussparungen
- Stabilität
- Binddrähte zurückgebogen

Betonieren:

- Datum / Zeit
- Temperatur

Festgestellte Fehler bei den Kontrollen:

- Bodenplatte 1.Etappe: Eine Zulage wurde vergessen.
- Bodenplatte 3.Etappe: In einem Bereich fehlten die Anschlussseisen.
- Bodenplatte 5.Etappe: Die Zulagen wurden in der falschen Lage verlegt.

- Decke UG 1.Etappe: Eine Leitung ist zu nah an der Durchstanzbewehrung.
- Decke UG 6.Etappe: Die Durchstanzbewehrung muss besser befestigt werden, und die Stosslänge zur Arbeitsfuge war zu klein.

- Decke UG 7.Etappe: Leitungen wurden in der Sperrzone verlegt.



Abbildung 12 Decke UG 1.Et
(eigene Aufnahme)



Abbildung 11 Decke UG 6.Et
(eigene Aufnahme)



Abbildung 13 Decke UG 7.Et
(eigene Aufnahme)

13. Erdbebenschutz

Bei einem Erdbeben bewegt sich der Boden rasch hin und her. Die Fundamente des Bauwerkes sind gezwungen, diesen Bewegungen zu folgen. Der obere Teil des Bauwerkes bleibt aber aufgrund seiner Massenträgheit an Ort und Stelle. Dadurch entstehen starke Schwingen zwischen Bauwerk und Boden und so auch eine grosse innere Beanspruchung. Falls sogar plastische Verformungen entstehen, kann das Bauwerk erhebliche Schäden davontragen oder sogar einstürzen.

Um das Gebäude vor einem Erdbeben zu schützen, sind folgende Bedingungen hilfreich:

- Unsymmetrische oder versetzte Aussteifungen vermeiden
- Mindestens zwei schlanke Stahlbetonwände pro Hauptrichtung
- Kompakte Grundrisse
- Aussparungen und Öffnungen im plastischen Bereich vermeiden
- Fachgerechte Ausbildung der Foundation

Die Schweiz wird in fünf Erdbebenzonen unterteilt. Bei der Gemeinde Wil in Zürich befinden wir uns in der Erdbebenzone Z1a. Die horizontale Bodenbeschleunigung $a_{gd} = 0.6 \text{ m/s}^2$. Diese Werte können aus der SIA-Norm 261 entnommen werden.

Die Baugrundklasse wird normalerweise von einem Geologen bestimmt. Beim Projekt „Centro“ wurde durch den Bauingenieur aufgrund mässig guten Materials die Klasse D bestimmt.

Klasse D: Ablagerungen von lockerem bis mitteldichtem kohäsionslosem Lockergestein (mit oder ohne einigen weichen kohäsiven Schichten) oder von vorwiegend weichem bis steifem kohäsivem Lockergestein.

Bei unserem Projekt handelt es sich um ein Wohngebäude und somit um die Bauwerksklasse BWK I.

Beim Projekt „Centro“ wurde vom Ingenieur eine Tragwerksanalyse durchgeführt. Da wir nur zwei kleinere Wände in x-Richtung haben, muss dort mit höheren Bewehrungsgehalten gerechnet werden. In y-Richtung sind genügend Stahlbetonwände vorhanden, welche sogar über die gesamte Länge verlaufen. Der Liftkern als U-Profil ist generell sehr steif und verläuft vom UG bis ins 1. Dachgeschoss.

Generell werden die Geschosse im UG als Einspannhorizont betrachtet, was heisst, dass die Geschosse über der letzten, überdeckten Platte als Kragträger wirken. Weshalb die grössten Belastungen bei der Einspannung entstehen.

In unserem Fall handelt es sich um 2.5 Massivbaugeschosse und ein Dach in Leichtbauweise. Das heisst die Belastungen, infolge des Erdbebens werden nicht sehr gross sein. Da jedoch wenig Betonwände angesetzt wurden, mussten die Bewehrungsgehalte im Untergeschoss und im Erdgeschoss leicht erhöht werden.

14. Brandschutz

Der Brandschutz muss gemäss den Brandschutzrichtlinien eingehalten werden. Der Feuerwiderstand von Tragwerken und brandabschnittsbildenden Bauteilen ist so festzulegen, dass die Personensicherheit und die Brandbekämpfung gewährleistet sind. Ausserdem muss die Ausbreitung von Bränden auf andere Brandabschnitte während einer definierten Zeit verhindert werden.

Für das Projekt „Centro“ haben wir einen Brandschutzplan mit den bereits definierten Feuerwiderständen erhalten.

Es handelt sich bei unserem Projekt um ein Gebäude mittlerer Höhe (11-30 m Gesamthöhe). Aus der nachfolgenden Tabelle können alle Feuerwiderstände entnommen werden.

Gebäudehöhenkategorie		Gebäude mittlerer Höhe (bis 30 m Gesamthöhe) [7]			
Nutzung	Konzept	Tragwerk [1]	Brandabschnittsbildende Geschossdecken	Brandabschnittsbildende Wände und horizontale Fluchtwege	Fluchtweg vertikal
<ul style="list-style-type: none"> • Wohnen MFH • Büro • Schule • Verkaufsräume (Brandabschnittsfläche $\leq 1'200 \text{ m}^2$ und Personenbelegung ≤ 300 Personen) • Parking [6] • Industrie und Gewerbe q bis $1'000 \text{ MJ/m}^2$ • Landwirtschaft 	<p>Baulich</p> <hr/> <p>Löschanlage</p>	<p>R 60</p> <hr/> <p>R 30</p>	<p>REI 60</p> <hr/> <p>REI 30</p>	<p>EI 30</p> <hr/> <p>EI 30</p>	<p>REI 60</p> <hr/> <p>REI 60</p>

Tabelle 7 Feuerwiderstände

Das Tragwerk hat eine Anforderung von R 60. Im Brandfall muss das Tragwerk 60 Minuten lang die Tragfähigkeit behalten.

Die brandabschnittsbildenden Geschossdecken und der vertikale Fluchtweg haben eine Anforderung von REI 60. Im Brandfall müssen diese Bauteile bezüglich Tragfähigkeit, Raumabschluss und Wärmedämmung für 60 Minuten ihre Funktion beibehalten.

Die brandabschnittsbildenden Wände und der horizontale Fluchtweg haben eine Anforderung von EI 30. Im Brandfall müssen diese Bauteile bezüglich Raumabschluss und Wärmedämmung für 30 Minuten ihre Funktion beibehalten.

R = Tragfähigkeit (Résistance)

E = Raumabschluss (Étanchéité)

I = Wärmedämmung (Isolation)

60/30 = Zeiteinheit in Minuten

Für die Betonbauteile muss die SIA-Norm 262 eingehalten werden. Beton ist im Brandfall ein geeignetes Material. Stahl hingegen verliert bei hohen Temperaturen sehr schnell seine Festigkeit. Deshalb ist es wichtig, den Stahl mit genügend Beton zu schützen. Der Beton kann jedoch durch die Erwärmung abplatzen. Deshalb ist eine genügend dicke Bewehrungsüberdeckung wichtig. Die Bewehrungsüberdeckung gilt auch für Durchstanzdübel und sonstige Stahlbauteile.

Anhand dieser Tabelle können die minimalen Bewehrungsüberdeckungen und Bauteilabmessungen bestimmt werden.

Feuerwiderstandsklasse	Minimale Bewehrungsüberdeckung [mm]	Minimale Bauteilabmessungen [mm]					
		Stützen	Wände	Platten	Pilzdecken	Flachdecken	Unterzüge Stegbreite
R 30	20	150	120	60	150	150	100
R 60	20	200	140	80	150	200	150
R 90	30	240	170	100	150	200	200

Tabelle 8 minimale Bewehrungsüberdeckungen und Bauteilabmessungen

Bei vorfabrizierten Stützen ist darauf zu achten, dies bei zertifizierten Herstellern ausführen zu lassen und auch entsprechend den Brandschutz zu kontrollieren.

Beim Mauerwerk ist eine Mindestwanddicke einzuhalten, welche aus folgender Tabelle der SIA-Norm 266 zu entnehmen ist.

Bauteil	Mauerwerksart	Feuerwiderstandsdauer in Minuten					
		30	60	90	120	180	240
Tragend, nicht raumabschliessend, R	MB, MBL	115	125	175	250	300	350
		115	115	125	150	200	250
	MC, MCL	150	175	200	225	250	300
		125	150	175	200	225	275
MK	115	125	150	175	225	275	
	115	115	125	150	200	250	
MP, MPL	115	125	150	175	200	250	
	115	115	125	150	175	200	
Tragend, raumabschliessend, REI	MB, MBL	115	115	150	175	225	275
		115	115	115	125	175	225
	MC, MCL	125	150	150	175	200	250
		115	115	125	150	175	225
MK	115	115	125	150	200	250	
	115	115	115	125	175	225	
MP, MPL	115	115	125	150	175	225	
	115	115	115	125	150	200	
Unbelastet, raumabschliessend, EI	MB, MBL	60	100	115	125	175	200
		50	60	75	100	150	175
	MC, MCL	75	75	100	115	150	175
		50	50	75	100	115	150
MK	75	100	125	150	175	200	
	50	75	100	125	150	175	
MP, MPL	75	75	100	115	125	150	
	50	50	75	100	115	125	

Tabelle 9 Mindestwanddicken

15. Probleme während dem Bau

15.1 Fehlerhafter Beton

Das Betonwerk lieferte fehlerhaften Beton auf die Baustelle. Leider wurde der Fehler erst bemerkt, als der Grossteil des Betons bereits in die Schalung gegossen war. Dem Kranführer ist aufgefallen, dass etwas mit dem Beton nicht stimmen kann. Auf Nachfrage beim Betonwerk wurden seine Vermutungen bestätigt. Es stellte sich heraus, dass ein Fehler im System zu einer unzureichenden Menge Zement im Beton geführt hatte. Laut Hochrechnung des Betonwerks würde der Beton nur eine Festigkeit von 12 N/mm^2 erreichen anstelle der geforderten 25 N/mm^2 .

Der fehlerhafte Beton wurde bei der Liftunterfahrt im Haus Hug, einer Innenwand und einer Liftwand im Untergeschoss von Haus 2, sowie einer Aussenwand der Tiefgarage A eingebaut. Es wurde beschlossen, fünf Kernbohrungen zu entnehmen und diese im Labor testen zu lassen. Die Bohrungen wurden alle an der Innenwand von Haus 2 vorgenommen, da dort ohnehin Kernbohrungen für die Haustechnik benötigt wurden. Die Bohrkerne mussten einen Durchmesser von 80 mm aufweisen und wurden 28 Tage nach dem Betonieren im Labor geprüft.

Als die Prüfergebnisse eintrafen, waren wir sehr überrascht: Der Beton hatte im Durchschnitt nur eine Festigkeit von $4,8 \text{ N/mm}^2$.

Die Liftunterfahrt ist zum Glück klein und statisch nur wenig belastet. Um die Wasserdichtigkeit dennoch gewährleisten zu können, wurde diese nachträglich von innen abgedichtet.

In der Nähe der Innenwand und der Liftwand vom Haus 2 sind weitere Betonwände, welche die Lasten aufnehmen können. Somit mussten keine weiteren Massnahmen getroffen werden.

Die betroffene Etappe der Aussenwand war glücklicherweise nicht sehr lang und muss nur die Last der Auffüllung tragen. Zudem befindet sich eine Stütze in unmittelbarer Nähe. Auch hier wurde zur Sicherstellung der Wasserdichtigkeit eine schwarze Abdichtung angebracht.



Abbildung 14 Drohnfoto (Architekt)

16. Schlusswort

16.1 Reflexion

Die Diplomarbeit war für mich eine äusserst bereichernde Erfahrung. Besonders schätze ich, dass ich viele Aspekte des Projekts eigenständig erarbeiten konnte. Am spannendsten war für mich die Erstellung des Leistungsverzeichnisses sowie die Berechnung der Statik der Decke, da ich dies zum ersten Mal durchführen durfte. Es war auch eine hilfreiche Erfahrung, mitzubekommen, welche Probleme auf der Baustelle immer wieder auftreten können. Auch die zahlreichen kurzfristigen Änderungen der verschiedenen Projektbeteiligten konnten erfolgreich eingearbeitet werden. Meine grössten Bedenken waren, dass ich den Terminplan nicht einhalten kann und am Ende ein Zeitproblem haben werde. Dadurch, dass der Terminplan sehr detailliert war und ich genügend Reserve eingeplant hatte, waren diese Bedenken zum Glück nicht berechtigt.

Meine Erfolgskriterien wurden alle erfüllt. Das Projekt verlief grösstenteils ohne Probleme, und der Zeitplan konnte weitgehend eingehalten werden. Meine statischen Berechnungen hätten ebenfalls genutzt werden können. Bislang wurden keine Nachträge vom Unternehmer gestellt, allerdings ist das Projekt noch nicht vollständig abgeschlossen. Ich freue mich nun darauf, das in dieser Arbeit erworbene Wissen in vielen weiteren Projekten anwenden zu können.

16.2 Danksagung

Ich möchte mich herzlich bei meinem Diplomcoach Marcel Aubert und der Firma WBI AG, insbesondere Diego Garcia für die Unterstützung während der Diplomarbeit bedanken. Auch bedanken möchte ich mich bei meinen Eltern, welche meine Arbeit auf Rechtschreibung und Grammatik korrekturgelesen haben.

16.3 Eigenständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich, Alessia Schwyn, die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer, als der im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe.

Sämtliche Hilfsmittel, Informationsquellen, Zitate, Texte und Bilder anderer, wurden mit der Angabe der Quelle im Quellenverzeichnis und Abbildungsverzeichnis kenntlich gemacht. Diese Projektarbeit ist noch nicht veröffentlicht worden. Sie ist somit weder anderen Interessenten zugänglich gemacht, noch einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt worden.

Neunkirch, 22.10.2024



Alessia Schwyn

17. Quellenangaben

17.1 Literaturverzeichnis

TEKO Tragkonstruktionen Stahlbetonbau 2023, Gerhard Kurmann
TEKO Stahlbetonbau, Marcel Aubert
ORSO-V, Leviat AG
Ovale Stützen Parcova, SACAC AG
Debrunner Acifer Bewehrungen
PohlCon AG
Brandschutzrichtlinie, VKF
Erdbebengerechter Entwurf von Hochbauten, BWG
SIA 262, Betonbau
SIA 266, Mauerwerk
SIA 261, Einwirkungen auf Tragwerke
TEKO Ingenieur Holzbau 2013, Martin Wiederkehr
TEKO Tragkonstruktionen Holzbau, Gerhard Kurmann

17.2 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1 Grundriss Untergeschoss (Architekt)	8
Abbildung 2 Grundrisse Haus Hug (Architekt)	9
Abbildung 3 Statikmodell (Ingenieur)	15
Abbildung 4 Platteneinteilung (eigene Darstellung)	19
Abbildung 5 Platte Nr. 6 (TEKO Tragkonstruktionen Stahlbetonbau 2023)	19
Abbildung 6 Auszug Statikprogramm (Ingenieur)	21
Abbildung 7 Auszug Statikprogramm (Ingenieur)	21
Abbildung 8 Bewehrungsanschluss (eigene Aufnahme)	22
Abbildung 9 Durchstanzbewehrung (eigene Aufnahme)	23
Abbildung 10 Aufbau Holzdecke (eigene Darstellung)	25
Abbildung 11 Decke UG 6.Et (eigene Aufnahme)	28
Abbildung 12 Decke UG 1.Et (eigene Aufnahme)	28
Abbildung 13 Decke UG 7.Et (eigene Aufnahme)	28
Abbildung 14 Drohnfoto (Architekt)	32
Tabelle 1 Betonsorten	12
Tabelle 2 Expositionsklassen	13
Tabelle 3 Material und Kennwerte	18
Tabelle 4 Nutzlastkategorien	18
Tabelle 5 Querschnittsflächen	20
Tabelle 6 Maximale Spannweiten bei Balkenlage	26
Tabelle 7 Feuerwiderstände	30
Tabelle 8 minimale Bewehrungsüberdeckungen und Bauteilabmessungen	31
Tabelle 9 Mindestwanddicken	31

18. Anhang

- Themeneingabe
- Protokolle Gespräch mit dem Diplomcoach
- Statische Berechnungen 1. OG Haus Hug
- Arbeitsrapport
- Leistungsverzeichnis
- Schalungs- und Bewehrungspläne Untergeschoss
- Schalungs- und Bewehrungspläne Haus Hug (inkl. Eisenliste Decke 1. OG)