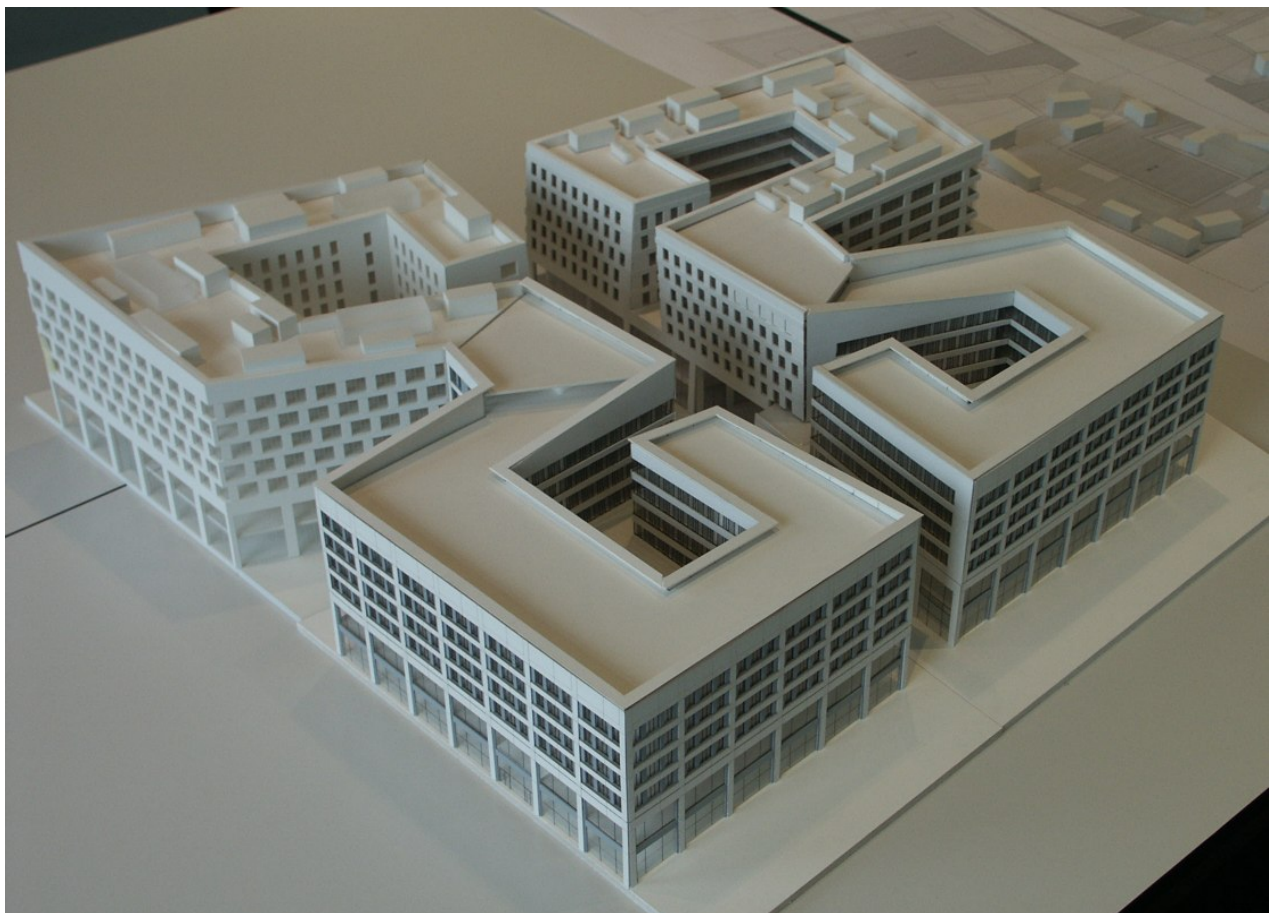


Bericht zur FMEA-Sitzung im Teilprojekt WTM

Ein zentrales Element der Tragwerk-FMEA ist die Team-Sitzung, in welcher der Tragwerksentwurf vom Entwerfer vorgestellt und von den Beteiligten kritisch durchgesprochen und bewertet wird. Der vorliegende Bericht fasst nach einer Einleitung zu dem im Teilprojekt der WTM Engineers GmbH betrachteten Bauvorhaben den Verlauf und die Ergebnisse der FMEA-Sitzung zusammen.

Projekt

Das von der WTM Engineers GmbH betrachtete Projekt besteht aus dem mehrgeschossigen Büro- und Geschäftshauskomplex SPV 17-20 in der Hafencity Hamburg.



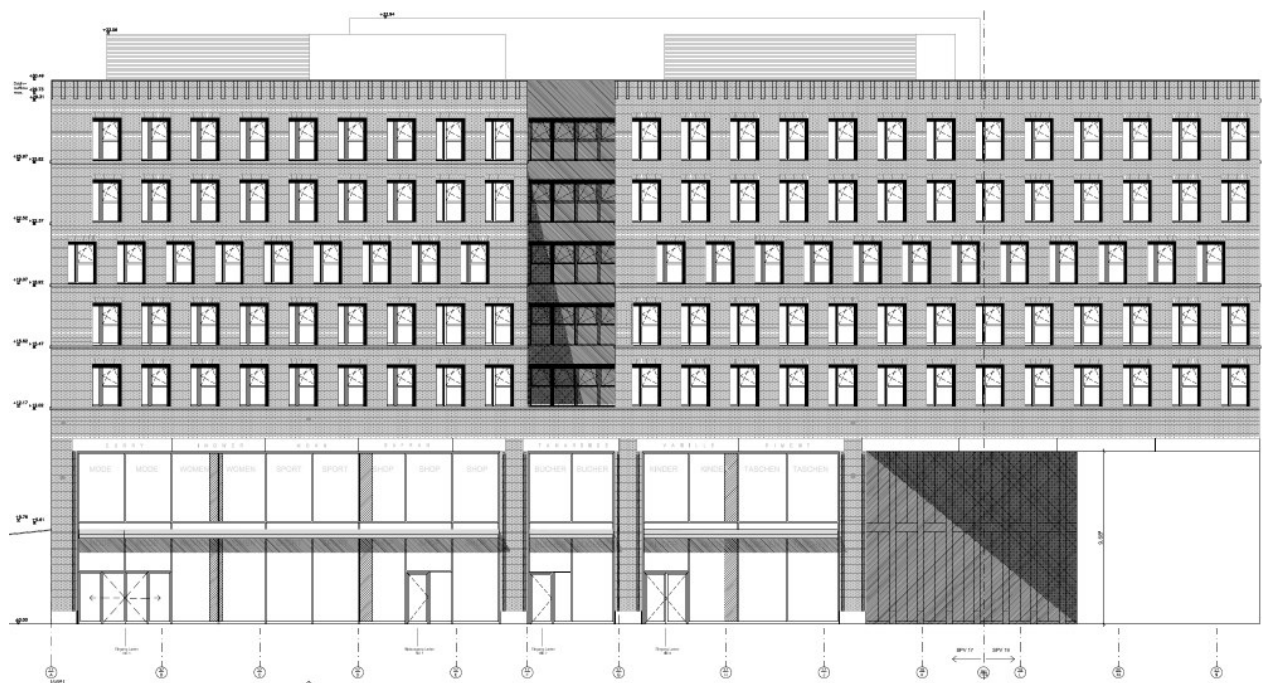
Das auf einer separat geplanten Tiefgarage errichtete siebengeschossige Gebäudeensemble besteht aus vier einzelnen Baukörpern, die jeweils als fugenloser Stahlbetonskelettbau konzipiert sind. In den Bürogeschossen 2. OG bis 6. OG sind die Baukörper 17 und 19 sowie 18 und 20 durch brückenartige Konstruktionen miteinander verbunden, die über dem 1. OG abgefangen werden.

Die vertikale Aussteifung der Gebäude erfolgt durch die Stahlbetonwandscheiben der Treppenhaus- und Aufzugskerne. Die aussteifenden Bauteile werden in der Regel bis auf die Pfahlgründung geführt. Alle tragenden Innenwände werden aus Stahlbeton hergestellt.

In den Bürogeschossen kommen Stahlbetonflachdecken zum Einsatz, in den Retailgeschossen aufgrund der großen Spannweiten Stahlbetonbalkendecken. Das Tragwerksraster in den unteren beiden Geschossen (EG und 1. OG) ist auf eine effektive Aufstellung der PKW-Stellplätze in der Tiefgarage sowie auf die Retailflächen ausgerichtet. Es beträgt 8,10 x 11,20 m. Für die unterzuglosen Bürogeschosse ist ein Wechsel des Tragwerksrasters auf ca. 5,40 bis 8,10 m vorgesehen. Oberhalb des 1. Obergeschosses ist eine Abfangebene mit bis zu 1,70 m hohen Unterzügen für die darüber liegenden Bürogeschosse geplant. Das Erdgeschoss erhält aus Flexibilitätsgründen Balkendecken mit bis zu 0,85 m Höhe.

Das Dachtragwerk, auf dem die Haustechnik platziert wird, besteht analog zu den Bürogeschossdecken aus punktgestützten Flachdecken aus Stahlbeton. Die Attika wird aus Stahlbeton hergestellt, um die Windkräfte der bis zu 3,2 m hohen Auskragungen aufnehmen zu können.

Die Außenwände sind im Bereich der Ladennutzung in großen Flächen verglast. Die Außenwände der Bürogeschosse ab dem 2. Obergeschoss bestehen aus tragenden Stahlbetonwandscheiben (Lochfassade) mit einer Vorsatzschale aus Ziegelmauerwerk bzw. einer Betonsteinverkleidung und sind teilweise geneigt. In Teilbereichen ist die Ausbildung der Außenwände als Stützenkonstruktion mit nicht tragenden Ausfachungen geplant.



Um die Stahlbetonstützen und Stahlbetonwände in ihren Abmessungen zu optimieren, werden hochwertige Betone eingesetzt. In den Retailgeschossen können auch Verbundstützen zum Einsatz gelangen, um ein Maximum an Verkaufsfläche zu erhalten.

FMEA-Sitzung

Auf der Grundlage zweier im Rahmen des Gesamtprojektes erstellter Diplomarbeiten wurde für das im Teilprojekt der WTM Engineers GmbH bearbeitete SPV 17-20 im Januar 2010 eine FMEA-Sitzung durchgeführt. In den Diplomarbeiten wurde anhand eines Referenzbeispiels eine einheitliche Methodik für die Tragwerk-FMEA, die unter Praxisbedingungen benutzt werden kann, entwickelt. Dabei lag das Augenmerk auf einer sinnvollen Organisation der FMEA-Sitzung, einer schnellen Erstellung der zusätzlich erforderlichen Unterlagen zur Durchführung der Tragwerk-FMEA sowie der Darstellung des ingenieurmäßigen Schlussfolgerns zur Bestimmung der Fehlerfolgen auf System- und Tragwerkebene. Diese Methodik sollte anschließend in einem tatsächlich in Planung befindlichen Projekt erprobt werden.

Die FMEA-Sitzung wurde kurz vor Abschluss der Leistungsphase 3 – Entwurfsplanung durchgeführt. Der Tragwerksentwurf war zu diesem Zeitpunkt in den wesentlichen Teilen vom Planungsteam durchgearbeitet und sollte im Zuge der Qualitätssicherung vor der Weitergabe an den Auftraggeber und die Fachplaner entsprechend geprüft werden. Als Unterlage für die Vorstellung des Tragwerksentwurfes dienten die Zeichnung des Architekten, in die handschriftlich die wesentlichen Konstruktionen eingetragen waren, sowie skizzenhafte Darstellungen besonderer Konstruktionsdetails. Vorgestellt wurde der Entwurf von der Projektleiterin und dem sie bei der Erstellung des Entwurfes unterstützenden Kollegen. Weitere Teilnehmer waren zwei erfahrene Ingenieure und ein Mitglied der Geschäftsleitung. Die Sitzung wurde in dem anhängenden Protokoll niedergeschrieben. Für die Dokumentation der Diskussionsergebnisse wurden die FMEA-Formblätter aus der Diplomarbeit von Herrn Liening verwendet. Die Bewertungskriterien zur Ermittlung der Risikoprioritätszahl werden ebenfalls der Diplomarbeit von Herrn Liening entnommen.

Aus der Diskussion während der FMEA-Sitzung ergeben sich für die Weiterentwicklung der Tragwerk-FMEA zwei wesentliche Fragestellungen.

- Wie lässt sich die Zuordnung der Bewertungskriterien, insbesondere für die Auftretenswahrscheinlichkeit und die Entdeckungswahrscheinlichkeit der Fehlerursache, die offensichtlich stark von der persönlichen Einschätzung jedes Teilnehmers abhängig sind, objektivieren?
- Wie können die in den Formblättern festgehaltenen Maßnahmen wirksam über alle Leistungsphasen bis zur Ausführung verfolgt werden?

Tragwerksentwurfsvorstellungen als kritische Durchsicht der entwickelten Entwürfe sind bei der WTM Engineers GmbH ein wesentlicher Bestandteil des Qualitäts-Management-Systems. Die in den oben erwähnten Diplomarbeiten entwickelte Methodik kann in jedem Falle dazu dienen, diese Qualitätssicherungsmaßnahme besser zu strukturieren und zu dokumentieren.

FMEA-Sitzungs-Protokoll

Projekt	SPV 17-20	
Projektnummer	10750	
Datum	13.01.2010 09:00 – 11:00	
Teilnehmer	Frau Dr.-Ing. Thiesemann	Projektleiterin
	Frau Dipl.-Ing. Luft	erfahrene Ingenieurin
	Herr Dipl.-Ing. Schöne	Aufsteller
	Herr Dipl.-Ing. Lüdders	erfahrener Ingenieur
	Herr Dr.-Ing. Steffens	Geschäftsleitung

Einführung

Frau Dr. Thiesemann stellt zu Beginn der Besprechung in kurzer Form die Grundsätze der FMEA, die Ziele des Forschungsprojekts sowie unsere Erwartungen an diese FMEA-Sitzung vor.

Projektvorstellung

Nach einer kurzen Einführung in die Rahmenbedingungen des Gesamtprojektes stellen Frau Dr. Thiesemann und Herr Schöne die wesentlichen Konstruktionen des Projektes vor. Als Grundlage dienen die aktuellen Architektenpläne, Architektenpläne älteren Datums mit handschriftlichen Eintragungen der Konstruktionen sowie skizzenhafte Darstellungen besonderer Konstruktionsdetails.

Diskussion

Im Zuge der Projektvorstellung werden die folgenden Konstruktionen als kritisch herausgegriffen und diskutiert:

- Technik-Einhausung Erfassung der Lasten aus den Technik-Fundamenten, Abhängigkeit von der Wahl der Abdichtungsvarianten (Durchdringung der Abdichtungsschicht für Sogsicherung, WU-Dach, Umkehrdach)
- Flachdecken in Bezug auf die Deckendurchbiegungen kritisch, Randeinspannung in Randstützen und Kernwände angesetzt, Betonkernaktivierung: kritisch im Durchstanzbereich, häufig erst spät große Aussparungen für Einfädung durch Haustechnikplaner
- Randunterzüge häufig Querschnittsschwächung im Zuge der Ausführungsplanung z.B. durch Aussparungen für Sonnenschutz

-
- Unterzüge der Abfangebene durch Haustechnikplaner spät geplante Durchbrüche, Probleme der Ausführbarkeit
 - Gebäudebrücke Übergang Brücke – Gebäude kritisch, Auflagersituation auf filigranen Randstützen, Betrachtung des Gesamtsystems erforderlich
 - Stützen Auführungsfehler, Setzungsdifferenzen
 - Schnittstelle Unterzug – Stütze Torsion durch Exzentrizitäten

Im Anschluss an die Diskussion werden die herausgearbeiteten kritischen Bauteile und die Empfehlungen für das weitere Vorgehen in die FMEA-Formblätter aus der Diplomarbeit von Herrn Liening übertragen. Die Bewertungskriterien zur Ermittlung der Risikoprioritätszahl werden ebenfalls der Diplomarbeit von Herrn Liening entnommen. Schwierig gestaltet sich dabei die Zuordnung der Bewertungskriterien, insbesondere für die Auftretenswahrscheinlichkeit und die Entdeckungswahrscheinlichkeit der Fehlerursache. Diese sind offensichtlich stark von der persönlichen Einschätzung jeden Teilnehmers abhängig. Allerdings kann davon ausgegangen werden, dass sich die Einschätzung im Laufe mehrerer FMEA-Sitzungen schärft. Abschließend wird überlegt, wie die in den Formblättern festgehaltenen Maßnahmen wirksam über alle Leistungsphasen bis zur Ausführung verfolgt werden können. Zwingend erforderlich ist die Weitergabe insbesondere an die Konstrukteure, die mit der Erstellung der Planunterlagen betraut sind sowie alle neu zu dem Projekt stoßenden Kollegen.

FMEA - Formblatt

Bauteil: Randunterzüge	Erstellt von: M. Luft	Proj.-Nr: 10750
Funktion: tragend	Erstellt am: 15.01.2010	
Bauteilkategorie: IV		

Bewertungskriterien:

(A) Auftretenswahrscheinlichkeit der Fehlerursache

(B) Bedeutung der Fehlerfolge

(E) Entdeckungswahrscheinlichkeit der Fehlerursache

(RPZ) Risikoprioritätszahl = A x B x E

Fehler - Art	Fehler - Ursache	Verhütungs- maßnahmen	A	Fehler - Folge	B	Entdeckungs- maßnahme	E	RPZ	Empfohlene Maßnahme	Verantwortlicher Termin
der anfangs eingeplante und für die Statik angesetzte Querschnitt der Randunterzüge wird z.B. durch Fassadenanschlüsse oder sonstige Umplanungen von Architekt oder Fachplanern reduziert, ohne dass dies bemerkt wird	Unterschied zwischen theoret. Berechnung und Ausführung	in Berechnung geringeren Querschnitt ansetzen	4	geringere Tragfähigkeit als in Berechnung angenommen	2	Absprache bei Ausführungsplanung	2	16	möglichst frühzeitig Ausführungspraxis in die Überlegungen einbeziehen bzw. Ausführungsplaner frühzeitig einbeziehen	Projektleiter
		zusätzliche Bewehrung einlegen				Kontrolle der Pläne				
	Umplanungen durch Fachplaner, z.B.: Fassadenplaner	Fassadenplaner gut überwachen								

FMEA - Formblatt

Bauteil: Unterzüge Abfangebene	Erstellt von: M. Luft	Proj.-Nr: 10750
Funktion:	Erstellt am: 15.01.2010	
	Bauteilkategorie: III	

Bewertungskriterien:

(A) Auftretenswahrscheinlichkeit der Fehlerursache

(B) Bedeutung der Fehlerfolge

(E) Entdeckungswahrscheinlichkeit der Fehlerursache

(RPZ) Risikoprioritätszahl = A x B x E

Fehler - Art	Fehler - Ursache	Verhütungsmaßnahmen	A	Fehler - Folge	B	Entdeckungsmaßnahme	E	RPZ	Empfohlene Maßnahme	Verantwortlicher Termin
Veränderung der Geometrie der Kerne durch den Architekten, dadurch Entfallen des zunächst eingeplanten Auflagers für den Unterzug, bzw. geometrische Änderungen, die dazu führen, dass die Bewehrung aus den Abfang-Unterzügen nicht auf die Wandecken des Treppenhauses geführt werden kann.	Umplanungen des Architekten nicht sorgfältig überwacht; mangelnde Kommunikation zwischen Architekt und Tragwerksplaner	Plankontrolle, Besprechungen	3	Unterzug hat kein Auflager System funktioniert nicht	3	Plankontrolle	1	9	Entwurfspläne auf diese Bereiche prüfen	Projektleiter
	Hinzukommen von zunächst unvorhergesehenen Haustechnikdurchbrüchen im Auflagerbereich; mangelnde Absprache zwischen Haustechnikplaner und Tragwerksplaner	Plankontrolle, Besprechungen		Auflagerpunkt ist geschwächt oder Bereich kann gar nicht mehr als Auflager herangezogen werden → System funktioniert nicht		Plankontrolle				
	Ausführbarkeit bei Aufstellen der Statik nicht berücksichtigt	kritische Details schon im Entwurf identifizieren und betrachten			Übergangspunkt nicht ausführbar		Überprüfung von kritischen Bereichen			Projektleiter, Bearbeiter der Statik

FMEA - Formblatt

Bauteil: Stützen	Erstellt von: M. Luft	Proj.-Nr: 10750
Funktion:	Erstellt am: 15.01.2010	
Bauteilkategorie: III		

Bewertungskriterien:

(A) Auftretenswahrscheinlichkeit der Fehlerursache

(B) Bedeutung der Fehlerfolge

(E) Entdeckungswahrscheinlichkeit der Fehlerursache

(RPZ) Risikoprioritätszahl = A x B x E

Fehler - Art	Fehler - Ursache	Verhütungs- maßnahmen	A	Fehler - Folge	B	Entdeckungs- maßnahme	E	RPZ	Empfohlene Maßnahme	Verantwortlicher Termin
Ausfall	Ausführungsfehler	Bauüberwachung	1	höhere Deckendurch- biegung	3	ständige Überwachung der Ausführung	2	6	kritische Stützen identifizieren; Bauteilausfall rechnen	Projektleiter
				Überlastung von Nachbarstützen						
Nachgeben	Setzung des Baugrundes; Baugrundgutachten nicht beachtet oder im Gutachten selbst ist ein Fehler	Baugrundgutachten beachten		es stellen sich in den darüber liegenden Geschossen andere Lastpfade ein als berechnet						

