

**Technisch-wirtschaftlicher Vergleich
unterschiedlicher Tragsysteme und Werkstoffe
am Beispiel eines Schulneubaues**

Diplomarbeit

im Studiengang Bauingenieurwesen
des Fachbereichs Bauwesen

an der

HTWK Leipzig
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur (FH)

Pascal Weixelbraun

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Klaus Holschemacher
Zweitprüfer: Bmstr. DI. Dietmar Hudritsch

Salzburg, 2011

I. Kurzfassung

Die nachfolgende Diplomarbeit untersucht anhand technisch-wirtschaftlicher Aspekte die Umsetzungsmöglichkeiten bei der Errichtung eines Schulneubaues in Salzburg. Untersucht wurden verschiedenste Bauweisen mit unterschiedlichen Werkstoffen. Geometrische Grundlage der Berechnungen war die Ausführungsplanung des Architekten. Es wurde versucht, möglichst wenig von diesen planlichen Vorgaben abzurücken. Alle Varianten wurden nach den gültigen Eurocodes berechnet. Bei den Varianten handelt es sich um Bauwerkstypen mit den Werkstoffen Stahlbeton, Stahl und Holz, sowie einer Variante in Verbundbauweise. Als Tragwerkstypen wurden punktgestützte Ortbetonplatten, eine fast idente Version mit optimierter Stützenstellung, Stahlrahmen mit Fertigteildecken sowie Holzdecken, eine Verbundträgervariante sowie zwei Varianten in Fertigteilbauweise in Holz bzw. Beton untersucht. Das Augenmerk der Untersuchung wurde auf das Deckensystem selbst gelegt. Bauteile, die in allen Varianten errichtet hätten werden müssen, wurden nicht untersucht, da diese als Fixkosten einzustufen sind. Bei diesen Bauteilen handelt es sich um das Kellergeschoß inkl. Fundierung, sowie Tiefgründung, die Decke über KG, die drei Stiegenhäuser, die Liftanlage, sowie mehrere Wandscheiben. Die Stiegenhäuser, die Liftanlage, sowie die Wandscheiben werden zur Ableitung der horizontalen Lasten - Windlasten - herangezogen.

Das Ergebnis der Arbeit soll die Grenzen der einzelnen Baustoffe und Bauweisen aufzeigen. Im Detail werden die Varianten rein technischen (a), wirtschaftlichen (b) und terminlichen (c) Aspekten, sowie einem zusammenfassenden Vergleich (a-c) unterzogen.

Eine Reihung nach obigen Aspekten wird vorgenommen.

II. Abstract

The following thesis investigates different types of construction for a new school building in Salzburg, with regard to technical and economic aspects. Different types of construction methods and materials are examined. A detailed architectural plan served as the basis for all calculations and considerations. The requirements were followed as closely as possible with as little deviation as possible. Each variant was calculated in adherence with the respective valid Eurocodes. The variants include the following construction methods and materials: reinforced concrete, steel and wood, as well as one composite construction variant. The following structural support types are examined: point-supported in-situ concrete slabs, an almost identical variant with optimised support placement, steel frames with pre-cast concrete ceiling slabs as well as wood ceilings, a composite carrier variant and two further pre-fabricated variants using wood and concrete respectively. The main focus of the investigation is the ceiling system. Universal components, which would have featured in every variant, were not examined, as these are considered to be fixed costs. These components comprise the basement including the basement foundation and deep foundation, the basement ceiling, the three staircases, the elevator system as well as numerous wall plates. The staircases, the lift system and wall plates are used to derive the horizontal loads (wind loads).

The thesis aims to identify the limits of the construction materials and methods that were examined. The variants are examined with regard to technical (a), economic (b) and scheduling (c) aspects and are subjected to a comprehensive comparison (a-c).

A ranking is created according to the aforementioned aspects.

III. Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| I. KURZFASSUNG | 1 |
| II. ABSTRACT | 2 |
| III. INHALTSVERZEICHNIS | 3 |
| 1. VORWORT | 6 |
| 2. ÜBERBLICK | 7 |
| 3. PROJEKTPLANUNG | 9 |
| 3.1 ZIEL DES PROJEKTES | 9 |
| 3.2 NICHTZIELE | 9 |
| 3.3 GEPLANTE HERANGEHENSWEISE | 9 |
| 3.4 IDEALISIERUNGEN UND ANNAHMEN | 10 |
| 3.5 ZEITPLAN | 10 |
| 4. PROJEKTDURCHFÜHRUNG | 12 |
| 4.1 AUSARBEITUNG DES PROJEKTES | 12 |
| 4.2 ERARBEITEN DER NORMUNG | 13 |
| 4.3 VARIANTE I, PUNKTGESTÜTZTE FLACHDECKE, STÜTZENRASTER 6,00M | 15 |
| 4.3.1 BESCHREIBUNG DER VARIANTE I | 15 |
| 4.3.2 WERKSTOFFE, EIGENSCHAFTEN, ANFORDERUNGEN UND LASTANNAHMEN | 16 |
| 4.3.3 AUSWERTUNG DER STATISCHEN BERECHNUNG | 20 |
| 4.3.4 KALKULATION | 23 |
| 4.3.5 VOR- UND NACHTEILE VARIANTE I | 26 |
| 4.4 VARIANTE II, PUNKTGESTÜTZTE FLACHDECKE „OPTIMIERTER STÜTZENRASTER“ | 27 |
| 4.4.1 BESCHREIBUNG DER VARIANTE II | 27 |
| 4.4.2 WERKSTOFF, EIGENSCHAFTEN, ANFORDERUNGEN UND LASTANNAHMEN | 28 |
| 4.4.3 AUSWERTUNG DER STATISCHEN BERECHNUNG | 30 |
| 4.4.4 KALKULATION | 34 |
| 4.4.5 VOR- UND NACHTEILE VARIANTE II | 37 |

| | |
|--|------------|
| 4.5 VARIANTE III, ABFANGKONSTRUKTIONEN „ARCH. OPTIMIERUNG“ | 38 |
| 4.5.1 BESCHREIBUNG DER VARIANTE III | 38 |
| 4.5.2 WERKSTOFFE, EIGENSCHAFTEN, ANFORDERUNGEN UND LASTANNAHMEN | 40 |
| 4.5.3 AUSWERTUNG DER STATISCHEN BERECHNUNG | 43 |
| 4.5.4 KALKULATION | 61 |
| 4.5.5 VOR- UND NACHTEILE VARIANTE III | 73 |
| 4.6 VARIANTE IV, VERBUNDTRÄGER, E= 9,00M, MIT FERTIGTEILDECKEN | 74 |
| 4.6.1 BESCHREIBUNG DER VARIANTE IV | 74 |
| 4.6.2 WERKSTOFFE, EIGENSCHAFTEN, ANFORDERUNGEN UND LASTANNAHMEN | 75 |
| 4.6.3 AUSWERTUNG DER STATISCHEN BERECHNUNG | 78 |
| 4.6.4 KALKULATION | 85 |
| 4.6.5 VOR- UND NACHTEILE VARIANTE IV | 89 |
| 4.7 VARIANTE V, STAHLRAHMEN, E= 9,00M, MIT FERTIGTEILDECKEN | 90 |
| 4.7.1 BESCHREIBUNG DER VARIANTE V | 90 |
| 4.7.2 WERKSTOFFE, EIGENSCHAFTEN, ANFORDERUNGEN UND LASTANNAHMEN | 92 |
| 4.7.3 AUSWERTUNG DER STATISCHEN BERECHNUNG | 95 |
| 4.7.4 KALKULATION | 101 |
| 4.7.5 VOR- UND NACHTEILE VARIANTE V | 103 |
| 4.8 VARIANTE VI, STAHLRAHMEN, E= 4,00M, MIT HOLZDECKEN | 104 |
| 4.8.1 BESCHREIBUNG DER VARIANTE VI | 104 |
| 4.8.2 WERKSTOFFE, EIGENSCHAFTEN, ANFORDERUNGEN UND LASTANNAHMEN | 106 |
| 4.8.3 AUSWERTUNG DER STATISCHEN BERECHNUNG | 109 |
| 4.8.4 KALKULATION | 116 |
| 4.8.5 VOR- UND NACHTEILE VARIANTE VI | 118 |
| 4.9 VARIANTE VII, FERTIGTEILBAUWEISEN, HOLZ-HOLZ BZW. BETON-BETON | 119 |
| 4.9.1 BESCHREIBUNG DER VARIANTE VII | 119 |
| 4.9.2 WERKSTOFFE, EIGENSCHAFTEN, ANFORDERUNGEN UND LASTANNAHMEN | 120 |
| 4.9.3 AUSWERTUNG DER STATISCHEN BERECHNUNG | 122 |
| 4.9.4 KALKULATION | 127 |
| 4.9.5 VOR- UND NACHTEILE VARIANTE VII | 131 |
| 5. PROJEKTERGEBNIS | 132 |
| 5.1 VARIANTENVERGLEICH | 132 |
| 5.1.1 ABGRENZUNG DER VERGLEICHBARKEIT | 132 |
| 5.1.2 AUSSAGEGENAUIGKEIT | 132 |
| 5.1.3 PROBLEMATIK | 132 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 5.2 | VERGLEICH AUS REIN TECHNISCHER SICHT | 133 |
| 5.3 | VERGLEICH AUS WIRTSCHAFTLICHER SICHT | 134 |
| 5.4 | VERGLEICH HINSICHTLICH OPTISCHEM ERSCHEINUNGSBILD | 135 |
| 5.5 | VERGLEICH HINSICHTLICH DEM MÖGLICHEN FERTIGSTELLUNGSTERMIN | 136 |
| 5.6 | KOMPLETTER VERGLEICH | 137 |
| 6. | <u>PERSÖNLICHE ERFAHRUNG</u> | 138 |
| 7. | <u>DANKSAGUNG</u> | 140 |
| 8. | <u>LITERATURVERZEICHNIS</u> | 141 |
| 9. | <u>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</u> | 142 |
| 10. | <u>TABELLENVERZEICHNIS</u> | 144 |
| 11. | <u>ANHANG</u> | 145 |

1. Vorwort

Die Idee der Arbeit kam aus der Praxis. Im Zuge des Konstruktionsentwurfes stellte sich die Frage, mit welcher Bauweise und mit welchem Werkstoff man das geplante Bauvorhaben am besten umsetzen könne. Aus diesem Grund wurde versucht, mehrere Varianten zu konzipieren. Aufgrund des doch relativ engen Terminplanes und der Kostenvorgabe seitens des Projektmanagements wurde das Bauvorhaben schlussendlich in Stahlbeton, punktgestützte Ortbetondecken mit umlaufenden Randüberzügen, realisiert.

Die seitens des Statikers vorgeschlagenen Varianten wurden verworfen. Aus meiner Sicht hätte man im Sinne des Bauvorhabens jedoch weitere Varianten untersuchen sollen und eventuell bessere Ausführungsvarianten ausarbeiten sollen. Aus diesem Grund habe ich mich entschlossen, meine Diplomarbeit diesem Thema zu widmen.

Ein weiterer nicht vernachlässigbarer Punkt war das Siegerprojekt des Architektur-Wettbewerbes. In diesem plante der Architekt eine massive nördliche Auskragung - 28,50m - mit nur sehr wenigen Unterstützungen. Weiters war der Grundgedanke des Architekten, die Ostfassade ebenfalls nur auf sehr wenigen oder gar keinen Stützen aufzulagern. Diese beiden architektonischen Punkte wurden in einer der vielen Berechnungen untersucht. Die hierfür aufzuwendenden Zusatzkosten werden in dieser Variante ermittelt und aufgezeigt.

Das Resultat der Arbeit soll eine Gegenüberstellung verschiedenster Bauweisen und Werkstoffe sein, aus welcher man die jeweiligen Grenzen dieser ersehen kann und diese gegebenenfalls bei neu zu errichtenden Bauvorhaben umlegen kann.