

Ökologische und ökonomische Potentiale punktgestützter Flachdecken im Betonbau

Daniel Weirather, BSc

Betreuer/in: assoz. Prof. Dipl.-Ing. Dr. sc. ETHZ Florian Gschösser
Arbeitsbereich für Baumanagement, Baubetrieb und Tunnelbau

Universität Innsbruck

ibt@uibk.ac.at | www.uibk.ac.at/ibt

KURZFASSUNG: Diese Masterarbeit liefert Erkenntnisse über einen nachhaltigen Einsatz von unterschiedlichen Betonfestigkeitsklassen für punktgestützte Flachdecken im Betonbau. Eine mögliche Ausführungsvariante ist es, massige Bauteilquerschnitte anzusetzen und dabei eine Betongüte von geringerer Festigkeitsklasse zu verwenden. Dadurch wird zwar mehr Beton verwendet, allerdings ist dieser pro Kubikmeter wirtschaftlich günstiger und hat bei gleicher Menge einen geringeren ökologischen Fußabdruck gegenüber höherfestem Beton. Das Pendant dazu ist die Verwendung von sehr schlanken Bauteilen mit einem hochfesten Beton. Welche der beiden Ausführungsvarianten hinsichtlich Ökologie und Ökonomie die attraktivere ist, stellt die zentrale Forschungsfrage dieser Masterarbeit dar.

SCHLAGWORTE: Ökologie, Ökonomie, Betonbau, punktgestützte Flachdecken

1 Einleitung

Die aktuelle Situation der zunehmenden globalen Klimaerwärmung stellt für die gesamte Weltbevölkerung nicht nur eine neue große Herausforderung dar, sondern verlangt gleichzeitig auch ein schnelles und aktives Handeln aller Wirtschafts- und Lebensbereiche. Die globalen Ziele der Klimaneutralität bis 2050 fordern somit eine erhebliche Reduzierung der klimaschädigenden Treibhausgase ein [1]. Speziell der Bausektor verursacht dabei einen signifikanten Anteil an den weltweiten energiebedingten CO₂-Emissionen und trägt somit wesentlich zur Klimaerwärmung bei [2]. Deshalb ist die Bauindustrie gefordert sich mit der Thematik der Nachhaltigkeit auseinander zu setzen, bestehende Herstellungsverfahren zu überdenken und die vorhandenen Baustoffe ressourcenschonend einzusetzen.

2 Anwendung am ATP-Projekt

Die Grundlagen für die Untersuchungen in dieser Masterarbeit bilden die Unterlagen eines integralen Projekts der ATP-Innsbruck. Es handelt sich dabei um ein Hochbauprojekt bestehend aus zwei Tiefgaragenebenen im Untergeschoss, einem 6-geschossigen Sockelbau mit vorwiegender Büronutzung und einem darauf aufbauenden 10-geschossigen Wohnturm mit abschließendem Technikgeschoss. Die Konstruktion soll als Skelettbau in Betonbauweise ausgeführt werden. Der Grundriss ist auf dem im Bürobau üblichen Rastermaß von 8,10 m x 8,10 m aufgebaut. In diesen Rasterpunkten wird die Flachdecke von quadratischen Betonstützen gelenkig gelagert. Die Gesamtfläche der Decke beträgt ca. 2575 m². Für die Untersuchungen wird ein Geschoss als unabhängige Decke betrachtet. Abb. 2-1 zeigt die Modellierung im Finite Elemente Methode Programm RFEM.

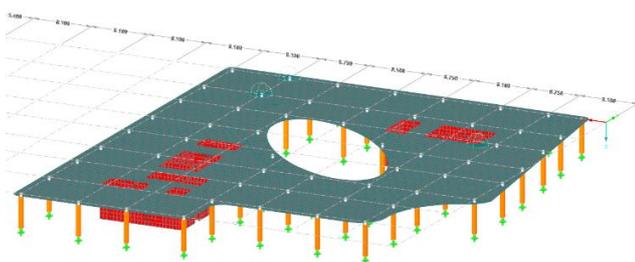


Abb. 2-1: Modellierung

2.1 Ökologische und Ökonomische Bewertung

Die Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit wird aus der erstellten Ökobilanz abgeleitet. Die Grundlagen der Berechnungen der CO₂-Emissionen beziehen sich auf die vom deutschen Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen zur Verfügung gestellten Datenbank „Ökobaudat“. Dazu werden die äquivalenten CO₂-Werte des Treibhauspotentials (GWP) herangezogen. In Abb. 2-2 sind die Lebenszyklusphasen nach ÖNORM EN 15978 dargestellt. Für den Variantenvergleich werden die Lebenszyklusphasen A1 bis A5 betrachtet. In den Phasen der Nutzung (B1-7) und Entsorgung (C1-4) wird eine Gleichheit der Abnutzung, Sanierungsmaßnahmen, Maß an Recyclingaufwand für alle Varianten angenommen und daher nicht in die Betrachtung aufgenommen.



Abb. 2-2: Lebenszyklusphasen [3, S. 23]

Zur Analyse der ökonomischen Aspekte werden die kostenrelevanten Faktoren berücksichtigt. Es handelt sich hierbei um keine vollständige Detailkalkulation. Die Kostengegenüberstellungen basieren auf Annahmen von Kennwerten aus den Leistungspositionen ähnlicher Referenzprojekte und über den Abgleich der aktuellen Listenpreise der Lieferanten. Für die Errichtung der Betondecken sind grundsätzlich die Kostenfaktoren aus Abb. 2-3 zu berücksichtigen. Aufgrund der Gleichheit der Grundrisse ergeben sich für die Schalflächen keine Unterschiede. Deshalb wird die Position Schalung nicht weiter erfasst.

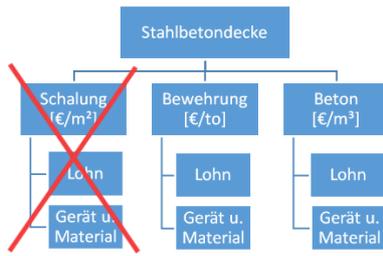


Abb. 2-3: Kalkulationsübersicht Betondecken

3 Ergebnisse

Der Verlauf der Treibhausgasemissionen über die steigende Druckfestigkeitsklasse des Betons zeigt eine globale Zunahme der Ergebniswerte. Referenziert auf die angedachte Ausführungsvariante (Deckenstärke 30cm; Betongüte C40/50) kann die Betondecke mit einer niederen Betonfestigkeit (C30/37) mit durchschnittlich ca. 10% geringeren Emissionen realisiert werden. Bei einer Erhöhung auf C50/60 steigen die Emissionen um ca. 10%. Die äquivalenten CO₂-Emissionen aller Varianten der Festigkeitsklasse C30/37 kommen unterhalb des kleinsten Wertes der Festigkeitsklasse C40/50 zu liegen. Dasselbe Erkenntnis liefert der Vergleich der Ergebnisse der Betongüte C40/50 mit C50/60. Dadurch ist eine stufenweise Zunahme der Werte außerhalb gleicher Festigkeitsklassen erkennbar.

Der Vergleich der ökonomischen Aspekte weist mit einer durchschnittlichen Abweichung von 2-4% geringere Differenzen auf als der ökologische Vergleich. Auch hier ist mit Ausnahme der Varianten 2.0 und 2.1 ein stufenweiser Anstieg über die Betonfestigkeitsklassen erkennbar. Diese beiden Varianten zeigen, dass eine Verlegung der erhöhten Bewehrungsbereiche bei ca. 50% der Randfelder zwar mit geringeren Emissionen, jedoch mit höheren Kosten verbunden ist. Damit sind auch Bewehrungsgrade bis zu 170 kg/m³ in den Randbereichen der Decke unproblematisch hinsichtlich Kosten und GWP. Der treibende Faktor ist somit die Festigkeitsklasse des Betons.

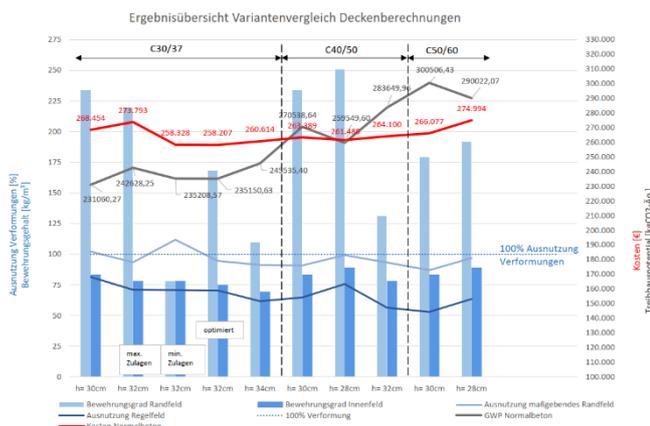


Abb. 3-1: Ergebnisübersicht Variantenvergleich

4 Fazit

Maßgebend bei der Dimensionierung der Parameter der Decken, ist die Einhaltung der Differenzverformungen in Feldmitte der Randbereiche. Die Menge, der aus der Biegebemessung erforderlichen Zulagen, verändert sich mit einer Variation der Deckenstärke nicht dahingehend, dass sich große Änderungen hinsichtlich der Zulagenbewehrung ergeben.

Ø10/15 ist in allen Varianten eine sinnvolle Bewehrungsangabe der Randfelder. Allerdings können damit die Grenzwerte der Verformungen in bestimmten Bereichen nicht eingehalten werden. Eine Erhöhung der Bewehrungszulagen verringert in diesen Bereichen die auftretenden Verformungen. Grundsätzlich zeigen die Ergebnisse, dass unabhängig der Deckenstärke und den Bewehrungszulagen die Summe der äquivalenten CO₂-Emissionen bei einer Erhöhung der Betongüte signifikant ansteigt. Hinzu kommt, dass ca. 80% des Treibhauspotentials der Geschossdecke dem Beton zuzuschreiben sind und der Stahl wenig Einfluss auf die äquivalenten CO₂-Emissionen hat. Der treibende Faktor ist somit die Festigkeitsklasse des Betons. Hinsichtlich der ökonomischen Aspekte sind mit durchschnittlich 2% Abweichung zur Referenzvariante, die Differenzen gering. Bewehrungsgrade bis zu 170kg/m³ in den Randbereichen der Decke sind deshalb unproblematisch hinsichtlich Kosten bzw. GWP.

5 Ausblick

Speziell die fortschreitende Standardisierung und Weiterentwicklung des aktuellen „CO₂-reduzierten Betons“ trägt maßgebend zur Reduzierung der entstehenden Treibhausgase bei. Umso stärker diese Emissionen des Betons sinken, desto größer wird die Relevanz der Stahlmengen für die GWP-Betrachtung bei punktgestützten Flachdecken.

Die angeführten ökonomischen Untersuchungen beruhen auf Annahmen von aktuellen marktüblichen Preisen 2023. Besonders die Stahlpreise unterlagen in den letzten Jahren aufgrund der Pandemie und den Kriegszuständen in Osteuropa sehr starken Schwankungen. Zudem kann die Politik und deren wegweisenden Entscheidungen im Hinblick auf die Klimaziele 2050 den Markt wesentlich beeinflussen. Eine Betrachtung zu einem späteren Zeitpunkt liefert unter Umständen aufgrund von geänderten Randbedingungen abweichende Ergebnisse.

6 Quellen

- [1] Paris Agreement, 2015.
- [2] United Nations Environment Programme, 2022 *Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*.
- [3] *Nachhaltigkeit von Bauwerken — Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden — Berechnungsmethode*, 15978, Austrian Standards Institute, Okt. 2012.