

# Zukunft Bau

## KURZBERICHT

---

### **Moderner Parkhausbau mit faserbewehrtem Ultrahochleistungsbeton (UHPFRC)**

Langfassung Titel:

Nachhaltiges Bauen mit vorgespannten Tragelementen aus ultrahochfestem Beton (UHPC); Anwendung für Parkhäuser

### **Anlass/ Ausgangslage**

---

Ultrahochfester faserbewehrter Beton birgt sowohl in wirtschaftlicher als auch in ökologischer Hinsicht große Potentiale für den Fertigteilbau. Mit Hilfe dieses innovativen Werkstoffs können gegenüber üblichen Betonbauweisen der Ressourcenverbrauch und die Eigenlasten deutlich reduziert werden, während sich gleichzeitig die Dauerhaftigkeit erhöht. Der Parkhausbau stellt somit ein ideales Anwendungsgebiet für den vielversprechenden Werkstoff dar.

### **Gegenstand des Forschungsvorhabens**

---

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde die Anwendung von ultrahochfestem Beton für Parkhäuser untersucht. Hierbei zeigte sich, dass der Parkhausbau ein ideales Anwendungsgebiet darstellt, um die Vorteile von ultrahochfestem faserbewehrtem Beton in der Baupraxis anzuwenden. Insbesondere durch die sehr guten Dauerhaftigkeitseigenschaften, den Verzicht auf konventionelle Bewehrung in vielen Bereichen, die Einsparung von Ressourcen und Eigengewicht durch die Möglichkeit sehr schlank zu bauen, sowie aufgrund der extrem hohen Tragfähigkeiten des neuartigen Materials UHPFRC, lässt sich der Werkstoff sehr effizient im Parkhausbau einsetzen. Nach der Erstellung eines Anforderungskatalogs für Parkhausssysteme, der in Zusammenarbeit mit dem Industriepartner Goldbeck angefertigt wurde, wurden detaillierte Variantenuntersuchungen zur Optimierung der Systemtopologie angestellt. Hierbei zeigte sich, dass ein aufgelöstes System aus filigranen, vorgespannten Längsträgern und dünnen, gerippten Deckenplatten eine hinsichtlich Tragverhalten, Wirtschaftlichkeit, Dauerhaftigkeit und Effizienz optimale Topologie darstellt. Für den Anschluss zwischen Längsträgern und Plattenelementen sind verschiedene Varianten möglich, die im Rahmen des Projektes untersucht wurden.

Anhand der durchgeführten experimentellen und numerischen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass eine Dicke der über 2,50 m spannenden Plattenelemente von lediglich 35 mm ausreichend ist, um die Anforderungen aus den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit zu erfüllen. Diskrete trapezförmige Rippen mit einer Dicke von 85 mm und einer integrierten diskreten Stabbewehrung sorgen für eine deutliche Erhöhung der Steifigkeit und Traglast. Die diskrete Stabbewehrung führt zudem zu einem sehr duktilen Tragverhalten. Durch die Stahlfaserbewehrung zeigte sich im Versuch ein Rissbild mit im Vergleich zu Normalbeton sehr vielen feinen Rissen und somit ein hinsichtlich Dauerhaftigkeit sehr gutmütiges Verhalten. Trotz der sehr dünnen Elemente und einer konzentrierten Lasteinleitung konnte in keinem der durchgeführten Versuche ein reines Durchstanzversagen beobachtet werden. Das Versagen der Plattenelemente stellte sich vielmehr in Form eines Biegeversagens in Plattenmitte, analog der Bruchlinientheorie, ein.

Die Untersuchungen zum Tragverhalten der vorgespannten UHPC Längsträger ergaben, dass sich trotz des sehr schlanken Trägers und einer Stegdicke von lediglich 40 mm sehr

hohe Traglasten ergeben. Der Schwerpunkt der experimentellen Untersuchungen wurde auf das Querkrafttragverhalten der vorgespannten UHPC Träger gesetzt. Hierbei wurde ersichtlich, dass die Bruchquerkraft sehr stark vom Stahlfasergehalt abhängt und sich auch eine Abhängigkeit zwischen Bruchquerkraft und Vorspanngrad zeigt. Durch die Vorspannung im Träger und die rissüberbrückende Wirkung der Stahlfasern konnten erst bei sehr hohem Lastniveau Schub- und Biegerisse festgestellt werden, was sich günstig auf die Dauerhaftigkeit auswirkt.

Für den Anschluss des Längsträgers mit den Plattenelementen sowie für das Fügen der Plattenelemente untereinander wurden verschiedenste Möglichkeiten untersucht und für ausgewählte Konstellationen entsprechende Push-Out-Versuche durchgeführt. Dabei wurde zum einen ein schwalbenschwanzförmiger Plattenstoß entwickelt und analysiert, der es ermöglicht die Plattenteile ohne Anschlussbewehrung und somit dauerhafter bzw. ohne Beschichtung kraftschlüssig miteinander zu verbinden. Der Ausgleich von baubedingten Toleranzen kann durch die Anordnung einer schmalen Fuge zwischen den Elementen, die im Nachhinein wieder vergossen wird, gewährleistet werden. Die Verlegung der Elemente kann dabei sehr einfach, analog dem LEGO Prinzip, erfolgen. Das Versagen dieses Anschlusstyps stellte sich durchwegs durch ein Abscheren der Schubnocken im Längsträger ein. Durch die Anordnung von Bügelbewehrung in den Nocken lässt sich die Duktilität entsprechend steigern. Neben den schwalbenschwanzförmigen Verbindungen für den Anschluss wurden zudem Nockenverbindungen mit einer trockenen, verschraubten Fuge, sowie einer nassen Fuge untersucht.

## **Fazit**

---

Mit dem Forschungsvorhaben konnten die Vorteile von ultrahochfestem faserbewehrtem Beton, wie z.B. die exzellenten Dauerhaftigkeitseigenschaften sowie die Reduktion von Eigengewicht, für eine Anwendung im Parkhausbau aufgezeigt werden. Das entwickelte Tragsystem aus vorgespannten Längsträgern und filigranen Plattenelementen weist dabei, bei gleichbleibender Tragfähigkeit, extrem geringe Querschnittsabmessungen auf. Dadurch und aufgrund des entwickelten Fügeprinzips ohne Anschlussbewehrung und Beschichtungen ergäben sich erhebliche Vorteile bei der Verlegung. Aufgrund der exzellenten Dauerhaftigkeitseigenschaften kann auf jegliche (im Parkhausbau übliche) Beschichtungen verzichtet werden.

## **Eckdaten**

---

Kurztitel: Moderner Parkhausbau mit faserbewehrtem Ultrahochleistungsbeton (UHPFRC)

Forscher / Projektleitung:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Oliver Fischer, Technische Universität München, Lehrstuhl für Massivbau

Nicholas Schramm, M.Sc.,  
Technische Universität München, Lehrstuhl für Massivbau

Prof. Dr.-Ing. Jörg Jungwirth  
SSF Ingenieure AG  
Hochschule München, Fachbereich Massivbau

Gesamtkosten: 307.151,50 €

Anteil Bundeszuschuss: 199.651,50 €

Projektlaufzeit: 2,5 Jahre

## BILDER/ ABBILDUNGEN:

---

Bildnachweise:

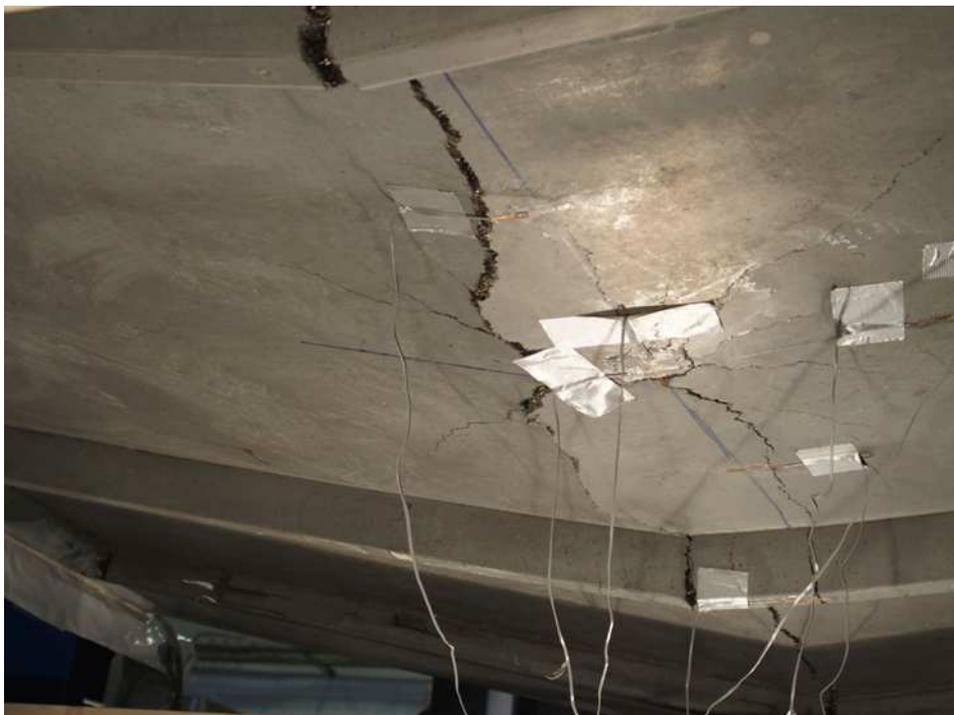


Bild 1: Bruchbild Plattenlement.png

Bildunterschrift: Bruchbild eines Plattenelements mit bewehrten trapezförmigen Rippen nach dem Versuch



Bild 2: Fügemethode mit schwalbenschwanzförmigen Schubnocken.png

Bildunterschrift: Fügemethode mit schwalbenschwanzförmigen Schubnocken (Versuchskörper vor dem Verguss der Fuge für den Toleranzausgleich)

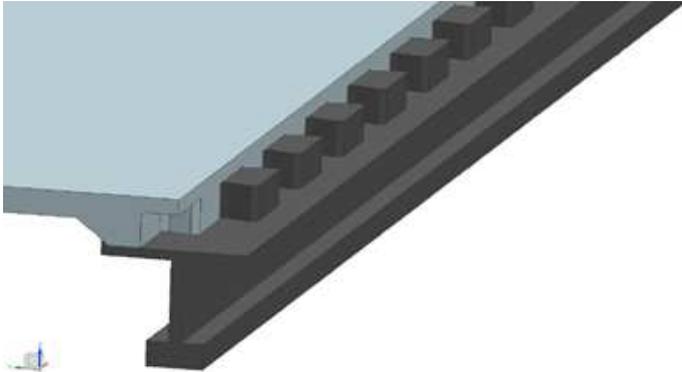


Bild 3: Fügemethode.png

Bildunterschrift: Animierte Darstellung des Fügeprinzips mit schwalbenschwanzförmigen Schubnocken auf dem Längsträgern und den entsprechenden negativen Aussparungen in den Plattenelementen



Bild 4: Längsträgerelement im Substrukturversuchsstand.jpg

Bildunterschrift: Prüfung eines vorgespannten Längsträgerelements mit einer Stegdicke von 40 mm im Substrukturversuchsstand der TUM

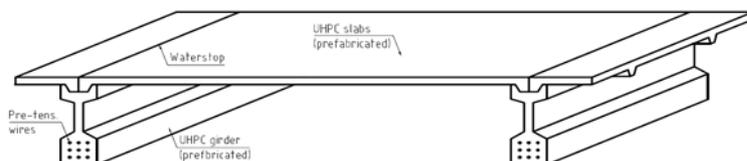


Bild 5: Parkdecksystem.png

Bildunterschrift: Aufgelöstes Parkdecksystem aus UHPFRC mit vorgespannten Längsträgern und filigranen Plattenelementen

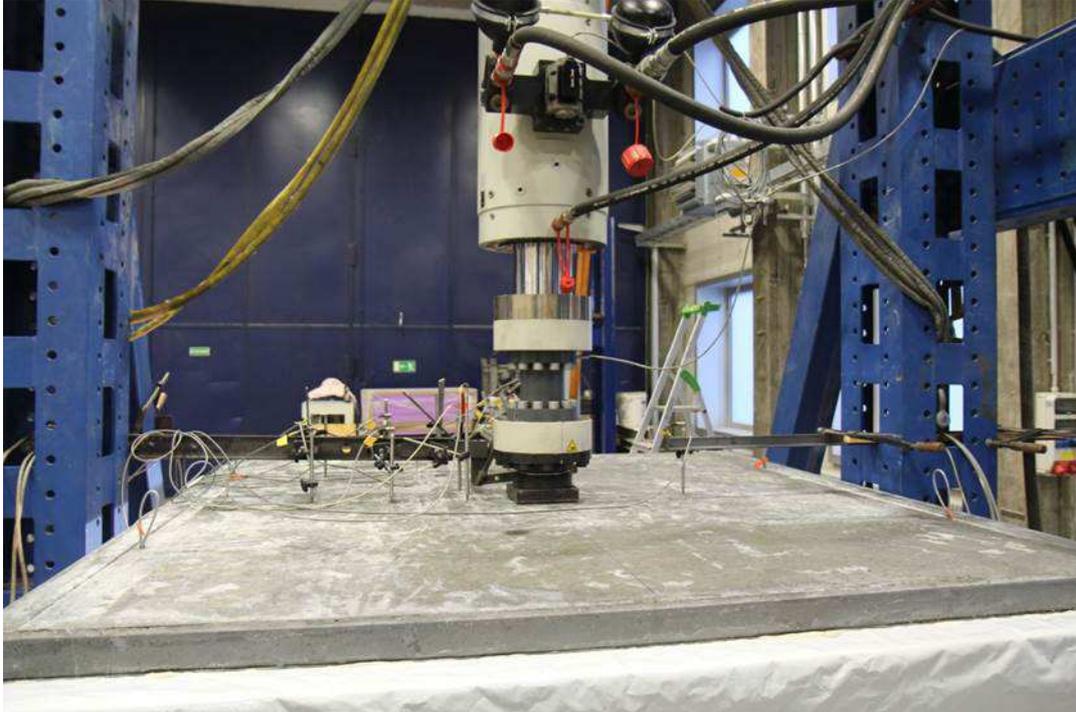


Bild 6: Prüfung Plattenelement.jpg

Bildunterschrift: Experimentelle Untersuchungen zum Durchstanz- und Biegetragverhalten von Plattenelementen (Dicke zwischen den Rippen lediglich 30 mm) mit und ohne Trapezrippen



Bild 7: Schubnocken Längsträger.png

Bildunterschrift: Versuchskörper für Push-Out Versuche: Längsträgerelement mit schwalbenschwanzförmigen Schubnocken