

Zukunftsweisendes Bausystem aus UHPC-Fertigteilen und CO₂-Einsparungspotenziale im Sinne des 5C-Approach

■ Dr. Michael Olipitz SDO ZT GmbH, Österreich

Der Großteil des Gesamtenergieverbrauchs in CO₂, der bei Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Betonfertigteilen anfällt, kann der Herstellung zugeschrieben werden. Die richtige Wahl von Werkstoff, Produktionskette und Konstruktion spielen daher eine wichtige Rolle für die Reduzierung der aufgewendeten Energie und des CO₂-Ausstoßes. Material und Herstellungenergie einsparende, zudem schlanke und sehr leistungsfähige Bauteile aus ultrahochfestem Beton (UHPC) sollen daher in Zukunft das Baugeschehen prägen. Der vorliegende Beitrag stellt ein innovatives Bausystem aus UHPC-Fertigteilen vor. Basiselement ist eine Tragplatte mit beliebig geformtem Grundriss, beliebig angeordneter Faltkante. Der planparallele Querschnitt weist eine Dicke von lediglich 30 bis 50 mm auf bzw. bei Vorspannung von lediglich 50 bis 60 mm.

1. Allgemeines

Betrachtet man die Gesamtenergie in CO₂ von Bauteilen allgemein, so verteilt sich der Verbrauch über den Lebenszyklus betrachtet im Mittel mit 55 % in der Herstellungsphase als Primärenergie (totaler nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf PENRT + erneuerbarer Primärenergiebedarf PERT), 40 % während der langen Nutzungsphase und 5 % in der Entsorgung (Abb. 1a). Betonfertigteile haben einen wesentlichen

Anteil am jährlichen Gesamtstahlbetonverbrauch, der sich zukünftig noch steigern wird, und bilden damit einen wesentlichen Anteil an Grauer Energie (Primärenergiebedarf in der Herstellung aus nicht erneuerbaren Energieträgern PERNT). Bis 2030 sollen bis zu 40 % am Gesamtenergieverbrauch bei Betonfertigteilen eingespart werden, wobei lt. einer an der TU Graz durchgeführten Studie [1] der überwiegende Teil davon (bis zu 80 %) bereits in der Herstellungsphase und lediglich ca. 20 % in der Nutzungsphase eingespart werden kann. Das große Einsparungspotenzial in der Herstellungsphase liegt in der Wahl des Werkstoffes (15 %), der Produktionskette (47 %) sowie der Konstruktionswahl (30 %), d. h. der Produzent mit seinem Herstellverfahren sowie der Tragwerksplaner sind die wesentlichen Entscheidungsträger für das überwiegende Einsparungspotenzial an CO₂-Freisetzung bei Betonfertigteilen.

Konstruktive Fertigteile aus ultra high performance concrete (UHPC) als sogenannte Hochleistungsfertigteile, wie sie auch in der künftigen Österreichischen Richtlinie [2] für UHPC exemplarisch für den Infrastrukturbau aufgezeigt sind, sollen unser Baugeschehen zukünftig prägen. Der Trend des Bauens zu Fertigteilen ist dabei grundsätzlich nicht neu, doch in Kombination mit dem neuen, hochtechnisierten Baustoff UHPC eröffnen sich neben den bekannten Vorteilen: schneller, bes-

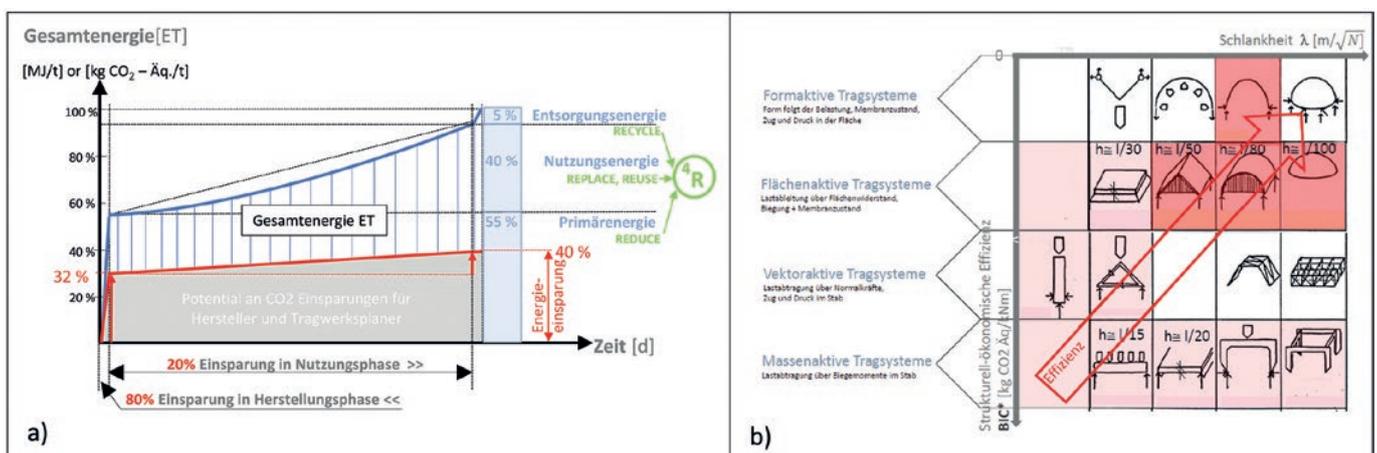


Abb. 1: a) Potenziale der CO₂-Einsparung mit UHPC-Fertigteilen, 1 b) Strukturell-ökologische Effizienz BIC* von Konstruktionen

ser und billiger noch der zusätzliche Vorteil Dauerhaftigkeit in Kombination mit Massenreduktion. Bei materialgerechter Anwendung des Baustoffes UHPC vereinen sich die Vorteile des Betonbaues (gießfähig) mit denen des Stahlbaues (sichtbarer Kraftfluss) zu langlebigen und ressourceneffizienten Bauteilen. Im Baustoff UHPC, wie er z. B. im deutschen Sachstandsbericht [3], [4] als UHFB (dt. Begriff für ultrahochfester Beton) beschrieben wird, kommen derzeit gerichtete oder ungerichtete Stahlelemente zum Einsatz, die eine Erhöhung der Zugfestigkeit sowie ein positives Bruchankündigungsverhalten bewirken. Es ist jedoch aufgrund des hohen Primärenergieanteiles der Stahlfasern (je nach Fasergehalt $\rho_f = 1-3$ [Vol%] beträgt der Primärenergieanteil 30-50 %) am UHPC-Komposit anzustreben, zukünftig über alternative Additive wie z. B. Fasern aus Carbon, Basalt sowie Faser-Kunststoff-Verbund (FVK) anstatt der Stahleinlagen einzusetzen.

Die systemimmanente, materialgerechte Anwendung von t-USE®-Produkten führt unmittelbar von den bisher im Betonbau üblichen massenaktiven Systemen hin zu flächenhaften Systemen, also zu Schalen- oder Falterwerkstrukturen, die sich die geometrische Steifigkeit zu Nutze machen. Dies ermöglicht Bauteildicken von 30 mm bis 60 mm und damit einen ressourcenschonenden Einsatz (Abb. 1b). Die geringe Porosität und der damit verbundene hohe Widerstand gegen klimatische, mechanische und chemische Einwirkungen garantiert auch bei diesen geringen Bauteildicken die hohe Dauerhaftigkeit der Bauteile.

Die Bauschaffenden sind aufgrund der weltweit schwindenden Ressourcen zunehmend aufgefordert ressourcenschonende Konstruktionen (Reduce) zu entwickeln, d. h. Konstruktionen, die einen geringstmöglichen Materialverbrauch ermöglichen (Responsibility of engineer). Eine zweite wesentliche Anforderung an die Konstruktion ist die Möglichkeit der Zerlegbarkeit (Reuse), sodass Konstruktionen leicht wieder in die Grundkomponenten zerlegt und entweder an anderem Ort wiederverwendet (Replace) oder eben einer Kreislaufwirtschaft (Recycle) im Sinne von „Urban Mining“ zugeführt werden können. Hochwertige Fertigteile wie t-USE erfüllen die Forderung nach 4R-fähigen Konstruktionen (regeneration, reuse, recycle, reduction fähigen Konstruktionen) und sind demnach Teil des 5C-Ansatzes (5C approach - Clinker, Cement, Concrete, Construction- und Carbonation) für den Werkstoff Beton und gelten gleichermaßen als Vision und Diktion für zukünftiges Bauen mit Beton.

Die Wahl der Herstellung von t-USE-Produkten sowie von deren aufgezeigten Möglichkeiten in der Anwendung subsumieren die notwendigen CO₂-Einsparungen.

2. Beschreibung des universellen Schalenelementes t-USE

Die Grundidee ist ein Fertigteil aus UHPC mit einem Stahlfasergehalt zwischen $\rho_f = 1-3$ [Vol %], das durch gerichtete Stahlelemente (Bewehrungsstahl oder Faserverbund) nach

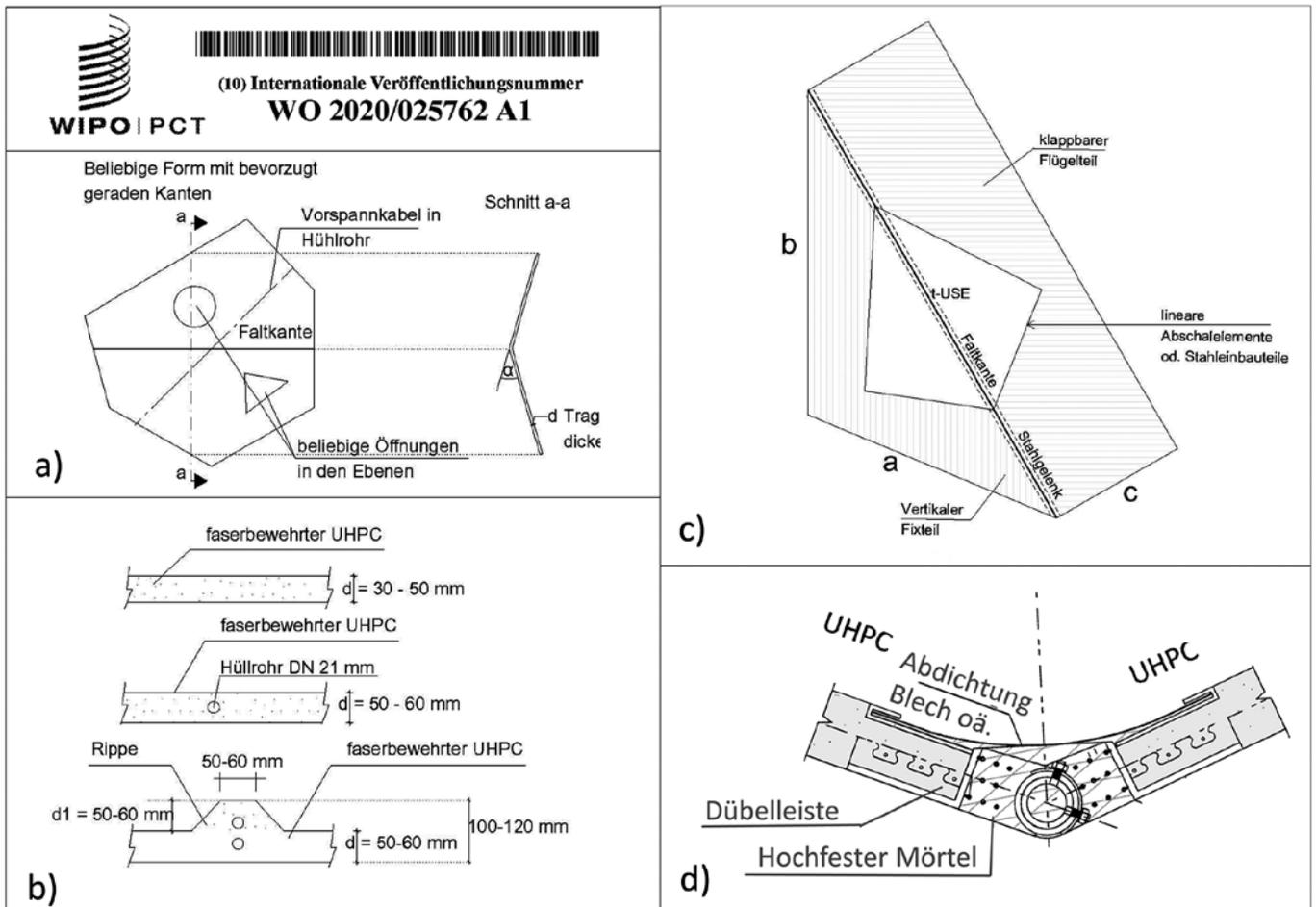


Abb. 2: Basiselement a) Grundriss und Schnitt, b) Querschnittsformen, c) Schaltisch für Serienproduktion, d) flexibler Regelanschluss

Bedarf ergänzt und als universelles Schalenelement für viele Anwendungen eingesetzt werden kann. Es liegt an der Kreativität des planenden Ingenieurs, sich die systemimmanente räumliche Tragwirkung der t-USE-Elemente in der jeweiligen Anwendung zu Nutze zu machen. Die Platte sowie das Verfahren und die Schalung zur Herstellung wurde mit der Veröffentlichungsnummer WO 2020/025762 A1 als internationales Patent veröffentlicht.

2.1. Basiselement

Das Basiselement, das alle Anforderungen materialgerechter Planung erfüllt, ist eine Tragplatte, die im Grundriss eine beliebige Form aufweisen kann (s. Abb. 2a). Die Tragplatte beinhaltet eine beliebig angeordnete Faltkante, die zwei ebene Flächen im Winkel α aufspannen. Der Querschnitt der Tragplatte ist planparallel und weist eine Dicke von 30-50 mm auf. Enthält die Platte eine Vorspannlitze, die in einem Hüllrohr mit Innendurchmesser $DN \geq 21$ mm geführt wird, so beträgt die Mindestplattendicke 50-60 mm (s. Abb. 2b). Kreuzen sich die Vorspannkabel in der Ebene, so wird eine Rippe ausgebildet. Als Vorspannsystem wird die „Vorspannung mit nachträglichem Verbund“ verwendet.

2.2. Herstellung

Die serienmäßige Herstellung der Tragplatte erfolgt in einer Systemschalung (Abb. 2c). Der untere Teil des Schalsystems besteht aus einem vertikalen Fixteil und einem oberen klappbaren Flügelteil. Beide Schalteile sind über ein Stahlgelenk linienförmig verbunden, sodass der Winkel γ beliebig über Spindelstützen, die den Flügelteil tragen, einstellbar ist. Die Abmessungen der Schalteile a, b und c in Abbildung 2c richten sich nach der Größe der zu fertigenden t-USE-Elemente. Die Abschaltung der Ränder erfolgt bei einem freien Ende durch eine Abschalschiene oder die Abschaltung der Ränder wird durch ein Stahleinbauteil, das gleichzeitig als Fügelement dient, gebildet. Nach Aufbringen aller Abschaltungen auf den unteren Schaltisch, wird die Schalung durch Beistellen vom baugleichen oberen Teil des Schalsystems komplettiert und der Werkstoff UHPC in die luftdicht ausgebildete Schalung eingepumpt.

Das Fügen von t-USE-Elementen erfolgt grundsätzlich mit Stahleinbauteilen, wie z. B. in Abbildung 2d für eine Verbindung von Dachelementen als Regelanschluss dargestellt. Aufgrund der Dünnwandigkeit der Bauteile ($d = 30 - 60$ mm)

werden zur Kraftübertragung vorrangig Dübelleisten in das UHPC-Bauteil eingelegt, an die stahlbaumäßig in verschiedenen Möglichkeiten angeschlossen werden kann.

Zwischen zwei t-USE-Elementen kommt entweder der Regelanschluss zur Anwendung oder bei Anschluss an ein externes Bauteil der biegesteife Anschlussstyp. Beispiele unterschiedlicher Fügемöglichkeiten sind im Folgenden unter „3. Anwendungsmöglichkeiten“ angeführt.

3. Anwendungsmöglichkeiten

Mit den im Fertigteilwerk in Serie herzustellenden t-USE-Elementen wird der Bau von flächenhaften Konstruktionen mit hoher Ressourceneffizienz bevorzugt ermöglicht. Nach Anwendungsfall kommen verschraub- und/oder verspannbare Verbindungen der Elemente zur Ausführung, die eine spätere Zerlegbarkeit und damit die nachhaltige Anwendung im Sinne von urban-mining garantieren.

Im Folgenden sind einige Anwendungen im Hochbau und Ingenieurbau mit den jeweiligen Besonderheiten in der Ausbildung der Füge-technik beschrieben. Die UHPC-Brückenfamilie Integral ist Teil der UHPC-Schalenbauweise [5], auf deren Besonderheiten in Kapitel 3.2.3. eingegangen wird.

3.1. t-USE-Anwendungen im Hochbau

Die Anwendungen im Hochbau beschränken sich derzeit auf frei bewitterte Bauteile, bei denen neben den Einsparungen in den Folgebauteilen (z. B. Fundierung, Stützen etc.) infolge von geringem Gewicht auch der Vorteil der Dauerhaftigkeit des Materials im vollen Umfang genutzt werden kann. Durch die Möglichkeit der serienmäßigen Herstellung der t-USE-Elemente und der einfachen Montage durch flexible Regelanschlüsse aus Stahl sowie deren Vorteile in einer Life-Cycle-Betrachtung besteht zumindest die Möglichkeit eines

neuerlichen Aufschwunges dieser Bauweise für einen größeren Einsatz im Hochbau.

3.1.1. Balkone aus gefalteten Dreieckselementen

Balkonelemente mit t-USE-Elementen werden direkt über einen biegesteifen Anschlussstyp (s. Abb. 3b) mit der Balkonplatte verbunden. Durch die gefaltete Struktur der Elemente ergeben sich optische Vorteile aus Licht- und Schatteneffekten gegenüber herkömmlichen geraden Geländer-Strukturen. Durch die Verwendung von Weißzement in der Herstellung von UHPC lassen sich durch Beimischung von Farbpigmenten unterschiedliche Farbtöne der Elemente erzeugen, sodass zusätzliche architektonische und ästhetische Möglichkeiten in der Gestaltung bestehen.

Eine einfache Montage sowie das Integrieren der Rinnen- ausbildung für die Balkonentwässerung im Anschlussdetail zeichnen diese Elemente aus. Unterschiedliche Möglichkeiten der Neigung komplettieren die Gestaltungsvielfalt (Abb. 3c).

3.1.2. Nebengebäude

Kleinere Nebengebäude ohne jegliche zusätzliche Abdichtung und mit vielfältiger farblicher Gestaltungsmöglichkeit lassen sich mit t-USE-Elementen modulartig zusammensetzen. Ein Beispiel einer Müllinsel mit drei Elementen zeigt Abbildung 4b. Auch kleinere Wartehäuschen für Bushaltestellen (Abb. 4c) oder dgl. sind mögliche Anwendungen für einen modulartigen Zusammenbau.

3.1.3. Vordächer aus gefalteten Dreieckselementen

Vordächer oder kleinere Überdachungen bieten eine weitere Anwendungsmöglichkeit für t-USE-Elemente, wobei aufgrund der dichten Gefügeeigenschaften des UHPC bis auf die nachträglich zu ergänzenden Fugenausbildungen keine zusätzliche Abdichtungsebene erforderlich ist.

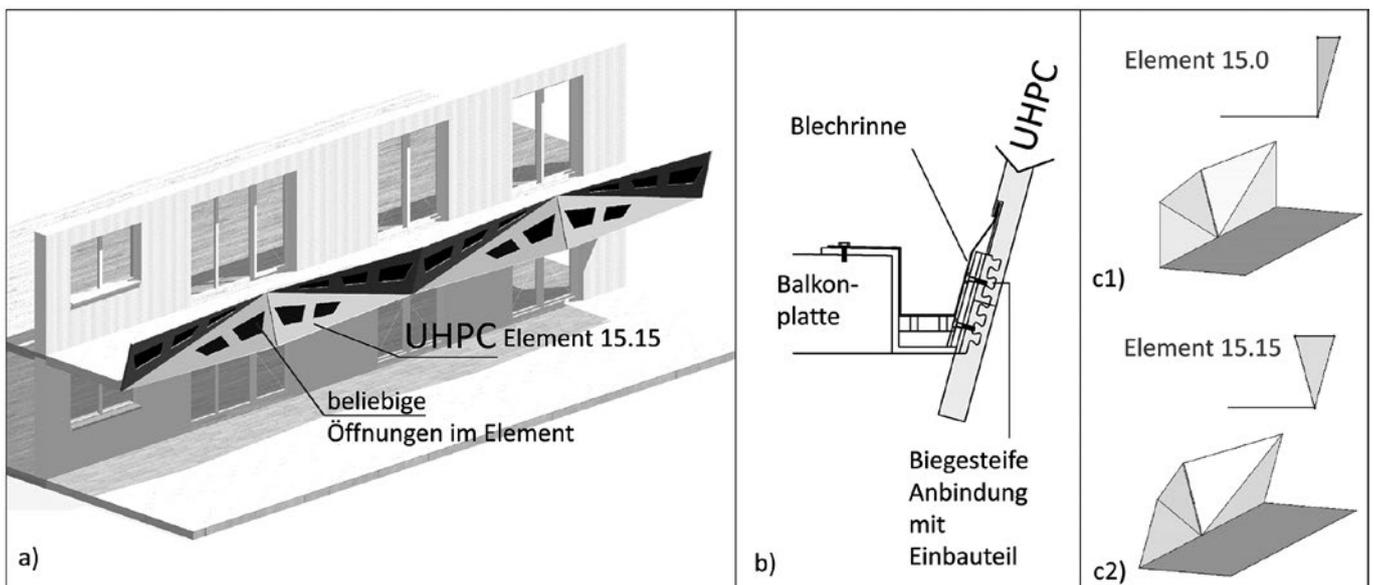


Abb. 3: a) UHPC Balkonelemente 15.15 mit Öffnungen b) biegesteifer Anschlussstyp, c) Elementformen

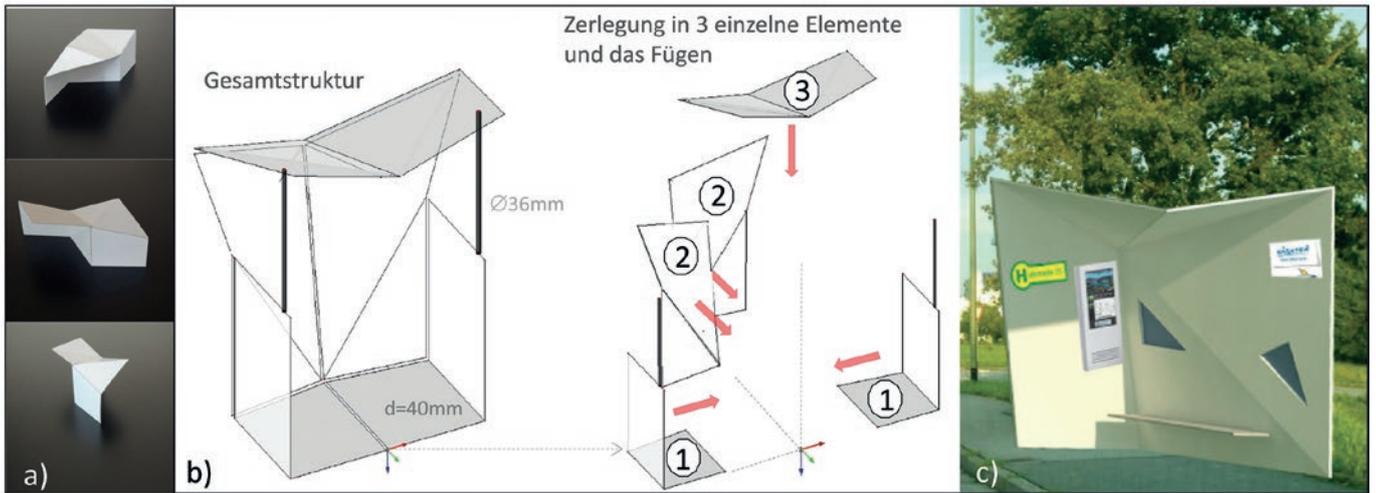


Abb. 4: a) Geometrievielfalt b) Müllinsel aus drei Elementen, c) Wartehäuschen

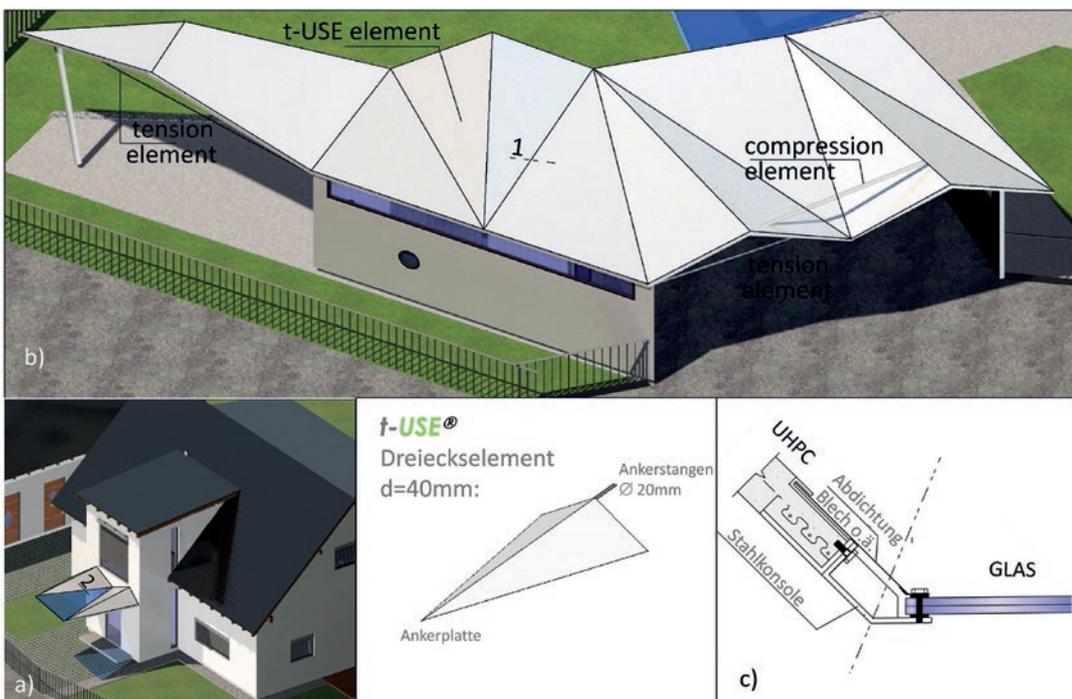


Abb. 5:
a) Vordächer
b) Garagendach
aus Dreieckselementen
c) Detail
UHPC - Glas

Das Garagenvordach (Abb. 5b) kann freie Spannweiten von bis zu ca. 8 m aufweisen und die t-USE-Elemente sind in diesem Bereich durch Zug- und Druckelemente aus Stahl zu ergänzen. Die Verbindung von t-USE-Elementen untereinander erfolgt durch flexibel montierbare Regelanschlüsse (Abb. 2d) die nachträglich mit einem Hochleistungsmörtel vergossen werden. Der Vergussbereich wird durch eine Abdichtschicht (z. B. Bitumenbahn oder Verblechungen) vor Feuchteinwirkungen geschützt.

Beim Vordach im Eingangsbereich (Abb. 5a) wird das t-USE-Element als Kragträger ausgebildet, wobei die dafür notwendigen Zugelemente bereits im Werk in das Element vergossen werden. In der Anbindung zur vertikalen Befestigungsebene (z. B. Außenwand) werden die Zugelemente durch spezielle Ankerplatten befestigt. Die t-USE-Elemente können

auch mit Glaselementen verbunden werden, wozu nachträglich montierte Konsolen an den Rändern als Auflagerung für die Glaskonstruktion dienen (Abb. 5c).

3.1.4. Freiformflächen aus gefalteten Viereckselementen

Beliebige Freiformflächen lassen sich nach dem Vorbild von Gitterschalen u. a. als Translationsflächen mit ebenen Vierecksflächen und konstanten Seitenlängen annähern, womit eine Vielzahl an Gestaltungsvarianten für Dachlandschaften mit t-USE-Elementen möglich ist. Dazu werden sowohl die Leitlinie (stehend) als auch die Erzeugende (hängend) in Polygonzüge unterteilt. In den unmittelbar angrenzenden Vierecksflächen der Schale ändern sich lediglich gering die Winkel γ , die über die Fugenausbildungen ausgeglichen werden können. Das t-USE-Element besteht demnach aus zwei Vierecksflächen entlang der Leitlinie mit dem Knick ($\delta^+ \sim 3-8^\circ$) als

Faltkante des t-USE-Elementes. Die Verbindungen der Elemente entlang der Leitkurve (Druck) erfolgen mit dem Regelanchluss (Abb. 6b bzw. 2d) auf Druck. Entlang der Erzeugenden entstehen zufolge der Membranspannungen Zugkräfte, die mittels systemimmanenter Vorspannung im Abstand von ca. $e = 1$ bis 1,2 m (Presskraft pro Litze ca. $V_{rd} = 200$ kN/m) überdrückt werden. An den Fugen der Zugelemente ($\delta \sim 3-8^\circ$) erfolgt die Umlenkung der Vorspannkraft durch spezielle Stahlleinbauteile, die bereits im Werk in die Schalung eingelegt werden (Abb. 6c). Mit einem speziell entwickelten Montageverfahren können innerhalb kurzer Zeit größeren Dachflächen montiert werden. Der Verguss der Fugen erfolgt als letzter Arbeitsschritt, nachdem Vorspannelemente mit den Randträgern verankert und gespannt wurden.

3.2. t-USE-Anwendungen im Ingenieurbau

Sowohl im Hochbau wie auch im Ingenieurbau kommen die t-USE-Elemente als flächenaktive Systeme in Form von Schalen- oder Faltwerkkonstruktion zum Einsatz. Das Konstruieren im Raum unter Ausnutzung von geometrischen Steifigkeiten

bekommt in der ingenieurbautechnischen Anwendung eine besondere Bedeutung. Der Formfindungsprozess im Einklang mit der Natur, Ethik und Ästhetik [6] ist Bestandteil der Entwurfsarbeit des Tragwerkplaners und subsummiert sich im NEA-Prinzip.

3.2.1. Tunnelportale

Eine interessante Möglichkeit bieten Tunnelportale bei denen gefaltete Dreiecks- oder Viereckselemente zur Gestaltung der Ein- und Ausfahrtssituationen eingesetzt werden. Dabei kommen sowohl die Vorteile der Dauerhaftigkeit als auch der Ästhetik der t-USE-Elemente zum Ausdruck.

3.2.2. Hochwasserschutzelemente

In einer von DMRS durchgeführten Vorstudie [7] über mobile Hochwasserschutzsysteme konnten bereits eingesetzte Hochwasserschutzsysteme analysiert und damit die Basis für eine Weiterentwicklung in Richtung t-USE-Elemente gelegt werden, die sowohl in statischer als auch materialtechnologischer Hinsicht Vorteile gegenüber herkömmlichen Hochwasserschutzsystemen bieten. Der Werkstoff UHPC eignet sich

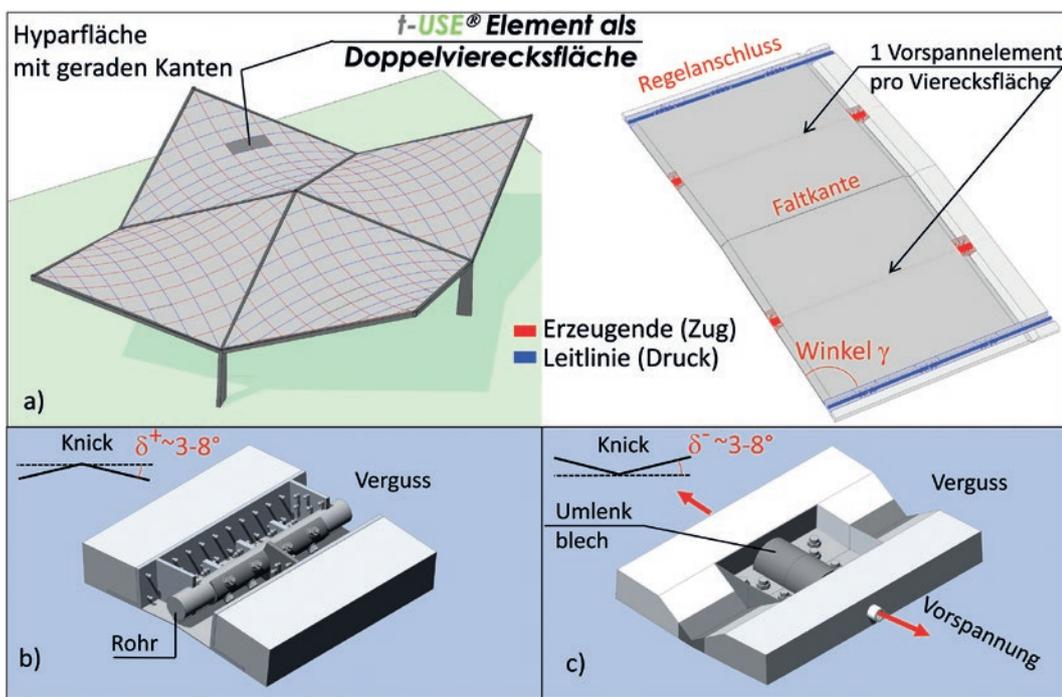


Abb. 6: Freiformflächen aus ebenen Vierecksflächen
 a) Übersicht
 b) Detail Druckstoss
 c) Detail Zugstoss



Abb. 7: Tunnelportal mit Dreiecks- und Viereckselementen

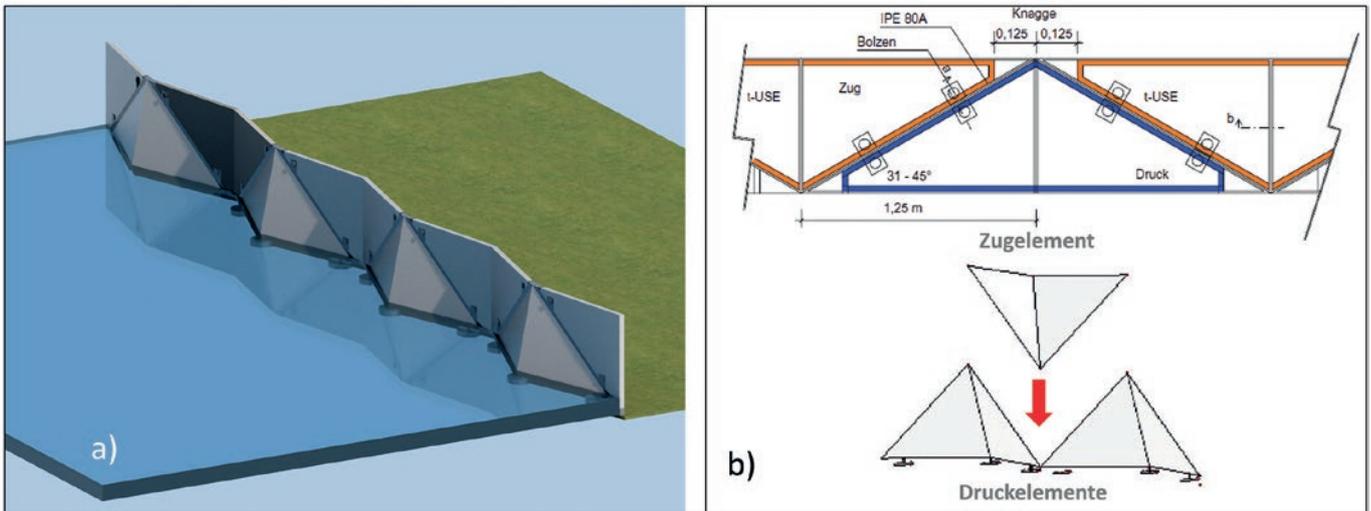


Abb. 8: a) Hochwasserschutzzelemente b) Druck- und Zugelemente



Abb. 9: Paulifurtbrücke in Österreich aus [8] a) im Bauzustand, b) im Endzustand

aufgrund seiner Widerstandsfähigkeit hervorragend für den Einsatz mobiler oder permanenter Hochwasserschutzzelemente. Die Stabilität der Wasserschutzwand wird durch die spezielle räumliche Faltwerksanordnung der vorgefertigten Elemente bewerkstelligt. Dazu kommen gefaltete Druck- und Zugelemente (Abb. 8b) mit einer Plattendicke von 40 mm bis 50 mm zum Einsatz. Durch die räumlich stabile Anordnung können demnach im Vergleich zu bestehenden Systemen Verankerungen im Boden entfallen. Die Gesamthöhe der Hochwasserschutzwand kann dabei bis zu 1,25 m betragen, woraus sich einzelne Elementgewichte zwischen 100 kg und 170 kg ergeben. Mechanische Schraubverbindungen sichern zusätzlich gegen Abheben bzw. Auftrieb des Zugelementes. Die linienförmige Abdichtung der Druckelemente gegenüber dem Boden kann durch Dichtlippen oder durch eine Dichtschnur erfolgen.

3.2.3. Brückenfamilie Integral mit UHPC-Fertigteilen

Das Prinzip von Trogbriücken lässt sich in idealer Weise mit der UHPC-Schalenbauweise umsetzen. Der sehr dauerhafte Baustoff UHPC bietet die idealen Voraussetzungen für Systembrücken aus Fertigteilen. Es handelt sich um integrale Brückensysteme, ohne Lager und Übergangskonstruktionen,

womit kostenintensive Wartungsteile entfallen können. Die Form der Brücken in Kombination mit den Öffnungen haben einen EUIPO-Musterschutz.

Mit zunehmender Spannweite (ab 25 m) ergeben sich aufgrund der Schlankheit der Fertigteilelemente räumliche Strukturen, die sich die geometrische Steifigkeit zunutze machen (s. Abb. 9 und 10). Der im Grundriss in Symmetrieachse angeordnete Knick führt zur positiven Wirkungsweise einer räumlichen Schale des Riegels. Damit wird die Knickstabilität des rippenförmigen Obergurtes ($d = 150-235 \text{ mm}$) der UHPC Scheiben ($d = 60 \text{ mm}$) sichergestellt. Der Riegel besteht pro Längsseite aus zwei UHPC-Wandelementen, die nachträglich auf der Baustelle durch Vorspannung über Nassfugen zusammengefügt werden. Eine erste Anwendung als Prototyp konnte bereits mit der Paulifurtbrücke in Österreich [8] umgesetzt werden (Abb. 9). Hier wird der Rahmenstiel durch eine Ortbetonscheibe ($d = 40 \text{ cm}$) mit positiver Stielneigung bewerkstelligt, der gleichzeitig auch als Spannblock zur Lasteinleitung der Vorspannkräfte im Montagezustand genutzt wird. Dieses Prinzip wurde konsequenterweise in der Weiterentwicklung des Brückentyps für den Rahmen (Abb. 8a) und den Durchlaufträger (Abb. 10b) aufgenommen. Die UHPC-



Abb. 10: UHPC Brückenfamilie a) Brückentyp UHPC 325 als Rahmen b) Brückentyp UHPC 500 als Durchlaufsystem

Riegelemente mit der Anordnung des räumlichen Knicks sind hinsichtlich der Öffnungsanzahl gegenüber der Ausführung bei der Paulifurtbrücke optimiert und das t-USE-Element [9] als Riegel einer räumlichen Fachwerksscheibe angepasst worden.

4. Resümee

In sämtlichen Anwendungen von t-USE ist der wesentliche Vorteil in der Dauerhaftigkeit des UHPC-Werkstoffes zu finden. Die werkstoffgerechte Planung und Herstellung führen zu ressourceneffizienten und damit nachhaltigen Konstruktionen. Wie Vergleichsrechnungen in [10] zeigen, ergeben sich durch den derzeit sehr hohen Stahlfasergehalt $\rho_f = 2-3$ [Vol%] trotz der immensen Einsparungen in der Materialressource nur eine nahezu ausgeglichene Primärenergiebilanz gegenüber herkömmlichen Stahlbetonkonstruktionen. Durch die Verwendung von alternativen Additiven für gerichtete und ungerichtete Zugelemente in UHPC-Fertigteilen sind weitere CO₂-Reduktionen möglich. Die Vorteile im Hochbau liegen derzeit vor allem in den geringeren Kosten für die Folgekonstruktionen aus geringem Eigengewicht, der längeren Lebensdauer und den ästhetisch anmutenden Konstruktionen. Es liegt an uns Bauschaffenden, Produktentwicklern gleichermaßen wie Tragwerksplanern, die Konstruktionen gesamtheitlich zu betrachten und dabei Konstruktion und Form derart aufeinander abzustimmen, dass wir formschöne, für den Betrachter harmonisch wirkende Konstruktionen entwickeln. Insbesondere für Ingenieurbauten [5],[6], [8] und [9] kann die Natur als Vorbild für unsere Konstruktionen dienen im Sinne einer gesamtheitlichen, kreislauffähigen Betrachtungsweise, sodass das Einfügen (Reduce) und das Entnehmen (Recycle) von Bauprodukten in unsere gebaute Umwelt keine weitere Belastung für unsere nachkommende Generation darstellt [11],[12].

Mit dem Produkt t-USE sind die idealen Voraussetzungen auf o. g. Basis für eine vielseitige Anwendung sowohl im Hochbau als auch im Ingenieurbau gegeben. ■

Literatur

- [1] Vortrag WKO, Stefan Peters, David Gierlinger. 2020 Kolloquium Forschung & Entwicklung für Zement und Beton, Webinar: „Potentiale der CO₂-Einsparung bei vorgefertigten Betonbauteilen – ein Zwischenbericht“.
- [2] ÖBV-Arbeitskreis Materialtechnologie UHPC – Ultra high Performance Concrete zur Erstellung einer Richtlinie. Seit 2017 aktiv.
- [3] DAFStb Deutscher Ausschuss für Stahlbeton UA UHFB N67 – Sachstandsbericht UHFB Druckfassung 2007-05-21.
- [4] DAFStb, UA UHFB Entwurf Teil 1 der Richtlinie Stand 22.10.2017.
- [5] Vortrag WKO 2017, Kolloquium Forschung und Entwicklung für Zement und Beton 2017 (S. 42-43): „Die UHPC-Schalenbauweise – Anwendungsbeispiele für den Hoch- und Brückenbau“.
- [6] Olipitz, Michael: „A tensioning-belt-cable-bridge above the Kapponiggraben in Austria – design and realization“, in: Proceedings International Association for Bridge and Structural Engineering IABSE Symposium Vancouver 2017 – Engineering the Future, – Publisher IABSE, ISBN 978-3-85748-153-6.
- [7] DMRS Studie – Mobiler Hochwasserschutz.
- [8] Olipitz, Michael: „Paulifurtbrücke – Entwurf, Planung und Ausführung einer UHPC-Schalenbrücke in Kärnten“, in: Beton und Stahlbeton, Mai 2015, Ernst und Sohn Verlag Berlin.
- [9] Olipitz, Michael: „Small bridges up to 32.5 meter span in UHPC-construction – bridge systems with aesthetic requirements“, in: Proceedings The 12th Central European Congress on Concrete Engineering – Innovative Materials and Technologies for Concrete Structures, Tokaj, Hungary, 2017.
- [10] Juhart, Joachim, „ökobilanzielle Abschätzung nach Grundsätzen der ISO 14040 und 14044“, veröffentlicht, TU Graz, Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie mit TVFA.
- [11] Vortrag WKO, Olipitz, 2019 Kolloquium Forschung & Entwicklung für Zement und Beton 2019; Topic: „F&E Materialinnovationen bei Beton“: „Zukunftsweisendes Bausystem mit UHPC-Fertigteilen“.
- [12] Olipitz, Michael: „A universal UHPC shell element for consideration of future building with precast Elements“, in: IABSE Congress Reports. 20th IABSE Congress, New York City, The Evolving Metropolis, paper no. 16049, pp. 2281-2289, 2019. Publisher IABSE, ISBN 978-3-85748-165-9.