

Modulare Bausysteme aus Textilbeton-Sandwichelementen*

Hartwig N. Schneider¹, Christian Schätzke², Christiane Feger³,
Michael Horstmann⁴, Daniel Pak⁵

Zusammenfassung: Sandwichelemente mit Deckschichten aus Textilbeton und tragenden Dämmkernen verfügen über ein breites Leistungsprofil, von selbsttragenden Fassadenbauteilen bis zu tragenden Wand-, Dach- und Deckenbauteilen. Trotz der geringen Bauteilstärke von nur 18 – 20 cm besitzen Sandwichelemente aus Textilbeton neben der hohen Tragfähigkeit ein günstiges bauphysikalisches Verhalten hinsichtlich des Wärme- und Schallschutzes. Anhand eines kleinen Experimentalbaus wurde im Rahmen des Sonderforschungsbereichs SFB 532 an der RWTH Aachen die Anwendbarkeit von tragenden Sandwichbauteilen verifiziert. Dabei wurden wesentliche Fragestellungen wie Konstruktion und Gestalt, Tragverhalten, Bauteilfügung, Herstellungstechnik und Montage untersucht.

Summary: Sandwich panels in which textile-reinforced concrete layers and a rigid foam core are joined into a single structural unit offer a large performance profile ranging from self-supporting façades to structural wall, roof or floor elements. In spite of the low thickness of only 18 – 20 cm the elements have a good performance in terms of load bearing, thermal and acoustic insulation. In order to verify the applicability of structural composite elements, a small demonstration building called *TexModul* was developed on the basis of these components by the interdisciplinary research center *SFB 532 - Textilbewehrter Beton* at RWTH Aachen University. Numerous aspects concerning architectural design, load bearing behavior, building physics, element joining, production techniques and assembling have been investigated.

* Dies ist eine begutachtete Veröffentlichung./This is a peer-reviewed paper.

Online verfügbar/Online available: [urn:nbn:de:bsz:14-ds-1244051494649-79626](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-ds-1244051494649-79626)

¹ Prof. Dipl.-Ing., Lehrstuhl Baukonstruktion 2 und Entwerfen, RWTH Aachen University

² Dipl.-Ing., Lehrstuhl Baukonstruktion 2 und Entwerfen, RWTH Aachen University

³ Dipl.-Ing., Lehrstuhl Baukonstruktion 2 und Entwerfen, RWTH Aachen University

⁴ Dipl.-Ing., Institut für Massivbau, RWTH Aachen University

⁵ Dipl.-Ing., Lehrstuhl für Stahl- und Leichtmetallbau, RWTH Aachen University

1 Einleitung

Gebäudeaußenwände haben sich insbesondere aufgrund der in den vergangenen 30 Jahren sich stetig verschärfenden Energieeinsparungsverordnungen zu immer komplexeren konstruktiven Gebilden entwickelt. Häufig müssen zahlreiche unterschiedliche Schichten und Materialien in den Wandaufbau integriert werden, um das geforderte Funktionsprofil zu erzeugen. Dies erfordert nicht nur höheren Aufwand in der Planung und Ausführung, sondern führt in der Regel auch zu größeren Wandquerschnitten. Dem stehen jedoch Forderungen nach größerer Effizienz bei der Planung und Herstellung von Bauwerken und Material sparenden Bauweisen gegenüber. Das Bauen mit elementierten, vorgefertigten Sandwichbauteilen stellt hier eine Möglichkeit dar, diesen scheinbaren Widerspruch aufzulösen.

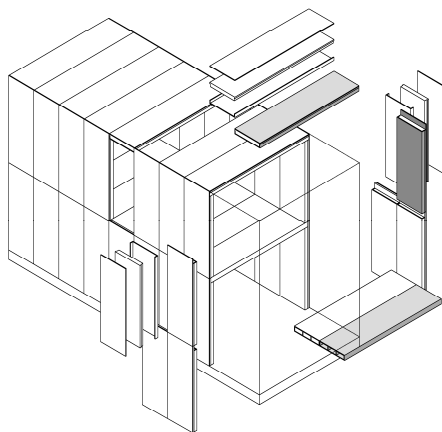
Sandwichelemente sind Bauteile der Gebäudehülle, die aus einer Innenschale, einem Dämmstoffkern und einer Außenschale bestehen. Sie werden grundsätzlich unter industriellen Bedingungen witterungsunabhängig vorgefertigt und bieten daher insbesondere bei großen Wiederholungsraten erhebliche Vorteile hinsichtlich der Produktionsgeschwindigkeit bei Herstellung und Montage sowie der Maßhaltigkeit. Allerdings weisen die derzeitigen Sandwichelementkonstruktionen material- und produktionsbedingte Nachteile auf. So stehen bei Metallsandwichelementen den guten Wärmedämmeigenschaften und dem geringen Wandquerschnitt die geringe bauphysikalische Leistungsfähigkeit hinsichtlich des Schallschutzes und der verfügbaren thermischen Speichermasse gegenüber, KOSCHADE [1]. Darüber hinaus können derartige Elemente keine vertikalen Lasten abtragen, haben allerdings aufgrund des Verbundes der Metalldeckschichten mit dem Dämmkern aus PUR-Hartschaum eine erhebliche Eigensteifigkeit. Anders verhält sich dies bei den Betonsandwichelementen. Diese bestehen in der Regel aus einer tragenden Stahlbetoninnenschale, einem Dämmkern und einer nicht tragenden Stahlbetonaußenschale. Derartige Systeme können zur Abtragung von Vertikallasten herangezogen werden und verfügen über gute bauphysikalische Eigenschaften hinsichtlich Schallschutz und thermischer Speicherkapazität. Aufgrund der konstruktionsbedingten Schichtdicken führen sie jedoch zu großen Bauteilstärken von 36 – 45 cm mit entsprechend hohem Eigengewicht.

Sandwichelemente mit Deckschichten aus textilbewehrtem Beton vereinen viele der Vorteile der vorgenannten Konstruktionen und bieten sich als Alternative zu den konventionellen Systemen an, da sie die über ein günstiges bauphysikalisches Profil verfügen, aufgrund der hohen Druckfestigkeiten des Feinbetons und der hohen Zugfestigkeiten der Bewehrungstextilien hohe Traglasten erreichen können und gleichzeitig geringe Bauteilstärken von 16 – 20 cm aufweisen. Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs SFB 532 an der RWTH Aachen hat der Lehrstuhl Baukonstruktion 2 in interdisziplinärer Zusammenarbeit mit dem Institut für Massivbau (IMB), dem Institut für Bauforschung (IBAC), dem Lehrstuhl für Stahl- und Leichtmetallbau (STB) und dem Institut für Textiltechnik (ITA) tragende Sandwichelemente mit Textilbetondeckschichten entwickelt und anhand eines Experimentalbaus Einsatzmöglichkeiten für diese neuartige Bauweise aufgezeigt.

2 Strukturelles und konstruktives Konzept

2.1 Grundkonzept Systemhaus

Um ein Anforderungsprofil für die Sandwichbauteile zu erarbeiten und die wesentlichen konstruktiven Fragestellungen zu identifizieren, wurde zunächst ein zweigeschossiges Systemhaus aus tragenden Textilbetonsandwichenelementen entwickelt. Wesentliches Merkmal war hier die Beschränkung auf drei Bauteiltypen für Wand, Dach und Geschossdecke. Wand- und Dachbauteil wurden als Sandwichelemente, die höher belastete Geschossdecke als Hohlkasten ausgebildet.



(a) Systemhaus - Strukturprinzip
(a) System house - structural principle



(b) TexModul - Außenansicht
(b) TexModul - exterior view

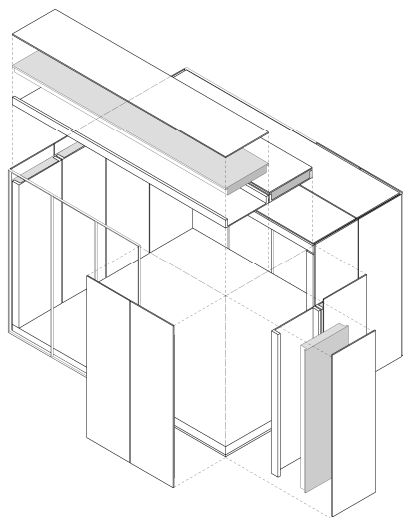
Bild 1: Systembauweise mit Textilbetonsandwichenelementen

Fig. 1: Building Systems with TRC-Sandwichpanels

Geometrisches Grundmodul des Systemhauses ist ein Quadrat mit 90 cm Kantenlänge. Hieraus leiten sich das Wandelement mit 90 cm × 270 cm und das Dach-/Deckenelement mit 90 cm × 360 cm ab. Um bei den Wand- und Dachbauteilen Außen- und Innendeckschale für die Lastabtragung aktivieren zu können, wurden die Elemente als Verbundquerschnitt mit 20 mm starken Textilbetondeckschalen und einem 160 mm starken Polyurethan(PUR)-Hartschaumkern konzipiert. Bild 1a zeigt das Strukturprinzip des Systemhauses. In Entwurfsstudien wurde die Anwendbarkeit dieser modularen Bauweise für unterschiedliche Haustypen dargestellt, SCHNEIDER [2]. Um die Tauglichkeit dieser Systembauweise nachzuweisen, wurde ein kleines Einraumgebäude, das so genannte **TexModul**, entwickelt (siehe Bild 1b).

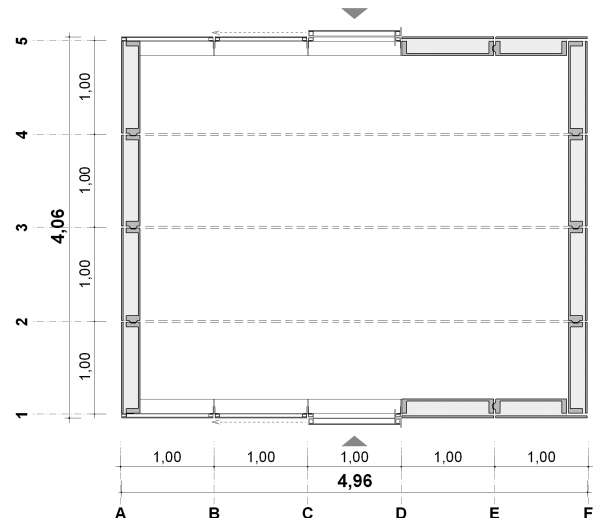
2.2 TexModul – Strukturkonzept und Geometrische Ordnung

Der rechteckige Baukörper mit Außenabmessungen von 4,00 m × 5,00 m (Achismaß) besteht aus 12 Wand- und 4 Dachelementen. Das Grundraster wurde auf 1,00 m vergrößert, wodurch sich günstigere Durchgangsmaße für Öffnungselemente erzielen ließen. Die beiden Schmalseiten sind jeweils vollständig geschlossen, während auf den Längsseiten zwei Felder geschlossen und 3 Felder verglast ausgeführt wurden. Die 4 Dachelemente liegen jeweils auf den 4 Wandelementen der Schmalseiten auf und haben eine Stützweite von 4,75 m.



(a) Isometrische Darstellung der Struktur

(a) Isometric view of the structure



(b) Grundriss [m]

(b) floor plan [m]

Bild 2: Strukturprinzip TexModul

Fig. 2: Structural principle TexModul

Um eine durchgehend wärmebrückenfreie Gebäudehülle zu erzeugen, lagern die Dachelemente nur auf der inneren Textilbetonschale auf. Die äußere Schale ragt oben und unten über die Innenschale über und verdeckt den unteren und oberen Auflagerpunkt. Die Wandelemente haben eine Höhe von 3,20 m und sind auf einer ca. 30 cm hoch aufgeständerten Stahlunterkonstruktion aus U-Profilen aufgelagert. Sie bilden Wandscheiben, die zusammen mit der Dachscheibe das Gebäude aussteifen. Im Elementstoß ist eine planmäßige Fuge von 2 cm vorgesehen wodurch sich Elementbreiten von 98 cm ergeben. Wand- und Dachelemente verfügen über einen identischen Bauteilquerschnitt. Lediglich die ECKEelemente auf den Achsen 1 und 5 verfügen über eine schmalere Innenschale. Die Außenschale hat wieder die Regelbreite von 98 cm. In Bild 2 ist das Strukturprinzip des Bauwerks dargestellt.

2.3 Bauteilgeometrie, Elementfübung und Aussteifungskonzept

Insbesondere die Bauteilfübung hat einen erheblichen Einfluss auf die Elementgeometrie, da in den Fügepunkten Lasten übertragen werden, Wärme- und Feuchteschutz sowie Luftdichtigkeit gewährleistet sein müssen und darüber hinaus die Verbindung zweier Bauteile stets eine gestalterisch sensible Situation darstellt. An den Elementrändern der inneren Textilbetondeckschichten wurden daher 150 mm hohe Aufkantungen ausgebildet. Diese erhöhen bei den Dachelementen die Bauteilsteifigkeit und reduzieren zeitabhängige Schubverformungsanteile aus Kriechen des Schubkräfte übertragenden Kerns. Bei den Wandelementen werden durch die Aufkantungen maßgeblich die Vertikallasten aus Dach und Decke abgeleitet und Stabilitätsprobleme vermieden. Bild 3 zeigt den Querschnitt eines Standard-Wand- oder Dachelements.

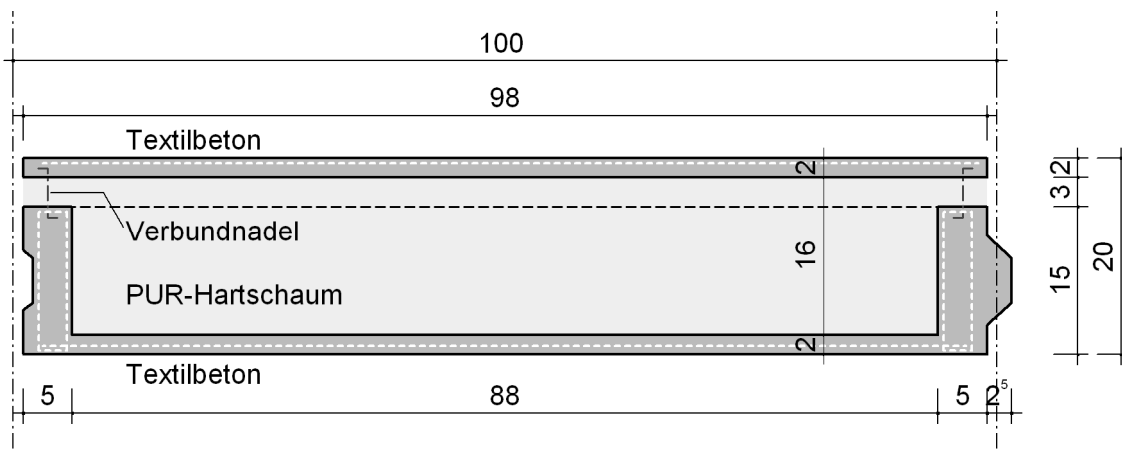


Bild 3: Standard Wandelement, Bauteilquerschnitt [cm]

Fig. 3: Standard wall element, cross-section [cm]

Darüber hinaus wird durch die Aufkantungen ein Konstruktionsraum erzeugt, in dem mittels Nut- und Federgeometrie die konstruktive Fügung der Elemente und der Einbau von Dicht- und Dämmbauteilen erfolgen können.

Das Gebäude wird durch die Ausbildung von Scheiben ausgesteift. Zur Erzeugung einer Scheibenwirkung in der Dachebene wurden die Deckenelemente in den Viertelpunkten schubsteif verbolzt und stählerne Zugbänder (Flachstähle 5/80 mm, Bild 4, Achsen A/B in Bild 2) angeordnet, die auf die Wandhäupter montiert wurden. Zusammen mit den in den vertikalen Wandfugen angeordneten Elastomerstreifen erzeugen die Zugbänder auch in den Wänden eine teilweise Scheibenwirkung. Für die Übertragung der Dachlasten in die Wandelemente wurden an den Innenschalen der Wandelemente oben und unten 11 cm starke Querjoche ausgebildet. Sie bewirken eine gleichmäßige Lastverteilung in den Wandquerschnitt und nehmen Ankerschienen auf, die zur gelenkigen Verbindung der Dach- und Wandelemente mit jeweils zwei M12 Hammerkopfschrauben und für die Aussteifung erforderlich sind. In

Bild 4 sind die Regeldetails für die Fügepunkte Wand/Wand und Wand/Dach dargestellt. Um die Verbindungsmittel zu den Wandelementen und die Verbolzung der Deckenelemente montieren zu können, wurden bei der Herstellung in den Dachelementen entsprechende Handlöcher in der Oberschale vorgesehen.

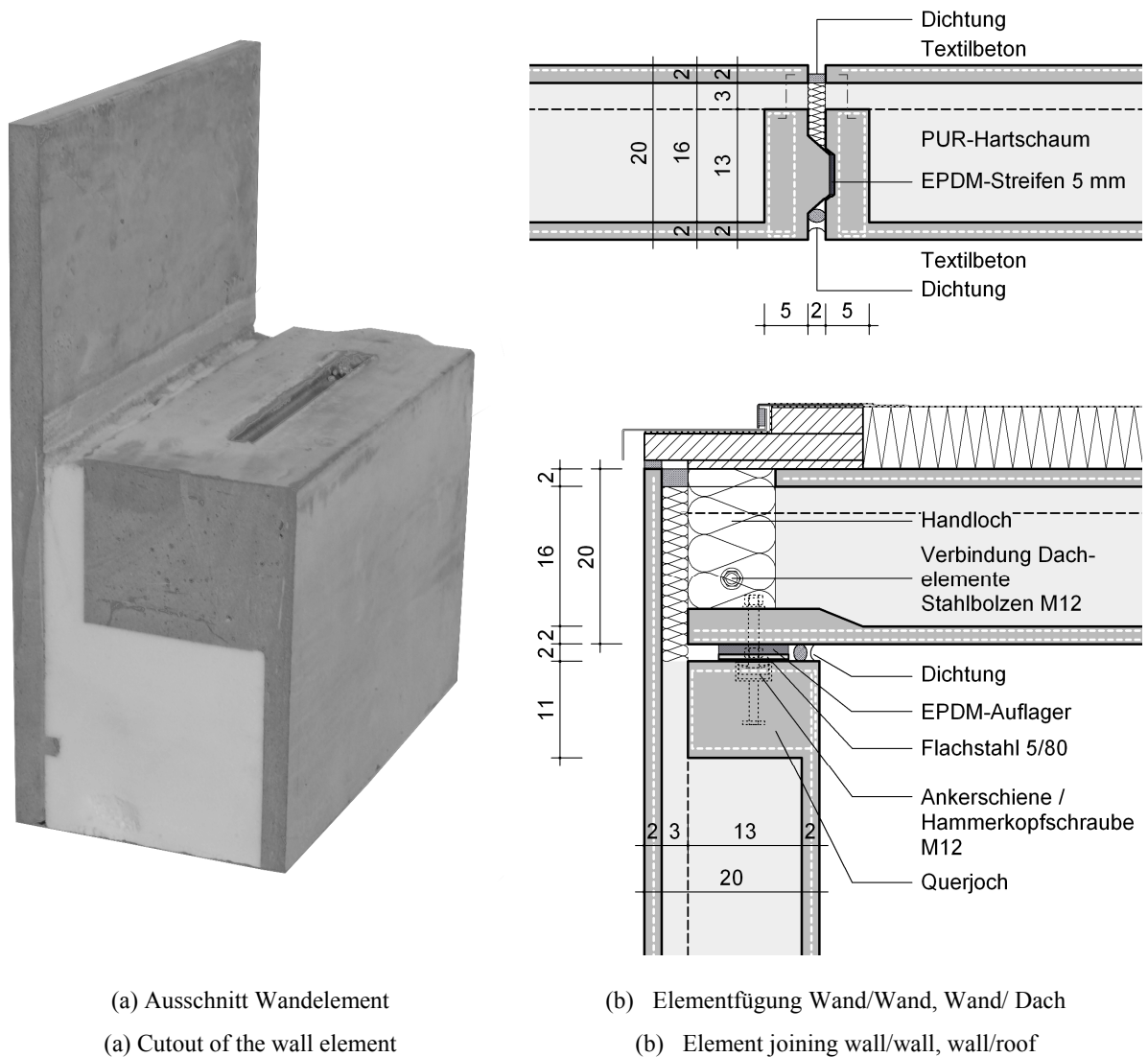


Bild 4: Elementgeometrie und Fügedetails [cm]

Fig. 4: Geometry and joining of elements [cm]

2.4 Bemessung und Tragverhalten der Sandwichbauteile

Die Sandwichbauteile für das TexModul wurden nach der Theorie des elastischen Verbundes, (STAMM [3], HEGGER [4]) sowie durch Vergleichsrechnungen mit einem FE-Programm

unter Verwendung linear-elastischer Materialgesetze bemessen. Zur Verringerung der elastischen und zeitabhängigen Verformungen in der visko-elastischen Kernschicht kann entweder die Eigenbiegesteifigkeit der Deckschichten erhöht oder ein schubsteiferes Kernmaterial, (HEGGER [5]), verwendet werden. Da bei zunehmender Kernrohddichte jedoch auch der Wärme- und Schalldurchgang zunimmt, wurden Aufkantungen der inneren Schale vorgesehen und eine PUR-Hartschaumgüte ausgewählt, die einen guten Kompromiss aus Bauphysik und Tragfähigkeit darstellt. Der dauerhafte Sandwichverbund wird durch Anordnung diskreter Verbundmittel aus Edelstahl sichergestellt, die Schälbeanspruchungen infolge von Schwinden und Quellen sowie Temperatur- und Soglasten aufnehmen. Es wurden 10 Verbundnadeln ($\varnothing = 3$ mm, S690) je Dachelement eingesetzt.

In weggesteuerten Biegeversuchen an Bauteilen wurden das Last-Verformungs-Verhalten und die Tragfähigkeit von Wand- und Dachelementen untersucht. In Bild 5 ist die Prüfgeometrie und das Lastverformungsverhalten von einem Dachbauteil im Vergleich zu einem Sandwichbauteil mit ebenen Deckschichten aus HEGGER [4] und die Versuchskurve eines Wandelementes dargestellt. In Tabelle 1 sind die zugehörigen Bruchwerte aufgeführt.

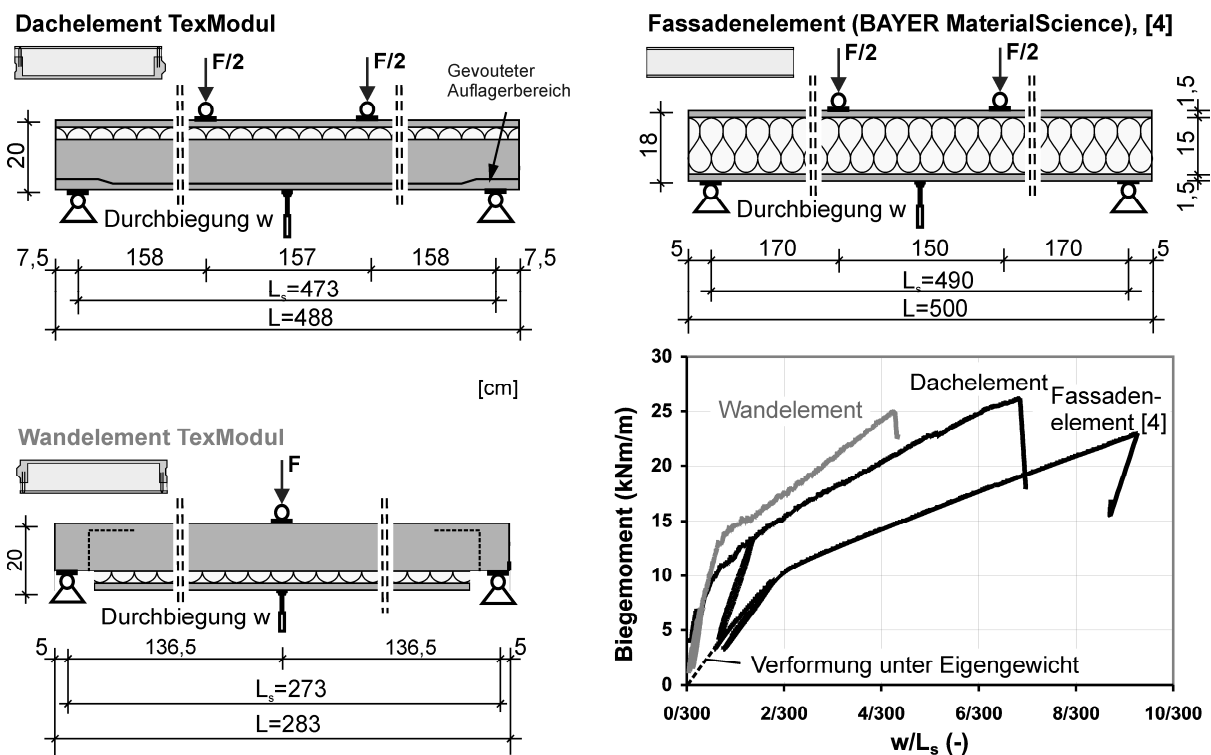


Bild 5: Laststellungen und Last-Verformungskurven der Biegeversuche an Bauteilen

Fig. 5: Load geometries and load-deflection-curves of the bending tests on members

Gegenüber der Sandwichplatte mit ebenen Geometrien aus HEGGER [4] lässt sich für das Dachelement mit vergleichbarer Belastungsgeometrie ein deutlich steiferes Bauteilverhalten feststellen, das neben der höheren Schaumkernsteifigkeit und den größeren Bauteil- und Deckschichtdicken vor allem auf die große Biege- und Schubsteifigkeit der unteren U-Schale zurückzuführen ist, die insbesondere den Schubverformungsanteil deutlich reduziert (STAMM [3], HEGGER [5]). Die globale Sicherheit für das Dachelement unter Kurzzeitbeanspruchung gegenüber dem Gebrauchslastniveau beträgt ca. 3,6. Es wird ein günstiger Einfluss der Aufvoutung der unteren Schale (s. Bild 4, Bild 5) im Zusammenhang mit der Druckbeanspruchung des Kerns im Auflagerbereich (Blockdübelbildung) sowie ein günstiger Einfluss der den Schaumkern einfassenden Aufkantungen vermutet.

Tabelle 1: Ergebnisse der Biegeversuche an Wand- und Dachelementen im Vergleich zu einem Sandwichelement mit ebenen Querschnittsgeometrien, HEGGER [4]

Table 1: Results of the bending tests on wall and roof elements in comparison to a panel with plain section geometries, HEGGER [4]

Bauteil	Kernmaterial [-]	Spannweite [m]	Bruchlast F_u [kN/m]	Bruchmoment M_u [kNm/m]
Fassadenelement [4]	PUR, 40 kg/m ³	4,90	23,2	23,0
Dachelement TexModul	PUR, 50 kg/m ³	4,73	28,0	26,2
Wandelement TexModul	PUR, 50 kg/m ³	2,73	34,6	25,0

Alle Bauteile versagten durch Schubrissbildung im PUR-Hartschaumkern (Bild 6) mit schlagartigem Lastrückgang (Bild 5). Dies belegt, dass die Sandwichtragwirkung trotz der hohen Eigenbiegesteifigkeit der profilierten Betonschale einen bedeutenden Anteil an der Gesamttragfähigkeit/-steifigkeit bereitstellt. In den textilbewehrten Betondeckschichten waren noch Tragfähigkeitsreserven vorhanden, wie anschließende Detailuntersuchungen an aus den Bauteilen herausgeschnittenen Probekörpern ergaben.

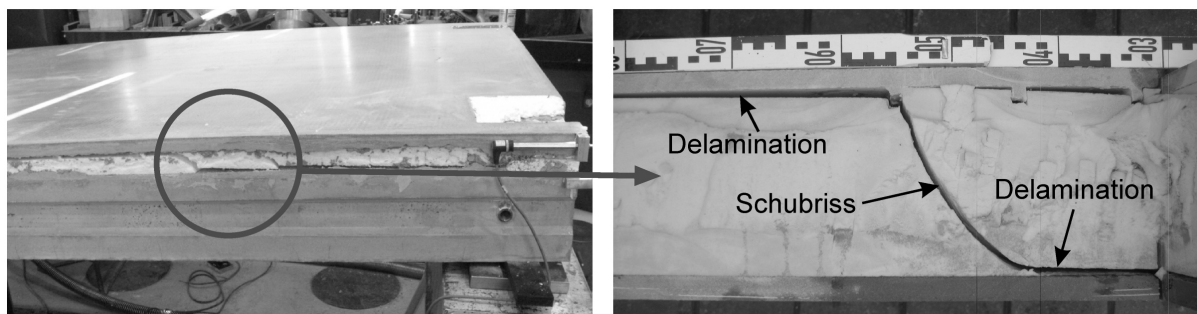


Bild 6: Schubversagen des Dachelementes im Versuchsstand (links) und im aufgeschnittenen Bauteil (rechts)

Fig. 6: Shear failure of the roof element in the test setup (left) and in the saw-cut (right)

3 Bauphysikalisches Verhalten

Durch den 160 mm starken Dämmkern aus Polyurethanhartschaum verfügen die Bauteile über ein gutes Dämmverhalten. Der mittlere U-Wert der Wandelemente inklusive Fugen beträgt $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Problematisch ist der Bereich der Elementränder, da hier die Dämmstoffstärke auf 30 mm reduziert wird. Gemäß DIN 4108-2 muss bei Wärmebrücken der Temperaturfaktor an der ungünstigsten Stelle die Mindestanforderung $f_{\text{Rsi}} \geq 0,70$ erfüllen. Dies bedeutet, dass bei den angenommenen Randbedingungen gemäß DIN 4102-2 eine raumseitige Oberflächentemperatur von $\geq 12,6^\circ\text{C}$ einzuhalten ist. Mit Hilfe von Wärmestromsimulationen (siehe Bild 7) konnte nachgewiesen werden, dass sowohl in diesen Bereichen als auch in den Fugen ein ausreichend hohes Temperaturniveau im Bauteil erreicht wird, so dass Schimmelbildung vermieden wird.

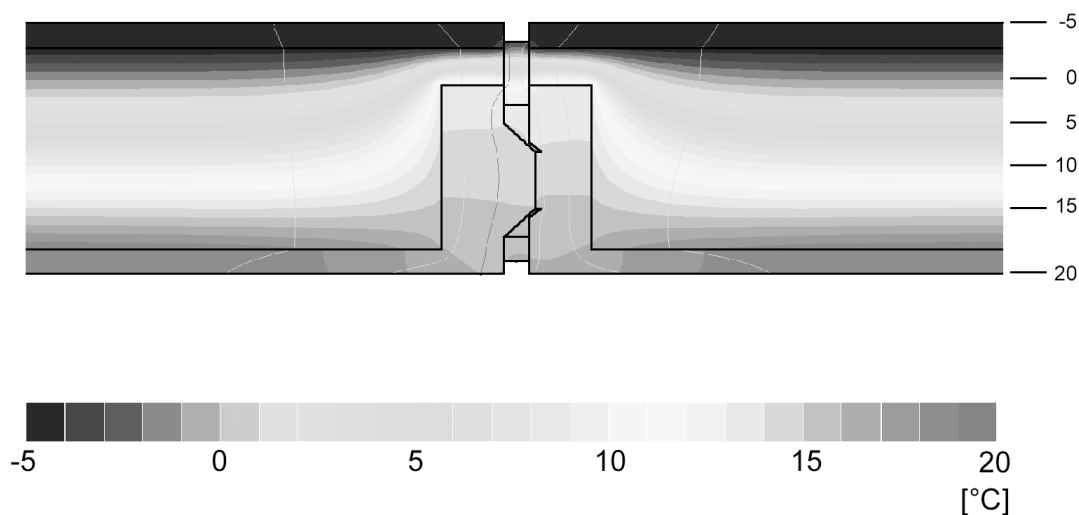


Bild 7: Wärmestromsimulation Fugebereich Wand/Wand

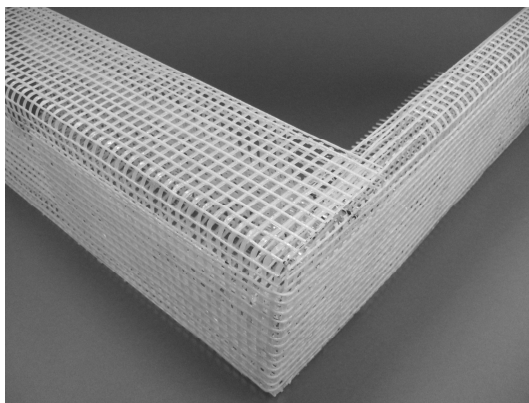
Fig. 7: Computersimulation of heat flow in the element-joint

Das Schalldämmverhalten der Sandwichbauteile wurde aufgrund der untergeordneten Bedeutung für den Experimentalbau nicht näher untersucht. Aus anderen Forschungsprojekten sind jedoch Anhaltswerte bekannt. So wurden im Rahmen eines von der Bayer AG in Auftrag gegebenen Forschungsprojektes zu Textilbetonsandwichelementen als Fassadenbauteile an Sandwichelementen mit sehr ähnlichem Aufbau in Labormessungen Schalldämmmaße von ca. 43 dB ermittelt, HEGGER [4]. Aufgrund der seitlichen Aufkantungen der Textilbetoninnenschale muss jedoch vermutet werden, dass beim TexModul derartige Werte nicht erreicht werden.

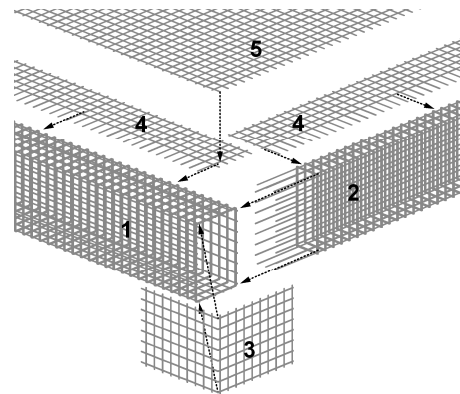
4 Herstellungsmethoden

4.1 Textile Bewehrung

Wesentliches Problem bei Produktion der Bauteile war die Herstellung der textilen Bewehrungselemente. Insbesondere die komplexe Geometrie der Textilbeton-Innenschale mit Aufkantungen an allen vier Seiten und die geringen Bauteilabmessungen erforderten maßhaltige und formstabile vorkonfektionierte Bewehrungskörbe und eine geeignete Methode, diese mit den Flächenbewehrungen der Deckschalen zu verbinden. Als Ausgangsmaterial für sämtliche Bewehrungsteile wurde das im SFB 532 entwickelte AR-Glas-Gelege 2D-11-07 verwendet. Es verfügt über ein Flächengewicht von $574,8 \text{ g/m}^2$ und über eine Querschnittsfläche von $108 \text{ mm}^2/\text{m}$ bei einem Gitterabstand von 8 mm. Zur Verbesserung der Tragfähigkeit und der Handhabung beim Einbau wurde das Textil bei der Fa. von Roll GmbH, Augsburg mit einem Epoxidharz beschichtet.



(a) Bewehrungselemente Eckverbindung
(a) Reinforcement elements corner joint



(b) Fügung Bewehrungselemente (1 Querjoch, 2 Längsaufkantung, 3 Eckwinkel, 4 Einsteckbewehrung, 5 Feldbewehrung)
(b) Joint of reinforcement elements (1 transversal beam, 2 longitudinal beam, 3 corner connector, 4 plug-in-elements, 5 field reinforcement)

Bild 8: Textile Bewehrungselemente

Fig. 8: Textile reinforcement

Für die Randaufkantungen wurden spezielle, bauteilangepasste Bewehrungskörbe hergestellt. Hierzu wurden 25 cm breite Streifen des Textils auf der Laborbeschichtungsanlage des ITA mit einem wasserbasierten Prepreg-Epoxidharz (Hexion, Duisburg) beschichtet. Das Harzsystem ist warm aushärtend ($100 \text{ s}/170 \text{ °C}$) und wies in Versuchsbeschichtungen gute Verarbeitungseigenschaften auf. Die beschichteten Textilstreifen wurden mit PTFE-Folie bezogen

und mittels spezieller Aluminiumschalungen in Rechteckhohlprofile (Bild 8, Pos. 1/2) und L-Profile (Bild 8, Pos. 3) umgeformt und in einem Ofen bei 170° C ausgehärtet. In Dehnkörperversuchen wurden mittlere Zugfestigkeiten von 1395/1269 N/mm² (von Roll-Beschichtung, maschinell/Handbeschichtung Hexion-Harz) ermittelt. Die so erzeugten Bewehrungshalbzeuge wurden zu Bewehrungskörben zusammengesteckt (Bild 8b), mit denen in den Rahmenknoten der Wandinnenschalen eine ausreichende Momententragfähigkeit erzielt werden konnte. Da es hinsichtlich der textilen Produktion und der Vorfertigung der räumlichen Bewehrungsstruktur nicht möglich war, die Feldbewehrung der U-Schale direkt in den Bewehrungskorb der Randaufkantung zu führen, wurde eine einfach handhabbare, streifenförmige „Einsteckbewehrung“ hergestellt. Bei dieser wurde auf einer Hälfte die Querbewehrung entfernt, um die Längsbewehrung in die Bewehrung der lastabführenden Randaufkantungen einschieben zu können, während die andere Hälfte mit der Feldbewehrung gestoßen wurde (siehe Bild 8, Pos.4/5).

4.2 Betonage

Vor Betonage der Bauteile wurden die zusammengesteckten Bewehrungselemente auf dem einteiligen, gefrästen PUR-Hartschaumkern fixiert und die Verbundnadeln eingebracht. Das Betonieren der kompletten Sandwichelemente erfolgte im so genannten Positivverfahren in drei Schritten. Zunächst wurde die äußere Deckschale (20 mm) im Laminierverfahren mit einer zentrischen Bewehrungslage hergestellt. Danach wurde der vorgefertigte Schaumkern mit den Bewehrungskörben und den Verbundnadeln in den noch frischen Beton eingedrückt und allseitig die Randabschalung aufgestellt. Abschließend wurde die Flächenbewehrung der inneren Deckschale auf den Schaumkern aufgelegt und die Schalung mit Beton aufgefüllt.

Für die äußere und innere Deckschale wurden unterschiedliche Betonmischungen verwendet. Bei der Außenschale wurde eine Mischung mit relativ steifer Konsistenz und einem Kurzfasergehalt (AR-Glas) von 1 Vol-% verwendet, die sich durch Flächenrüttler gut verdichten ließ ohne sich zu entmischen und zu hervorragenden Oberflächen führte. Gleichzeitig wirken die Kurzfasern der Rissbildung infolge Zwangsspannungen aus behinderten Temperatur- und Feuchtedehnungen entgegen. Bei der geometrisch komplexeren Innenschale wurde eine sehr fließfähige Mischung ohne Kurzfasergehalt verwendet. Die Mischung ließ sich ohne Rütteln verarbeiten. Die ungeschaltete Seite wurde von Hand abgezogen und geglättet.

5 Ausblick

Das TexModul zeigt das Potenzial und die Umsetzbarkeit der Sandwichbauweise mit Deckschichten aus Textilbeton. Wesentliche Fragen der Konstruktion, Herstellung und Montage aber auch des architektonischen Erscheinungsbildes konnten untersucht und beantwortet werden. Allerdings verweist das Projekt auch auf weiteren Forschungsbedarf. So sind insbe-

sondere für die Herstellung der textilen Bewehrungshalbzeuge effiziente, industrielle Produktionsmethoden zu entwickeln, um die Bauweise wirtschaftlich zu machen. Hinsichtlich der Dauerhaftigkeit der Verbundfuge von Schaumkern und Beton sowie dem langzeitlichen Verformungsverhalten der Bauteile und dem Brandverhalten derartiger Elemente bestehen zahlreiche offene Fragen. Insgesamt leisten jedoch die entwickelten Bauteile aufgrund ihres breiten Leistungsspektrums und des sparsamen Materialeinsatzes einen echten Beitrag bei der nachhaltigen Verwendung von Beton.

6 Danksagung

Die Autoren bedanken sich für die finanzielle Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 532 „Textilbewehrter Beton – Grundlagen für die Entwicklung einer neuartigen Technologie“ sowie BAYER Material-Science und Hexion für die technische und finanzielle Unterstützung der Forschungsarbeiten.

7 Literatur

- [1] KOSCHADE, R.: *Die Sandwichbauweise*, Berlin: Ernst & Sohn Verlag, 2000, S.43
- [2] SCHNEIDER, H.N.; SCHÄTZKE, C.; BERGMANN, I.: *Textile Reinforced Concrete - Applications and Prototypes*. In: HEGGER, J.; BRAMESHUBER, W.; WILL, N.(Hrsg.):*Textile Reinforced Concrete - 1st International RILEM Conference on Textile reinforced Concrete, 6./7. September, 2006, Aachen, D.* Bagnaux, F: RILEM Publications S.A.R.L., 2006, S. 297 - 307.
- [3] STAMM, K., WITTE, H.: *Sandwichkonstruktionen - Berechnung, Fertigung, Ausführung*. Springer-Verlag, 1974.
- [4] HEGGER, J., HORSTMANN, M., WILL, N.; KLESER, J.: *Sandwich panels with TRC-facings*. Proceedings of 3rd International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation (SEMC 2007), Capetown, South Africa, 10.-12.09.2007, pp. 353-354.
- [5] HEGGER, J.; HORSTMANN, M.; SCHOLZEN, A.: *Sandwich panels with thin-walled textile reinforced concrete facings*. Oral presentation: ACI Fall Convention Puerto Rico 2007, published in ACI SP-251: Design and Applications of Textile Reinforced Concrete. CD-ROM (pdf-file SP-251-7), pp. 109-123.