

# ANSCHLUSSPROJEKTE

## Sandschalung zur Herstellung von dünnwandigen Sandwiches aus Carbonbeton | Sand formwork for the production of thin-walled sandwich made from carbon concrete

- ▶ Oliver Gericke, Walter Haase, Werner Sobek
- ▶ Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren, Universität Stuttgart

Die im Teilprojekt Sobek (siehe S. 626 ff.) entwickelte gefrorene Sandschalung zur abfallfreien Herstellung von Betonbauteilen wurde im Rahmen des BMBF-geförderten Konsortiums *Carbon Concrete Composite – C<sup>3</sup>* für die Herstellung dünnwandiger und gekrümmter Sandwichelemente weiterentwickelt. Der vorliegende Kurzbericht fasst die Forschungsergebnisse des Projekts *C<sup>3</sup>Sandwich* zusammen. Eine ausführliche Beschreibung der Arbeiten wurde in [1] veröffentlicht.

Die untersuchten Sandwiches bestanden aus einem dämmenden Kern sowie aus zwei äußeren Deckschichten, die durch eine Carbon-Formbewehrung schubfest miteinander verbunden waren. Für den Herstellungsprozess mittels gefrorener Sandschalung ergaben sich folgende technische Herausforderungen:

- Einbeziehung von Schubverbundmitteln aus Carbon in den Herstellungsprozess,
- Einbeziehung von plattenförmiger Dämmung in den Herstellungsprozess von einfach gekrümmten Sandwiches,
- Erzeugung von Kavitäten im Kern doppelt gekrümmter Sandwiches.

Durch Weiterentwicklungen der Methode der gefrorenen Sandschalung wurde die Herstellung zweier Sandwichtypologien möglich: ein einfach gekrümmtes Sandwich mit innenliegender Dämmung und stabförmigen Schubverbundmitteln (Bild 1, links) sowie ein doppelt gekrümmtes Sandwich mit halbkugelförmigen Schubverbundmitteln mit leerer Kernschicht (Bild 1, rechts).

Within the framework of the BMBF-funded consortium *Carbon Concrete Composite – C<sup>3</sup>*, the research on sand formwork for the waste-free production of concrete components (TP Sobek, p. 626 seq.) was further advanced towards the production of thin-walled and curved sandwich elements. This report summarizes the research results of the project *C<sup>3</sup>Sandwich*. A detailed description of the work was published in [1].

The investigated sandwiched consisted of an insulating core and two outer cover layers. A shear bond between the two layers was ensured by means of carbon reinforcement. The following technical challenges arose for the production process using frozen sand formwork:

- Incorporation of shear-reinforcement made from carbon into the manufacturing process,
- Inclusion of insulation plates in the production process of single-curved sandwiched,
- Creation of cavities in the core of double-curved sandwiched.

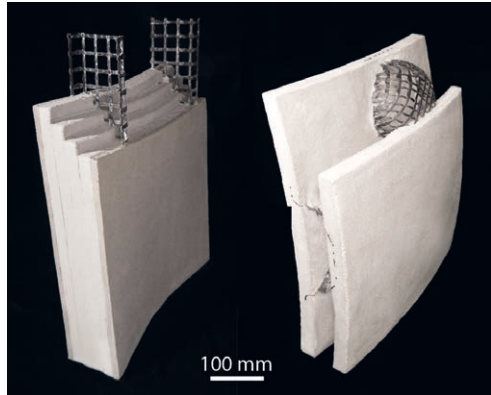
Further development of the frozen sand formwork method made it possible to produce two types of sandwich: a single-curved sandwich with internal insulation and rod-shaped shear reinforcement (Fig. 1, left) and a double-curved sandwich with hemispherical shear reinforcement with an empty core layer (Fig. 1, right).

For the single-curved sandwich, an internal insulation (four sheets of Evonik CALOSTAT®, each 20 mm thick, [2]) together with a carbon shear reinforcement (solidian GRID as C-profile, [3]) was first brought into the single-curved form

Für das einfach gekrümmte Sandwich wurde zunächst eine innenliegende Dämmung (vier Platten Evonik CALOSTAT®, jeweils 20 mm stark, [2]) zusammen mit einer Carbon-Schubbewehrung (solidian GRID in C-Profilierung, [3]) in eine einfach gekrümmte Form gebracht und mittig zwischen zwei hergestellten Sandschalungen fixiert. Die beiden Deckschichten mit einer Dicke von jeweils 10 mm wurden dann gleichzeitig betoniert.

Das doppelt gekrümmte Sandwich wurde in zwei Schritten hergestellt (Bild 2): Zunächst wurde die Schalung für die erste Deckschicht hergestellt, in der die halbkugelförmigen Schubverbundmittel eingesetzt und fixiert wurden. Dann wurde die erste Deckschicht mit einer Dicke von 20 mm betoniert. Im zweiten Schritt wurde eine Schicht nasser Sand an der Deckschicht aufgebracht und eingefroren. Zusätzlich zu dieser innenliegenden Schalung wurde die äußere Schalung der zweiten Deckschicht mittels Fräsen hergestellt. Abschließend wurde die zweite Deckschicht mit einer Dicke von 20 mm betoniert.

Die Ergebnisse zeigten, dass die im SPP 1542 entwickelte Sandschalung zur präzisen Herstellung dünnwandiger Strukturen mit eingebetteter Bewehrung und Dämmung sowie mit inneren Kavitäten eingesetzt werden kann. Mit den Weiterentwicklungen der Methode konnten sämtliche Bauteile weiterhin abfallfrei hergestellt werden.

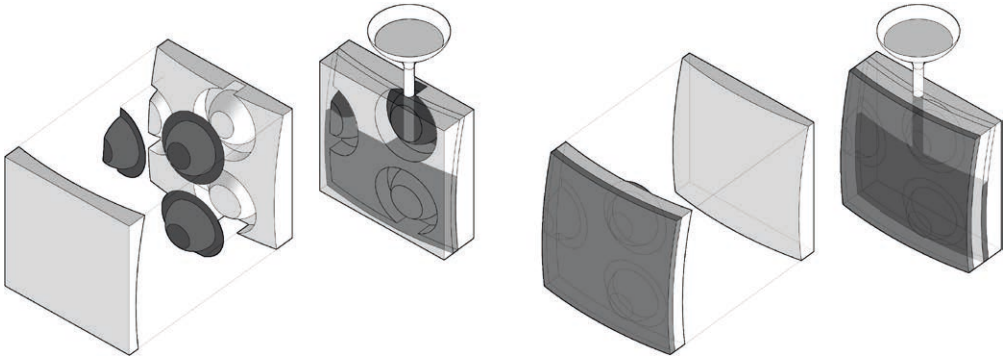


**Bild 1:** Einfach gekrümmtes Sandwich mit innenliegender Dämmung und stabförmiger Schubbewehrung mit C-Profil (links) und doppelt gekrümmtes Sandwich mit halbkugelförmiger Schubbewehrung (rechts) | **Fig. 1:** Single-curved sandwich with internal insulation and bar-shaped shear reinforcement in C-profile (on the left) and doubly-curved sandwich with hemispherical shear reinforcement (right side) | Source: Gabriela Metzger, Oliver Gericke, [1]

and fixed in the middle between two sand formworks. The two cover layers, each 10 mm thick, were then cast simultaneously.

The doubly-curved sandwich was produced in two steps (Fig. 2): First the formwork for the first cover-layer was produced, in which the hemispherical shear connectors were inserted and fixed. Then the first cover-layer was cast with a 20 mm thickness. In the second step, a layer of wet sand was applied to the top layer and frozen. In addition to this inner formwork, the outer formwork of the second surface course was produced by means of milling. Finally, the second cover-layer with a thickness of 20 mm was cast.

The results showed that the sand formwork developed in SPP 1542 can be used for the precise production of thin-walled structures with embedded reinforcement and insulation as well as with internal cavities. With the further development of the method, all components could still be produced without waste.



**Bild 2:** Erweitertes Verfahren zur Herstellung doppelt gekrümmter Sandwiches mit Halbkugel-Schubbewehrung; v. l. n. r.: Herstellung der Schalung und Einbettung der Schubbewehrung; Betonieren der ersten Schicht; Herstellung der Schalung für die zweite Schicht; Betonieren der zweiten Schicht | **Fig. 2:** Extended process for the production of doubly-curved sandwiches with hemispherical shear reinforcement; from left to right: production of the formwork and embedding of the shear reinforcement; casting of the first layer; production of the formwork for the second layer; casting of the second layer | Graphic: Oliver Gericke, [1]

## Literatur | References

- [1] Gericke, O.; Haase, W.; Sobek, W.: Production of Curved Concrete Sandwich Panels Using a Frozen Sand Formwork. In: Bögle, A.; Grohmann, M. (Hrsg.): Interfaces: architecture.engineering.science – Proc. of the IASS Annual Symp. 2017, 25.–28.09.2017 in Hamburg, Hamburg: HCU und IASS, 2017, Beitrag Nr. 9660, Book of Abstracts: S. 180, Langfassung auf USB-Stick, 9 S.
- [2] Evonik Industries AG: CALOSTAT(R) – Technische Informationen 1404. (abgerufen 11/2016)
- [3] solidian GmbH: Data Sheet: Carbon Bewehrung GRID Q142/142-CCE-25. (abgerufen 11/2016) – [https://www.solidian.com/fileadmin/user\\_upload/pdf/TDS/solidian\\_GRID\\_Q142.142-CCE-38.pdf](https://www.solidian.com/fileadmin/user_upload/pdf/TDS/solidian_GRID_Q142.142-CCE-38.pdf)

## Projektdaten | Project data

### Allgemeine Angaben | General information

C<sup>3</sup>-Basisvorhaben B4, Teilprojekt C<sup>3</sup>Sandwich: Hochgedämmte Sandwichfassade, Entwicklung dünn-schaliger hochgedämmter Fassadenelemente – Schalungstechnologie und Befestigungstechnik

C<sup>3</sup> Basic research project B4, subproject C<sup>3</sup>Sandwich: highly insulated sandwich facade, development of thin-walled highly insulated facade elements – formwork technology and joining technology

Antragsteller   Applicant:	Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Werner Sobek
Adresse   Address:	Universität Stuttgart, Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren, Pfaffenwaldring 7+14, 70569 Stuttgart
Kontakt   Contact:	+49 711 685 6 6226/6 3599   werner.sobek@ilek.uni-stuttgart.de   <a href="http://www.uni-stuttgart.de/ilek/">http://www.uni-stuttgart.de/ilek/</a>
Förderer   Funding:	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF; FKZ 03ZZ0305Q)
Förderzeitraum   Funding period:	01.07.2015–31.12.2016
Team   Team:	Oliver Gericke Walter Haase
Partner   Partners:	Dr. Mirtsch Wölbstrukturierung GmbH, Berlin Architektur-Institut, HTWK Leipzig Lehrstuhl und Institut für Massivbau, RWTH Aachen University solidian GmbH, Albstadt

### Projektbezogene Publikationen | Project related publications

- Hülsmeier, F. (Hrsg.): C<sup>3</sup>-Basisvorhaben B4 – Multifunktionale Bauteile aus Carbonbeton. Ergebnisbroschüre, Leipzig: Architektur-Institut Leipzig, 2016, S. 12–15 – online: [https://woelbstruktur.de/info/c3b4\\_ergebnisbroschuere\\_web.pdf](https://woelbstruktur.de/info/c3b4_ergebnisbroschuere_web.pdf)
- Gericke, O.; Haase, W.; Sobek, W.: Production of Curved Concrete Sandwich Panels Using a Frozen Sand Formwork. In: Bögle, A.; Grohmann, M. (Hrsg.): Interfaces: architecture.engineering.science – Proc. of the IASS Annual Symp. 2017, 25.–28.09.2017 in Hamburg, Hamburg: HCU und IASS, 2017, Beitrag Nr. 9660, Book of Abstracts: S. 180, Langfassung auf USB-Stick, 9 S.