

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 112 (1994)  
**Heft:** 37

**Artikel:** Verbundkonstruktionen als Entwicklungstrend  
**Autor:** Meier, Urs  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-78502>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Verbundkonstruktionen als Entwicklungstrend

In fast allen industrialisierten Ländern veranlassten die Regierungen in den vergangenen Jahren umfassende Studien über Forschungs- und Technologiestrategien sowie Technikfolgen-Abschätzungen. Die Ergebnisse zeigen

VON URS MEIER, DÜBENDORF

neben einer Vielzahl interessanter und auch wirtschaftlich bedeutsamer Entwicklungen auf den verschiedenen Technikfeldern, dass in allen Bereichen von Hoch- und Schlüsseltechnologien moderne Bau- und Werkstoffe und deren Technologien eine integrale Rolle spielen. Die Anforderungen an Materialien unterliegen einem ständigen Wandel. Moderne Werkstoffe, zu denen unter anderem Verbundwerkstoffe zählen, eröffnen neue Anwendungsgebiete. Es wären allerdings ein Irrtum zu glauben, dass diese eine Erfindung unserer Zeit seien.

Ein Rundgang durch die Ägyptenabteilung des Berliner Pergamon-Museums oder des Boston Museum of Fine Art zeigt, dass Verbundwerkstoffe bereits im Altertum entwickelt wurden. Im Bostoner Museum beispielsweise befindet sich der Sarg des ägyptischen Fürsten Pepi-seneb aus der Zeit 2200 v. Chr., der als Verbundkonstruktion ausgebildet wurde. Die Deckschichten der in Sandwichbauweise hergestellten Sargwände sind aus Holzbrettern minderer Qualität zusammengesetzt. Der Kern besteht aus einem Mörtel. Auf der äusseren, «konstruktiven» Deckschicht klebt ein dekoratives Furnier aus einem Edelh Holz, das den Eindruck erweckt, der Sarg sei aus solidem, hochwertigem Holz hergestellt worden. An diesem Beispiel erkennen wir aber, dass bereits im Altertum «Wirtschaftlichkeitsüberlegungen» zu Verbundwerkstoffen führten. Sehen wir vom Stahlbeton ab, gingen diese bei modernen Verbundwerkstoffen eher verloren. Es zählten nur noch die mechanischen Höchstleistungen.

Wichtigstes Charakteristikum der Verbundwerkstoffe ist, dass sie Eigenschaften aufweisen, die von einer einzelnen Stoffgruppe nicht realisiert werden

können. Es ist allerdings bedeutend, dass zu diesen «Eigenschaften» auch der Preis gehört, wie das bei den Ägyptern in der Antike bereits der Fall war, und nicht nur die technischen Eigenschaften, die in unserem Raumfahrt-Zeitalter oft allein im Vordergrund stehen beziehungsweise standen. Bei den Stoffpartnern Holz, Beton und Stahl, die in den nachfolgenden Beiträgen zur Diskussion stehen, sind die Preise heute günstig. Neuere Entwicklungstendenzen zeigen aber, dass sogar der gezielte Einsatz von im Vergleich dazu sehr teuren Faserverbundwerkstoffen unter gewissen Bedingungen im Bauwesen wirtschaftlich und technisch sinnvoll sein kann. Gelingt es zum Beispiel, durch den Einsatz dieser «federleichten» Werkstoffklasse die Arbeitsstunden dank leichter Handhabung auf der Baustelle zu reduzieren, wird in vielen Fällen der Preisaufwand für teure Werkstoffe durch eine Reduktion der Lohnkosten mehr als ausgeglichen. In der Schweiz kommen im Bauwesen bereits heute bei etwa 30 Objekten pro Jahr moderne Hochleistungs-Faserverbundwerkstoffe zum Einsatz. Diese Anzahl wird in den nächsten Jahren stark steigen.

Im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsprojektes demonstrierten die EMPA Dübendorf und das Department of Civil Engineering am Massachusetts Institute of Technology, wie mit einer sehr geringen Menge von hochmoduligen kohlenstoffaserverstärkten Kunststoffen (CFK) eine Doppelfunktion erreicht werden kann. Einerseits versteifen CFK-Lamellen, sofern eine gewisse statische Höhe vorhanden ist, die Tragkonstruktion beachtlich. Andererseits kann ihre Bruchdehnung so eingestellt werden, dass die CFK-Lamellen als preiswerte Sensoren wirken und rechtzeitig, bevor es zu einem Kollaps kommt, visuell auf eine allfällige Überbeanspruchung der Tragkonstruktion hinweisen. Andere F+E-Produkte der EMPA, deren Ergebnisse zurzeit von der Baupraxis übernommen werden, bezwecken:

- die Verstärkung bestehender Bauwerke mit CFK-Lamellen

- die Verbindung bei Holzkonstruktionen mit faserverstärkten Kunststoffen
- die Herstellung von Verankerungen für CFK-Paralleldrahtbündel
- die Entwicklung von Bemessungsverfahren für den Einsatz von CFK-Litzen für das Spannbett-Verfahren und die Vorspannung und der Verbund zwischen Beton und Holz mittels speziell entwickelten Stahlelementen

In Entwicklung, aber noch nicht praxisreif, sind Systeme zur nachträglichen Schubverstärkung von Tragwerken, Felsanker und faserverstärkte Rohrquerschnitte aus hochfesten Betonen.

Dass der Trend vieler neuer Bau- und Werkstoffanwendungen Richtung Mehrstoffverbund-Systeme geht, ist zurzeit unverkennbar. Zu den bekannten Stoffpartnern Holz, Metall und Beton gesellen sich u.a. Kunststoffe und Hochleistungsfaserverbundwerkstoffe. Diese Entwicklung beinhaltet auch Gefahren. Die Eigenarten der klassischen Bau- und Werkstoffe sind den Ingenieuren in der Regel von ihrer Grundausbildung her bekannt. Dies gilt weniger für moderne Hochleistungs-Faserverbundwerkstoffe, die sich durch extreme Anisotropien auszeichnen. So liegt beispielsweise der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient einer Verstärkungslamelle aus modernen Faserverbundwerkstoffen in Längsrichtung zwischen  $-4 \cdot E6$ - und Null und in Querrichtung zwischen 10 bis  $80 \cdot E6$ . Die Festigkeit in Längsrichtung mag 3000 MPa in Querrichtung jedoch nur 30 MPa aufweisen. Dank F+E-Arbeiten der vergangenen zehn Jahre lassen sich derartige Probleme von Spezialisten gut beherrschen. Der praktisch tätige Ingenieur dürfte allerdings mit diesen Gegebenheiten weniger vertraut sein. Falls er in Zukunft moderne Mehrstoffverbunde sachgerecht einsetzen will, ist eine vorgängige, gründliche Auseinandersetzung mit dieser Materie unabdingbar. Falls diese Aufgabe ernst genommen und bald angegangen wird, liegt in diesem Bereich für Unternehmen, vor allem aber auch für beratende Ingenieure, ein neues, beachtliches Wertschöpfungs-Potential.

Adresse des Verfassers: Prof. Urs Meier, Direktor der EMPA, 8600 Dübendorf.