



---

# Verbindungslösung für Verbundwerkstoffe

White Paper

# Verbindungs­lösung für Verbundwerkstoffe

---

von **Matthew Stevens**

Managing Director,  
Bighead® Bonding Fasteners LTD

[www.bossard.com](http://www.bossard.com)

Alle Rechte vorbehalten © 2020 Bossard

Die erwähnten Empfehlungen und Hinweise sind im praktischen Einsatz durch den Leser hinreichend zu überprüfen und für deren Anwendung als geeignet zu erklären. Änderungen vorbehalten.



ASSEMBLY  
TECHNOLOGY  
EXPERT

## VERBINDUNGSLÖSUNG FÜR VERBUNDWERKSTOFFE

# Einleitung

---

Mit der ansteigenden Verwendung von Verbundwerkstoffen infolge sich ausweitender Anwendungsbereiche nimmt die Herausforderung zu, für jeden Anwendungszweck die geeignete Verbindungslösung zu finden. Dieses White Paper untersucht einige bewährte Verbindungslösungen innerhalb eines ständig wachsenden Marktes.

### Was ist ein Verbundwerkstoff

Bei Verbundwerkstoffen handelt es sich um Feststoffe, die sich aus zwei Materialbestandteilen zusammensetzen, die unterschiedliche physikalische oder chemische Eigenschaften aufweisen. Die zwei Hauptkategorien der Materialbestandteile, aus denen sich ein Verbundwerkstoffteil zusammensetzt, sind Trägermaterial und Verstärkung. Als Trägermaterial dienen beispielsweise Harze, Keramik, Polymere oder Zemente. Beispiele für Verstärkungen sind Fasern, Sandwich-Kerne oder Aggregate. Das Trägermaterial umschließt und stützt dabei das Material zur Verstärkung, während das Material zur Verstärkung seine besonderen mechanischen und physikalischen Eigenschaften auf das Trägermaterial überträgt und dadurch dessen Materialeigenschaften verbessert. Verbundwerkstoffe werden während des Herstellungsvorgangs geformt, in der Regel werden dazu Formnester oder Spritzgussverfahren angewendet.

Durch die Synergie zwischen den beiden Feststoffen entsteht dabei ein Verbundwerkstoff, der andere Eigenschaften besitzt als die einzelnen Materialbestandteile. Die Vielzahl verfügbarer Träger- und Verstärkungsmaterialien führt dazu, dass Ingenieure einen beachtlichen Spielraum beim Entwerfen neuer Produkte erhalten und das Potenzial zur Optimierung von Produktformen- und Funktionalitäten dabei erheblich ansteigt.

Die Fähigkeit, verschiedene Feststoffe zu kombinieren und dadurch hochwertigere Verbundwerkstoffe herzustellen, ermöglicht es den Ingenieuren, Kosten-, Gewichts-, Festigkeits- und Verarbeitungsverbesserungen zu erzielen und sich so besser auf die geforderten Herstellungs- und Anwendungsprozesse einzustellen.

## VERBINDUNGSLÖSUNG FÜR VERBUNDWERKSTOFFE

# Der wachsende Trend hin zu Verbundwerkstoffen

Die Entwicklung von Verbundwerkstoffen und Kunststoffen sowie deren Verarbeitung für Anwendungen, die eigentlich traditionellen Werkstoffen wie Holz und Metall vorbehalten blieben, ist ein nicht von der Hand zu weisender Trend. Leichter, widerstandsfähiger, vielseitiger und mechanisch stabiler – moderne Verbundwerkstoffe haben ihren festen Platz in beinahe allen industriellen Sektoren eingenommen. Die Automotive-Branche ist kontinuierlich bestrebt, im Fahrzeugbau Gewichtsreduzierungen umzusetzen, sodass diese Anstrengungen heutzutage eine zentrale Stellung im Bereich Innovation einnehmen. Preisanstiege im Rohölsektor und Emissionsauflagen zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses tragen ihren Teil dazu bei, diese Anstrengungen voranzutreiben.

Ursprünglich wurden leichtgewichtige Verbundwerkstoffe wie beispielsweise Kohlefasern nur in hochwertigen Endprodukten verarbeitet, wie sie in der Raumfahrt und für die Highend-Serien im Fahrzeugbereich Verwendung finden. Zunehmend tendieren die grossen Automobilhersteller dazu, Kohlefasern für Ihre Luxusmodelle einzusetzen. Dabei wird ständig nach neuen Wegen geforscht, um Strukturteile, die herkömmlich aus Metall fabriziert werden, durch leichtgewichtige Kohlefasern zu ersetzen. Mit dem Anstieg des Herstellungsvolumens von Kohlefasern können die Produktionskosten immer weiter gesenkt werden. Gleichzeitig wird die Anzahl von Anwendungen im Premium- und Standardbereich des Fahrzeugbaus deutlich zunehmen.

## VERBINDUNGSLÖSUNG FÜR VERBUNDWERKSTOFFE

# Verbundwerkstoffe - eine neue Herausforderung für Verbindungen

Die stetige Verbreitung von leichtgewichtigen Verbundwerkstoffen birgt Herausforderungen, bietet jedoch auch neue Chancen. Eine der grössten Herausforderungen stellt dabei die sichere Befestigung solcher Materialien dar. Traditionelle, für Blech ausgelegte Verbindungssysteme, wie beispielsweise Niete, Bolzen und eingepresste Befestigungen, die für Metall entwickelt wurden, sind oft nicht kompatibel mit Verbundwerkstoffen oder erfordern erhebliche Zugeständnisse bei der Verarbeitung. Für Metalloberflächen konzipierte Schweissbolzen können zum Beispiel nicht effizient mit Plastik verarbeitet werden. Leichtgewichtige

Verbundwerkstoffplatten müssen dünn fabriziert werden und können nicht dickere Bereiche haben, damit herkömmliche Verbindungselemente eingesetzt werden können. Das Stanzen und Bohren verbessert die Eigenschaften von dünnen Kohlefaserverplatten nicht.

Kurz gesagt: Produktingenieure und Verfahrenstechniker, die dank Verbundwerkstoffen nach neuen Horizonten greifen, wollen sich durch bestehende Verbindungslösungen, die nicht mit Verbundwerkstoffen kompatibel sind, nicht einschränken lassen.

## VERBINDUNGSLÖSUNG FÜR VERBUNDWERKSTOFFE

# In Verbundwerkstoffen integrierte Verbindungselemente

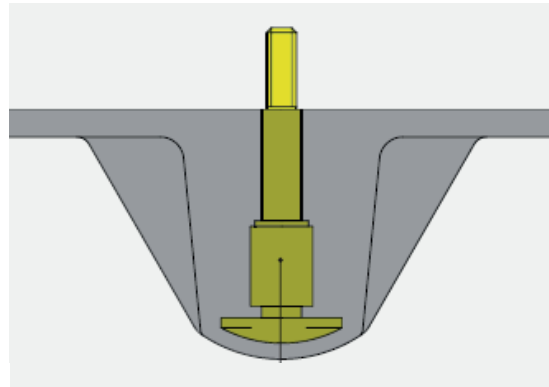
Die Integration von Verbindungselementen in Verbundwerkstoffen ist eine häufige Anforderung und dient dazu, eine sichere und kaum wahrnehmbare Verbindungslösung zu entwickeln. Die Integration von Verbindungselementen in das Herstellungsverfahren der Verbundwerkstoffe führt zu integralen Verbundwerkstofflösungen, die eine effizientere Endfertigung der Produkte ermöglichen. Dank der Integration in die Verbundwerkstoff-Gussform ist das Verbindungselement vollständig im Produkt integriert, sodass Zusatzarbeiten entfallen. Integrierte Verbindungselemente zeichnen sich durch ihre Unauffälligkeit und Stabilität aus. Dies sind einige der eindeutigen Vorteile der Integration von Verbindungselementen.

Eine Integration von Verbindungselementen, die nicht dafür ausgelegt sind, kann jedoch die Produktentwicklung einschränken und eine effiziente Produktion beeinträchtigen. Kompromisse dieser Art bewirken eine Verminderung der Produktqualität oder erhöhen die Stärke und das Gewicht des mit Verbundwerkstoffen hergestellten Teils. Das nachfolgende Beispiel erläutert, wie bei diesem Bodenblech Kunststoff um einen standardmässigen Bolzen angebracht wird, um den Bolzen in dieser Lage zu sichern.

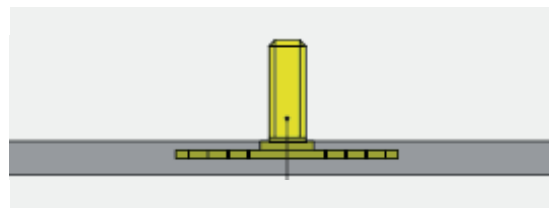


SMC-Bodenblech mit struktureller Materialverstärkung, die rund um eine traditionelle Befestigungslösung verbaut wird.

Im Querschnitt ist zu sehen, wie der traditionelle Bolzen eine erhebliche Menge an Verbundwerkstoff benötigt, um sicher verankert werden zu können.



Alternativ kann ein Klebefestiger, beispielsweise der Marke bigHead® verwendet werden, der im Verbundwerkstoff eingelagert wird, ohne dass dazu das Bauteil mit einem grösseren Querschnitt hergestellt werden muss. Der dünne Flachkopf, wie er im Querschnitt dargestellt wird, dessen Perforationen dazu beitragen, dass der Verbundwerkstoff fließt, hilft dabei die Traglast optimal auf die Struktur des Verbundwerkstoffs zu übertragen. Dadurch kann dieselbe Gewindebolzenverbindung mit einer potenziell höherer Zug- und Torsionsfestigkeit erzielt werden. Unterschiedliche Stufen von Zug- und Torsionsfestigkeit werden durch unterschiedliche Kopfgrößen- und -formen erreicht.



Zusammenfassend werden hier einige der Hauptvorteile von in Verbundwerkstoffteilen integrierten Verbindungselementen gegenüber nicht integrierten traditionellen Verbindungselementen aufgeführt:

- Gewichtersparnis des Verbindungselements; bigHead® Verbindungselemente sind bis zu 66 % leichter als herkömmliche Bolzen, wie sie im oben genannten Beispiel Anwendung finden.
- Platzeinsparung, da keine zusätzlichen Verbundwerkstoffe hinzugefügt werden müssen, um den Bolzen zu verankern.
- Gewichtseinsparungen durch geringeren Verbrauch von Werkstoffen.
- Reduzierte Verbundwerkstoff-Aushärtezeiten, da weniger Verbundwerkstoff eingesetzt werden muss.
- Höhere Zug- und Torsionsfestigkeiten dank bigHead® Designs.
- Designoptimierungen dank speziell für das Verbundwerkstoffteil hergestellten Verbindungselementen.

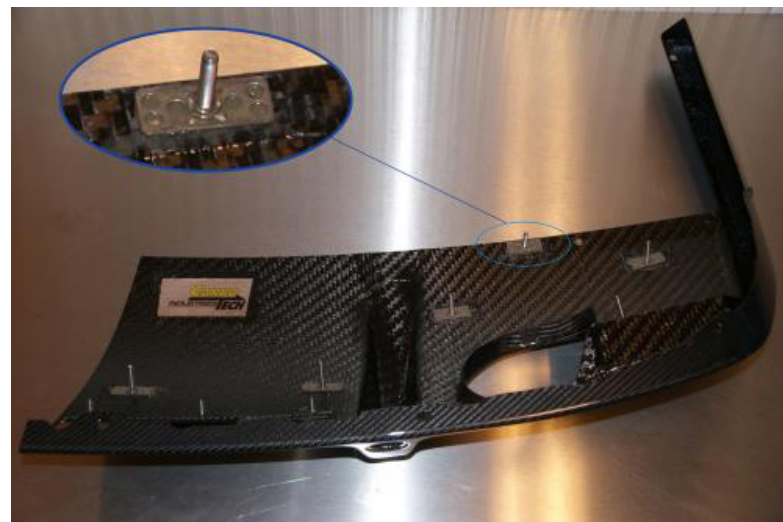
## VERBINDUNGSLÖSUNG FÜR VERBUNDWERKSTOFFE

# Oberflächenverklebung von Verbundwerkstoffen

Zahlreiche Verbundwerkstoffanwendungen beruhen auf dünnen Strukturen. Kohlefaserverstärkte Kunststoffe, die für Autokarosserieteile eingesetzt werden, sind ein gutes Beispiel dafür. Solche Verbundwerkstoffplatten sind oft nur wenige Millimeter dick.

In solchen Fällen, bei denen nicht genügend Material vorhanden ist, um das Verbindungselement zu integrieren, kann ein Klebeverbindungselement an der Oberfläche eine äusserst effiziente und diskrete Lösung darstellen. Die Oberflächenbefestigung eines Klebebefestigers mit Klebstoff stellt eine sichere Verbindung dar, da Perforierungen oder Beschädigungen der Verbundwerkstoffplatte vermieden werden.

Das nachfolgende Beispiel zeigt, wie ein Kohlefaserverstärkter Diffusor eines Personewagens mittels bigHead® Klebebefestiger montiert wird. bigHead® Verbindungselemente sind unauffällig und äusserst stark und werden mit einem Konstruktionsklebstoff an der Innenwand des Diffusorsoberflächen verklebt. Diese Klebelösung ist von der "A-Seite" her betrachtet völlig unsichtbar, da keine Niete, Bohrlöcher oder sichtbare "Schatten" vorhanden sind. Die strukturelle Unversehrtheit der einzelnen Verbundwerkstoffplatte bleibt vollständig erhalten. Dank des einzigartigen Designs des perforierten „Kopfes“ fliesst der Klebstoff durch die Löcher und blockiert das Verbindungselement in der Position, wodurch eine hohe Stabilität und Festigkeit erzielt wird. Die direkten OEM-Zulieferer (Tier-1) fixieren das Element in der vorgegebenen Position, sodass der Diffusor zur Endmontage beim OEM-Hersteller bereit ist.



Kohlefaserverstärkter Diffusor befestigt mit 9 bigHead® Verbindungselementen

Je nach Anwendung sind mehrere Klebefestiger-Designs denkbar, die dazu dienen, das Enddesign und die Funktionalität des Verbundteils zu vervollständigen, jedoch keinesfalls zu beeinträchtigen.

Alternative Verbindungselemente erfordern eine Bohrung zur Verschraubung oder Vernietung, wodurch die Platteneigenschaften beeinträchtigt werden können. Das Stanzen einer verstärkten Kohlefaserplatte schädigt die zur Verstärkung beitragenden Kohlefasern, die gerade dazu dienen, das Bauelement zu verstärken und dessen strukturelle Integrität zu gewährleisten. In Abhängigkeit von der Lage, Grösse und Menge können die Bohrlöcher in den Werkstoffplatten bei Belastung Materialverschlechterungen und -fehler hervorrufen. Verbundwerkstoffe können mikro- oder makroskopisch erkennbare Fehler aufweisen. Stauchungsfehler können auf breiter Basis auftreten oder bei jeder individuellen Kohlefaserverstärkung, die durch Stauchung gewölbt wird. Zugspannungsfehler können Grenzlastfehler des Bauteils oder Abnutzungen des Verbundwerkstoffs auf mikroskopischer Ebene sein, bei der eine oder mehrere Schichten des Verbundwerkstoffs bei Belastung des Trägermaterials oder der Verbund zwischen Trägermaterial und Fasern beschädigt werden. Auf Grund der Komplexität und unterschiedlichen Zusammensetzungen der Verbundwerkstoffe ist es vor der Produktion notwendig, das Teil beim Stanzen oder Bohren von Löchern einer Festigkeitsprüfung zu unterziehen. Darüber hinaus ist eine Verhaltensanalyse einer so verbauten Verbundwerkstoffplatte durchzuführen.

Zusammenfassend einige der Schlüsselvorteile, die für die Verwendung von Verbindungselementen gelten, die an der Oberfläche von Verbundwerkstoffen befestigt werden, ohne dass dazu Bauteile gestanzt oder gebohrt werden müssen:

- Kein Stanzen von Verbundwerkstoffteilen
- Diskrete Befestigung ohne „Schatten“ bei Betrachtung von der „A-Oberfläche“ aus
- Designoptimierungen dank speziell für die Anwendung hergestellten Verbindungselementen
- Optimierte Zug- und Torsionsfestigkeit in Abhängigkeit von Kopfdesign und verwendetem Klebstoff.
- Kein Lösen oder Klappern des verwendeten Verbindungselements durch Vibrationen
- Einfach und ohne Einsatz von Spezialwerkzeugen anwendbar



bigHead® Klebefestiger sind in zahlreichen Grössen und Formen erhältlich und so für eine Vielzahl von Anwendungen einsetzbar:

Die Lösung zur Oberflächenverklebung basiert auf dem Klebstoff als ausschlaggebende Bindung zwischen Verbundwerkstoffaufbau und Verbindungselement. Die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit von Klebstoffen hat stetig zugenommen, sodass diese heute für zahlreiche Anwendungen allgemein gebräuchlich sind und bevorzugt eingesetzt werden. Das Angebot an Klebstoffen ist weit gefächert, doch beinahe jeder Konstruktionsklebstoff ist kompatibel mit einem Klebefestiger der bigHead® Produktlinie. Darüber hinaus besteht auch ein umfangreiches Angebot an verfügbaren Klebstoff-Härtungsgeschwindigkeiten auf dem Markt, die von mehreren Sekunden bis hin zu Stunden reichen und dazu dienen, die Kompatibilität mit dem Montageverfahren zu gewährleisten. Es werden zudem enorme Anstrengungen unternommen, die Effizienz des Auftrags des Klebstoffs zu steigern, von Handgeräten bis hin zu vollautomatischen Roboterzellen.



## VERBINDUNGSLÖSUNG FÜR VERBUNDWERKSTOFFE

# Zusammenfassung

---

Produktingenieure, die mit Verbundwerkstoffen arbeiten, sind nicht länger dazu gezwungen, das Design und die Funktionalität ihrer Bauteile den herkömmlichen Verbindungselementen anzupassen, die für Bauteile aus traditionellen Werkstoffen entwickelt wurden. Das Festhalten an traditionellen Produktionsverfahren kann die Produktqualität und Kundenzufriedenheit beeinträchtigen.

Hochwertige Verbindungslösungen für Verbundwerkstoffe, die die Flexibilität beim Produktdesign erhöhen und die funktionelle Zuverlässigkeit verbessern, haben sich seit geraumer Zeit in zahlreichen Industriebereichen durchgesetzt und bewährt. Die Qualität dieser Lösungen ist von den Marktführern in den Bereichen Automobil, Seefahrt, Bauwesen, Energiewesen und

Maschinenbau weltweit erprobt worden. Falls Sie herausfinden wollen, wie diese weltweit getesteten und bewährten Lösungen für Sie anwendbar sind, kontaktieren Sie Bossard, damit wir Sie umfassend beraten und eine massgeschneiderte Verbindungslösung für Ihre Verbundwerkstoffteile entwerfen können.



Wenn Sie noch Fragen zum Thema Verbundwerkstoffen haben, können Sie sich jederzeit direkt an uns wenden. Wir sind Ihnen gerne behilflich. Kontaktieren Sie uns unter: [www.bossard.com](http://www.bossard.com).