
5. Fügeverfahren für den Leichtbau

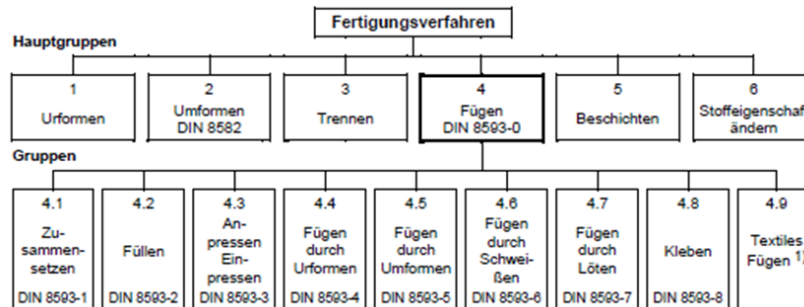
-
- Einführung
 - Mechanische Fügeverfahren
 - Hybridfügeverfahren

Prof. Dr.-Ing. Frank Henning

Einführung

Definition

- „Das auf Dauer angelegte Verbinden oder sonstige Zusammenbringen von zwei oder mehr Werkstücken geometrisch bestimmter Form oder von ebensolchen Werkstücken mit formlosem Stoff. Dabei wird jeweils der Zusammenhalt örtlich geschaffen und im Ganzen vermehrt.“ [DIN 8583]



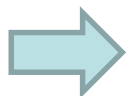
ON	Benennung der Gruppe	Art des Zusammenhaltes	Lösbarkeit
4.1	Zusammensetzen	Schwerkraft (Reiben), Formschluss oder Federkraft	ohne Schädigung der Fügeteile lösbar
4.2	Füllen	Einschluss	ohne Schädigung der Fügeteile lösbar
4.3	Anpressen, Einpressen	Kraftschluss	im Allgemeinen ohne Schädigung der Fügeteile lösbar
4.4	Fügen durch Urformen	Formschluss, hervorgerufen durch Urformen	im Allgemeinen ohne Schädigung oder Zerstörung der Fügeteile lösbar
4.5	Fügen durch Umformen	Formschluss, hervorgerufen durch Umformen	im Allgemeinen nur mit Schädigung oder Zerstörung der Fügeteile lösbar
4.6	Fügen durch Schweißen	Stoffverbindung	nur durch Schädigung oder Zerstörung der Fügeteile lösbar
4.7	Fügen durch Löten	Stoffverbindung	im Allgemeinen nur mit, teils jedoch auch ohne Schädigung der Fügeteile lösbar ^a
4.8	Kleben	Adhäsion	im Allgemeinen nur mit Schädigung oder Zerstörung der Fügeteile lösbar. In Sonderfällen ist ein Lösen nach dem Kleben ohne Schädigung möglich.
4.9	Textiles Fügen	Formschluss und/oder Kraftschluss bei textilen Faserstoffen	Lösen ohne Schädigung der Fügeteile möglich. Sind Fasern miteinander verklebt, siehe 4.8.

^a Stoffverbindungen gelten als unlösbare Verbindungen. Es gibt jedoch Löterbindungen (z. B. Lötkontakte an Leiterplatten), wo die Schädigung der Fügeteile beim Lösen durch Ablöten vernachlässigbar ist.

Quelle: DIN 8583

Bedeutung der Fügeverfahren im Leichtbau

- **Kein Leichtbau ohne Fügeinnovationen!!**
- Nicht selten entscheidet die Füge-technik über die Realisierbarkeit von Leichtbaukonstruktionen
- Die Materialmischbauweise stellt hohe Anforderungen an die Füge-technik.
- Leichtbaukonzepte wie **Multi-Material-Design** sind ohne spezielle Fügeverfahren nicht umsetzbar



Die Füge-technik ist eine **Schlüsseltechnologie** bei der Realisierung neuer Fahrzeugkonzepte.

Einführung

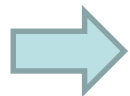
Differentialbauweise

➤ Grundprinzip

- Trennung der Funktionen durch Erhöhung der Bauteilanzahl einer Baugruppe
 - └ Einzelteil dadurch meist einfacher
- Möglichkeit die Einzelteile nach Kriterien einzuteilen
 - └ Lagerung, Instandhaltung, Transport, ...

➤ Hauptmerkmale

- Einfache Geometrie der Einzelteile
- Viele Verbindungsstellen
- Viele Stoßstellen
- Hoher Montageaufwand



Viele Fügeoperationen!



www.siemens.ch

Einführung

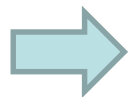
Mischbauweise

➤ Grundprinzip:

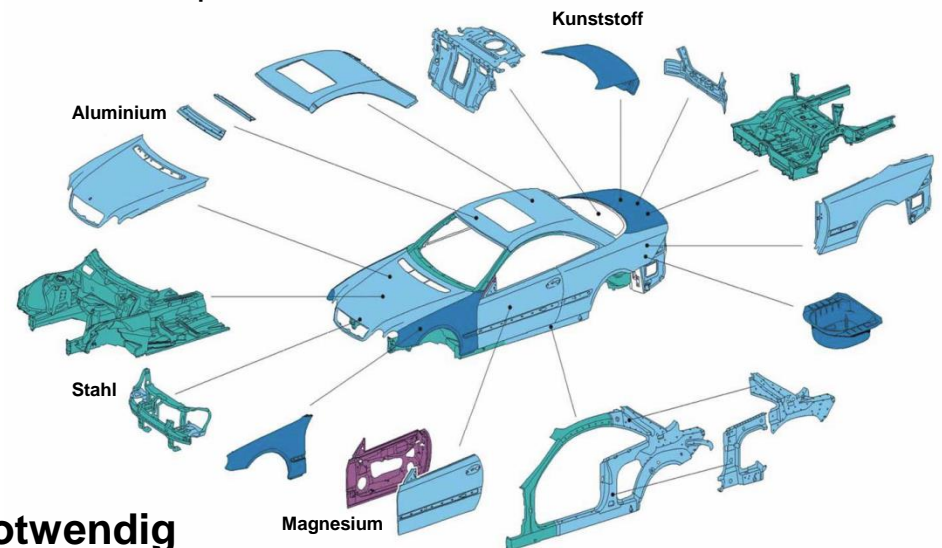
- Substitution eines bisher eingesetzten Werkstoffs durch einen spezifisch leichteren
- Auswahl des hinsichtlich Kosten und Leichtbaupotential besten Werkstoffs

➤ Hauptmerkmale:

- Werkstoffkombinationen
- Hohe Anforderungen an Korrosionsschutz



Innovative Fügeverfahren notwendig



Quelle: Daimler AG

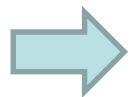
Multi-Material-Design

➤ Grundprinzip:

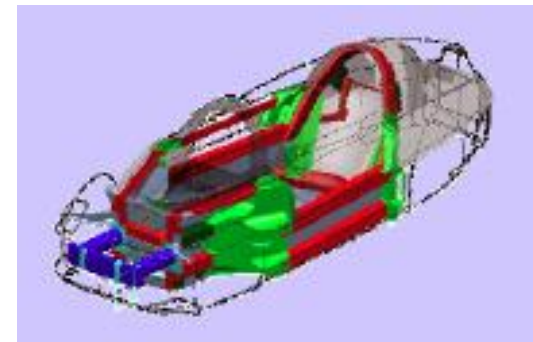
- Kombination verschiedener Werkstoffe innerhalb eines Bauteils oder Systems
 - └ Konsequente Weiterentwicklung der Mischbauweise
 - └ Ziel ist die ideale Kombination der individuellen Materialeigenschaften

➤ Hauptmerkmale:

- Ideale Nutzung der Werkstoffeigenschaften
- Hohes Leichtbaupotential
- Schadensbeurteilung schlechter möglich
- Korrosionsgefahr an den Fugestellen



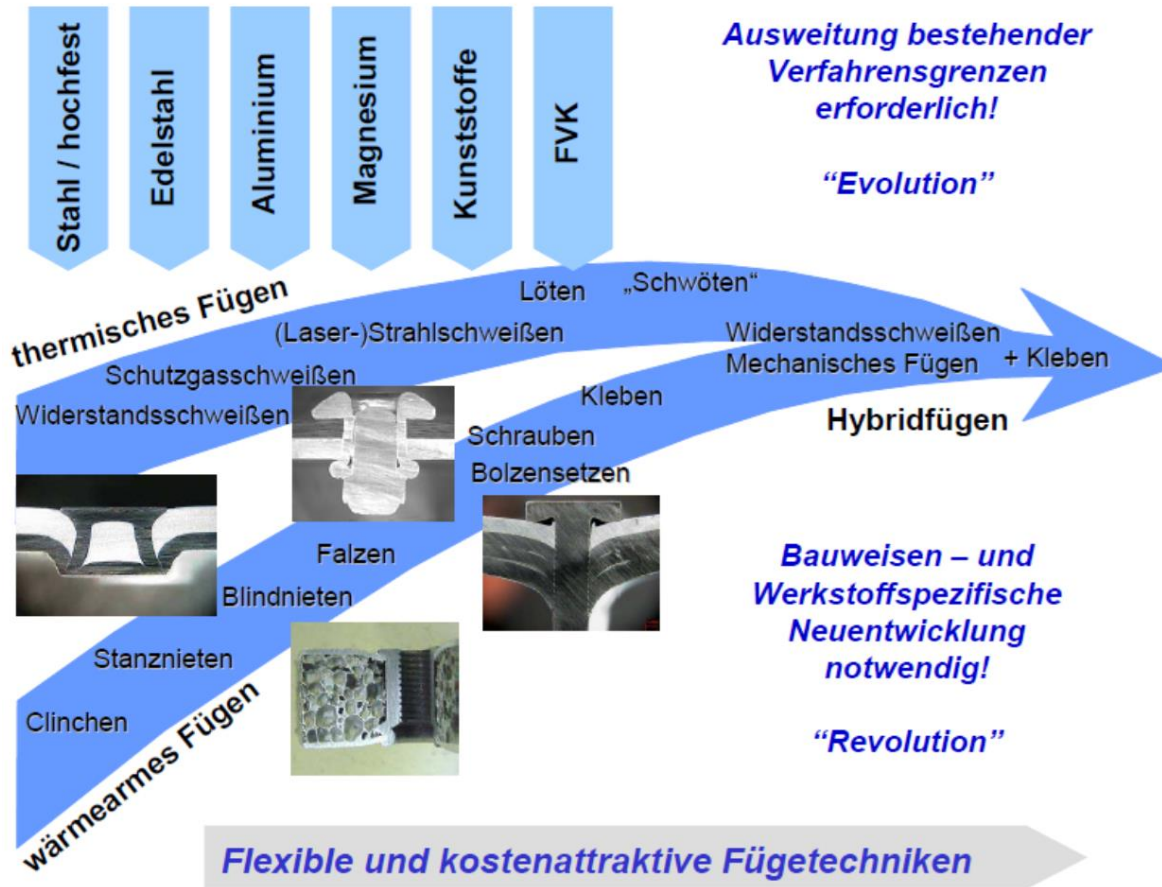
Hoher Fertigungs- und Fügeaufwand



Skript: Werkstoffe und Bauweisen, Prof. Friedrich

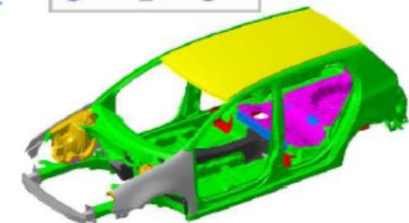
Einführung

Fügeverfahren im Leichtbau



Ausweitung bestehender Verfahrensgrenzen erforderlich!

“Evolution”



Bauweisen – und Werkstoffspezifische Neuentwicklung notwendig!

“Revolution”



Quelle: www.boellhoff.de

6. Fügeverfahren für den Leichtbau

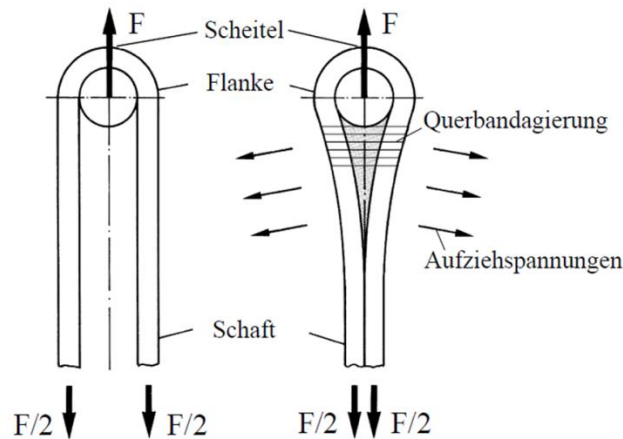
-
- Einführung
 - **Mechanische Fügeverfahren**
 - Hybridfügeverfahren

Prof. Dr.-Ing. Frank Henning

Mechanische Fügeverfahren – Schlaufenverbindung

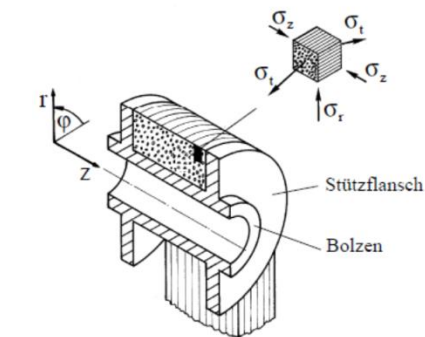
Schlaufenverbindung

- Umschlingen der unidirektionalen Fasersträngen um einen Bolzen
- Zwei Varianten: Parallelschlaufe oder Augenschlaufe
- Zwei Ausführungsformen bei Parallelschlaufen: seitlich gestützt oder ungestützt

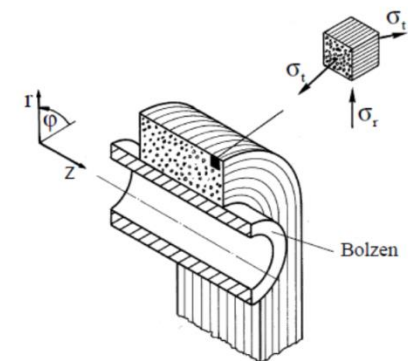


Parallelschlaufe

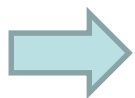
Augenschlaufe



Seitlich gestützt $\epsilon_z=0$



Seitlich frei $\sigma_z=0$



Geeignet zur Einleitung sehr hoher, punktförmiger Lasten bei beengten Platzverhältnissen

Quelle: Schürmann / Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden

Mechanische Fügeverfahren – Schlaufenverbindung

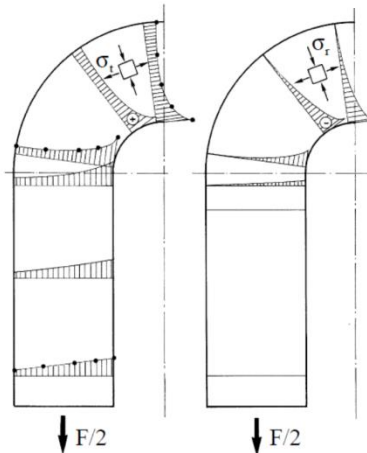
Schlaufenverbindung

➤ Vorteile

- Höchste Belastbarkeit bei minimalem Gewicht
- Fasergerecht
- Hohe Werkstoffausnutzung

➤ Nachteile

- Sehr aufwändige Herstellung
- Zum Erzielen höchster Festigkeiten müssen die Stränge sorgfältig manuell gelegt werden.
- Nur für Zugbelastung geeignet



Spannungsverläufe in einer zugbelasteten seitlich ungestützten Parallelschleife:

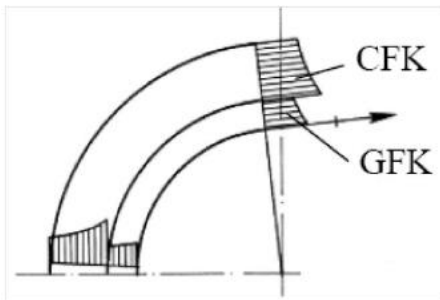
- Tangentialspannungen σ_t (Zugspannungen)
- Radialspannungen σ_r (Druckspannungen)

Quelle: Schürmann / Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden

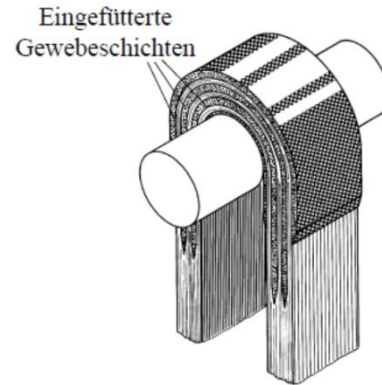
Mechanische Fügeverfahren – Schlaufenverbindung

Schlaufenverbindung – Gestalterische Hinweise

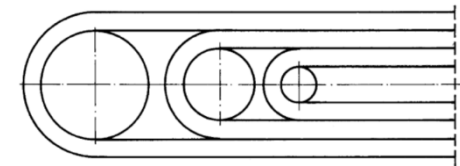
- Mehrschichtschlaufe oder Hybridschlaufe zur Vermeidung der Spannungsüberhöhung
- Einfügen von Zwischenlagen als Risstopperschichten
- Vermeidung großer Radienverhältnisse r_a/r_i
- Gestaltung der Schlaufe als seitlich gestützte Parallelschlaufe



Hybridschlaufe



Einfüttern von Gewebeschichten

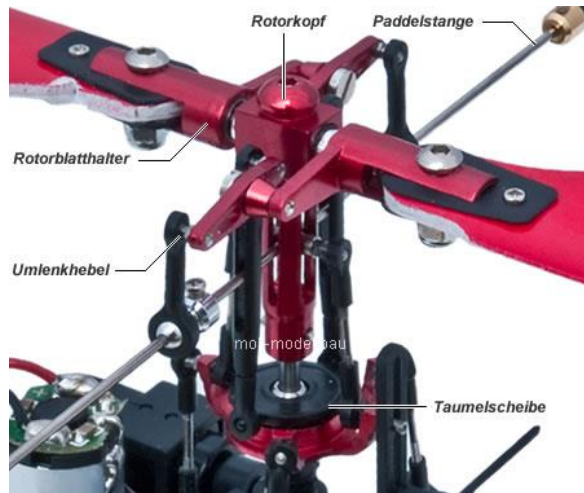


Schlaufenkaskade

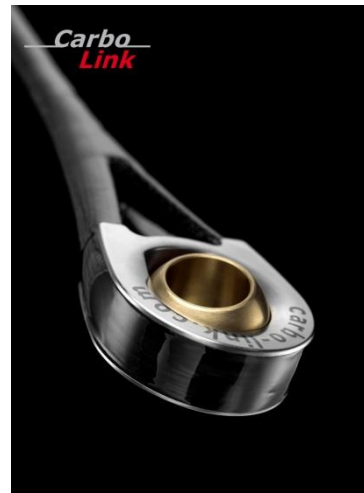
Quelle: Schürmann / Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden

Mechanische Fügeverfahren – Schlaufenverbindung

Schlaufenverbindung – Anwendungen



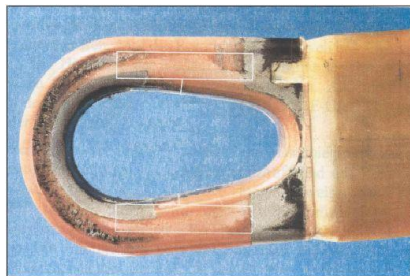
Aufbau eines Rotormodules



Schlaufenanschluss aus Kohlenfasern



Vergleich zwischen gewöhnlichen Schlaufen mit Schlaufen aus Kohlenfasern



Rotorblattanschluss



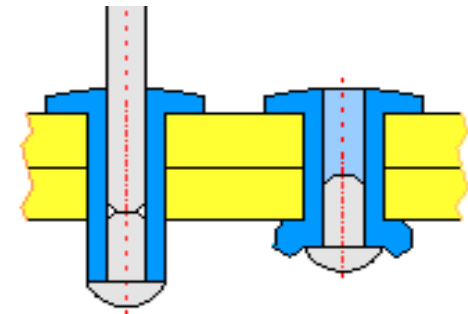
Querlenker Schlaufe mit Lastrichtungen

Quelle: Carbo-Link, Diss.-Tamas Havar

Mechanische Fügeverfahren – Nieten

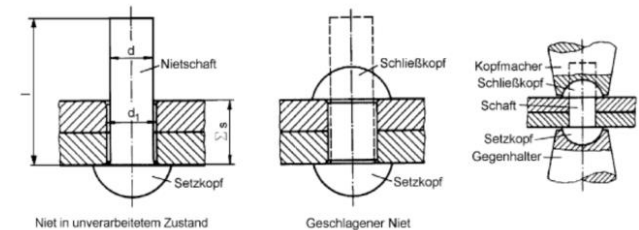
Voll- & Blindniete

- Formschlüssige unlösbar und zum Teil durch Kraftschluss unterstützte Verbindung
- Universell einsetzbar, auch für FVK und Hybridbauteile
- Vorbohren der Fügepartner notwendig
- Vollnietverbindungen sind vor allem in der Luft- und Raumfahrtindustrie weit verbreitet
- Blindnietverbindungen sind dagegen in der Automobil-, Bau- und Metallindustrie



Blindniet

einseitige Zugänglichkeit
zur Fügestelle



Vollniet

zweiseitige Zugänglichkeit
zur Fügestelle

www.gesipa.com

Mechanische Fügeverfahren – Nieten

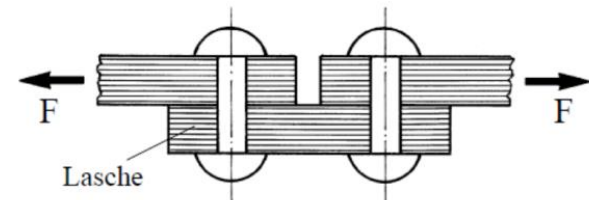
Voll- & Blindniete

➤ Vorteile

- Einfache Herstellung und Handhabung
- Hoher Automatisierungsgrad
- Preisgünstig
- hohe Prozesssicherheit
- Einfache visuelle Qualitätskontrolle
- Bei Mischbauweise einsetzbar
- Bedingt lösbare Verbindung
- Konstante und gleichmäßige Vorspannkraft
- Einseitige Zugänglichkeit (Blindniete)

➤ Nachteile

- Korrosionsanfälligkeit
- Nicht fasergerecht
- Kerbwirkung der Bohrungslöcher
- Nietköpfe stören die glatten Flächen
- Überlappung der Bauteile oder zusätzliche Lasche → schwere Konstruktionen und ungünstiger Kraftfluss

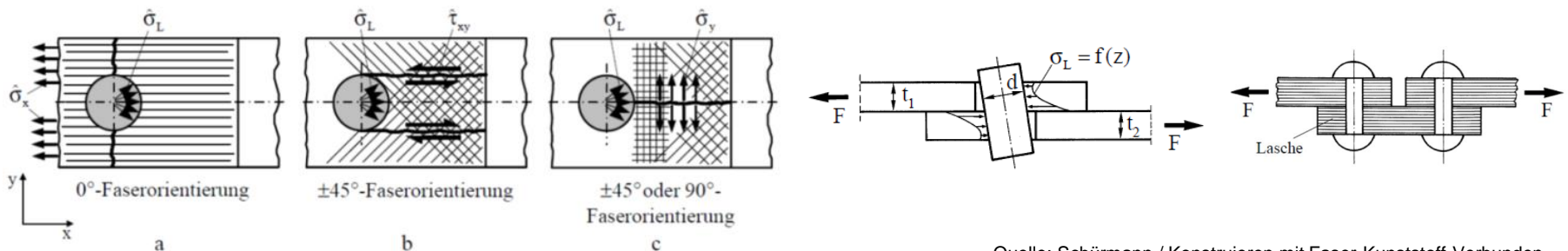


Quelle: Schürmann / Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden

Mechanische Fügeverfahren – Nieten

Voll- & Blindniete – Gestalterische Hinweise

- Zur Auswahl der Niete sind folgende Aspekte zu beachten:
 - Kompatibilität von Niet- und Fügeworkstoffe zur Vermeidung der **elektrochemischen Korrosion**, besonders bei CFK-Bauteilen
 - **Geeignete Niet- und Schließköpfe**: Große Kopfauffläche, insbesondere des Schließkopfes. Ggf. Verwendung einer Unterlegscheibe auf der Schließkopfseite
 - **Passungstoleranz** zwischen Bohrung und Niet: Beim Metallfügeteil ist Übermaßpassung anzustreben und bei FKV besteht Gefahr der Lochleibung → passgenaues Fügen.
- Optimaler Laminataufbau mit $(0/\pm 45/90)$ (50%/40%/10%) → quasiisotropes Laminate
- Einsatz von mindestens zwei Bolzen, um Momente über ein Kräftepaar aufzunehmen



Quelle: Schürmann / Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden

Mechanische Fügeverfahren – Nieten

Voll- & Blindniete – Anwendungen



Genietetes
Stützpfiler



Niete in NH90 Helikopter
95% aus FKV



Genietetes Schiffsrumpf



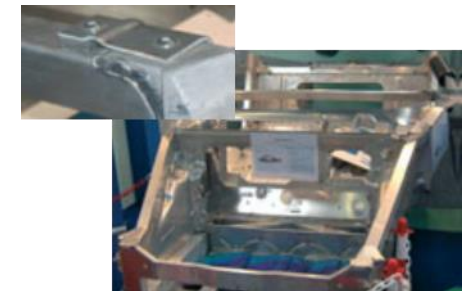
Niete am Dornier-Flugzeugrumpf



Niete am
Fahrzeugsitz



Einnietmutter



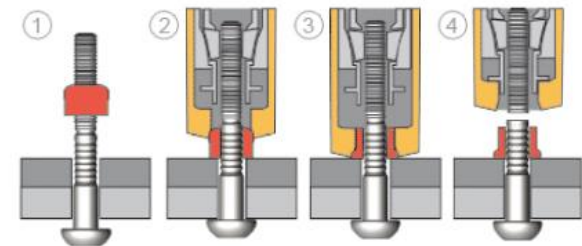
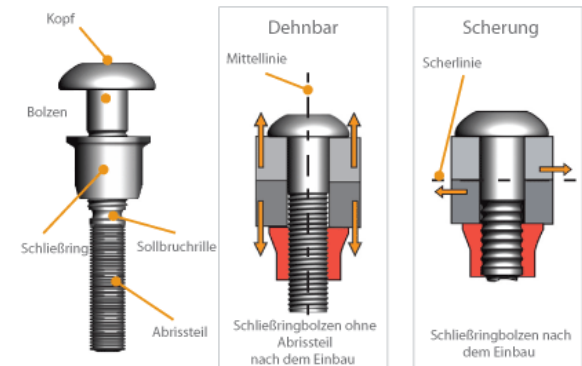
Niete am
Fahrzeugbau

Quelle: Wiki, www.boellhoff.com

Mechanische Fügeverfahren – Nieten

Schließringbolzensetzen

- Kraft- und formschlüssige unlösbare Verbindung
- Plastische Bolzenverformung und Vorbohrung
- Hochfeste Verbindung mit hoher Vorspannung, vergleichbar mit Schraubenverbindung
- Universell einsetzbar, auch für FVK
- Zweiseitige Zugänglichkeit zur Fugestelle
- Geeignet für mittlere und hohe Belastungen
- Wurde für die Luftfahrtindustrie entwickelt; aktuelle Anwendungen auch in Automobil- und Baubereich



www.afshuck.net

Mechanische Fügeverfahren – Nieten

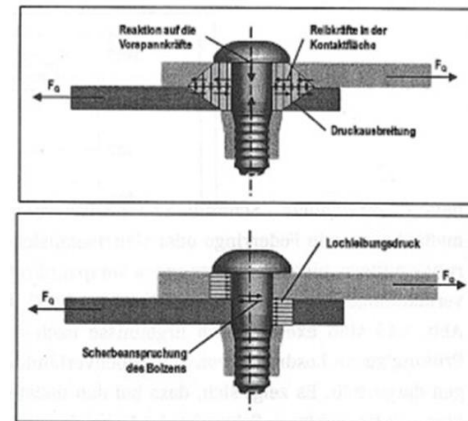
Schließringbolzensetzen

➤ Vorteile

- Bei Mischbauweise einsetzbar
- Hohe Scher- und Zugfestigkeiten
- Schneller und einfacher Einbau
- Kraftübertragungsart einstellbar
 - └ Formschluss
 - └ Kraftschluss
 - └ Kombinierte Übertragung
- Schutz gegen Verlust der Vorspannkraft planparallele Rollierung

➤ Nachteile

- Nicht fasergerecht
- Gefahr der Sprengwirkung in Laminat wegen hoher Vorspannkraft
- Nicht zerstörungsfrei lösbar
- Zweiseitige Zugänglichkeit



Quelle: Ortwin Hahn / Mechanisches Fügen

Mechanische Fügeverfahren – Nieten

Schließringbolzen – Anwendungen

- Einsatz allgemein
 - Schließringbolzen werden eingesetzt, wo die schnelle Herstellung einer sicheren Verbindung mit hoher konstanter Klemmkraft erforderlich ist
- Einsatz im Automobilbereich
 - insbesondere im Bereich von Sitzen und Airbag



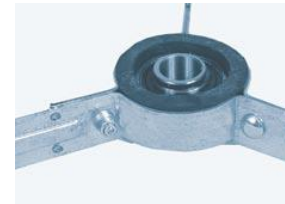
Solarkraftanlage



Container



Bauwesen



Lüftertragarm



Fahrzeugbau



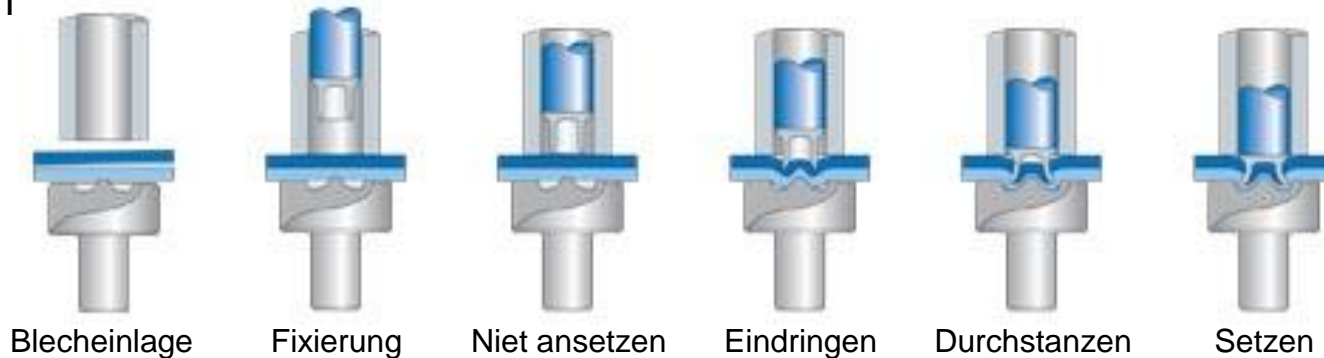
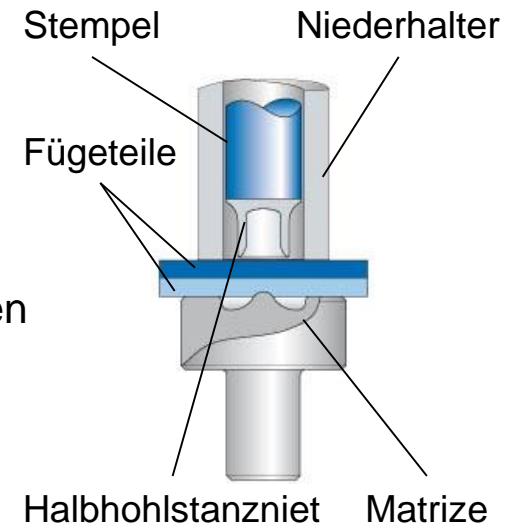
Sicherheitszäune

www.afshuck.net

Mechanische Fügeverfahren – Nieten

Halbhohlstanznieten

- Unlösbare kraft- und formschlüssige Verbindung
- Zweiseitige Zugänglichkeit zur Fugestelle
- Keine Vorlochoperation
- Ausgestanztes Material (Stanzbutzen) verbleibt im Nietinneren
- Gut geeignet für die Verbindung Metall + FKV (Misch-, bzw. Hybridbauweise)
- Geeignet für Hybridfügeverfahren z.B. in Verbindung mit Kleben



www.boellhoff.de

Mechanische Fügeverfahren – Nieten

Halbhohlstanznieten

➤ Vorteile

- Prozesssicher und reproduzierbar
- Hohe dynamische Festigkeit
- Gut geeignet für Mischbauweise (FKV + Metall, Metall + Metall) und Hybridfügen
- Anwendung für verschiedene Werkstoffdicken und Werkstofffestigkeiten
- Kein Vorbohren notwendig
- Flüssigkeits- und gasdicht
- Hochfeste, visuell prüfbare Verbindung
- Geringe Anforderungen an Lagetoleranzen
- Vollautomatische oder manuelle Verarbeitung

➤ Nachteile

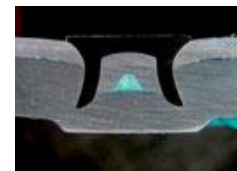
- Korrosionsgefahr
- Nicht fasergerecht
- Zweiseitige Zugänglichkeit



LFT 2,0 mm
Aluminium 2,0 mm



Aluminium 1,2 mm
Stahl 1,0 mm
Aluminium 1,2 mm



Aluminium 1,2 mm
Klebstoff
Aluminiumguss 2,0 mm

www.boellhoff.de

Mechanische Fügeverfahren – Nieten

Halbhohlstanznieten – Gestalterische Hinweise

- Stanzniete mit Senkkopf sind weniger tragfähig als Stanzniete mit Flachkopf.
- Bei Metallmischbauweise und unterschiedlichen Blechdicken gilt:
 - „Weich in hart“ fügen, d.h. weiches Blech stempelseitig, hartes Blech matrizenseitig
 - „Dünn in dick“ fügen, d.h. dünnes Blech stempelseitig, dickes Blech matrizenseitig
- Bei der Hybridverbindung FKV + Metall
 - FKV-Laminat stempelseitig, da spröde und schlecht umformbar



CFK

Aluminium

Quelle: Ortwin Hahn / Mechanisches Fügen, www.boellhoff.de

Mechanische Fügeverfahren – Nieten

Halbhohlstanznieten – Anwendungen

- Das Stanznieten hat sich in vielen Industriebranchen etabliert.
- Stärkster Industriezweig, insbesondere für das Halbhohlstanznieten ist die Automobil- und deren Zulieferindustrie.



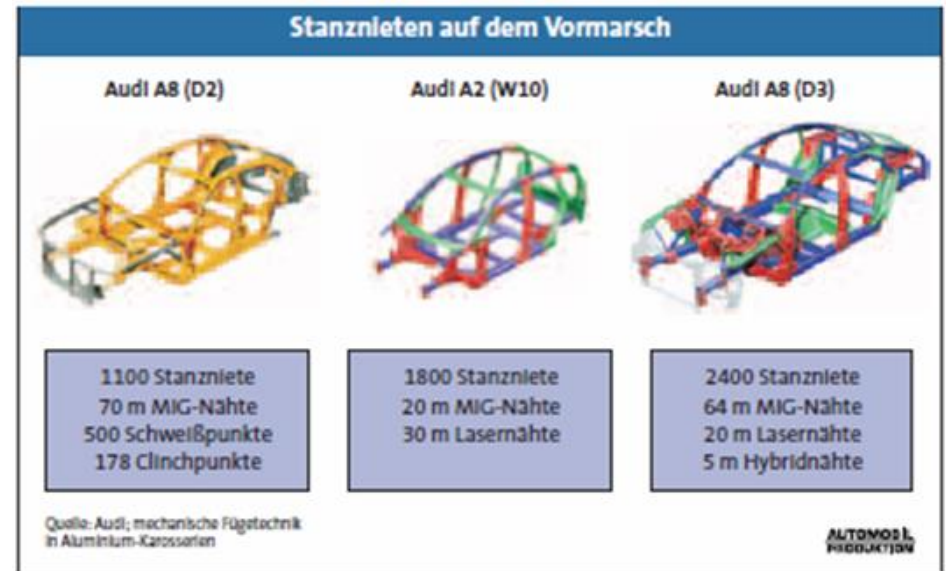
Leiterbau



Karosseriebereich



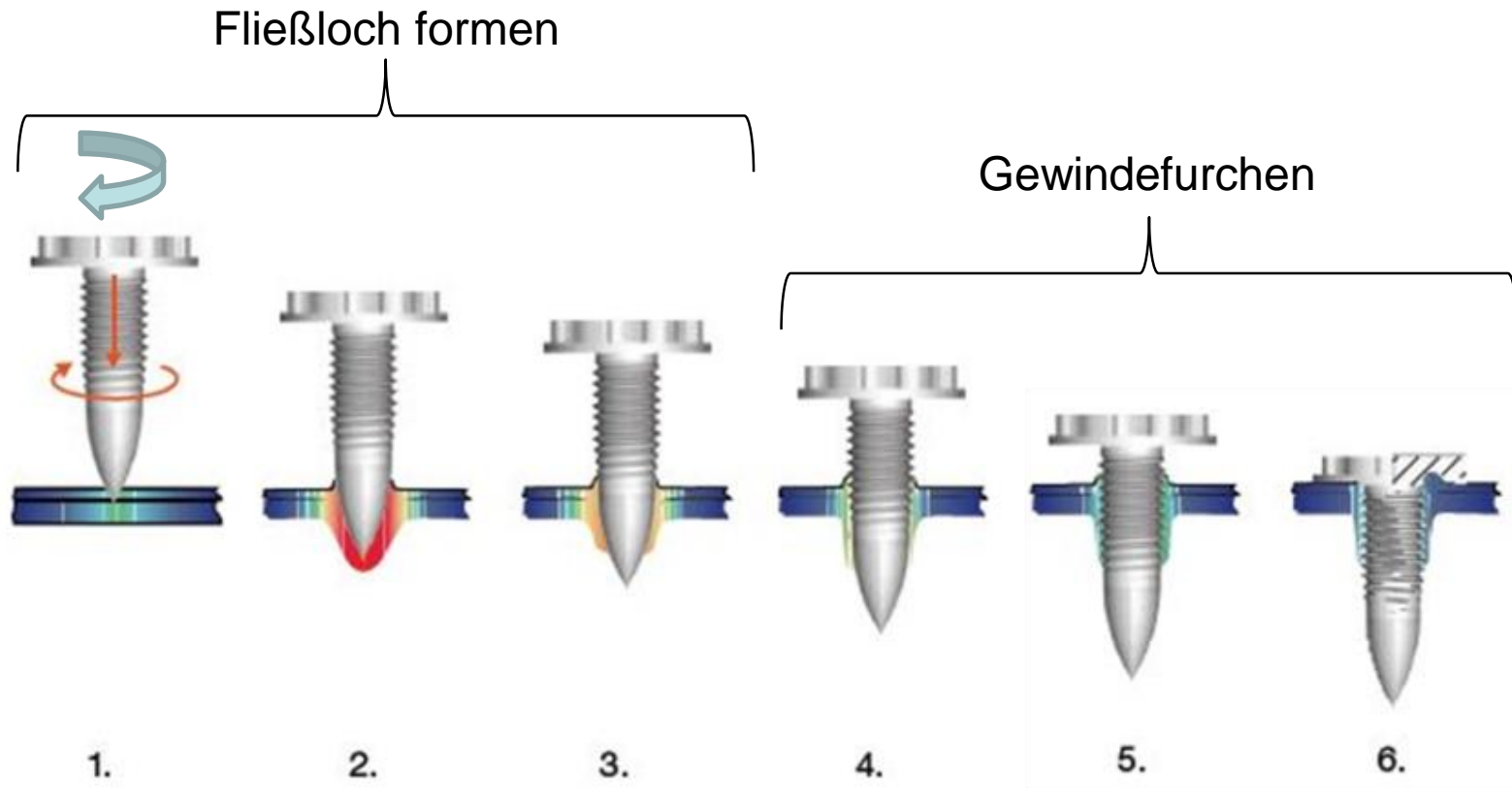
PKW-Bodengruppe



Quelle: www.avdel-global.com, www.boellhoff.de

Mechanische Fügeverfahren – Schrauben

Fließloch- und gewindeformendes Schrauben



1. Erwärmen 2. Durchdringen 3. Durchzug formen 4. Gewinde furchen 5. Durchschrauben 6. Anziehen

Quelle: www.ejot.de

Mechanische Fügeverfahren – Schrauben

Fließloch- und gewindeformendes Schrauben

- Kombination der Technologien des „Fließformens“ und des „Gewindefurchens“
- Während des Fügens erfährt der Werkstoff lokal eine starke Temperaturerhöhung
- Robotergesteuertes Verfahren; Schraubendrehzahl bis 5000 1/min; Anpresskraft bis 1800 N
- Einseitige Zugänglichkeit; Je nach Werkstoffpaarung mit oder Vorlochoperation
- Lösbare und hochqualitative kraft- und formschlüssige Verbindungen
- Kein Materialverlust beim Fließlochformen; keine Spanbildung beim Gewindefurchen
- Anwendung in verschiedensten Blechoberflächen; bekannt als Flow-Drill-Schrauben (FDS)
- Einsatz für FKV/Metall-Mischbauweise ist möglich



Quelle: www.ejot.de

Mechanische Fügeverfahren – Schrauben

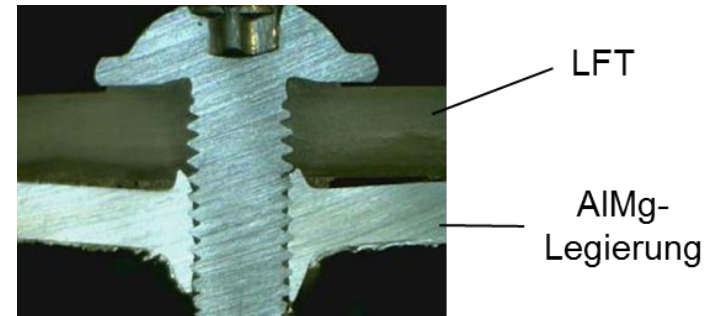
Fließloch- und gewindeformendes Schrauben

➤ Vorteile

- Nur einseitige Zugänglichkeit
- Höherfeste Verbindung, prozesssicher
- Hohe Schubbelastbarkeit und hoher Ausreißwiderstand
- Hohe Losdrehmomente und Vibrationsfestigkeit
- Wiederholverschraubungen möglich
- Demontage- und recyclingfreundlich
- Automatisierbar; niedrige Gesamtkosten
- Einsatz für FKV/Metall ist möglich

➤ Nachteile

- Hohe Andruckkräfte notwendig
- Nur bei hinreichend steifen Bauteilen anwendbar
- Nicht fasergerecht



Quelle:DLR

www.konstruktionspraxis.vogel.de

Mechanische Fügeverfahren – Schrauben

Fließloch- und gewindeformendes Schrauben – Anwendungen

- Audi TT
 - Verwendung von FDS-Schrauben für Alu-Strangpressprofile mit Durchgangsloch am Klemmbauteil
- Audi R8
 - Verwendung von FDS-Schrauben ohne Durchgangsloch.



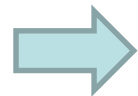
Audi TT

Menge: 229 (Coupe) bzw. 255 (Roadster) FDS-Schrauben



Audi R8

Menge: 310 FDS-Schraube



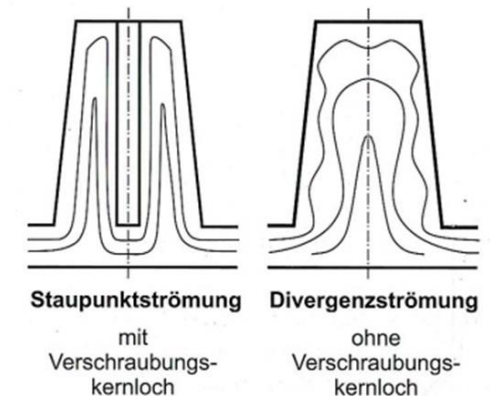
Momentan findet aufgrund zunehmender Mischbauweise eine große Verbreitung von FDS- Schrauben in der Automobilindustrie statt.

Quelle: www.ejot.de

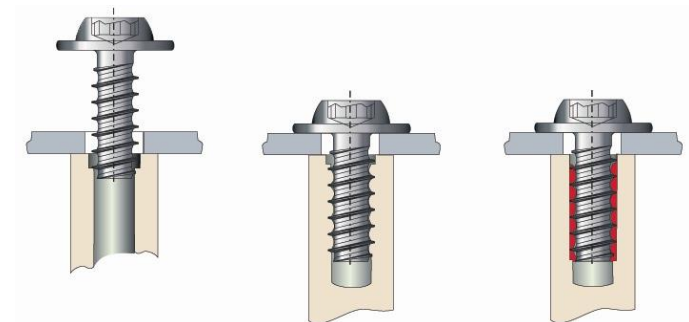
Mechanische Fügeverfahren – Schrauben

Direktverschraubungen

- Gewindeformende Schraube mit spezieller Flankengeometrie
 - wird in vorgeformte, zylindrische Aufnahme Löcher des Anbauteils eingedreht
 - formt ihr Muttergewinde im FKV-Bauteil während der Montage selbst.
- Einfache lösbare Verbindung ohne Gewindevorschneiden
- Anwendung hauptsächlich bei thermoplastischen Werkstoffen bzw. faserverstärkten Thermoplasten.
- Bei Duroplasten besteht aufgrund Härte und Sprödigkeit der Matrix die Gefahr der Mikrorissbildung



Aufnahmeloch bei SMC bzw. GMT



Einschraubvorgang

Quelle: www.ejot.de, Schürmann / Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden

Mechanische Fügeverfahren – Schrauben

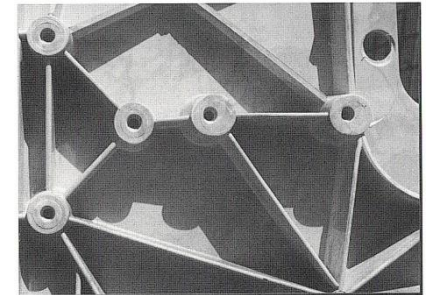
Direktverschraubungen

➤ Vorteile:

- Lösbare Verbindung mit wenigem Vorbereitungsaufwand
- Demontage- und recyclingfreundlich
- Hohe Wirtschaftlichkeit, auch für kleine Stückzahl

➤ Nachteile:

- Geringe Festigkeit im Vergleich mit normaler Schraubenverbindung
- Späne und eventuell Mikrorissbildung während des Gewindeformvorgangs
- Wiederholungsverschraubungen begrenzt möglich



LKW-Frontklappe aus SMC

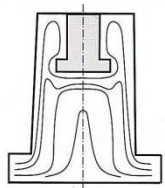
- Aufgrund der rel. niedrigen Festigkeit werden Direktverschraubungen nur für Anwendung mit niedriger Belastung eingesetzt.

Quelle: Ehrenstein / Handbuch Kunststoff-Verbindungstechnik

Mechanische Fügeverfahren – Schrauben

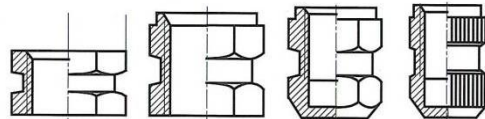
Gewindeeinsätze (Inserts)

- Alternative zur Direktverschraubung
- Anwendung in die Verbindung, wo aus Wartungs- oder Reparaturgründen häufig gelöst und demontiert werden muss.
- Zwei unterschiedliche Einbettverfahren:
 - Mould-In-Technik: Gewindeeinsätze werden vor der Bauteilherstellung (z.B. Pressen) in die Form eingelegt und in Kunststoff eingebettet.
 - After-Moulding-Technik: Gewindeeinsätze werden nachträglich in das fertiges Bauteil eingesetzt.



Divergenzstaupunktströmung mit Gewindeeinsatz

Aufnahmeloeh bei SMC bzw. GMT



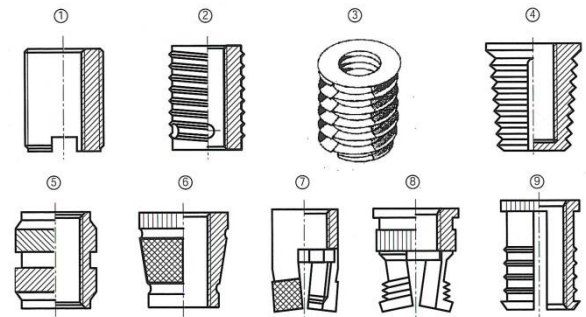
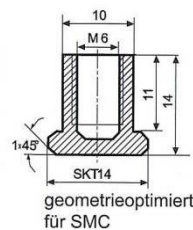
Form A

Form C

Form R

Form S

Umspritzbare Mould-In-Gewindeeinsätze



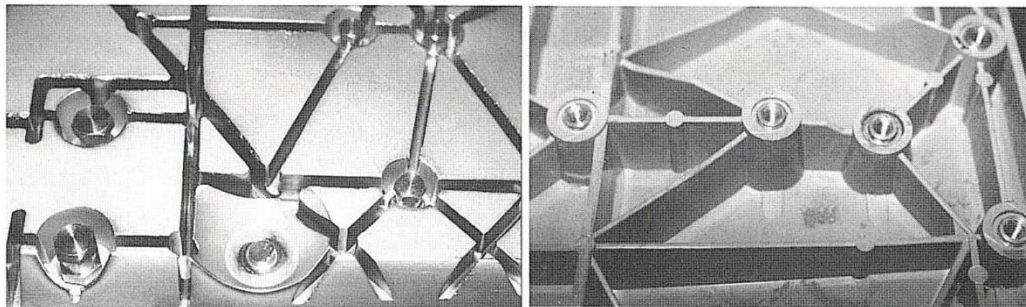
After-Moulding Gewindeeinsätze

Quelle: Ehrenstein / Handbuch Kunststoff-Verbindungstechnik

Mechanische Fügeverfahren – Schrauben

Gewindeinsätze (Inserts)

- Vorteile der After-Moulding-Inserts gegenüber Mould-In-Inserts:
 - Reduzierung der Zykluszeit (Kein Einlegevorgang)
 - Vermeiden der Spannungsrisssbildung durch unkontrollierte thermische Schrumpfung um das kalte Metallteil
- Generell ist die Verwendung von Gewindeeinsätzen wesentlich kostenintensiver als die Anwendung von Direktverschraubung



LKW-Frontklappe aus SMC

Links: Presswerkzeug – Lage der Gewindeeinsatzaufnahmen auf Auswerfern

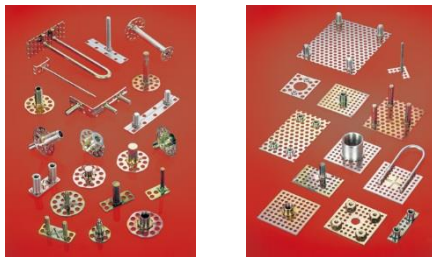
Rechts: Bauteil mit überstehenden Gewindeeinsätzen

Quelle: Ehrenstein / Handbuch Kunststoff-Verbindungstechnik

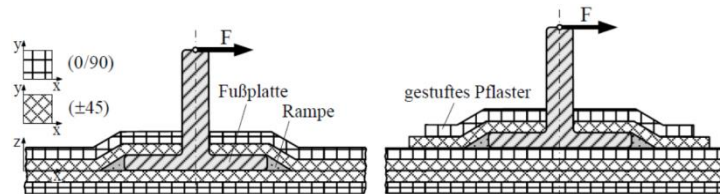
Mechanische Fügeverfahren – Schrauben

Krafteinleitungselemente

- Bestehend aus Fußplatte mit Stehbolzen
- Alternative zu durchgeschraubten Krafteinleitungen bspw. wegen mangelnder Zugänglichkeit
- Zwei unterschiedliche Einbausituationen der Krafteinleitungselemente
 - In das Grundlaminat integriert (Insert)
 - Nachträglich auf das Grundlaminat aufgesetzt (Onsert).



Verschiedene Formen der Krafteinleitungselemente



Zwei unterschiedliche Einbausituationen Insert und Onsert



Quelle: Schürmann / Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden

Mechanische Fügeverfahren – Schrauben

Krafteinleitungselemente – Klebebolzen

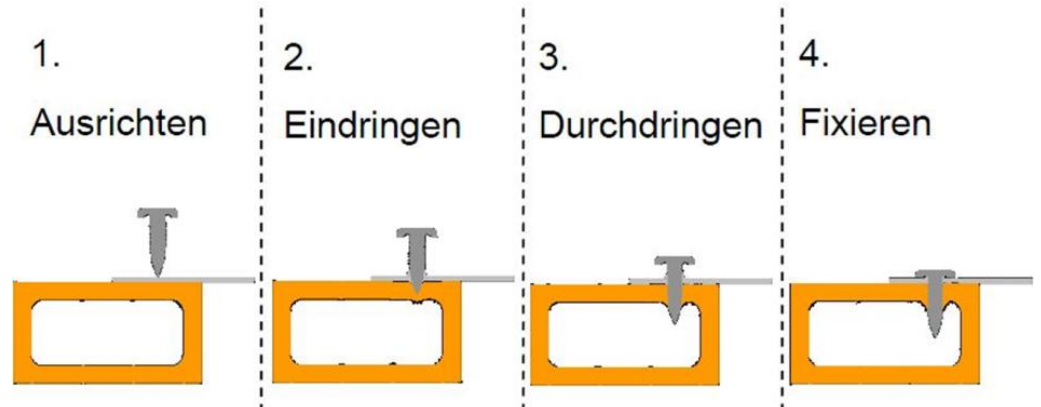
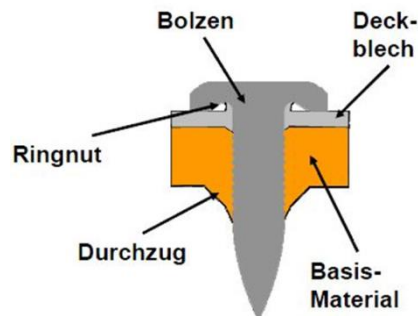
- Die Insert-Variante wird hauptsächlich beim Handlaminierverfahren verwendet und findet Anwendung in der Luftfahrtindustrie (kleine Stückzahlen).
- Die Onsert-Variante mit Strukturklebstoff bietet hohes Anwendungspotenzial für Automobilindustrie und kann in der Großserienfertigung eingesetzt werden.
- Vorteile
 - Einseitige Zugänglichkeit zum Bauteil
 - Automatisierbarer Fügeprozess
 - Optimale Oberflächenqualität und keine Änderung an der Bauteilrückseite
 - Freie Fügeposition; Gut geeignet für FKV
- Nachteile
 - Lange Aushärtezeit
 - Stabile Positionierung und Fixierung notwendig
 - Saubere, ölfreie Oberflächen nötig

Quelle: www.boellhoff.de, Schürmann / Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden

Mechanische Fügeverfahren – Neue Fügeverfahren

Hochgeschwindigkeitsbolzensetzen

- Entwickelt von der Firma Böllhoff mit dem Name RIVTAC
- Prinzip des Hochgeschwindigkeitsbolzensetzens



➤ Potenziale

- Einseitige Zugänglichkeit
- Keine Vorlochoperation
- Geringer Positionierungsaufwand
- Spanloses Verfahren
- Nur ein Prozessschritt in Sekundenbruchteil
- Flexibilität und Wirtschaftlichkeit

Quelle: www.boellhoff.de

Mechanische Fügeverfahren – Neue Fügeverfahren

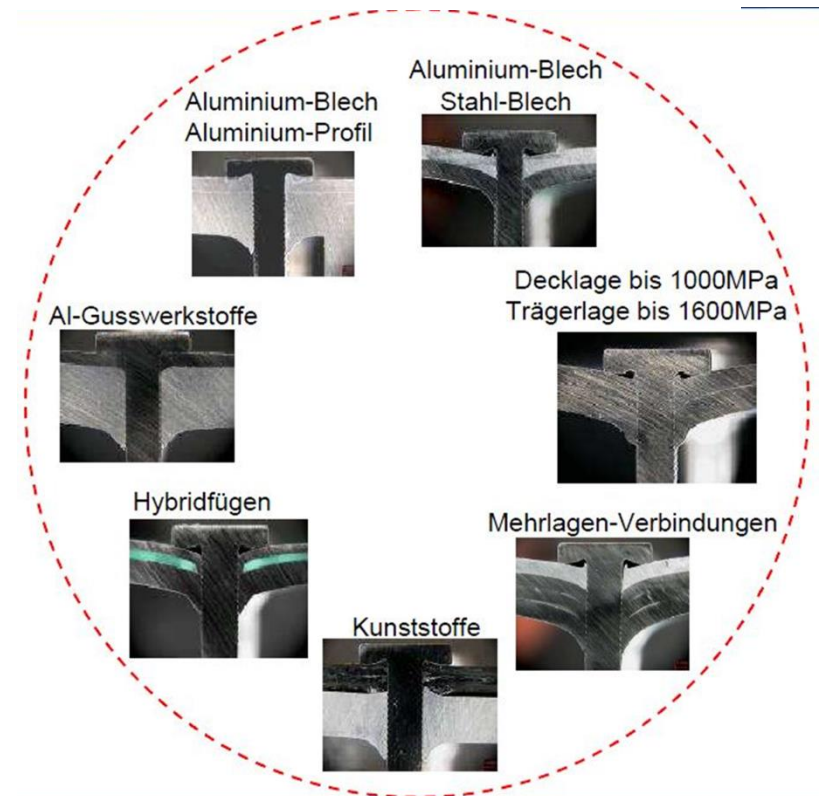
Hochgeschwindigkeitsbolzensetzen

➤ Konstruktive Vorgaben:

- Ausreichende Steifigkeit des Basiswerkstoffs
- Fügerichtung: „Dünn in Dick“ und „Weich in Hart“
- Hinreichende Steifigkeit des Fügeparts; vorzugsweise Profilbauweise



Verbindung CFK / Alu-Profil



Mögliche Werkstoffkombinationen

Quelle: www.boellhoff.de

Mechanische Fügeverfahren – Neue Fügeverfahren

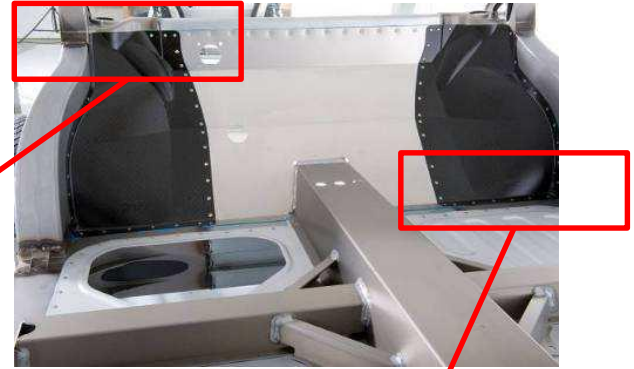
Hochgeschwindigkeitsbolzensetzen – Anwendungen in EDAG Light-Car



EDAG Light-Car Konzept
in Mischbauweise



RIVTAC Fügestellen
in der Spritzwand



Quelle: www.boellhoff.de

Mechanische Fügeverfahren – Neue Fügeverfahren

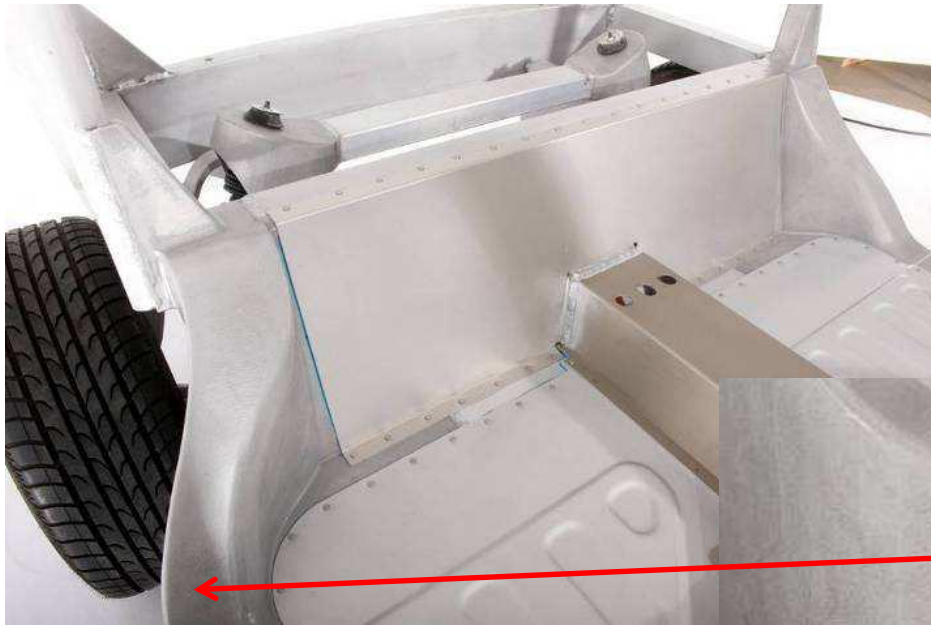
Hochgeschwindigkeitsbolzensetzen – Anwendungen in EDAG Light-Car



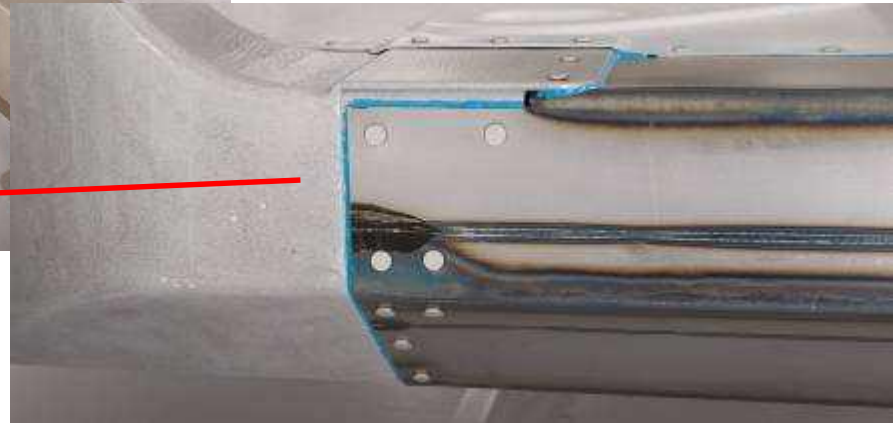
Quelle: www.boellhoff.de

Mechanische Fügeverfahren – Neue Fügeverfahren

Hochgeschwindigkeitsbolzensetzen – Anwendungen in EDAG Light-Car



RIVTAC® zur Hinterwagenanbindung
(Schweller – Heckwagen)

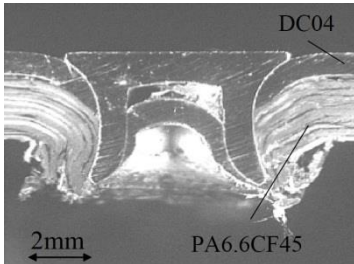


Quelle: www.boellhoff.de

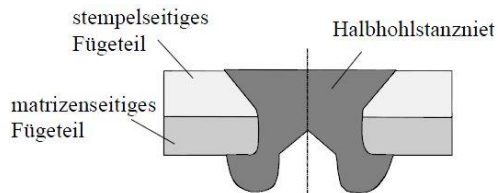
Mechanische Fügeverfahren – Neue Fügeverfahren

Bördelstanznieten

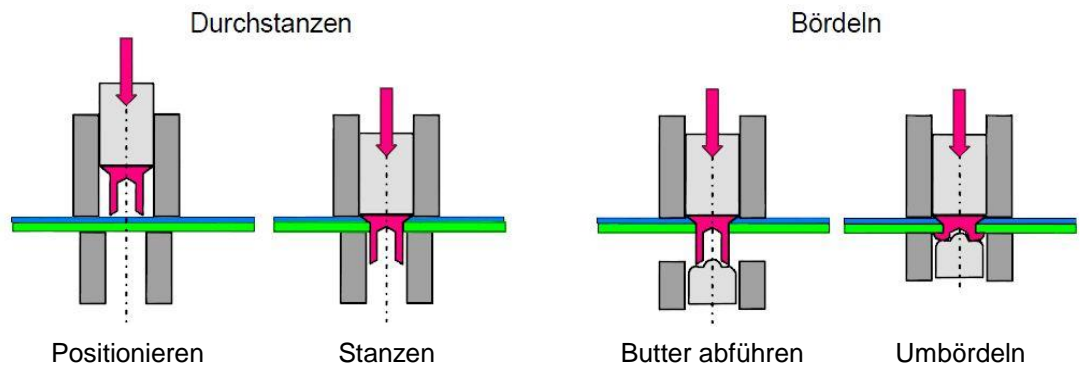
- Dieses Stanznietverfahren wurde im Rahmen eines BMBF Projektes entwickelt.
- Realisierung der Verbindung durch Stanznieten in Werkstoffkombinationen mit **matrizenseitiger Lage von faserverstärkten Kunststoffen**



Ausprägung eines
Halbhohlstanznietelementes in
Stahl / faserverstärkte Thermoplaste



Charakteristische Ausprägung des
selbststanzenden Bördelnietes



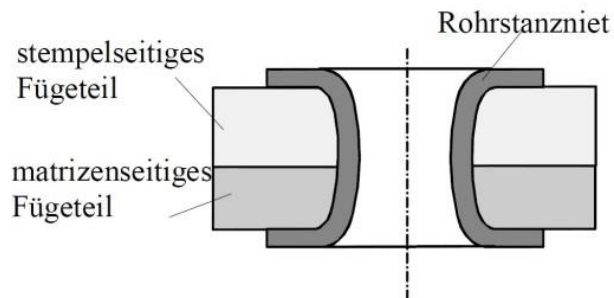
Charakteristische Phase des
Setzprozesses eines Bördelstanznietes

Quelle: BMBF Projekte „Fügekunst“ und „Mischbauweise“

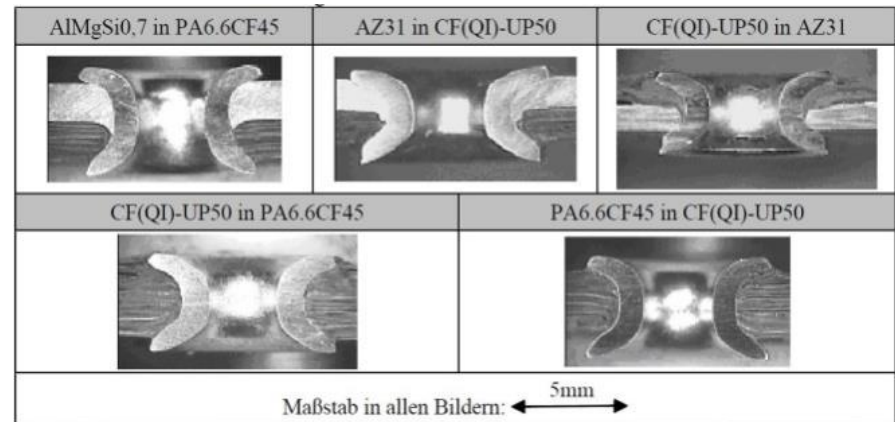
Mechanische Fügeverfahren – Neue Fügeverfahren

Rohrstanznieten

- Entwickelt im Rahmen des BMBF Projekt „Mischbauweise“
- Realisierung der Verbindung durch Stanznieten in Werkstoffkombinationen mit **matrizenseitiger Lage von faserverstärkten Kunststoffen**
- Keine speziellen Fügekörper notwendig (Rohrabschnitte)



Charakteristische Ausprägung eines Rohrstanznietelementes



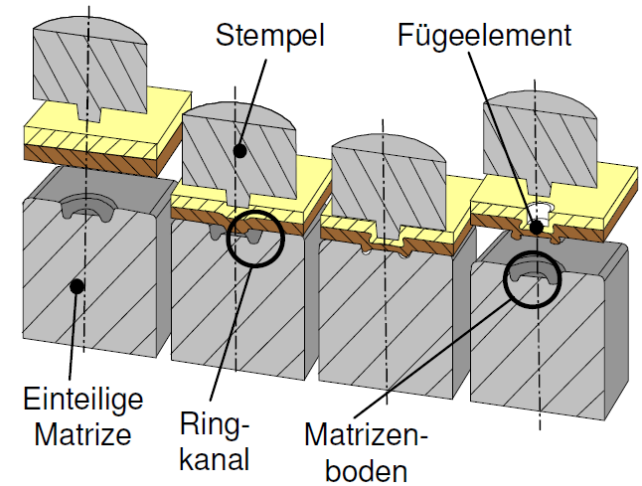
Charakteristische Fügeelementausprägungen der Rohrstanznieteten Mischverbindungen

Quelle: BMBF Projekt „Mischbauweise“

Mechanische Fügeverfahren – Neue Fügeverfahren

Durchsetzfügen

- Erzeugen einer druckknopfartigen, formschlüssigen, nicht lösbaren Verbindung von zwei oder drei Blechlagen durch Kaltumformung.
- Verfahren auch als **Clinchen** bekannt
- Zweiseitige Zugänglichkeit notwendig
- Verbindung der Blechteile mit gleichen oder unterschiedlichen Dicken
- Geeignet für Mischbauweise
- Verbindung von FKV / Metall möglich



Ablaufprozess des Durchsetzfügens



Querschliff des Durchsetzfügens von Metallen

Quelle: Diss. Achim Breckweg

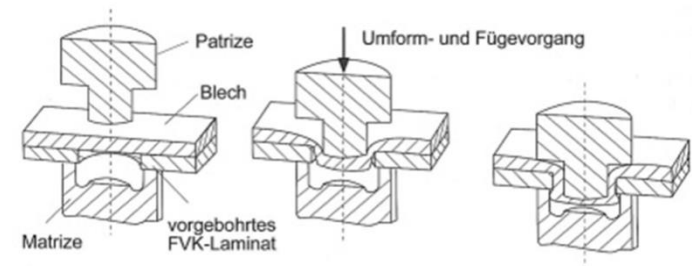
Mechanische Fügeverfahren – Neue Fügeverfahren

Durchsetzfügen – Gestalterische Hinweise

- Tragende Fläche so groß wie möglich gestalten
- Metallmischbauweise
 - „Hart in weich“ fügen, d.h. hartes Blech stempelseitig, weiches Blech matrizeneseitig
- Unterschiedliche Blechdicken
 - „Dick in dünn“ fügen, d.h. dickes Blech stempelseitig, dünnes Blech matrizeneseitig
- FKV / Metall
 - Metallblech stempelseitig, **vorgebohrtes** FKV-Laminat matrizeneseitig



Automatischer Prozess



Schematische Darstellung des Durchsetzfügens von Mischkombination mit FKV

Quelle: Ehrenstein / Handbuch Kunststoff-Verbindungstechnik , www.metalforming.at

Mechanische Fügeverfahren – Neue Fügeverfahren

Durchsetzfügen

➤ Vorteile

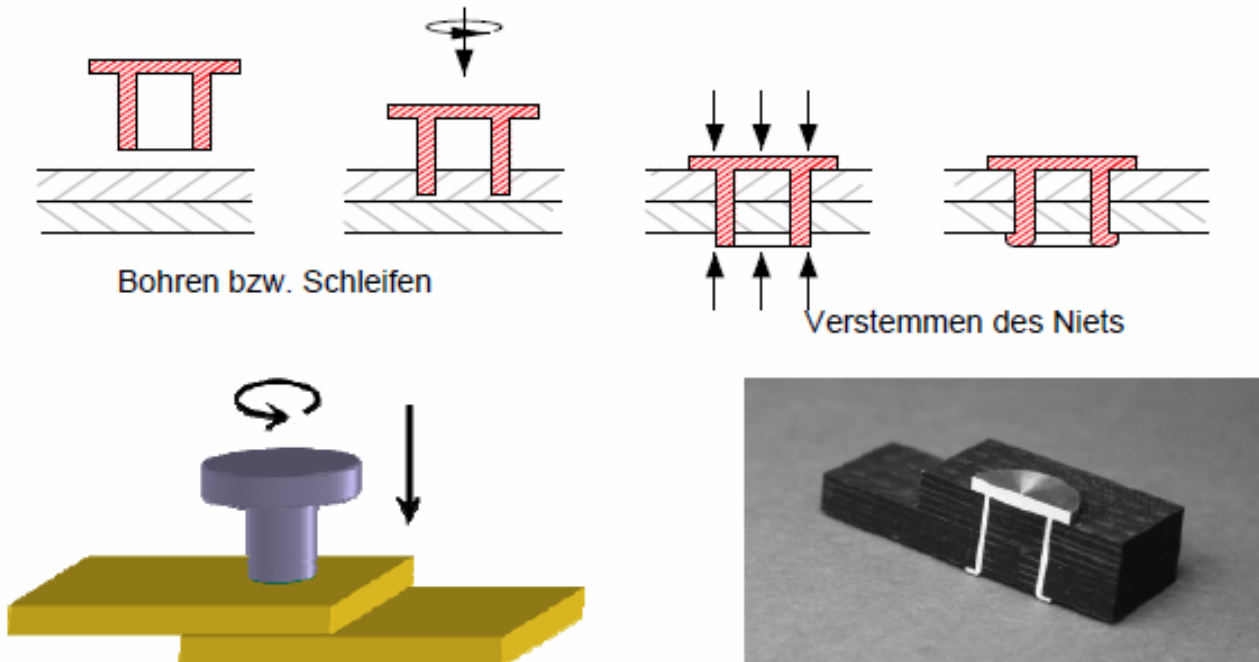
- Blechverbindung ohne Zusatzwerkstoff
- Bei Mischbauweise einsetzbar
- Fügen unterschiedlicher Blechdicken und geeignet zum Fügen von beschichteten Teilen
- Keine Oberflächenbeschädigung, Verschmutzung und Nacharbeit
- Gute dynamische Festigkeit

➤ Nachteile

- Hohe Kerbwirkung
- Nicht fasergerecht
- Eher geringe statische Festigkeit
- Zweiseitige Zugänglichkeit zur Fugestelle notwendig

Mechanische Fügeverfahren – Neue Fügeverfahren

Neues Nietverfahren - Bohrnieten



- Verfahren befindet sich in experimentellem Stadium
- Niet wird gleichzeitig als Bohr- bzw. Schleifwerkzeug genutzt
- Verfahren eignet sich zum Fügen von FKV und Metallen

Quelle: Skript Vorlesung Dr. Haepf

Klebefilm

Anwendung:

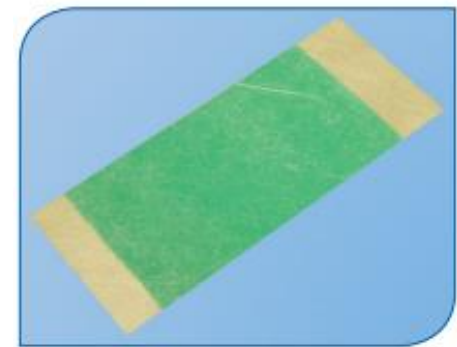
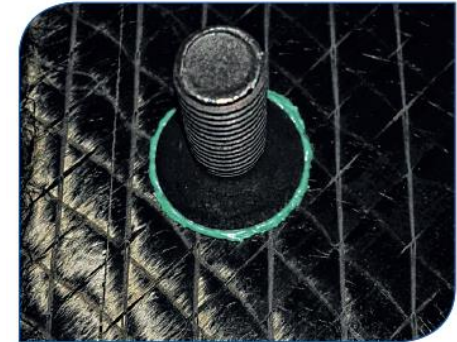
- Metall und/oder Composite Verbindung
- z.B. Hybrid-B-Säule BMW 7er

Aufbau:

- Epoxidharz und Glasfaser-Fleece

Anwendungseigenschaften:

- Schnelle Aushärtung
- Gute Handhabung (trockene Oberfläche)
- Haftungs- und Formstabil (kein Abwaschen, Abwischen oder Fließen)



Quelle: <http://www.llproducts.com/solutions/ll-bond-solutions/>

Klebefilm

Mechanische Eigenschaften:

- Dichte (23°C): 450 g/m²
- E-Modul: 3600 MPa
- Scher- und Schälfestigkeit (siehe Tabelle)

Lap Shear Strength Steel** / Steel** without oil	at -30°C [-22°F]	37 MPa
	at 0°C [32°F]	36 MPa
	at 23°C [73°F]	28 MPa
	at 60°C [140°F]	22 MPa
	at 85°C [185°F]	12 MPa
Lap Shear Strength on Aluminum*** at 23°C [73°F]		17 MPa
T-Peel Strength on oiled Steel \diamond at 23°C [73°F]		6 N/mm
T-Peel Strength on oiled Aluminum*** at 23°C [73°F]		5,6 N/mm
Wedge impact Strength on Steel \diamond at 23°C [73°F]		23 N/mm

Quelle: <http://www.llproducts.com/solutions/ll-bond-solutions/>

Verbindungsprozess:

- Vorpositionierung des Films auf dem Bauteil
- Aushärten unter Druck 0.5 bar [7,25 Psi] und Temperaturerhöhung

Material temperature	Full conversion time
130°C (266°F)	50 minutes
150°C (302°F)	15 minutes
170°C (338°F)	3 minutes
190°C (374°F)	50 seconds

Quelle: <http://www.llproducts.com/solutions/ll-bond-solutions/>

6. Fügeverfahren für den Leichtbau

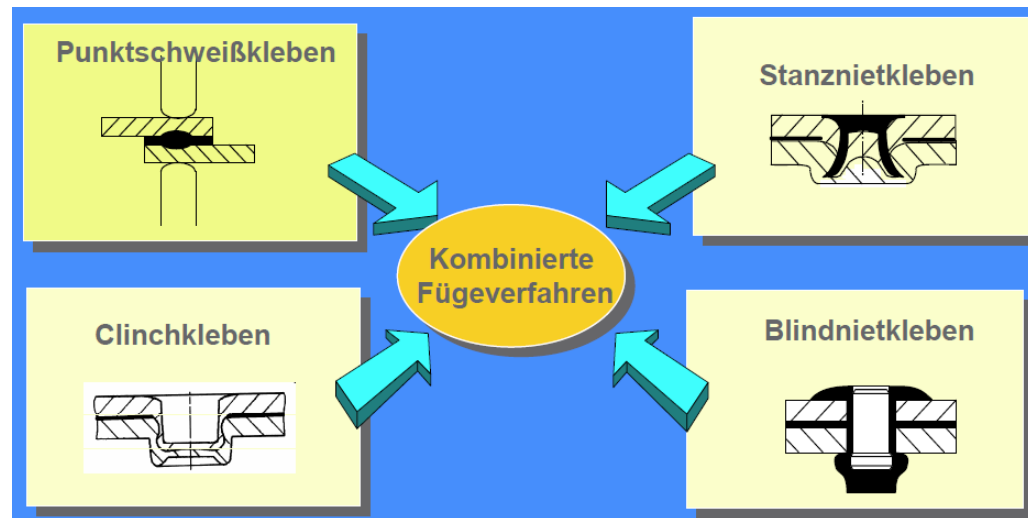
-
- Einführung
 - Mechanische Fügeverfahren
 - **Hybridfügeverfahren**

Prof. Dr.-Ing. Frank Henning

Hybridfügeverfahren

Grundlagen

- Kombination von thermischen und mechanischen Fügeverfahren mit Kleben
- Die Bezeichnungen werden zweckmäßig aus den Bezeichnungen der elementaren Fügeverfahren zusammengesetzt wie z.B. Stanznietkleben, Blindnietkleben
- Punktförmige Fügestellen sichern die Strukturfestigkeit vor Aushärtung des Klebers



Quelle: Ortwin Hahn / Hybridfügen

Hybridfügeverfahren

Allgemeine Ziele

- Verbesserung der mechanischen Eigenschaften bzw. der Lebensdauer von Verbindungen mit punktförmigen Fügeelementen
- Erweiterung funktionaler Eigenschaften von elementar gefügten Verbindungen (z.B. Nahtabdichtung, Nahtisolation und Dämpfung)
- Optimierung des Fertigungsprozesses für ein elementares Fügeverfahren (z.B. Fügeteilfixierung bei Klebprozessen in der Montage und im Rohbau)
- Vermeidung von Kontaktkorrosion
- Vorteile
 - Hohe Festigkeit der Fügestelle
 - Sehr gute Struktursteifigkeit
 - Materialmischbauweise möglich
 - Schnelle Bauteilfixierung im Vergleich zu reinem Kleben
- Nachteile
 - Mehraufwand im Prozess
 - Kosten
 - Komplexe Verfahren

Quelle: Ortwin Hahn / Hybridfügen

Hybridfügeverfahren

Synergieeffekte der Kombination mechanisches Fügen und Kleben

➤ Wirkungen von Kleben

- Gleichmäßigere Spannungsverteilung im Fügebereich
- Erhöhung der Schwingfestigkeit. Verbesserung der Schwingungs- bzw. Schalldämpfung
- Erhöhung der Verbindungssteifigkeit. Erhöhung der Energieaufnahmevermögens unter schlagartiger Beanspruchung
- Abdichtung des Fügespaltens gegen das Eindringen von Gasen und Flüssigkeiten
- Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit durch Spaltfüllung und elektrochemische Isolation der Fügepartner

➤ Wirkungen vom mechanischen Fügen

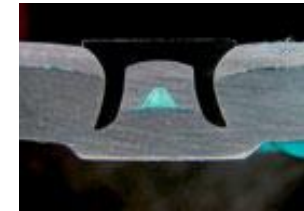
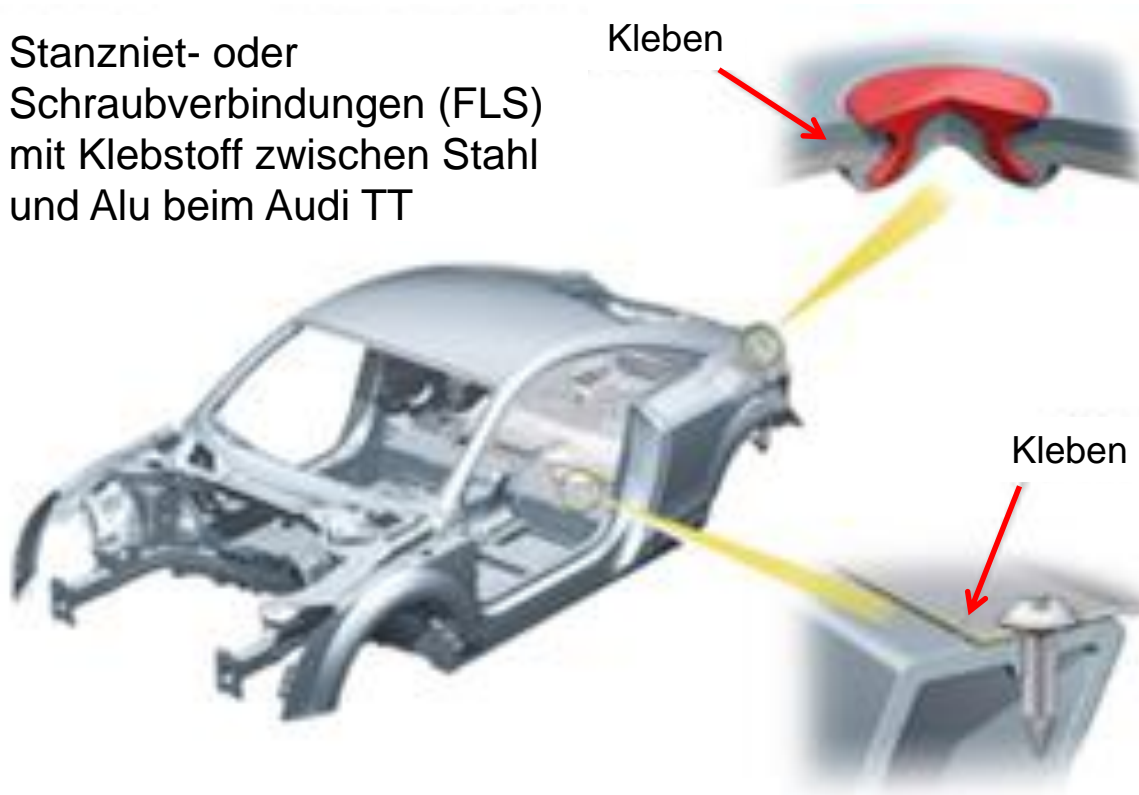
- Fixierung der Fügeteile bis zur Klebstoffaushärtung bei Anwendung in der Montage und bei der Rohbaufertigung
- Entlastung der Klebverbindung bei Schälbeanspruchung
- Teilweise Kompensation von alterungsbedingten Festigkeits- und Steifigkeitsverlusten der Klebverbindung
- Erweiterung des Einsatztemperaturbereichs
- Entlastung der Klebverbindung bei hohen statischen Lasten → Hemmung zeitabhängiger Kriechvorgänge

Quelle: Ortwin Hahn / Hybridfügen

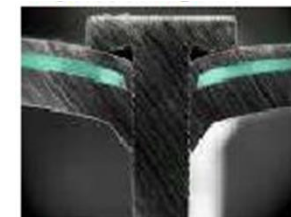
Hybridfügeverfahren

Anwendungsbeispiele

Stanzniet- oder Schraubverbindungen (FLS) mit Klebstoff zwischen Stahl und Alu beim Audi TT



Aluminium 1,2 mm
Klebstoff
Aluminiumguss 2,0 mm



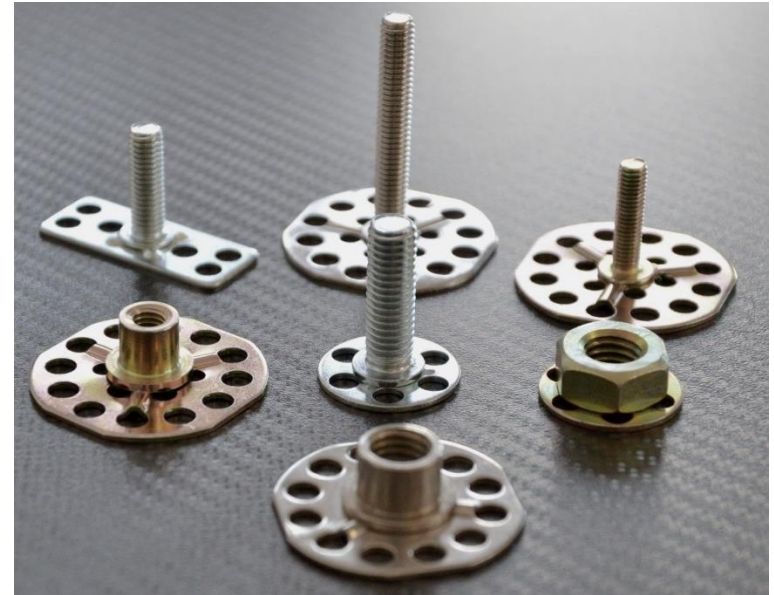
Hybridfügen bei
Mischbauweise
FKV/Metall

Quelle: Audi AG, www.boellhoff.de

Hybridfügeverfahren

big Heads

- Ziel:
Erreichen einer starken und funktionstüchtigen Befestigung bei Verbundstoffen
- lastverteilende Befestigung:
flacher Kopf mit Löchern, der das Produkt sicher an seiner Position befestigt und die Last verteilt
- Geklebt oder eingebettet
- Video:
www.bighead.co.uk/deutsch/products/index.html



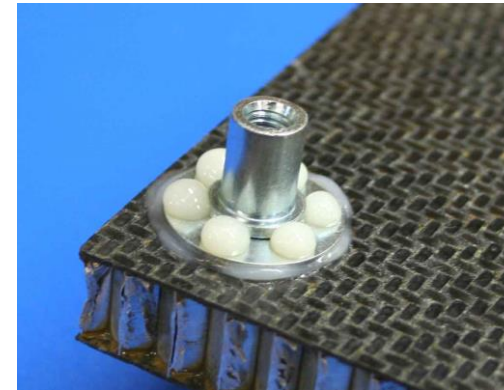
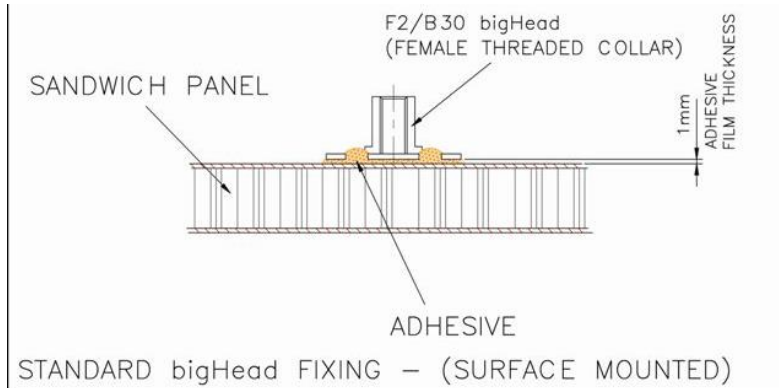
Quelle: www.haufler.com/

Quelle: www.bighead.co.uk

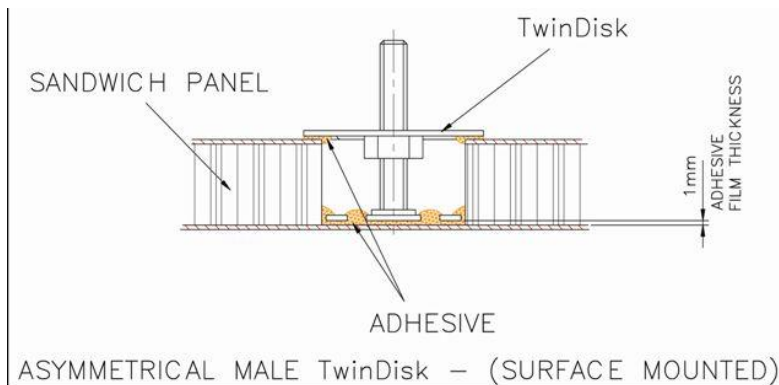
Hybridfügeverfahren

big Heads

- Speziell für Sandwichpanelen geeignet



Standard bigHead

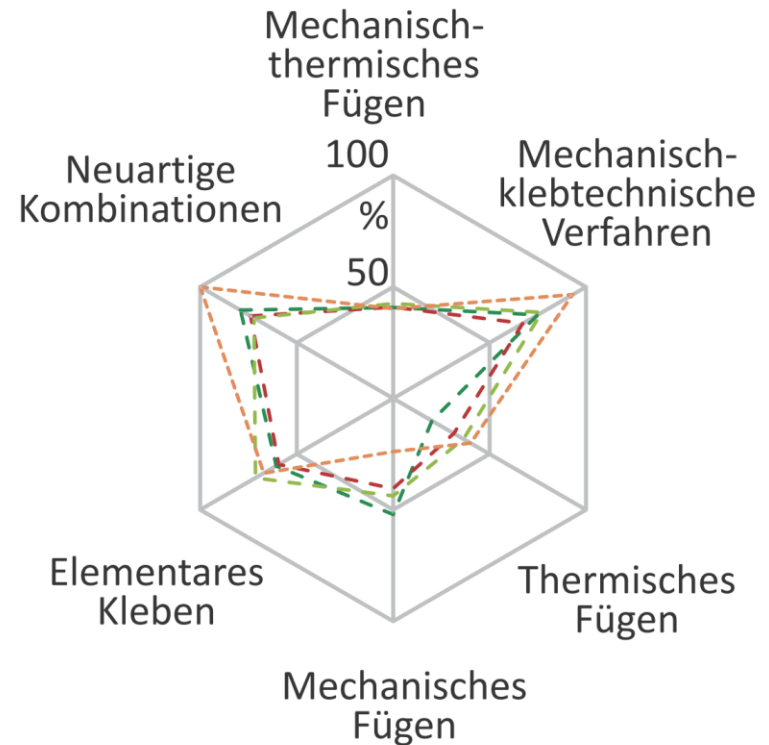
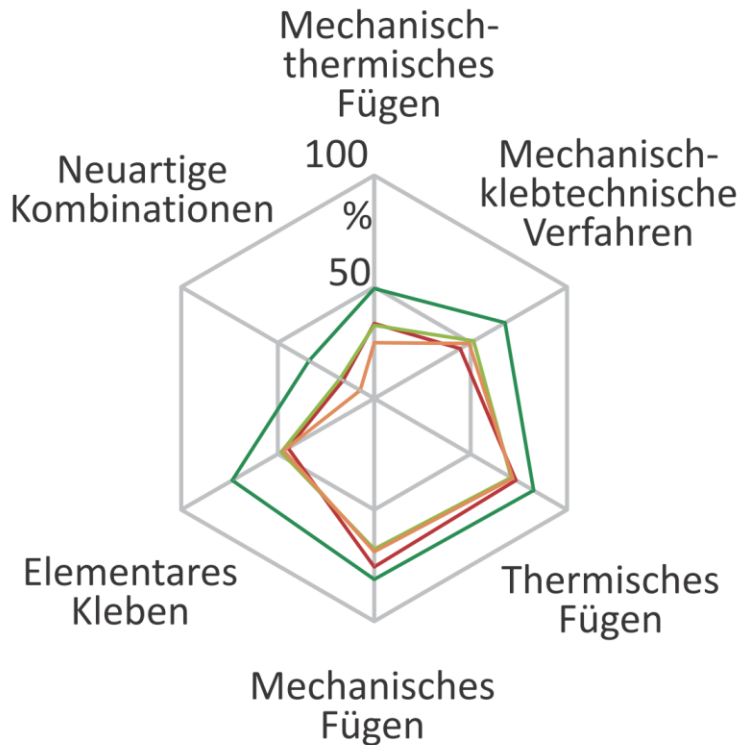


TwinDisk bigHead

Quelle: www.bighead.co.uk

Fazit

Fügeverfahren im Leichtbau



Quelle: Forel Studie 2015