
Leicht, aber oho!

Leichtbaulösungen aus
carbonfaserverstärktem
Kunststoff

LIEBHERR

Komponenten
Faserverbund



A close-up photograph of carbon fiber strands, showing their intricate, woven texture and dark, glossy appearance. The strands are arranged in a complex, overlapping pattern, creating a sense of depth and strength. The lighting highlights the individual fibers, giving them a shimmering, almost metallic look.

Neue Dimensionen durch CFK-Lösungen

Robustheit und Langlebigkeit von Komponenten müssen nicht im Widerspruch zu Gewichts-optimierung und Wirtschaftlichkeit stehen. Genau dieser Herausforderung stellt sich Liebherr mit seinen Lösungen aus carbonfaserverstärktem Kunststoff.

Der Faserverbundwerkstoff besitzt charakteristische Eigenschaften, welche durch eine optimale Produktauslegung erhebliche Vorteile in der Anwendung bringen können. So gestaltet Liebherr als traditionelles Maschinenbauunternehmen den technologischen Fortschritt mit der Implementierung neuer Materialien und der Etablierung innovativer Verfahren.

Als starker Entwicklungspartner vereint Liebherr alle Schritte der Produktentwicklung und Fertigung unter einem Dach und stellt der Kundschaft ein Komplettpaket bereit.

„Wir freuen uns, neue Ideen zu entwickeln und Innovationen im Bereich Faserverbund voranzutreiben. Dafür ist allerdings mehr erforderlich als das bestehende Material mit einem anderen zu substituieren.“

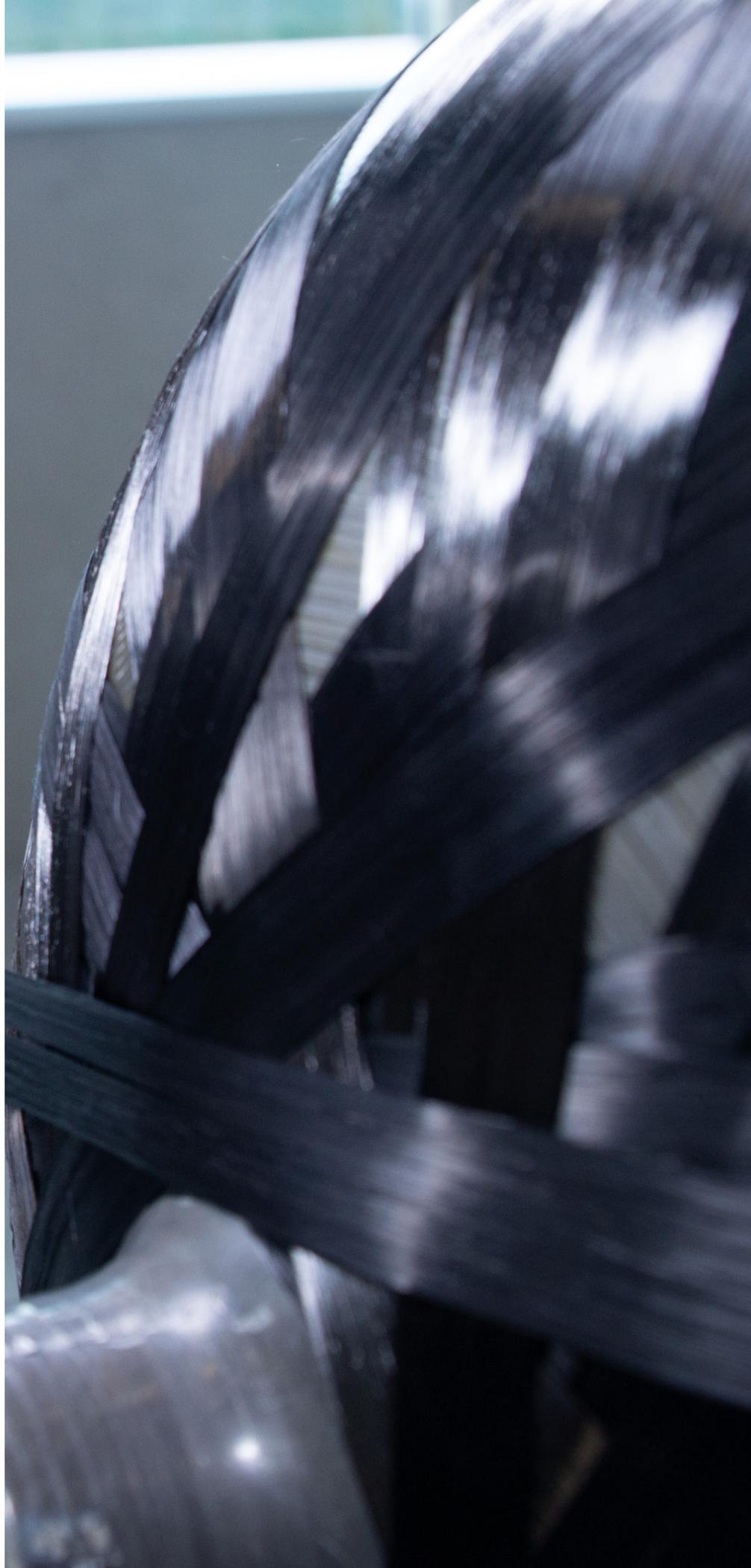
Dominic Gottwald
Teamleitung Faserverbundtechnologie

Überzeugende Argumente

Carbonfaserverstärkter Kunststoff (CFK) bietet Gestaltungsfreiheit. Unterschiedlichste Ausgangsmaterialien und die Orientierung der Verstärkungsfasern machen den Verbundwerkstoff konstruierbar. Durch das Maßschneiden von Eigenschaften, wie Steifigkeit und Festigkeit, lässt sich das Material individuell auf verschiedenste Anforderungsprofile einstellen.

Liebherr versteht die Anforderungen der Kundschaft. Mit der Expertise für Faser-verbundwerkstoffe bringen die realisierten Lösungen die Leistungsfähigkeit der einzelnen Komponente und die des gesamten Systems in eine neue Dimension.

Um Maschinen jeglicher Art in Zukunft noch effizienter zu gestalten, spielt die Gewichtsoptimierung aller Maschinenkomponenten eine übergeordnete Rolle. Ist der Leichtbau mit konventionellen Materialien ausgereizt, erhöht der Einsatz von Faserverbundwerkstoffen, speziell CFK, das Potenzial Gewicht weiter zu senken sowie die Effizienz zu steigern.



Effizienzsteigerung

Reduzierung der Emissionen

Erhöhte Lebensdauer

Einstellbare Eigenschaften

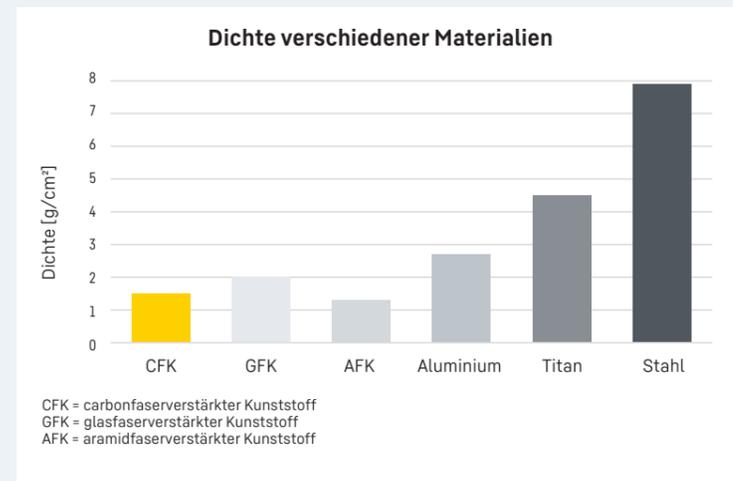
Hohe Festigkeit

Hohe Steifigkeit

Geringes Gewicht

Starke Eigenschaften

Durch die selektive Substitution konventioneller Werkstoffe werden Gewicht und Performance von einzelnen Bauteilen über Baugruppen bis hin zu kompletten Systemen optimiert. Neben statischen und dynamischen Leistungsgewinnen werden weitere Mehrwerte generiert. Hierbei sind ein positives Korrosionsverhalten, spezielle Dämpfungseigenschaften oder einstellbare Wärmeausdehnungen von Nutzen.



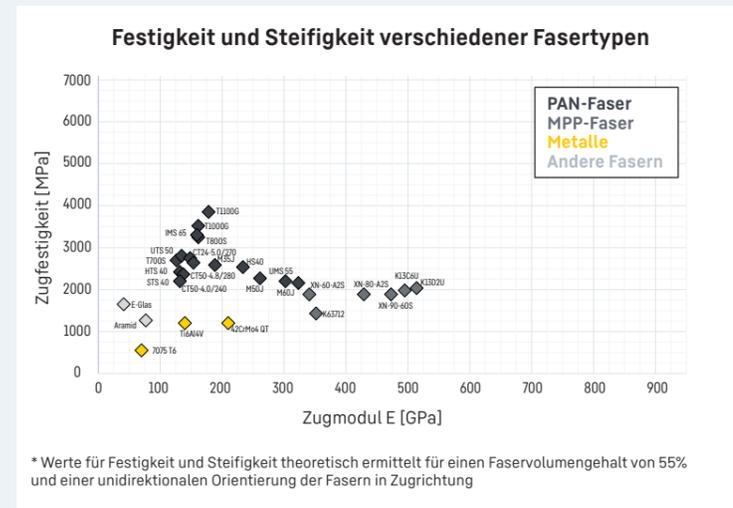
Dichte verschiedener Materialien

Faserverbundwerkstoffe haben im Vergleich zu metallischen Werkstoffen eine viel geringere Dichte. Ein Körper mit gleichem Volumen wiegt aus CFK (1,5 g/cm³) nur ca. 20 % des Stahlkörpers (7,9 g/cm³). Selbst im Vergleich zu Leichtbauwerkstoffen wie Aluminium und Titan, können Bauteile aus Faserverbundwerkstoffen eine deutliche Gewichtsreduzierung ermöglichen.

Festigkeit und Steifigkeit der Fasertypen

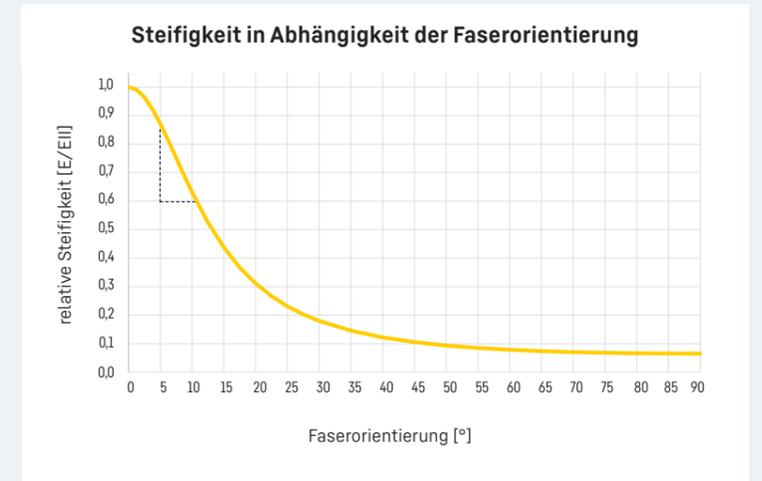
Je nach Einsatzzweck können Fasern ausgewählt werden, die im Vergleich zu konventionellen Werkstoffen eine extrem hohe Festigkeit (HT/UHT) oder eine sehr hohe Steifigkeit (HM/UHM) aufweisen. Aus der Kombination von Lagenaufbau und geeigneter Faser kann das Bauteil optimal auf den Belastungszustand konfiguriert werden.

Im Optimalfall kann ein Körper entstehen, der nicht nur eine geringere Dichte, sondern auch ein geringeres Volumen aufweist als ein entsprechendes Vergleichsstück aus Stahl.



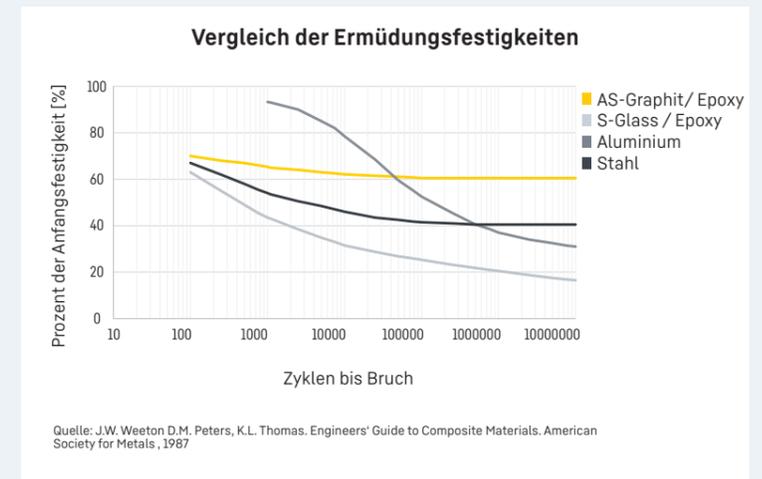
Steifigkeit in Abhängigkeit der Faserorientierung

Die Vorteile der höheren Festigkeit und Steifigkeit können nur dann vollständig ausgenutzt werden, wenn die Fasern optimal entlang der Lastpfade orientiert sind. Die genaue Kenntnis der Belastungszustände, die Faserauswahl, deren optimale Orientierung sowie eine hoch präzise Faserablage im Prozess erlauben das Potenzial dieser Werkstoffkombination voll auszuschöpfen. Somit kann z. B. durch die Änderung der Faserorientierung von 10 ° auf 5 ° eine um 38 % höhere Steifigkeit erreicht werden.



Vergleich der Ermüdungsfestigkeiten

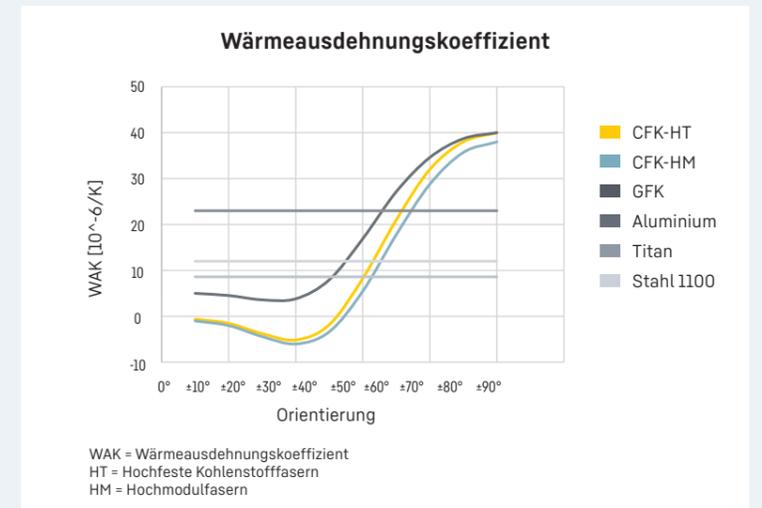
Das Ermüdungsverhalten der Faserverbundwerkstoffe ist maßgeblich von den eingesetzten Fasertypen abhängig. Während Glasfaser bei hoher zyklischer Belastung eine deutliche Abnahme der Festigkeit verzeichnet, behalten Bauteile aus Carbonfasern auch bei extrem häufig wechselnder Belastungsintensität ihre hohe Festigkeit. Auch im Vergleich zu Stahlwerkstoffen zeigen carbonfaserverstärkte Kunststoffe eine deutlich verringerte Abnahme der Anfangsfestigkeit.



Gepaart mit sehr guten schwingungsdämpfenden Eigenschaften, eignen sich Kohlenstofffasern/carbonfaserverstärkte Kunststoffe für hochdynamische, zyklische Belastungen.

Einstellbare Wärmeausdehnung für temperaturunabhängige Genauigkeit

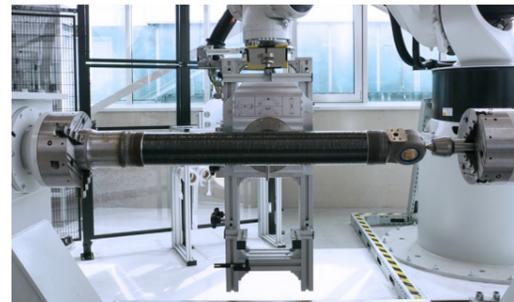
Je nach Lagenaufbau der Faserverbundwerkstoffe lässt sich das Wärmeausdehnungsverhalten individuell auf den Einsatz anpassen. Hochpräzise Bauteile können mit geeignetem Lagenaufbau auch bei starken Temperaturschwankungen nur sehr geringe Verformungen aufweisen. Dabei ist zu beachten, dass die geforderten mechanischen Eigenschaften für die Anwendung erreicht werden müssen.



Fokus auf CFK-Hybridzylinder

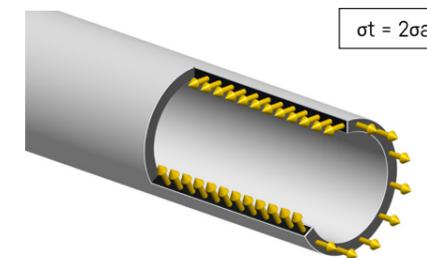
Hydraulikzylinder finden in vielen Bereichen ihren Einsatz und sind essenziell für viele Maschinen und Anwendungen. Durch die extreme Leistungsdichte kann bei geringem Platzbedarf eine hohe Kraft übertragen werden. Für die eingesetzten Materialien ergeben sich dadurch hohe Anforderungen in Bezug auf Festigkeit und Steifigkeit. An dieser Stelle bieten Faserverbundwerkstoffe durch ihre herausragenden Eigenschaften großes Potenzial.

Die langjährige Erfahrung in der Entwicklung und Produktion von Hydraulikzylindern sowie die Kompetenzen im Bereich Faserverbund sind ideale Voraussetzungen für eine zielorientierte Kombination. Wenn das Gewicht in der Endanwendung eine zentrale Rolle spielt, ist der Einsatz von Hybridzylindern die richtige Wahl. Durch den Einsatz einer CFK-Wicklung am Hydraulikzylinder kann bei gleichbleibender Einbausituation das Gewicht der Komponente deutlich reduziert werden. Somit ist eine einfache Austauschbarkeit ohne Änderung der Gerätekonstruktion gewährleistet.



Was verstehen wir unter dem Hybrid-Hydraulikzylinder?

Bei einem Hybrid-Hydraulikzylinder handelt es sich um einen Werkstoffhybrid aus einem metallischen Grundkörper, welcher mit einer Bandage aus Faserverbund umwickelt wird. Um ein Verständnis für die Kräfte im Hydraulikzylinder zu erhalten kann die Kesselformel herangezogen werden. Sie besagt, dass in einem auf Innendruck belastenden unendlich langem Rohr die Spannungen so verteilt sind, dass die Tangentialspannung zwei mal so groß ist als die Spannung in axialer Richtung. Genau dieses Prinzip machen wir uns beim Hybridzylinder zu Nutze.



Im einfachsten Fall kann die Hälfte der Wandstärke mit Stahl substituiert und durch Kohlenstofffaser ersetzt werden. Dabei übernimmt der Stahl weiterhin die wirkenden Axialspannungen und die Hälfte der Tangentialspannungen. Beim Hybridzylinder-Konzept können wir auf bestehende und bereits bewährte Dichtungen zurückgreifen, da die Funktionsfläche und somit das tribologische System unverändert bleiben. Des Weiteren sind Hybridvarianten mit diesem Design relativ einfach und zeitnah umzusetzen.

Merkmale des CFK-Hybridzylinders:

- Gewichtsreduzierung am Zylinderrohr: 30 - 60 %
- Gewichtsreduzierung am Hydraulikzylinder: 10 - 25 %

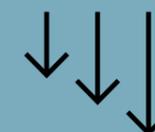
Bei individueller Auslegung und Konstruktion kann die CFK-Bandage auch Axialkräfte aufnehmen, wodurch das Gewicht der Komponente weiter reduziert wird.



Vorteile der Gewichtseinsparung



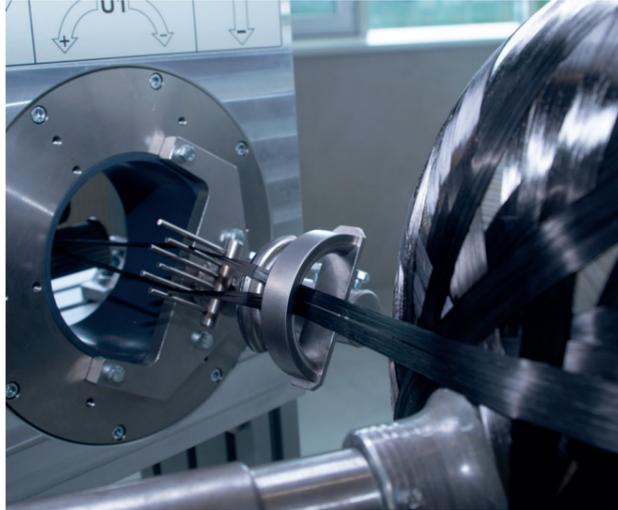
Effizienzsteigerung



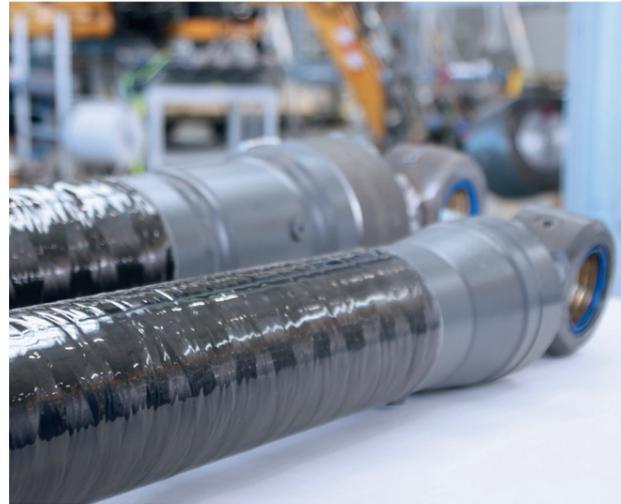
Reduzierung der Emissionen



Hohe Lebensdauer



CFK-Wicklung am Druckspeicher



CFK-Hybridzylinder



CFK-Rohre und Bandagen



Werkzeugverlängerung Antriebswelle



Prüfling im Torsionsprüfstand



Individuelle Prüfplatte

CFK-Hybridzylinder – und noch viel mehr

Neben Hydraulikzylindern lassen sich mithilfe der Wickeltechnologie viele weitere Bauteilklassen und Produkte herstellen. Hervorzuheben sind zum Beispiel Antriebswellen, bei denen sowohl die Torsionssteifigkeit als auch die Biegesteifigkeit individuell eingestellt werden kann. Zusätzlich lässt sich CFK auch bei vielen weiteren Anwendungsfällen erfolgreich einbinden.

Anwendungsbeispiele für Faserverbund:

- Druckbehälter
- Kolbenspeicher
- CFK-Hybridzylinder
- Zug-/ Druckstangen
- Bandagen und Umwicklungen
- Federn
- Werkzeuge und Werkzeugverlängerungen
- Rohre und Profile
- Maschinenträger
- Messmittel

Unbegrenzte Möglichkeiten



1 Erdbewegung & Mining

- Vergrößerte Anbauwerkzeuge
- Reduzierte Emissionen
- Gesteigerte Effizienz durch höhere Grableistung
- Geringerer Energieverbrauch und weniger benötigte Antriebsleistung

2 Materialumschlagstechnik

- Verbesserte Korrosionsbeständigkeit
- Größere Reichweite der Ausleger
- Hervorragende Dämpfungseigenschaften
- Höhere Umschlagleistung
- Geringerer Energieaufwand

3 Kranapplikationen

- Erhöhte Traglasten
- Größere Einsatzhöhe bzw. Reichweite
- Verbesserte Arbeitsgeschwindigkeiten
- Einhaltung der zulässigen Achslasten
- Erleichterte Montage

4 Landwirtschaft

- Größere Arbeitsbreite durch geringes Gewicht, bei gleichzeitig hoher Steifigkeit
- Hohe Präzision durch schwingungs-dämpfende Eigenschaften

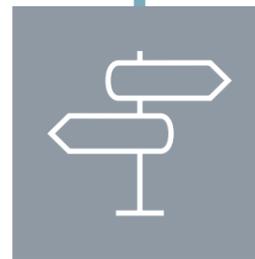
Wir entwickeln gemeinsam

Vom ersten Pinselstrich bis zur fertigen Lösung in Serie steht Liebherr im Entwicklungsprozess an Ihrer Seite. Dabei übernehmen erfahrene Mitarbeitende alle erforderlichen Schritte – von der Anforderungsanalyse bis hin zur produktionsfähigen Lösung, und das stets mit Blick auf die Kundenbedürfnisse.

Mit uns erhalten Sie die gesamte Lösung aus einer Hand:

- Unterstützung über den kompletten Entstehungsprozess hinweg
- Eine Lösung, die perfekt zu Ihrer Anwendung passt
- Anpassung und Justierung aufgrund von Erfahrungswerten in enger Zusammenarbeit
- Eigen gefertigte Produkte, ohne weitere Schnittstellen
- Eine breite Materialauswahl, je nach Anforderung
- Hochwertige Qualität bis ins Detail
- Service-Dienstleistungen in Form von Materialtests

Ihre Herausforderung



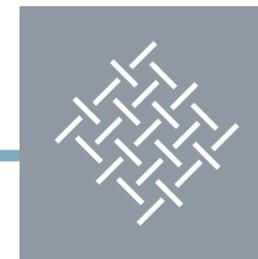
Anforderungsanalyse

Vollumfängliche Analyse der Kundenanwendung und Betrachtung des Gesamtsystems sowie dessen Umwelt.



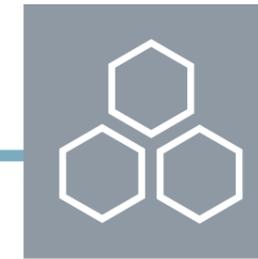
Auslegung & Berechnung

Visualisierung eines anforderungsgerechten und spezifischen Endprodukts. Von der Grobdimensionierung über eine fasergerechte Konstruktion bietet Liebherr eine detaillierte Bauteilanalyse zur Optimierung des Faserverbundlaminats mittels FEM.



Material- & Prozessauswahl

Auswahl der geeigneten Faser-/ Harzkombination und der Herstellungsprozesse unter Berücksichtigung von Kosten, Performance und Stückzahl (Wirtschaftlichkeit).



Prototypen- & Bauteilversuche

Bereitstellung von Einzelstücken und Prototypen, um Erkenntnisse aus Versuchen sowie auf Basis von Feldtests zu gewinnen.



Qualitätssicherung

Auch im Bereich Faserverbundwerkstoffe hat Liebherr höchste Qualitätsansprüche. Durch kontinuierliche Überwachung der Prozessparameter wird ein konstant hohes Qualitätsniveau sichergestellt.

Lösung in Serie



Die Kompetenzen im eigenen Haus



Die Herstellung von CFK-Produkten findet im eigenen Haus statt. In der Fertigung setzt Liebherr auf automatisierte Prozesse und modernste Anlagen, die eine effiziente und schonende Verarbeitung der Rohmaterialien erlauben. Sicherheit für Mensch und Produkt stehen dabei im Fokus.

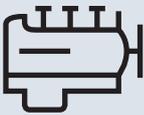
Komponenten

Von A wie Antriebsgruppe bis Z wie Zahnkranz – die Sparte Komponenten der Firmengruppe Liebherr bietet ein breites Spektrum an Lösungen im Bereich der mechanischen, hydraulischen, elektrischen und elektronischen Antriebs- und Steuerungstechnik. Die leistungsfähigen Komponenten und Systeme werden an insgesamt zehn Fertigungsstandorten weltweit nach höchsten Qualitätsstandards produziert. Mit der Liebherr-Components AG und den regionalen

Vertriebsniederlassungen haben unsere Kunden zentrale Ansprechpartner für alle Produktlinien.

Liebherr ist Ihr Partner für den gemeinsamen Erfolg: von der Produktidee über die Entwicklung, Fertigung und Inbetriebnahme bis hin zu Customer-Service-Lösungen wie die Aufarbeitung von Komponenten.

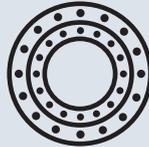
components.liebherr.com



Verbrennungsmotoren



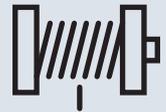
Einspritzsysteme



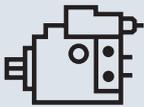
Großwälzlager



Getriebe



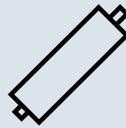
Seilwinden



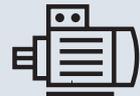
Hydraulikpumpen
und -motoren



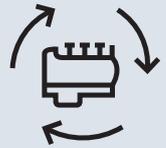
Hydraulikzylinder



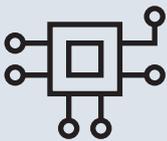
Kolbenspeicher



Elektrische Maschinen



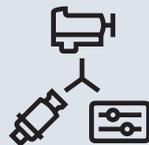
Remanufacturing



Elektronik Industrie



Elektrische Antriebs-
und Steuerungstechnik



Antriebssysteme



Elektronik Aerospace



Faserverbund

LIEBHERR

Liebherr-Components AG · Postfach 222 · 5415 Nussbaumen, Schweiz
+41 56 296 43 00 · components@liebherr.com www.liebherr.com

