

Darf es etwas **weniger** sein?

Leichtbau bei Hydraulikzylindern

Leichte Komponenten bringen Maschinenbauern Wettbewerbsvorteile. Trotzdem hinkt der Maschinen- und Anlagenbau der Automobilindustrie in diesem Bereich hinterher. Nur einige Firmen setzen bereits Leichtbaumaterialien ein, etwa verschiedene Hydraulikzylinder-Hersteller. Ein Vorteil für mobile Maschinen, auch im Hinblick auf die Abgasnorm Euro IV. Denn hier zählt jedes Gramm.

Parker Hannifin bietet Lightraulics CFK-Zylinder in Rundbauweise an.



Bild: Parker Hannifin

Luftfahrtindustrie und Automobilbranche – denkt man an das Thema Leichtbau, denkt man auch oft an diese beiden Branchen. Dabei sind heute auch schon in anderen Bereichen leichte Materialien im Einsatz: zum Beispiel im Seewasserbereich, wenn Korrosion ein Thema ist; in Werkzeugmaschinen, wenn keine Temperaturdehnungen auftreten dürfen, bei Windkraftanlagen On- und Offshore oder bei Sonderanwendungen im Nutzfahrzeugbau, etwa bei Betonpumpen oder Kranen mit besonders großen Reichweiten.

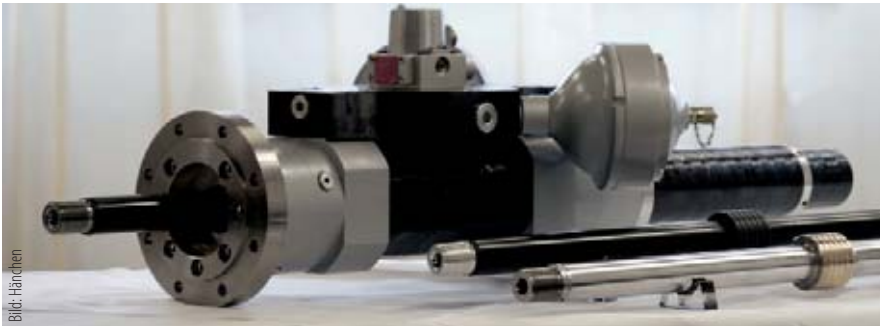
Vor allem Leichtbau-Hydraulikzylinder bieten in diesen Bereichen große Vorteile, weiß Tanja Hänchen, Geschäftsführerin beim Unternehmen Hänchen. Der Spezialist für Hydraulikzylinder bietet diese seit Jahren in Leichtbauweise an. „Bei bewegten oder beschleunigten Bauteilen ist eine erhöhte Energieeffizienz durch die Gewichtseinsparung zu erreichen. Insbesondere ist es mit Kolbenstangen aus Aluminium oder Carbonfasern möglich, je nach Einsatzfall, die Antriebsleistung zu verringern, die Hydraulik-Komponenten bei glei-

cher Leistungsfähigkeit zu verkleinern oder hohe dynamische Bewegungen zu realisieren“, erklärt Tanja Hänchen. Darüber hinaus bieten die im Leichtbau eingesetzten Werkstoffe wie kohlenstoffverstärkter Kunststoff (CFK) oder Aluminium die Möglichkeit, intelligente Komponenten, beispielsweise Sensoren, zu integrieren. Daniel Barfuß, Stellvertretender Leiter Thermoplastverfahren am Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik TU Dresden: „Uns steht im Leichtbau auch ein Werkzeugkasten mit smarten Werkstoffen zur Verfügung, in die etwa Sensoren, Transponder und dergleichen integriert sind. So können die Prinzipien von Industrie 4.0 auf bewegte, hoch belastete Maschinenkomponenten übertragen werden.“ Was wohl in der künftigen vernetzten Produktion noch bedeutender werden wird.

Das A und O bei Leichtbau-Hydraulikzylindern sind die eingesetzten Materialien. Sie müssen nicht nur leicht wie die gängigen Leichtmetalle Titan, Aluminium oder Magnesium sein, sondern auch den extremen Spannungszuständen in Hydraulikzylindern trotzen.



Bild: © artimageev, Fotolia



Beim Hänchen-Hydraulikzylinder besteht die Kolbenstange aus Carbon. Dieses bewegliche Carbonelement – mit einer bis zu 80 Prozent geringeren Masse – spart Energie ein.

Hier trumpfen vor allem Carbonfasern auf. Tanja Hänchen: „Wir verwenden Aluminium und Carbonfasern, die, kombiniert mit anforderungsgerechten Metallen, leichte Bauteile erzeugen. Speziell CFK ermöglicht uns, den Eigenschaften von Stahl im Bereich der in Hydraulikzylinder-Bauteilen auftretenden dreidimensionalen Spannungszuständen nahe zu kommen.“ Auch beim Unternehmen Parker Hannifin setzt man bei Leichtbau-Hydraulikzylindern auf CFK. Für Jacqueline Petker liegen die Vorteile des Verbundwerkstoffs klar auf der Hand: „Kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff hat eine hohe Festigkeit und Steifigkeit bei geringer Dichte. Zudem besitzt dieses Material bessere Ermüdungseigenschaften im Vergleich zu gängigen Leichtmetallen wie Titan, Aluminium oder Magnesium.“ Daher hielten Verbundwerkstoffe auch einer höheren Zyklenanzahl im Hochdruckbereich stand. Außerdem kommen bei Parker Hannifin oberflächenbehandelte Aluminiumlegierungen zum Einsatz, da sie korrosionsbeständig sind und auch bei widrigen Bedingungen, wie permanentem Salzwasser in der Schifffahrt, ihre Leistung bringen.

Die Mischung macht's

Bei den Werkstoffen für leichte Hydraulikzylinder kommt es im Endeffekt auf die Mischung an. Hier können Unternehmen spielen und sich spezielle Eigenschaften, auch je nach Einsatzgebiet der Komponente, zusammen mischen. Tanja Hänchen: „Außerdem erweitern wir den Vorteil der Gewichtseinsparung um weitere Eigenschaften, indem wir die Zylinder so auslegen, dass diese nicht rosten, amagnetisch sind und sich unter Wärme nicht ausdehnen. Zudem kann die Biegesteifigkeit und damit die Querkrafteigenschaft designt werden.“

Florian Lenz, Stellvertretender Bereichsleiter Engineering im Leichtbau-Zentrum Sachsen, sieht den Material-Mix

als Basis des Leichtbaus an: „Leichtbau beinhaltet für uns letztlich immer ein Multi-Material-Design. Da haben metallische Werkstoffe einen genauso festen Platz wie Faser-Kunststoff-Verbunde (FKV).“ Dazu gehören hochfeste und hochsteife CFK, glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) oder eine Kombination, also eine hybride Bauweise. Daniel Barfuß ergänzt: „Größte Potenziale weisen aber schon die FKV auf, da hier mit Stahl vergleichbare mechanische Eigenschaften bei einem Drittel bei fast einem Fünftel der Dichte vorliegen – und das bei einer sehr geringen Korrosionsneigung und meist sehr hohen werkstoffinhärenten Dämpfungswerten.“

Weg mit Stahl und Co.?

Sollten bei so vielen Vorteilen dann nicht alle Hydraulikzylinder aus Leichtbaumaterialien bestehen? „Ökonomisch ist man meist mit höheren Kosten von Hochleistungs-Leichtbauwerkstoffen konfrontiert“, erklärt Florian Lenz. Daher sei der Anteil von Hydraulikzylindern in Leichtbauweise noch sehr gering und auf Spezialanwendungen beschränkt. Diese Erfahrung hat auch Jochen Beetz, Geschäftsführer des Ingenieurbüros Beetz Engineering, in den letzten Jahren gemacht. Seit 2004 befassen sich seine Ingenieure mit dem Thema Leichtbau. Trotzdem seien nur in vereinzelten Bereichen Leichtbaukomponenten verbaut. „Noch heute ist der komplette Leichtbau für die meisten Anwendungen wirtschaftlich nicht interessant, hier muss zum Beispiel im Fahrzeugbau ein generelles Umdenken stattfinden“, sagt Beetz.

Bei bisherigen Hydraulikzylindern in Leichtbauweise bestehen zum Beispiel nur einige Teile aus CFK oder anderen Leichtbaumaterialien. Beim Hydraulikzylinderhersteller Hänchen besteht die Kolbenstange aus Carbon. Der Grund: Die bewegliche Kolbenstange hat eine 80 Prozent geringere Masse und spart somit nicht nur Gewicht ein, sondern auch Energie bei der An-



Bild: Hänchen

Carbon bietet viele Vorteile gegenüber konventionellen Materialien wie zum Beispiel Stahl, ist aber konstruktiv anders zu designen.

Tanja Hänchen, Herbert Hänchen



Bild: TU Dresden

Für Leichtbau-Hydraulikkomponenten erschließen sich zunehmend neue Einsatzfelder in allgemeinen Industrieanwendungen.

Daniel Barfuß, TU Dresden



Bild: Parker Hannifin

In mobilen Anwendungen ebenso wie in Arbeitsumgebungen, in denen Korrosionsbeständigkeit gefordert wird, ist der Einsatz von CFK-Hydraulikzylindern von Vorteil.

Jacqueline Petker, Parker Hannifin



Bild: Leichtbau-Zentrum Sachsen

Leichtbau beinhaltet für uns letztlich immer ein Multi-Material-Design. Da haben metallische Werkstoffe einen genauso festen Platz wie FKV.

Florian Lenz, Leichtbau-Zentrum Sachsen

triebsleistung. „In Prüfanwendungen kann die Dynamik zudem erhöht werden. Auch das Zylinderrohr fertigen wird aus CFK, wenn die Eigenschaften leicht, nicht-rostend oder amagnetisch gefragt sind“, sagt die Geschäftsführerin Tanja Hänchen. Andere Teile sollten nicht aus Carbon bestehen: „Bei Zylinder-Bauteilen, in denen Bohrungen, zum Beispiel für hydraulische Anschlüsse eingebracht werden, macht die Verwendung von CFK keinen Sinn. Hier kann dann der Einsatz von Aluminium geprüft werden.“

Parker fertigt das Zylinderrohr aus CFK, allerdings bestehen Führung, Boden als auch der Kolben aus Aluminium-Legierungen. Damit der Verbundwerkstoff und die metallischen Verbindungselemente sicher miteinander verbunden sind, wird geschraubt. Petker: „Die Führung wird in den Zylinderkopf geschraubt, was eine schnelle, problemlose Wartung der Dichtungen und Führungselemente ermöglicht.“

Umgang mit Leichtbauwerkstoffen muss gelernt sein

Doch allein hier und da etwas CFK in die Hydraulikzylinder zu verbauen, ist nicht so einfach. Ingenieure und Konstrukteure brauchen viel Erfahrung mit den Materialien und müssen vor allem wissen, mit welchen Mitteln sie die Vorteile der Werkstoffe herauskitzeln können.

Besonders die Verbindung zwischen artfremden Werkstoffen im Material-Mix ist eine Herausforderung. Lenz, Leichtbau-Zentrum Sachsen: „Technisch ist bei Multi-Material-Bauweisen meist die Verbindungsstelle zwischen den artfremden Werkstoffen die größte Herausforderung. Von zentraler Bedeutung ist dabei auch die Beherrschung der Interaktionseffekte wie etwa

Wärmedehnung oder tribologische Phänomene.“ Tanja Hänchen sieht die Herausforderungen auch in der Verbindung von CFK und Metall. Daher seien für Carbon-Bauteile oft metallische Enden notwendig, da in Carbon-Bauteilen keine kraftübertragenden Gewinde oder Bohrungen eingebracht werden könnten. Bei Hänchen wird das Metallstück in einem eigens entwickelten Verfahren bei der Produktion der Stange mit eingebunden, da konventionell geklebte Verbindungen den sehr hohen Belastungen in der Hydraulik nicht standhalten. Eine weitere Herausforderung steckt im Werkstoff CFK selbst. „Da Carbon ein anisotroper Werkstoff ist, muss CFK für die jeweilige Anforderung designet werden“, sagt Hänchen. Daher müsse je nach gewünschter Bauteilfestigkeit und Biegesteifigkeit die Lage, Anzahl und Art der Carbonfasern definiert werden. Außerdem kann CFK nur bedingt mechanisch feinbearbeitet werden. „Daher wird bei der Produktion von H-CFK eine harte, dichte und verschleißfeste Oberfläche eingebracht, die den Carbon-Grundkörper versiegelt.“ H-CFK ist ein von Hänchen entwickelter Verbund von Carbon und anderen Komponenten, der bei ihren Hydraulikzylindern verarbeitet wird. Für Jacqueline Petker von Parker Hannifin ist die Produktion der Multi-Materialien mit Herausforderungen verbunden. Die Verstärkungsfasern werden durch Hinzugabe von Harzsystemen verarbeitet und zu einem Verbundwerkstoff kombiniert. „Nicht nur die Wahl der Fasern und Matrixwerkstoffe sowie die Ausrichtung der Fasern im Werkstoff, sondern auch der Aushärtprozess haben Einfluss auf die späteren Materialeigenschaften“, sagt Petker.

Die Zukunft des Leichtbaus in der Hydraulik

Obwohl der heutige Einsatz von Hydraulikzylindern und anderer Komponenten in Leichtbauweise noch sehr gering ist, sind sich die Experten einig, dass künftig die Nachfrage steigt – weil sich auch die Rahmenbe-



Bild: ILK TU Dresden / LZ

Der Prototyp eines Luftfahrt-Hydraulikzylinders in Faserverbund-Metall-Mischbauweise bringt 35 Prozent Masseersparnis gegenüber einem Zylinder aus Stahl.



Bild: Beetz Engineering

Noch heute ist der komplette Leichtbau für die meisten Anwendungen wirtschaftlich nicht interessant. Hier muss ein generelles Umdenken stattfinden.

Jochen Beetz, Beetz Engineering

dingungen verändern werden. Jochen Beetz von Beetz Engineering: „Im Zuge der gesteigerten Forderung nach alternativen Antrieben und Reduktion des Energieverbrauchs wird das Thema Leichtbau zwangsläufig in den Vordergrund rutschen.“ Und je mehr Kunden auf diesen Zug aufspringen werden, desto günstiger werde die Produktion, und damit steige auch das Interesse an den leichten Produkten. Daniel Barfuß von der TU Dresden erklärt, dass viele die klaren Vorteile des Leichtbaus erkannt hätten und dieser nun in neuen Bereichen Fuß fasst: „Für Leichtbau-Hydraulikkomponenten erschließen sich zunehmend neue Einsatzfelder in allgemeinen Industrieanwendungen. Neben den Aktuatoren selbst geraten zunehmend auch die hydraulischen Gesamtsysteme mit Komponenten wie zum Beispiel Ventilblöcke, Druckspeicher und -leitungen in den Fokus der Entwicklung.“ Besonders spannend seien hier laut Leichtbau-Experte Florian Lenz die neuen Möglichkeiten, die Leichtbauwerkstoffe bieten: „Besonders spannend für den Anwender, aber auch für

den Entwickler, sind dabei neue Bauweisen und Prinzipien, die neben der reinen Gewichtsreduktion Zusatzfunktionalitäten bringen. Hier sehen wir etwa Ventilblöcke, die nur mit neuen, additiven Fertigungsverfahren realisierbar werden; Leitungen, die eine integrierte Heizung aufweisen oder Komponenten, die ihren Betriebszustand, ihre Beanspruchung oder ihr nächstes Wartungsintervall erkennen und aktiv rückmelden. So entsteht ein echter Mehrwert beim Anwender.“

Markt für Leichtbau-Komponenten wächst

Schon in den vergangenen Jahren sei der Markt für Produkte aus Faserverbundwerkstoffen gewachsen, erklärt Petker von Parker Hannifin. Im Hinblick auf die Anforderung, den Energieverbrauch zu reduzieren, würden viele Unternehmen zuerst an der Gewichtsoptimierung der einzelnen Komponenten schrauben. Petker: „Daher erwarten wir auch weiterhin eine steigende Nachfrage nach unseren Composite-Hydraulikprodukten.“ Auch bei Hänchen steigen die Anfragen: „Die Rückmeldungen vom Markt zeigen uns, dass es Anforderungen gibt, die bislang mit konventionellem Material nicht umsetzbar sind“, sagt die Geschäftsführerin. Allerdings müsse in jedem Einzelfall geprüft werden, ob Carbon eine Alternative darstelle und dem Anwender eine völlig neue konstruktive Lösung biete. Denn Carbon hat wie viele andere Kunststoffe völlig andere Eigenschaften als Metalle und muss für den Einsatz genau definiert werden. Da reicht es also nicht aus, bisherige Komponenten oder Bauteile aus Stahl durch Faserverbundwerkstoffe zu ersetzen. Tanja Hänchen: „Carbon bietet viele Vorteile gegenüber konventionellen Materialien wie zum Beispiel Stahl, ist aber konstruktiv anders zu designen. Ein 1:1-Austausch ist oft nicht möglich, da die Werkstoffeigenschaften zu verschieden sind. Daher ist im Einzelfall zu prüfen, welcher Werkstoff die beste Alternative ist.“ ■



Autorin

Felicitas Heimann, Redakteurin für Software, Automotive, Werkzeugmaschinen, Medizintechnik und der Rubrik Abspann.

Verschiedene Hersteller wie Parker Hannifin bieten Produkte in Leichtbauweise an. Ein Beispiel ist der Parker Lightraulics Hohlkolbenzylinder in Rundbauweise mit 100 t Druckkraft, Gewicht 24 Kilogramm.



Bild: Parker Hannifin

fluid

DAS UNABHÄNGIGE TECHNIKMAGAZIN

HYDRAULIK

Integrierte elektro-hydraulische
Präzisionsmaschine

26

DRUCKLUFT

Motek-Messeneinheiten zur
Miniaturpneumatik

41

MECHATRONIK

Kundenspezifische
Drehübertrager

49

Leichtbau bei Hydraulikzylindern

In der Mobilhydraulik zählt
jedes Gramm. Was heute möglich
ist, lesen Sie ab Seite 14



Partikelmesstechnik
für sauberes Öl

Seite 22