



Fraunhofer

IPA

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR PRODUKTIONSTECHNIK UND AUTOMATISIERUNG IPA

HANDBUCH FÜR DEN PRAKTISCHEN GEBRAUCH

LEICHTBAU IM MASCHINEN-, ANLAGEN- UND GERÄTEBAU

HERAUSFORDERUNGEN – POTENZIALE –
MEHRWERTE – BEISPIELE



LEICHTBAU IM MASCHINEN-, ANLAGEN- UND GERÄTEBAU

HERAUSFORDERUNGEN – POTENZIALE – MEHRWERTE – BEISPIELE

Von

M.Sc. Anna Hansmersmann, Dr. Christoph Birenbaum, Dipl.-Ing. Jochen Burkhardt,
Dr. Marco Schneider, Dipl.-Ing. Michael Stroka

Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl

Dezember 2016

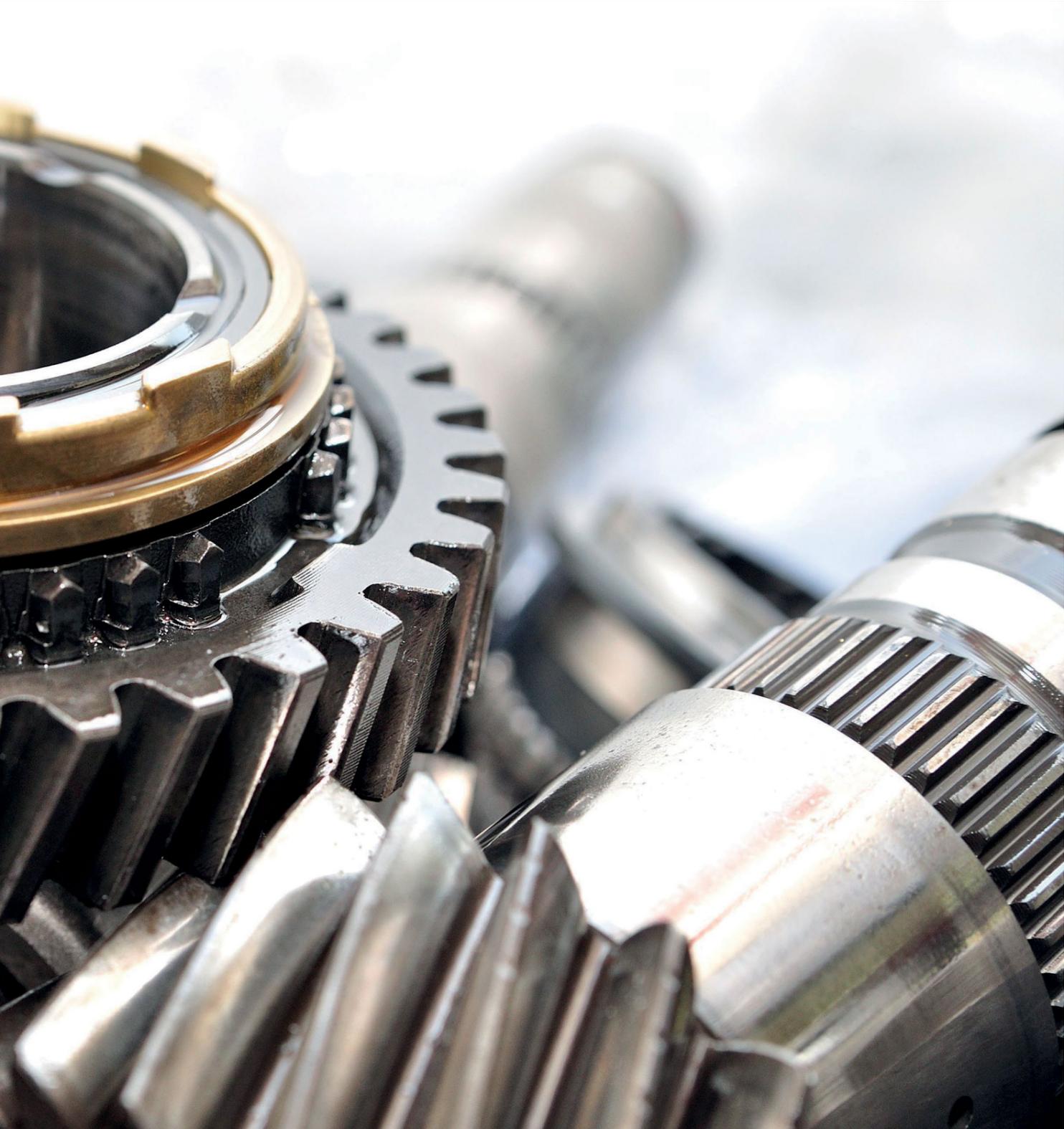


INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort	5
1 Management Summary und Handlungsempfehlungen	9
2 Einführung in die Leichtbautechnologien	13
3 Potenziale von Leichtbaulösungen und Gründe für deren Einsatz	20
Ideenbox – Anregungen zu konkreten Leichtbau-Anwendungen und -Produkten.....	27
4 Hemmnisse	29
5 Bedarfe und Anforderungen	37
6 Beispiele	43
Lasergesinterte Leichtbaulager	43
CFK-Pinole	44
Leichtbauportal aus CFK	45
Leichtbauspannfutter	46
Schleifscheibenkörper aus CFK.....	47
CFK-Querträger einer Blechbearbeitungsmaschine	48
Leichtmetall und filigrane Strukturen in Tapelegeanlagen	49
CFK-Bauteile in Wirkmaschinen	50
Laserschneidmaschine mit CFK-Komponenten	51
Fräskopfgehäuse in CFK-Stahl-Hybridbauweise	52
CFK-Schaft bei Zerspanwerkzeug	53
Leichtbau-Linearachsen und -Drehfutter.....	54
Metallschäume und Faserverbundwerkstoffe für bewegte Gestellbauteile	55
Hydraulikzylinder aus CFK	56
Additiv gefertigte Außenreibbahnen	57
Linearachse und Schlitten aus CFK	58
Topologieoptimierter Nadelbettenträger einer Flachstrickmaschine	59
Fräswerkzeuge aus dem 3D-Drucker	60
Topologieoptimierter und additiv hergestellter Vakuumbreifer	61
Aluminium-Titan-Leichtbaulager	62
Schmieden und selektives Laserschmelzen bei Turbinenrädern.....	63
7 Methodik der Studie	64
8 Stimmungsbild	68
Hemmnisse	68
Bedarfe.....	69
Potenziale.....	70
Allgemein	71
9 Schlussfolgerungen	72
10 Verzeichnis	76
11 Quellangaben und Impressum	77
12 Partner der Studie	78

VORWORT

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl



Bereits lange vor der Industrialisierung machten sich die Menschen Gedanken, wie Alltagsgegenstände gewichtsoptimiert gestaltet werden können. Als Transporthilfen genutzte Körbe aus Weidenruten, Wagenräder mit Speichen oder Traggestelle aus Bambus sowie Werkzeuge oder Waffen aus Naturmaterialien wie Knochen oder Holz sind Beispiele. Auch hybride Konstruktionen und Leichtbau-Verbindungstechniken waren schon im Altertum bekannt. Birkenpech fügte als Universalklebstoff der Steinzeit etwa die Griffteile der Werkzeuge oder Waffen aus natürlichen Werkstoffen, wie Holz oder Knochen, an das Schneidteil, oftmals aus unterschiedlichsten Gesteinsarten zu primitiven Multi-Material-Strukturen, die bei einem geringen Eigengewicht eine enorme Belastbarkeit aufwiesen.

Mit der Entwicklung der ersten Flugzeuge wurde der Leichtbau für die Ingenieure endgültig zum zentralen Thema, denn ein geringes Gewicht ist fundamental für deren technische Funktion. Heute ist der Leichtbau vor allem in der Luft- und Raumfahrt, im Kraftfahrzeugwesen sowie im Transportsektor eine Schlüsseltechnologie, die maßgeblich Produktqualität und Leistungsfähigkeit bestimmt. In der Automobilbranche können durch ein optimiertes Gewicht die CO₂-Emission sowie der Verbrauch minimiert werden. Im Flugzeugbau wird Leichtbau intensiv betrieben, um die Reichweite, die Flottenverbräuche und letztendlich die Kosten für die Fluggesellschaften zu senken.

Im Maschinenbau dagegen gilt nicht zwingend, dass jedes Maschinenteil auf ein möglichst geringes Gewicht hin zu optimieren ist, weil bei vielen potenziellen Leichtbauteilen teurere Werkstoffe sowie zusätzliche oder neue Bearbeitungsverfahren eingesetzt werden müssen und der Mehrwert oft schwer quantifizierbar ist. Die befürchteten Mehrkosten bei unklarer Situation des technischen und kommerziellen Mehrwerts für Produkt und Kunden lassen viele kleine und mittlere Unternehmen (KMU) vor dem Leichtbau zurückschrecken. Die unterschiedlichsten Vorbehalte, Vorurteile und Hemmnisse erschweren eine umfassende Einführung im Maschinen-, An-

lagen- und Gerätebau. Vor allem aber fehlt es den Unternehmen häufig an Wissen über neue Werkstoffe, Fertigungs- und Fügeverfahren und konstruktiven Möglichkeiten in der vom Stahl geprägten Maschinenbaubranche.

Die vorliegende Studie des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart belegt, dass KMU neue Kenntnisse im Bereich der Werkstoff-, Produktions- und Verbindungstechnologie aufbauen müssen. Sie zeigt, wie sich dies bei genauer Betrachtung der Fragestellung und der Randbedingungen sowie einer bedarfsgerechten Umsetzung im Maschinenbau rechnen kann. Dabei muss der Zugang zum Leichtbau nicht hochkompliziert sein. Im Gegenteil: Die Studie vermittelt sehr praxisnahe Herangehensweisen, welche das technische und ökonomische Risiko einer Neuentwicklung im unbekanntem »Leichtbau-Terrain« minimieren helfen. Im Rahmen der Studie wird zunächst untersucht, was Maschinenbauunternehmen davon abhält Leichtbaulösungen einzusetzen. Daraus werden Bedarfe abgeleitet und Beispiele vorgestellt, die zur Nachahmung einladen. Für die Studie sind 22 leitende Angestellte und Inhaber aus dem klassischen Mittelstand befragt worden, die bereits Leichtbautechnologien für ihre Produkte nutzen. Vorgestellt werden pragmatische Ansätze und Lösungen, wie Leichtbau gelingen kann und welche Vorbehalte vorab ausgeräumt werden müssen. Die Studie gibt schließlich einen Überblick über zukünftige Bedarfe, damit der Leichtbau auch im Maschinenbau breiter eingesetzt werden kann.

Als Leitfaden verstanden, unterstützt die Studie KMU beim Einstieg in den Leichtbau. Sie gibt Anregungen und identifiziert Mehrwerte. Wir sind davon überzeugt, dass sich der Leichtbau auch im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau lohnt, wenn er anforderungsgerecht eingesetzt wird.

VORWORT



Dr. Wolfgang Seeliger,
Geschäftsführer
Leichtbau BW GmbH

Leichtbau ist mehr als nur die Substitution von Materialien. Vielmehr geht es auch darum, Produkte ganz neu zu denken. Durch intelligentes Design und neue Prozesse sowie eine digitale Wertschöpfungskette lassen sich Material, Zeit und Kosten einsparen.

Der Wettbewerbsdruck erfordert bessere und preiswertere Produkte. Die Anwendung von Leichtbau ermöglicht gleichzeitig Kostensenkung, Produktivitätssteigerung und eine höhere Präzision bei der Bearbeitung. Eine Reduktion der Kosten ist für Maschinenbauer in Baden-Württemberg ein maß-

geblicher Faktor, um sich auch auf internationalem Parkett behaupten zu können. Allein durch Topologieoptimierung lassen sich die Herstellungskosten an einem statischen Bauteil um knapp sieben Prozent senken. Der Grund: Es wird etwa ein Drittel weniger Material benötigt. Dieser Business-Case hat auch gezeigt, dass sich dadurch Entwicklungskosten nach wenigen Monaten amortisieren und mittelfristig eine höhere Rendite entsteht. Produkte also zu verbessern und gleichzeitig Ressourcen effizient zu verwenden – das geht nur mit Leichtbau, ganz nach unserem Leitmotiv »Weniger ist mehr. Wert.«

Mit dieser Studie zu den Herausforderungen, Potenzialen und dem Mehrwert durch Leichtbau im Maschinen-, Anlagen sowie Gerätebau möchten wir zu einem erfolgreichen Umdenken einen Beitrag leisten und gleichzeitig mit Best-Practice-Beispielen Anstöße zur Umsetzung geben.

Für den Einsatz von Composites und die Kombination mit den bewährten Werkstoffen Stahl und Aluminium fehlen Konstrukteuren und Entwicklern häufig Kenntnis und Berechnungsgrundlagen im sicheren Umgang.

Im Maschinenbau steigt der Bedarf, Komponenten leichter und dynamischer auszulegen sowie durch kleinere Antriebe Anlagen energiesparender und insgesamt produktiver einzusetzen. Im Fokus steht dabei weniger die Materialsubstitution, sondern vielmehr die Umsetzung intelligenter Konstruktionen zu angemessenen Kosten. Durch eigene Veranstaltungen und ideelle Trägerschaft der Messe Composites Europe unterstützt der VDMA diese Zielsetzungen. Mit gelungenen Lösungen trägt die Studie wesentlich dazu bei, die Hemmnisse beim Einsatz von Leichtbautechnologien abzubauen.

Der systemeffiziente, hybride Leichtbau ist ein Zukunftsthema für unsere Industrie. Der IG Metall und mir persönlich ist es deshalb wichtig, dass in Baden-Württemberg nicht nur geforscht, sondern auch produziert wird, also Arbeitsplätze entstehen. Zudem setzen wir uns für übergreifende Qualifizierungsmöglichkeiten sowie einen guten Arbeits- und Gesundheitsschutz im Umgang mit Leichtbaumaterialien ein.

Die aktuelle Studie des Fraunhofer-Instituts zu Leichtbauanwendungen im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau greift die Herausforderungen und Potenziale im Umgang mit der Technologie auf. Vor allem kleine und mittelständische Betriebe tun sich bei der Umstellung auf neue Anwendungen oft schwer – sie finden in dieser Publikation Beispiele für einen erfolgreichen Einsatz von Leichtbaumaterialien, aus denen sich Handlungsoptionen für das eigene Unternehmen ableiten lassen.

Roman Zitzelsberger,
Bezirksleiter der IG Metall
Baden-Württemberg



Darüber hinaus sind branchenübergreifende Netzwerke wie das Leichtbauzentrum Baden-Württemberg e.V. (LBZ-BW) notwendig.

Unternehmen, Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Verbände bündeln darin ihre Kompetenzen zur Herstellung innovativer Leichtbaulösungen. Zudem wirkt der Verein auf die Gestaltung der politischen Rahmenbedingungen und Förderprogramme ein, um langfristig die Wertschöpfung für Leichtbau im Land zu halten. Die IG Metall Baden-Württemberg begleitet das LBZ-BW seit der Gründung. Im Beirat der Landesagentur für Leichtbau (Leichtbau BW GmbH) unterstütze ich zudem Bemühungen um die Aus- und Weiterbildung im Leichtbau.



Dr. Walter Begemann,
Projektleiter, VDMA AG Hybride
Leichtbau Technologien

Leichtbaukomponenten werden mehr und mehr im Multi-Material-Design ausgelegt. Dies war für den VDMA mitentscheidend, das

Forum Composite Technology thematisch zu erweitern und Anfang 2016 in die Arbeitsgemeinschaft Hybride Leichtbau Technologien zu überführen. Gemeinsam mit Anwender- und Zulieferindustrien sollen europaweit technologische Entwicklungen erschlossen werden. Neben den Treibern Automobil und Luftfahrt ist der Leichtbaueinsatz im Maschinenbau nicht so augenfällig, da es sich oft um Sonderlösungen in überschaubarer Stückzahl handelt.

1 MANAGEMENT SUMMARY UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN



Das produzierende Gewerbe ist einer der Eckpfeiler der deutschen Wirtschaft. Der zunehmende nationale und weltweite Wettbewerb erfordert eine ständige Anpassung der Maschinen, Anlagen und Geräte an die aktuelle Marktsituation. Deutsche Unternehmen sind einem immer stärkeren Druck ausgesetzt, schnell und flexibel auf neue Herausforderungen zu reagieren, damit sie weiter im globalen Wettbewerb bestehen können und die Spitzenposition erhalten. Dabei ist es von zentraler Bedeutung, durch neue Innovationen Wettbewerbsvorteile zu generieren. Schon heute arbeiten viele größere Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Universitäten im Land in Projekten und Initiativen an der konkreten Umsetzung von Leichtbau. Vor allem der Automobil- und Flugzeugbau sowie die Raumfahrtbranche sind im Bereich der Entwicklung und Umsetzung von Leichtbaulösungen eine treibende Kraft.

Leichtbau im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau steht im Gegensatz dazu bei vielen Unternehmen noch am Anfang der Entwicklung. »Leichtbau ist kompliziert«, »Leichtbau ist teuer«, »Leichtbau bringt nichts« – so lauten viele Pauschalisierungen. Unter anderem deshalb findet Leichtbau nur schwer den Weg in die Betriebsrealität kleiner und mittlerer Unternehmen aus diesen Branchen. Aufgrund der stetig steigenden Anforderungen an die Produkte in Bezug auf Dynamik und Kosten steigt jedoch auch zunehmend die Leichtbaurelevanz für den Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau. Ergebnissen aus [1] zufolge steigt die Relevanz des Leichtbaus im Bereich Maschinenbau seit 2004 um jährlich 8 %, gemessen an den Publikationsaktivitäten.

Durch Leichtbaulösungen können definitiv Vorteile geschaffen werden, welche zu einer direkten oder indirekten Leistungssteigerung des Produktes beitragen und in Einzelfällen sogar zur Kostensenkung führen. Deutlich wird dies bei den Erfolgsbeispielen in Kapitel 6, die darstellen, dass Leichtbau-Innovationen genutzt werden können, um Maschinen und Anlagen noch produktiver und zuverlässiger zu gestalten.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wird anhand der Ergebnisse von Interviews analysiert, welche Erfahrungen Unternehmen aus dem Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau im Umgang mit Leichtbau sowie beim Einführungs- und Umsetzungsprozess konkreter Leichtbauapplikationen gemacht haben. Als große Herausforderungen bei einer konsequenten Umsetzung von Leichtbaulösungen im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau konnten die Sorge um den fehlenden Bedarf am Markt, Unsicherheit in Bezug auf die Einschätzung des zeitlichen Entwicklungsaufwands und die Bedenken vor hohen Entwicklungs- und Fertigungskosten identifiziert werden. Dem entgegen stehen – besonders bei hochperformanten und dynamischen Applikationen – eindeutige Mehrwerte, die durch Leichtbau generiert werden konnten, wie die Umsetzung großer Beschleunigungen, bei gleichzeitiger Erhöhung der Präzision, energiesparendere Prozesse und auch Maschinenbaulösungen für Kundenapplikationen, die ohne den Einsatz von Leichtbauprinzipien technisch nicht umsetzbar sind. In Einzelfällen können auch bei statischen Maschinenkomponenten durch Leichtbau Material eingespart, Herstellkosten gesenkt und Mehrwerte generiert werden.

Die Studie richtet sich insbesondere an kleine und mittlere Unternehmen und identifiziert die Möglichkeiten, die Leichtbau speziell für diese Unternehmen bietet. Dafür wurden Unternehmen aus dem Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau befragt, die Leichtbau bereits erfolgreich umgesetzt haben und dadurch die Leistungsfähigkeit ihrer Maschinen und Anlagen erhöhen, Alleinstellungsmerkmale schaffen und ihre Wettbewerbssituation durch Leichtbaulösungen festigen konnten. Eine Sammlung konkreter umgesetzter Beispiele belegt den Mehrwert von Leichtbau anhand bereits implementierter Lösungen, siehe Kapitel 6. Die von den Unternehmen dabei gemachten Erfahrungen und daraus abgeleitete Einschätzungen bezüglich der Hemmnisse, Potenziale und Bedarfe werden in der Studie gesammelt, analysiert und daraus Handlungsoptionen abgeleitet. Diese sollen insbesondere KMU den Einstieg in die Leichtbautechnologien erleichtern.

Potenziale

- Die Erzielung direkter Produktivitätssteigerungen ist Hauptmotivator für eine Einführung von Leichtbau im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau.
- Beim Gros der umgesetzten Leichtbaulösungen sowie der Mehrzahl der genannten Beweggründe für eine Einführung von Leichtbau handelt es sich um hochdynamische Applikationen, bei denen mit konventionellen Techniken keine Leistungssteigerungen mehr möglich sind.
- Bei derartigen Applikationen, bei der eine pro Zeiteinheit durchgeführte Prozessoperation zur Charakterisierung der Anlagenperformance herangezogen werden kann, ist Leichtbau direkt mit Mehrwert belegt.
- Eine Leichtbau-Optimierung statischer Komponenten zur Materialkosteneinsparung kann im Einzelfall zielführend sein. Haupttreiber hierfür sind oft keine technologischen, sondern meist wirtschaftliche Überlegungen, die ab gewissen Mengen und Stückzahlen relevant werden.
- Die Energieeinsparung als Motivator für eine Einführung von Leichtbau hat nur untergeordnete Bedeutung und ist nur in Einzelfällen für Endanwender kaufentscheidend.
- Leichtbautechnologien werden da eingesetzt, wo mit konventionellen Techniken und Werkstoffen keine Lösung zu erzielen ist.
- In den meisten Fällen können die Herstellkosten von »Leichtbaumaschinen« trotz teilweise aufwendigeren und kostenintensiveren Leichtbaukomponenten konstant gehalten werden, da es oft zur Möglichkeit der Rückdimensionierung kommt. In die Betrachtung wird die mit der Leichtbaulösung generierte Leistungssteigerung mit einbezogen.
- Das im Rahmen der Studie entwickelte I-Modell des Leichtbaus für den Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau besagt, dass der Leichtbau meist hochperformanten Applikationen vorbehalten ist, was in der Regel auch mit einem Premium-Maschinensegment einhergeht. Hier steht die Erzielung technologischer Vorteile durch eine Leistungssteigerung im Vordergrund.

- Dagegen liegt der Fokus des Leichtbaus im Standardsegment eher auf dem Aspekt der Kosteneinsparung, da hier oft höhere Stückzahlen erreicht werden.
- Durch einen frugalen Produktentwicklungsprozess, der besonders für Standardmaschinen zur Identifikation und Realisierung relevanter Funktionalitäten geeignet ist, können eine ganzheitliche Optimierung einer Maschine, Anlage oder eines Gerätes durchgeführt und dadurch Leichtbaupotenziale identifiziert werden.
- Leichtbau wird oft mit Faserverbundwerkstoffen gleichgesetzt. Diese Werkstoffklasse wird besonders bei High-end-Anwendungen genutzt, um technologisch hochperformante Herausforderungen zu lösen.
- Stoffleichtbau beschränkt sich nicht auf einen einzelnen Werkstoff, sondern sorgt vielmehr dafür, dass der ideale Werkstoff am richtigen Ort für den passenden Anwendungszweck verwendet wird.

Hemmnisse

- Hauptgrund für Unternehmen, Leichtbau grundsätzlich nicht in Erwägung zu ziehen, ist die Unklarheit in Bezug auf die Mehrwerte. Vor einer Umsetzung müssen diese klar quantifizierbar sein.
- 75 % der Unternehmen sehen einen potenziellen Markt für Leichtbaumaschinen oder haben eine konkrete Applikation, die einen Einsatz von Leichtbau rechtfertigen würde. Davon sehen lediglich 14 % keine besonderen Risiken bei einer Einführung von Leichtbautechnologien, wohingegen sich der Rest mit Einstiegsbarrieren konfrontiert sieht.
- Kunden des Maschinenbaus sind in der Regel nicht bereit, Mehrkosten ohne quantifizierbare Vorteile zu akzeptieren.
- Leichtbau wird oftmals nur dann in Erwägung gezogen, wenn konventionelle Lösungen die vom Kunden geforderten Zielkriterien nicht erfüllen können.
- Ein Hindernis ist der befürchtete hohe Entwicklungsaufwand, was im Wesentlichen auf fehlende Erfahrungswerte zurückzuführen ist. Besonders deshalb, weil der Leichtbau ein Schnittstellenthema darstellt, welches die Disziplinen

Material-, Verbindungs-, Konstruktions- und Fertigungstechnik einschließt. Unternehmen, die sich hier strategisch entwickeln möchten, schrecken oft vor diesen »Unbekannten« zurück.

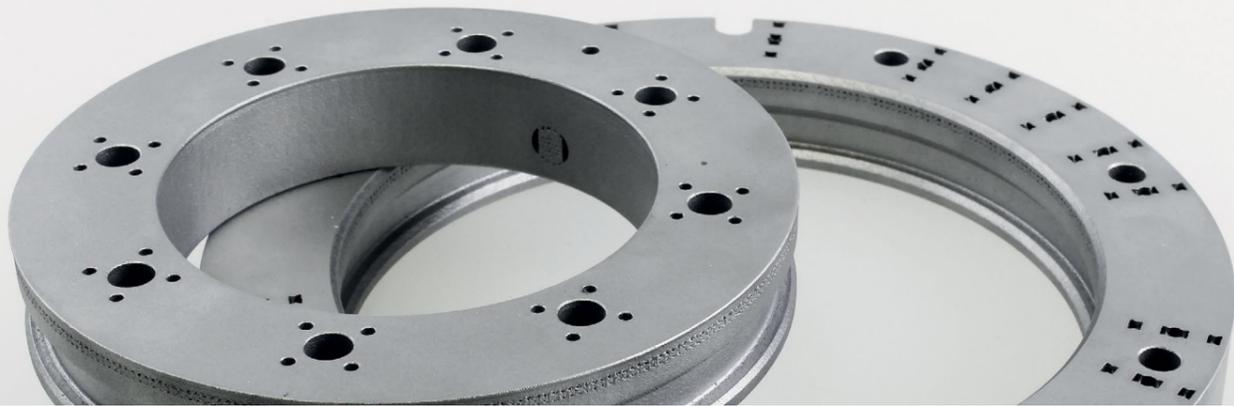
- Der Einsatz von Kunststoffen, insbesondere Faserverbundwerkstoffen wird von den »in Metall denkenden« Konstrukteuren oftmals kritisch beurteilt.
- Leichtbau hat im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau immer noch den Nimbus der Minderwertigkeit, verringerten Leistungsfähigkeit und vor allem der geringeren mechanischen Belastbarkeit.
- Strukturen sind tendenziell überdimensioniert, da Konstrukteure und Verantwortliche das Risiko einer Nichterfüllung technischer Leistungskriterien und Zeitplänen nicht in Kauf nehmen. Leichtbau wird teilweise deshalb nicht umgesetzt, da Garantiefälle oder Regressforderungen vermieden werden sollen.
- Besonders Faserverbundwerkstoffe werden aufgrund befürchteter Mehrkosten, Bedenken bezüglich der Langzeitstabilität, Medienbeständigkeit, Auslegungsmethoden, Fertigungsinfrastruktur und der Gefährdungspotenziale sehr kritisch betrachtet.
- Eine abwartende Haltung bezüglich Leichtbau wird auch durch die unüberschaubare Technologiesituation (Technologie und Werkstoff) begünstigt. Den Unternehmen eröffnen sich teilweise mehrere Optionen, um Leichtbaupotenziale zu erschließen. Dabei herrscht oftmals Unklarheit darüber, welche Leichtbau-Technologie für den aktuellen Anwendungsfall die zweckmäßigste ist, was eine strategische Entscheidung – mit der entsprechenden damit verbundenen Investition – für eine bestimmte Technologie, bzw. einen Werkstoff hemmt.
- Ein fehlender flächendeckender Einsatz von Faserverbundwerkstoffen im Maschinenbau wird insbesondere durch die fehlende Automatisierung der Komponentenherstellung hervorgerufen. Eine ausgedehnte Automatisierung lohnt sich jedoch aufgrund der fehlenden Stückzahlen im Maschinenbau nicht.

- Die Entwicklungskosten stellen offensichtlich kein wesentliches Hemmnis bei der Einführung von Leichtbau dar, da der überwiegende Teil der Unternehmen (55 %) deren Leichtbaulösung in unter 2 Jahren realisiert hat.

Bedarfe und Handlungsempfehlungen

Einführungsprozess und Strategie

- Voraussetzung für Leichtbau ist eine klare unternehmerische Entscheidung für die Umsetzung und für eine bestimmte Leichtbautechnologie, bzw. einen Leichtbauwerkstoff.
- Einführung von Leichtbau anhand eines Anwendungsfalles, mit numerisch belegbarem technischem und monetärem Mehrwert oder klar definierten Nutzen.
- Keine reine Fixierung auf Faserverbundwerkstoffe und wo möglich Abschöpfung von Leichtbaupotenzialen mit konventionellen und beherrschten Technologien und Werkstoffen und Optimierungsansätzen, z. B. mit Hilfe von Berechnungen oder systematischen Produktentwicklungsmethoden.
- Durchführung kleinvolumiger Pilotprojekte mit geringem technischem und finanziellem Risiko mit schnellem technologischem Aussagewert bezüglich der Leichtbaumaßnahmen zur Schaffung von Vertrauen in der mit Leichtbau unerfahrenen Belegschaft. Dies erlaubt einen Wissensaufbau in kleinen Schritten. Fokus der Pilotprojekte, für die ein »Leichtbau-Projektteam« benannt werden sollte, ist zunächst die technische Machbarkeit und nicht eine unmittelbare finanzielle Amortisierung. Die Herangehensweise sollte bewusst – KMU typisch – praxisnah gewählt werden.
- Durchführung des Pilotprojekts mit einem strategischen, leichtbauaffinen Kunden, der unter Umständen durch Zusicherungen seitens der Maschinenhersteller weiter motiviert werden kann, der Umsetzung einer Pilotanlage zuzustimmen.
- Bildung strategischer Allianzen und Fertigungsnetzwerke und Nutzung von Spezialistenwissen bei der Umsetzung neuer Leichtbautechnologien. Als Basis können bestehende



2 EINFÜHRUNG IN DIE LEICHTBAUTECHNOLOGIEN

Erfahrungen bei etablierten Prozessen herangezogen werden, wie etwa die Auslagerung von Blech- oder Schweißbauteilen, spanender Fertigung oder Montagetätigkeiten. Dadurch wird das Risiko, welches die Einführung einer neuartigen Technologie bedingt, abschätzbarer. Wissenschaftliche Dienstleister können zum Beispiel bei Potenzialanalysen und grundlegenden Konzepten zur Umsetzung unterstützen.

- Berücksichtigung der neuen Anforderungsprofile und Förderung alternativer Arbeits- und Denkweisen zur Überwindung von »Schwerbauaffinität« durch Mitarbeiterschulung. Insbesondere kommt den Konstrukteuren dabei eine Schlüsselrolle zu. Hier gilt es, vorhandene Ressentiments gegenüber vermeintlich minderwertigen Leichtbaulösungen, die bei einem großen Teil der Konstrukteure grassieren, auszuräumen.
- Zugriff auf vorhandenes Wissen bei Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Universitäten, z. B. zur Durchführung von Machbarkeitsstudien als Beurteilungsgrundlage, der Unterstützung bei der Identifikation von Leichtbaupotenzialen oder der Auslegung konkreter Komponenten. Dabei muss ein sicherer Transfer in die Praxis gewährleistet sein, da Kooperationen mit der Forschung oftmals als zu theoretisch eingestuft werden.
- Bei Komponenten aus Faserverbundwerkstoff kann dies die Nutzung von teilautomatisierten Lösungen sein, die eine wirtschaftliche Alternative auch für die im Maschinenbau typischen geringen Stückzahlen darstellen.

Konkrete Umsetzung von Leichtbaumaschinen und -komponenten

- Bei der Umsetzung einer konkreten Leichtbauapplikation muss immer das Gesamtsystem betrachtet werden, das Anbau-, Normteile, Maschinenelemente oder Peripheriebaugruppen bezüglich deren Masseneinfluss oft deutlich unterschätzt werden.

- Die ganzheitliche Betrachtung einer Maschine, Anlage oder eines Gerätes beinhaltet auch die Analyse der Funktionen sowie der realen Kundenanforderungen. In diesem Zusammenhang können Funktionen durch Zusammenfassen, Weglassen von Funktionen oder Integration auf lediglich diejenigen reduziert werden, welche für eine Umsetzung der Applikation bzw. der Kundenanforderungen wirklich von Bedeutung sind. Ein Over-Engineering wird dadurch vermieden. Ein Ansatz kann die Nutzung methodischer Entwicklungsansätze für Leichtbau- oder frugale Produkte sein.
- Schaffung von Vertrauen beim Kunden in neue Materialien und Technologien durch vorab durchgeführte experimentelle Untersuchungen und Testreihen – unter Umständen innerhalb eines Kooperationsprojekts –, z. B. in Bezug auf die Medienbeständigkeit von Faserverbunden oder die Langzeitstabilität additiv gefertigter Kunststoffkomponenten.
- In der Konzeptphase vermehrter Einsatz von Halbzeugen. Hier existiert eine Reihe erfolgreich umgesetzter Beispiele als Beleg dafür, dass sich mittels hybrider Bauweisen unter Nutzung von Halbzeugen und Profilen technologisch und ökonomisch erfolgreiche Applikationen umsetzen lassen.

Weiterbildung und Wissensaufbau

- Aktualisierung der Lehrpläne in den Bildungseinrichtungen und Ergänzung um leichtbauspezifische Themen.
- Insbesondere im Zusammenhang mit Faserverbundwerkstoffen sind die Hochschulen, Universitäten und Forschungseinrichtungen aufgefordert, mehr Grundlagenwissen zu erarbeiten (eine Themensammlung findet sich auf Seite S. 39).
- Keine reine Sammlung akademischen Expertenwissens, sondern eine Aufbereitung der wissenschaftliche Grundlagen zur direkten Verwertung in KMU, z. B. in Form von umgesetzten Beispielen, praxisnahen Datenbanken und Applikationshilfen.

Leichtbau ist nicht nur ein Ansatz, um Gewicht an Strukturen einzusparen, sondern ein Leitthema für die Zukunft, eine Schlüsseltechnologie und wird dazu führen, dass höherwertige Produkte mit hohem Kundennutzen hergestellt und Arbeitsplätze erhalten werden. Aber was genau verbirgt sich hinter dem Begriff Leichtbau für die produzierende Industrie? Und wie können Potenziale identifiziert werden?

Treiber für Leichtbau in verschiedenen Branchen

Leichtbau ist eine industrieübergreifende Konstruktionsphilosophie, bei der das übergeordnete Ziel ist, maximale Gewichtseinsparungen bei gleichbleibender Erfüllung der kritischen Anforderungen, wie Festigkeit, Steifigkeit oder Tragfähigkeit, zu realisieren. Ebenso ist eine Leichtbaulösung gefordert, um das mechanische Niveau eines Bauteils ohne eine Gewichtszunahme anzuheben.

Die Leichtbauweise hat ihren Ursprung in der Luft- und Raumfahrttechnik. In diesen Branchen stellt die Gewichtsminimierung einen entscheidenden Faktor für die Funktionalität des Endproduktes dar. Ein Großteil der heutigen Entwicklungsanstöße und Innovationen im Bereich der Leichtbautechnologien stammt daher immer noch aus diesem Sektor. Allerdings findet die Leichtbauweise längst nicht mehr nur hier Anwendung, sondern ist mittlerweile ein aktuelles Thema in allen großen Industriezweigen, insbesondere im Automobilsektor.

Auch im Maschinenbau liegen Herausforderungen vor, die durch den Einsatz von Leichtbautechnologien angegangen werden können. Dazu zählen beispielsweise begrenzte Bau-räume, begrenzte dynamische Eigenschaften aufgrund von Massenträgheit und geringer Schwingungsdämpfung oder Prozesslimitierung durch Erreichen einer Resonanzfrequenz. Weiter kann die einstellbare Wärmeausdehnung von CFK-Laminaten unter Prozessbedingungen positiv genutzt werden [2].

Im Allgemeinen kann der Mehrwert einer Leichtbaulösung im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau im Vergleich zur Luftfahrt und Automobilbranche nicht exakt beziffert werden [3]. In der Luftfahrt ergibt sich beispielsweise eine Einsparung von mehreren Tonnen Treibstoff bei einer Gewichtsreduktion von 1 kg über die gesamte Lebensdauer. Bei einer Gewichtsabnahme von 100 kg rechnet man im Automobilbereich mit einer Kraftstoffeinsparung von etwa 0,3 l pro 100 km [4]. Die Automobilbranche ist daher bereit, etwa fünf Euro an Mehrkosten pro Kilogramm eingespartem Gewicht zu akzeptieren. In der Luftfahrtbranche liegt dieser Betrag bei mehreren Hundert Euro [5].

Da Gewichtseinsparung und Kosten miteinander korrelieren, hängt der Grad der Gewichtseinsparung davon ab, welche Mehrkosten vertretbar sind, um Leichtbau umzusetzen. Die akzeptablen Mehrkosten pro eingespartem Kilogramm können je nach Branche sehr unterschiedlich sein. Je zweckgebundener Leichtbau ist, desto höhere Mehrkosten werden toleriert. In der Luft- und Raumfahrt ist Leichtbau essentiell, um die gewünschte Grundfunktion zu erhalten, entsprechend sind dort die aufgewendeten Mehrkosten für eine Gewichtsminimierung größer als in der Automobilbranche (siehe Tabelle 1).

Branche	Mehrkosten [€/kg]	Stückzahl/Jahr
Raumfahrt	5000	10
Luftfahrt	500	10 ²
Automotive	5	10 ⁴ – 10 ⁶

Tabelle 1: Akzeptierte Mehrkosten unterteilt nach Branchen [3]



Unterschiede zum Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau

Zur Erreichung einer hohen Produktivität bei zugleich maximaler Prozesssicherheit müssen zum Beispiel Produktionsmaschinen eine hohe Steifigkeit und Dynamik bieten. Erreicht man eine Reduzierung/Minimierung der Masse der (bewegten) Baugruppen bei zeitgleicher Erhöhung der Steifigkeit, so kann mit Hilfe von Leichtbautechnologien der Fertigungsprozess optimiert werden. Somit existieren im Maschinenbau besonders im Bereich der hochdynamisch bewegten Komponenten hohe Leichtbaupotenziale. Bei derartigen Anwendungen können ähnlich direkte Vorteile quantitativ wie in den anderen Branchen benannt werden.

Ein direktes Verkaufsargument entsteht für den Leichtbau im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau jedoch nur, wenn beispielsweise die Taktzeit gesenkt werden kann und der Endkunde die verbesserte Dynamik in seine relevante Einheit »Stückzahl pro Minute« oder ähnliches umrechnen kann. Dann ist der Kunde auch bereit, entsprechende Mehrkosten zu akzeptieren.

Die Schwierigkeit im Maschinenbau besteht darin, dass eine unmittelbare finanzielle Nutzenabschätzung der kostenintensiveren Leichtbaulösung nicht ohne weiteres möglich ist, sondern stets das Gesamtsystem und der Produktlebenszyklus berücksichtigt werden muss, wie folgende Beispiele verdeutlichen:

- Nicht zwingend führt eine Leichtbaukomponente zu einer verbesserten Dynamik, was zu einer höheren Produktivität führen würde. Durch das geringere Gewicht werden jedoch angrenzende Bauteile weniger belastet und so die Lebensdauer des Gesamtsystems verlängert.
- Das geringere Gewicht führt zu einem sogenannten Sekundärleichtbau, bei dem abhängige Maschinenelemente wie Lager, Führungen und Lager kleiner ausfallen können und das Gewicht weiter reduzieren. Zudem sind diese kleineren Komponenten meist kostengünstiger in der Anschaffung und im Betrieb.

- Das Gewicht der neuen Baureihe einer Maschine wird durch konsequente Nutzung von Leichtbau insgesamt leichter. Maschinenfundamente und Transportsysteme werden weniger belastet und können einfacher ausgeführt werden, was weitere Optimierungspotenziale generieren kann.
- Zum Leichtbau gehört auch die Überprüfung und gegebenenfalls das Weglassen von nicht zwingend für jeden Markt erforderlichen Funktionen und damit Komponenten einer Maschine. Diese Vorgehensweise zur Entwicklung der sogenannten frugalen Maschinen kann zu Kostensenkungen führen [6].

Da diese Vorteile von Kunden der Maschinen- und Anlagenbauer jedoch nicht als unmittelbarer Vorteil angesehen werden, sondern oftmals lediglich der Kaufpreis entscheidend ist, sind diese Vorteile schwer als Verkaufsargumente verwendbar.

Es existieren jedoch Applikationen, bei denen es durch den Einsatz von Leichtbaulösungen aufgrund einer reinen Gewichtsreduzierung zu einem direkten Produktmehrwert kommt. Ein Beispiel ist die Reduzierung des Gewichts von Maschinentischen oder Hebezeugen, sodass die maximale Zuladung gesteigert werden kann. Ein weiterer Aspekt ist die Gewichtsoptimierung von Montage- und Messmitteln sowie Handgeräten, sodass eine ergonomische und leichtere Durchführung manueller Tätigkeiten durch die Werker möglich ist. Für den Großteil der Maschinen-, Anlagen und Geräte gilt dies jedoch nicht.

Werkzeuge und Methoden zur Abschöpfung von Leichtbaupotenzialen

Zur Verringerung des Gewichtes einer Einzelkomponente, die zur Steigerung der Effizienz eines Gesamtsystems führt, muss ein interdisziplinärer und ganzheitlicher Ansatz unter Berücksichtigung von Werkstoff und der Fertigungstechnik verfolgt werden. Weitere Aspekte sind die Strukturgestaltung und die Konstruktion der Komponenten. Ein effizienter Leichtbau

hängt jedoch nicht nur von technischen, sondern auch von ökonomischen sowie ökologischen Randbedingungen ab. Besonders in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit ergeben sich deutliche Unterschiede zwischen dem Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau auf der einen Seite und der Luftfahrt- und Automobilbranche auf der anderen Seite.

Eine verbesserte Gesamtanlage oder -maschine entsteht durch die Optimierung auf Komponentenebene, in der Regel durch Anpassungs- oder Variantenkonstruktionen. Dabei sollte beginnend am Endeffektor der Maschine das Leichtbaupotenzial abgeschöpft werden. Dies kann am Beispiel eines Industrieroboters anschaulich dargestellt werden, bei dem ein leichter Endeffektor den gesamten Antriebsstrang entlastet und damit die Möglichkeit bietet, Drehzahlen zu erhöhen, die im Kraftfluss nachfolgenden Baugruppen kleiner auszulegen, da durch die reduzierte Masse die Belastung beispielsweise für die Lagerung abnimmt oder – was den Idealfall darstellt – direkt eine Rückdimensionierung des Roboters zu realisieren. Gleiches gilt auch bei der Optimierung von Produktionsmaschinen. Auch hier kann beginnend am Endeffektor (Werkzeuge, Spannmittel, etc.) das Leichtbaupotenzial abgeschöpft werden [7].

Zur Umsetzung von Leichtbau existieren unterschiedliche Möglichkeiten. Am prominentesten sind die klassischen Methoden der Strukturoptimierung. Dabei muss die Struktur dahingehend optimiert werden, dass die auf die Struktur einwirkenden Randbedingungen (Kräfte, Lagerungen, Kontakte), welche sich zum Teil verändern können, möglichst gut ertragen werden. Als Zielfunktionen der Strukturoptimierung können Eigenschaften einer technischen Komponente wie beispielsweise Gewicht, Steifigkeit oder Eigenfrequenzen herangezogen werden. Diese Zielfunktionen können einzeln oder gleichzeitig – unter Umständen unter Verwendung von Gewichtungsfunktionen – minimiert oder maximiert werden, um die einwirkenden Belastungen optimal aufzunehmen. Neben den Zielfunktionen unterliegen Optimierungsprobleme

in der Regel Restriktionen. Diese können einerseits direkt durch die Zielfunktionen vorgegeben werden, z. B. indem der Lösungsraum eingegrenzt wird. Andererseits ergeben sich externe Restriktionen, wie zum Beispiel die Auswahl der Fertigungs- oder Bearbeitungsverfahren. Die Entwurfs- oder Designvariablen bei der Strukturoptimierung stellen dabei die Parameter dar, welche die Struktur charakterisieren. Die Art der Entwurfsvariablen definiert die verschiedenen Disziplinen der Strukturoptimierung. Dabei wird in der Regel zwischen Optimierung der Bauweise, der Topologie, der Materialeigenschaft, der Gestalt und des Querschnitts sowie – für Faserverbundwerkstoffe – des Laminataufbaus unterschieden. Nachfolgend wird ein Überblick über die Topologie-, Gestalt-, Parameteroptimierung sowie die für hybride Strukturen wichtige Werkstoffklasse der Faserverbundwerkstoffe gegeben. Eine der bekanntesten Optimierungsmethoden im Zusammenhang mit Leichtbau ist die Topologieoptimierung (siehe Seite 16).

Zentrale Herausforderung bei der Umsetzung von Leichtbau ist die Lokalisierung derjenigen Komponenten, die den höchsten Beitrag für eine Gewichtsminimierung des Gesamtsystems leisten. Ein Vorgehen zur Identifizierung von Leichtbaupotenzialen ist die Nutzung einer Funktionsmassenanalyse. Dabei werden zunächst Haupt- und Nebenfunktionen bestimmt und zueinander, unter Berücksichtigung der Anforderungen an die Maschine, gewichtet. Daraus wird die Zielmasse bestimmt, die zur Erfüllung der jeweiligen Funktion zur Verfügung steht. Durch die festgelegte Gewichtung kann die Zielmasse der einzelnen Komponenten bestimmt und ein Soll-Ist-Abgleich durchgeführt werden. Mit der Berücksichtigung der Kundenanforderungen fließen diese direkt in die Leichtbaupotenzialanalyse ein [8]. Eine schematische Darstellung der Methodik ist in Abbildung 1 auf der nächsten Seite aufgezeigt.

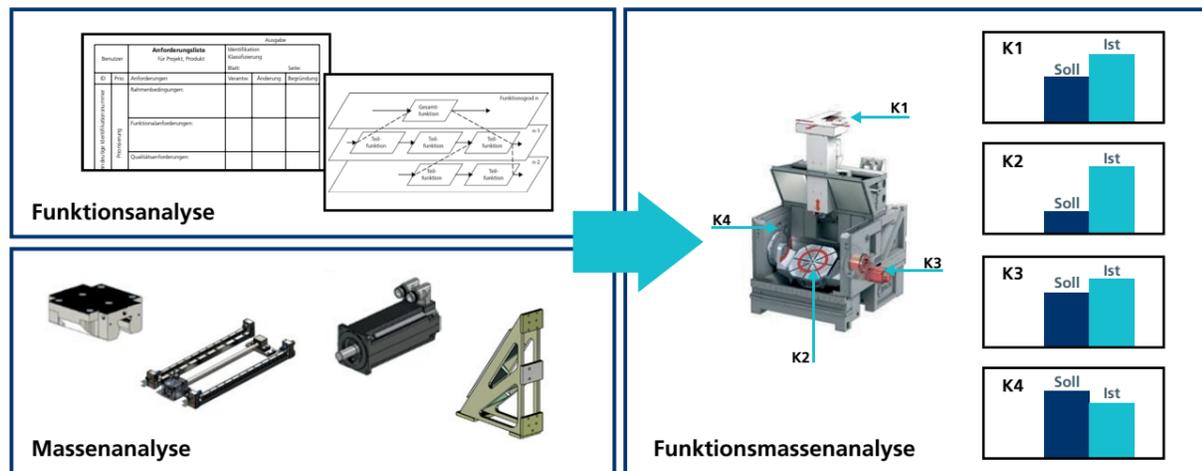


Abbildung 1: Ermittlung von Leichtbaupotenzialen durch eine Funktionsmassenanalyse

Topologieoptimierung des Drehschwenktisches eines Bearbeitungszentrums

Motivation

Ein Hersteller von Werkzeugmaschinen war bestrebt, die maximale mögliche Zuladung eines Drehschwenktisches zu vergrößern, ohne stärkere Antriebsmotoren zu nutzen, da dies mit Kostensteigerungen einhergegangen wäre. Ziel war die Erreichung eines minimalen Gewichts bei vorgegebener Verlagerung. Mit Hilfe der Topologieoptimierung sollte ein gussgerechter Designvorschlag erarbeitet werden.

Vorgehen

- Definition der Lastfälle (Kräfte und Momente) durch den Kunden
- Statisch mechanische Berechnung zur Identifikation von Schwachstellen
- Durchführung der Topologieoptimierung
- Modellaufbereitung und Ableitung eines gussgerechten Modells
- Nachrechnung des Ergebnisses zur Validierung

Ergebnisse

- Gewicht-/Materialeinsparung: 63 %
- Geringe Erhöhung der max. Verformung von 7,5 auf 9,5 μm , jedoch innerhalb der vom Kunden akzeptierten Toleranz

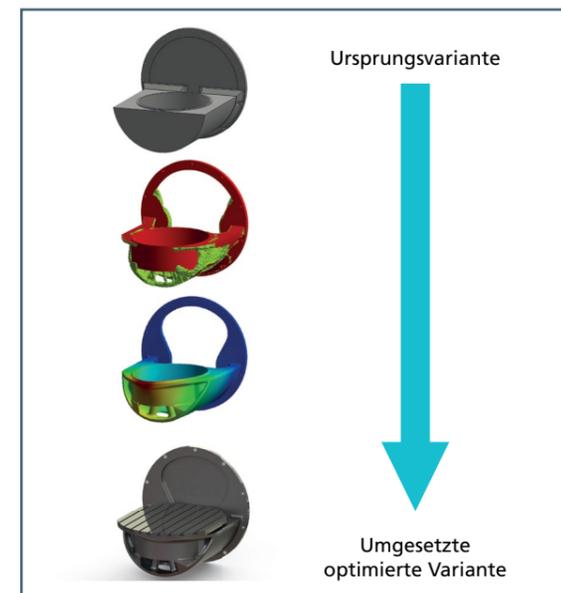


Abbildung 2: Topologieoptimierung eines Drehschwenktisches

Gewichtsreduzierung handgeführter Elektrowerkzeuge

Motivation

Abbundsägen werden im Holzbaugewerbe dazu verwendet, Bauhölzer für ein Zusammenpassen zu bearbeiten. Das Abbinden kann direkt in der Zimmerei oder auf der Baustelle erfolgen. Die zu bearbeitenden Werkstücke sind teilweise sehr groß, so dass ein Verfahren der Maschine einfacher sein kann als das des Werkstücks. Aus diesem Grund bietet eine handgeführte Maschine entscheidende Vorteile hinsichtlich Flexibilität und Mobilität. Zudem sind im Allgemeinen die Anschaffungskosten geringer als bei einer stationären Bearbeitungsmaschine. Die Firma Huckle Erich Technologie zur Holzbearbeitung hat diesen Sachverhalt erkannt und eine mobile, handgeführte Ab-

bundkreissäge mit hoher Leistung und großer Schnitttiefe entwickelt. Um die Vorteile der handgeführten Maschine noch weiter auszuschöpfen, sollte das Eigengewicht der aktuellen Säge reduziert werden. Vorteile durch eine Gewichtseinsparung ergeben sich im besseren Handling, im flexibleren Einsatz und in einer ergonomischeren Handhabung.

Ausgangssituation und Vorgehen

Die Abbundsäge verfügte über ein übersprüngliches Gewicht von etwa 350 kg. Vorgegeben wurde ein Zielgewicht von 240 kg. Durch eine gezielte und systematische Suche nach Leichtbaupotenzialen entlang der Komponenten und Funktionen sollten Möglichkeiten aufgedeckt werden, um die Maschine ohne Leistungseinbußen leichter zu gestalten. Als erste Maßnahme wurde eine Funktionsmassenanalyse durchgeführt. Dabei wurden die Anforderungen der Kunden in Beziehung zu den aufgewendeten Massen gesetzt. Die Kundenanforderungen wurden identifiziert, miteinander verglichen und relativ zueinander gewichtet. Zudem wurden die technischen Funktionen der Abbundsäge aufgestellt. Für diese wurde bestimmt, mit welchem prozentualen Anteil sie zur Erfüllung der Kundenanforderungen beitragen. Aus dieser Korrelation konnte für jede technische Funktion ein Zielgewicht abgeleitet werden. Für den Vergleich der Massenziele mit den aktuell aufgetragenen Massen wurde die Abbundsäge in Baugruppen untergliedert und für jede technische Funktion die Ist-Masse berechnet. Auch auf Bauteil- bzw. Baugruppenebene wurde ein Soll-Ist-Abgleich der Massen durchgeführt. Durch die dargestellte Vorgehensweise wurde ersichtlich, für welche technischen Funktionen und Bauteile/-gruppen Leichtbaulösungen in Frage kommen und wie hoch das vorhandene Leichtbaupotenzial ist.

Ergebnisse der Leichtbaumethodik

Ausgehend von den gewonnenen Erkenntnissen wurden erste Lösungsansätze für Leichtbaumaßnahmen zur Erreichung des Zielgewichts entwickelt. Zum Beispiel ist ein entworfenes Lösungskonzept die Änderung der Einbaulage des Motors. Dadurch lässt sich eine vorhandene Kegelradstufe einsparen, da An- und Abtrieb nicht mehr winklig zueinander stehen. Die gleichzeitig entfallende Übersetzung von Drehzahl und Drehmoment kann von einem bestehenden Riementrieb übernommen werden, bei dem lediglich die Durchmesser von Riemenrad und -ritzel angepasst werden müssen. Durch das Weglassen dieser Komponente kann das Gewicht der Abbundsäge verringert werden, ohne Funktionseinbußen in Kauf nehmen zu müssen. Die Leichtmethodik identifizierte diejenigen Komponenten, die besonders mit Leichtbaupotenzialen behaftet sind. Im Beispiel sind das vor allem der Sägemotor und die Strukturbauteile der Rahmenkonstruktion.

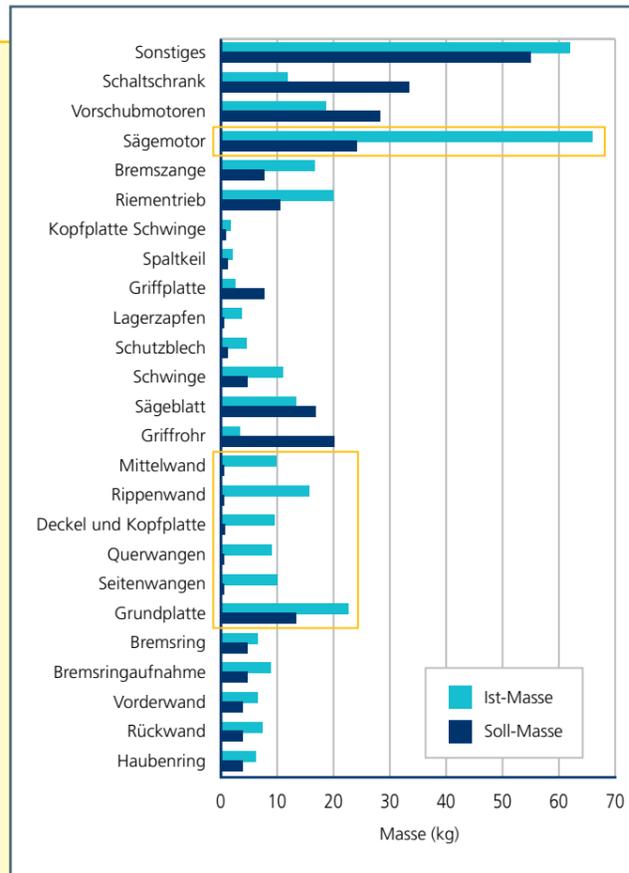


Abbildung 3b: Zuordnung von Ist- und Soll-Massen einer Abbundsäge

Maschinenschutztüre in Hybrid-Leichtbauweise

Motivation

Maschinenschutztüren spielen eine nicht zu unterschätzende Rolle für das Gesamtsystem. So sind die kurzen Öffnungs- und Schließzeiten bei hochdynamischen Operationen mit kurzen Zykluszeiten essentiell für die Produktivität des Prozesses. Darüber hinaus stellt die Maschinentüre die Schnittstelle zum Werker dar und bestimmt die Ergonomie der Maschine bei manuellen Operationen mit häufigen

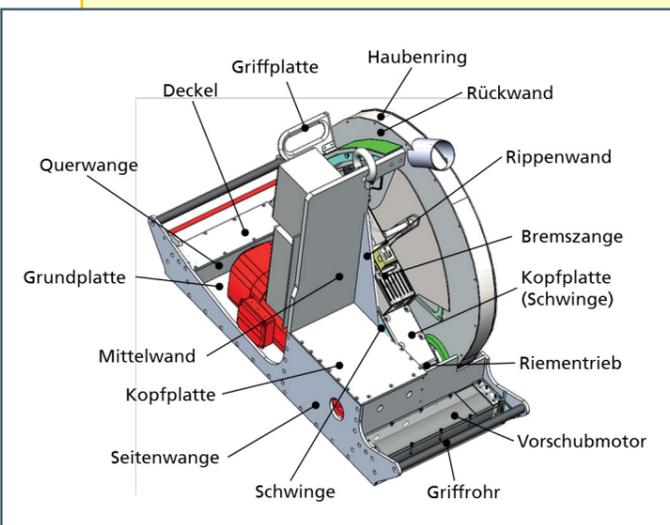


Abbildung 3a: Komponenten einer Abbundsäge

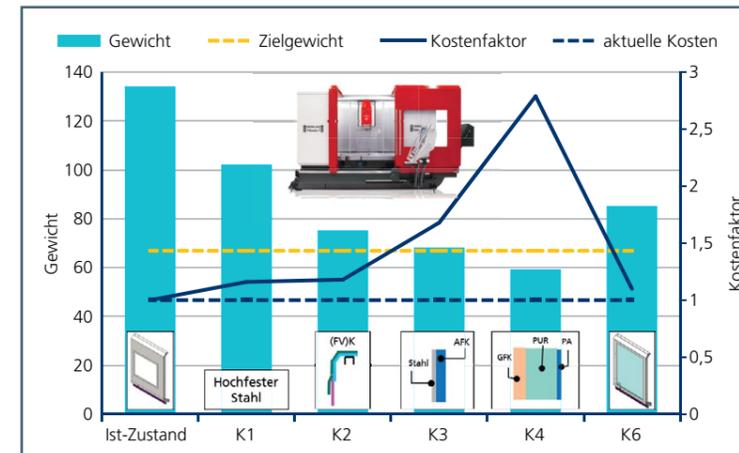


Abbildung 4: Vergleich der Konstruktionsvarianten einer Maschinenschutztür

Werkstückwechseln maßgeblich mit. Diesen Aspekt wollte sich die Hedelius Maschinenfabrik GmbH widmen, um eine Schutztüre für ein Bearbeitungszentrum deutlich leichter zu gestalten und damit dem Maschinenbediener das häufige Öffnen und Schließen zu erleichtern.

Ausgangssituation und Vorgehen

Die Schutztüre des Bearbeitungszentrums wiegt im Ausgangszustand etwa 134 kg. Diese große Masse stellt eine erhebliche Belastung für den Maschinenbediener dar, wenn die Tür geöffnet und geschlossen werden muss. Vorgabe seitens Hedelius war eine Gewichtsreduktion um 50 % jedoch ohne dabei hohe Mehrkosten zu verursachen. Die aktuelle Schutztüre besteht aus zwei Stahlblechschalen, verschiedenen angeschweißten Stahlblechen für die Türaufhängung an der Maschine sowie einer Sichtscheibe aus Polycarbonat. Als wichtigste Anforderungen wurden das Bestehen der genormten Aufprallprüfung für Bearbeitungszentren nach DIN EN 12417 sowie die Medienbeständigkeit gegen Schmier- und Kühlstoffe und heiße Späne bei trockenen Zerspanungsvorgängen identifiziert. Basierend auf diesen Anforderungen wurden unter Be-

rücksichtigung der fertigungstechnischen Rahmenbedingungen der Hedelius Maschinenfabrik GmbH mehrere Lösungskonzepte erarbeitet.

Ergebnisse

Die verschiedenen mit Hilfe der Leichtbaumethodik identifizierten Lösungsideen wurden mit Hilfe eines morphologischen Kastens zu sechs Lösungskonzepten zusammengeführt. Für die Konzepte, die verschiedene konstruktive Änderungen und Werkstoffsubstitutionen umfassten, wurden sowohl die Kosten als auch

die zu erwartende Gewichtsreduktion abgeschätzt. Als zweckmäßigste Variante wurde die Vergrößerung der Polycarbonat-Scheibe und eine damit verbundene Reduktion der doppelten und deutlich schwereren Blechschalenkonstruktion realisiert. Dies führte letztendlich zu einer Gewichtsreduktion von 34 kg. Außerdem wurde bei nicht tragenden oder sicherheitskritischen Strukturelementen der Stahlwerkstoff durch Kunststoffe ersetzt. Dies führte zu weiteren 15 kg Gewichtseinsparung. Diese erhebliche Gewichtsreduktion konnte kostenneutral erreicht werden.

Letztlich konnte durch eine systematische Vorgehensweise eine Leichtbaulösung entwickelt werden, die ohne Mehrkosten zu verursachen, eine Gewichtsreduktion von über 36 % gegenüber einer bestehenden Lösung erzielt. Dabei wurden lediglich konventionelle Werkstoffe und Fertigungsverfahren eingesetzt. Sekundäre Einspareffekte einer leichteren Maschinenschutztüre, die bei automatisierten Bedienertüren aufgrund des Einsatzes geringer dimensionierter angekoppelter Komponenten (Führungen, Lagerungen, Antriebsmotoren, usw.) generiert werden können, sind noch nicht berücksichtigt.

3 POTENZIALE VON LEICHTBAU-LÖSUNGEN UND GRÜNDE FÜR DEREN EINSATZ

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Unternehmensbefragung dargelegt. Dabei wird zunächst auf die Potenziale von Leichtbau im Maschinenbau eingegangen. Was war die Motivation für die Umsetzung von Leichtbaulösungen? Wo sehen die befragten Unternehmen die höchsten Potenziale für Leichtbauanwendungen? Welchen Nutzen bringen Leichtbaulösungen für Maschinen- und Anlagenbauer?

Die Gründe für die Anwendung von Leichtbaulösungen sind genauso vielfältig wie der Maschinenbau selbst. Diese können eingeteilt werden in primäre und sekundäre Motivatoren. Primäre Motivatoren sind ausschlaggebend für eine Entscheidung hin zum Einsatz von Leichtbauprinzipien, während sekundäre Motivatoren lediglich als zusätzlicher positiver Effekt in die Entscheidungsfindung einfließen. In Abbildung 5 werden die verschiedenen Motivationen für Leichtbau deutlich. Die Verteilung spiegelt dabei die Häufigkeit der Nennungen in der Unternehmensbefragung wider.

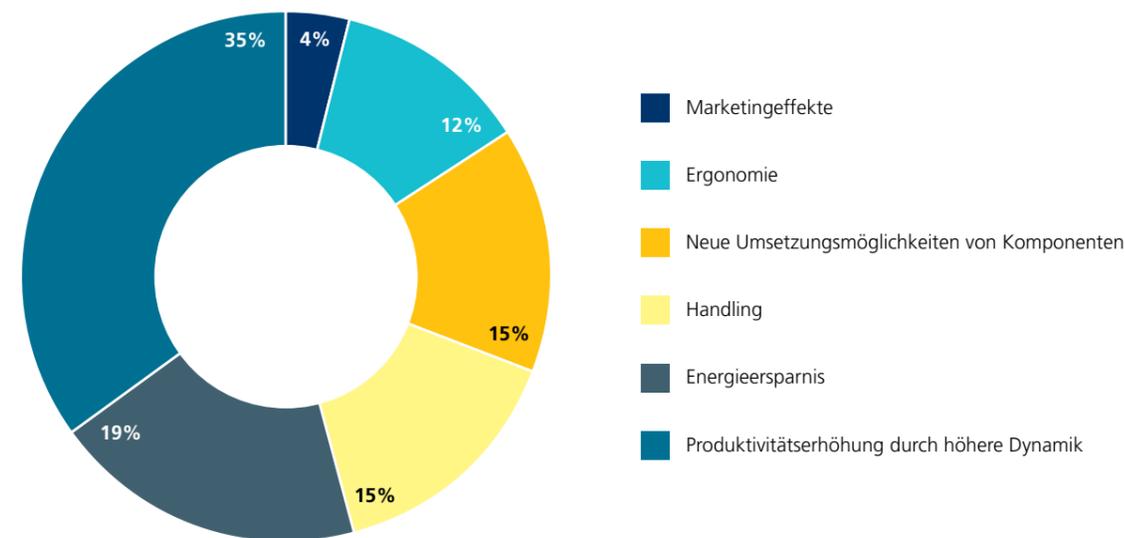


Abbildung 5: Mehrwerte durch Leichtbauanwendungen

Höchste Priorität: Maximierung der Produktivität!

Von 35 % der Befragten wurde bei der Entwicklung ihrer Leichtbaulösung das Erzielen einer direkten Produktivitätssteigerung bei dynamischen Anwendungen als Motivation angegeben. Eine Produktivitätssteigerung kann als quantifizierbare Größe beispielsweise angegeben werden als:

- Bearbeitungsoperationen pro Zeiteinheit bei Bestückungsprozessen mit hohen Stückzahlen und geringen Taktzeiten, z. B. in der Elektronikfertigung,
- Steigerung der Taktraten bei Handhabungs- und Automatisierungsvorgängen,
- Erhöhung der Bearbeitungsgeschwindigkeit bei Fertigungsprozessen,
- Verringerung unproduktiver Nebenzeiten in Maschinen und Anlagen (z. B. Werkzeugwechsel, Umrüstung).

Alle Befragten bestätigen grundsätzlich, dass durch den Einsatz von Leichtbautechnologien Mehrwerte im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau abgeleitet werden können. Besonders

potenzialbehaftet ist der Leichtbau bei hochdynamischen Bewegungen. Dies war ausnahmslos die Hauptmotivation für die Einführung von Leichtbau. Durch die Maßnahmen wurden Massenträgheiten verringert und so hochdynamische Prozesse weiter beschleunigt, ohne dass ein Anpassen des Antriebsstranges, der Maschine oder Anlage notwendig wurde. Dies eröffnete die Möglichkeit einer Dynamiksteigerung, ohne dass die Gesamtsteifigkeit der Anlage erhöht oder leistungsstärkere Antriebe eingesetzt werden mussten. Durch derartige sekundäre Leichtbaueffekte konnten bei den meisten der Befragten die Herstellkosten der restlichen Maschine bzw. Anlage trotz der aufwendigeren – und teureren – Leichtbaugruppe konstant gehalten werden.

Doppelter Mehrwert

Mehrwerte können direkt mit Leichtbau zusammenhängen oder sich sekundär ergeben: Ein Beispiel aus der Verpackungsmaschinenindustrie zeigt, dass durch Leichtbaumaßnahmen höhere Prozessgeschwindigkeiten von Heftvorgängen (Steigerung von 1200/Minute auf 1800/Minute) erzielt werden können. Der Ansatz eröffnete die Möglichkeit einer Prozesssubstitution, was die Anlagenlänge als entscheidendes Verkaufsargument deutlich verringerte.

Nur geringe Mehrkosten durch Leichtbau

Die Mehrkosten der Leichtbaukomponenten werden manchmal überschätzt, was ein Beispiel aus der Elektronikfertigung zeigt: Die »Leichtbaumehrkosten« sind oft verhältnismäßig klein im Vergleich zur Gesamtanlage. So kostet eine Linearachse aus Aluminium 2.000 € und die CFK-Version etwa 4.000 €. Bei Maschinenkosten von 200.000 € sind die Mehrkosten damit prozentual gering, die erzielten Produktivitätssteigerungen jedoch enorm.

Wenn zur Erzielung einer gewissen Produktivität bei einer definierten Stückzahl durch Leichtbaumaßnahmen insgesamt Maschinen und Anlagen eingespart werden können, wird Leichtbau attraktiv. So existieren oft Projekte, bei denen die Kundenanforderungen beispielsweise 1,1 oder 1,2 Maschinen und damit letztendlich 2 Maschinen erfordern. Hier kann sich Leichtbau lohnen, um mit gezieltem Tuning der Maschinenleistung dafür Sorge zu tragen, dass vom Kunden lediglich eine Maschine benötigt wird, um dessen Produktivitätskriterien zu erfüllen.

Der Großteil der Befragten war der Auffassung, dass der Leichtbau von statischen Komponenten, wie z. B. Maschinenstellen mit der Zielstellung Materialkosten einzusparen keine große Rolle spielt. Als Hauptgrund wurde das derzeit niedrige Niveau des Metallpreises genannt. Trotzdem existieren Beispiele, bei denen sich aufgrund der geometrischen Gestalt, der Komplexität der Komponenten oder der Stückzahlen die Optimierung einer statischen Komponente lohnt. Grundsätzlich lohnt der Leichtbau dann, wenn im Spannungsfeld von Kostenminimierung und Produktivitätsmaximierung der Zuwachs an Produktivität die Kostensteigerung überwiegt. Dies wird am »Leichtbau-Dreieck« deutlich (Abbildung 6).

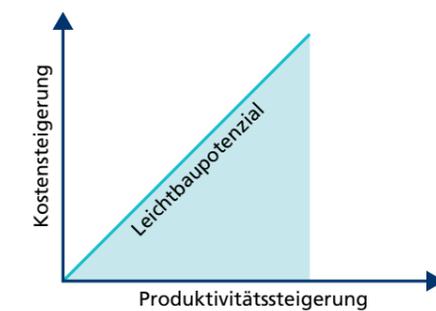


Abbildung 6: »Leichtbau-Dreieck«

Da im Maschinenbau überwiegend Varianten- und Anpassungskonstruktionen durchgeführt werden und Hardwareentwicklung kostenintensiv ist, kommen für Leichtbauoptimie-



rungen meist nur lokale Komponenten in Frage. Letztendlich kommt es immer auf den erzielten Kundennutzen und die individuelle Anforderung an die Maschine, Anlage oder das Gerät an. Dieser wurde von den Befragten in der Regel über eine vorab durchgeführte Anforderungsanalyse dargestellt. Ein Beispiel dafür wird nachfolgend gezeigt.

Kundennutzen im Mittelpunkt

Zur Optimierung eines Bearbeitungszentrums in Bezug auf die Produktivität (Bearbeitungsgeschwindigkeit) wurde von einem Maschinenhersteller zunächst eine Anforderungsanalyse für zentrale, systembestimmende Funktionen durchgeführt und auf deren Basis das Leichtbaupotenzial abgeschätzt. Als Ergebnis zeigte sich, dass der Kunde in 80 – 90 % der Fälle die Operationen Bohren und Gewindebohren ohne Ausgleichsfutter nutzt. Daraus wurde abgeleitet, dass Leichtbaumaßnahmen insbesondere in Vorschubrichtung des Werkzeugs eingeleitet werden müssen.

»I-Modell« der Leichtbaupotenziale im Maschinenbau

Bezüglich des Maschinensegmentes wird mehrfach bemerkt, dass der Leichtbau hochperformanten Applikationen vorbehalten ist, was in der Regel auch mit Maschinen des Hochleistungssegmentes korreliert. Dabei liegt die Zielstellung des Leichtbaus auf der Generierung technologischer Vorteile durch eine Leistungssteigerung. Dagegen wird der Leichtbau für Standardmaschinen von den Maschinenbauern eher unter dem Aspekt der Kosteneinsparung realisiert, z. B. indem für höhere Stückzahlen Materialkosteneinsparungen erzielt werden können, was die Herstellkosten für die Komponenten direkt senkt. Hier überwiegen die ökonomischen Vorteile der Leichtbaumaßnahmen, was in letzter Konsequenz zu frugalen Maschinen, Anlagen und Geräten führt (siehe Kasten). Im Zusammenhang mit Kosteneinsparungen können Leichtbaupotenziale unter Umständen auch mit einem für frugale

Maschinen-, Anlagen und Geräte geeigneten Produktentwicklungsprozess identifiziert werden.

Zufriedene Kunden durch frugale Maschinen, Anlagen und Geräte

Frugal bedeutet in diesem Zusammenhang, eine auf das Wesentliche bzw. den Kern reduzierte und konsequent an den Kundenanforderungen ausgerichtete Maschine. So wird zum einen die Anzahl der Funktionen verringert und zum anderen werden komplexe Funktionen einfach und kostengünstig umgesetzt. Eine frugale Maschine kann damit deutlich leichter sein als die Ursprungsvariante. Derartige Maschinen sind jedoch nicht minderwertiger oder lediglich »abgespeckte« High-end-Versionen, denn ein weiterer Aspekt frugaler Maschinen ist die Robustheit und hohe Qualität. Diese passen genau auf die Bedürfnisse der Kunden zugeschnittenen Maschinen sind somit kosten- und oft gewichtsreduziert. Frugal kombiniert so technologische und ökonomische Ziele und ist überwiegend im Mid- und Low-range zu finden. Das Marktpotenzial wird sowohl in den wachsenden als auch in den entwickelten Märkten als sehr hoch eingeschätzt (Abbildung 7). Diese Segmente bieten dem deutschen Maschinenbau nicht nur Absatzvolumen und Marktanteile sondern verhindern damit auch die Verdrängung in den High-end-Bereich. Die Umsetzung dieser »frugalen Entwicklungsphilosophie« bedarf jedoch einer radikalen Umorientierung aller Hierarchien im Unternehmen. Dieser Kulturwandel muss systematisch über den gesamten Prozess begleitet werden. Das Fraunhofer IPA bietet hierzu den Unternehmen durch einen fünfstufigen Einführungsprozess »ProFrugal« ein Hilfsmittel an (<http://www.ipa.fraunhofer.de/frugale-produktionssysteme.html>).

Beide Maschinensegmente haben eine hohe Bedeutung für den deutschen Maschinenbau und müssen intensiv betrachtet werden, wie Abbildung 7 veranschaulicht. Im sogenannten High-range sind die deutschen Maschinenbauer dominant und müssen hier ihre Position durch ständige Innovationen ausbauen. Die konsequente Umsetzung von Leichtbau zur Produktivitätssteigerung kann dabei ein Differenzierungsmerkmal sein. Auf der anderen Seite existiert Wachstum eher im mittleren und unteren Marktsegment, wo die deutschen Unternehmen oftmals weniger Zugang haben. Hier kann sich eine gezielte Entwicklung durch Leichtbau- oder frugale Prinzipien lohnen, um sich einen Marktzugang zu schaffen, da es bei diesem Ansatz teilweise um »Downsizing« geht, was stellenweise mit Leichtbau korreliert.

Die Stückzahlen stellen besonders bei den Faserverbundwerkstoffen eine Herausforderung dar, worauf im nächsten Kapitel eingegangen wird. Einige der Befragten erachten den Einsatz von Faserverbundwerkstoffen erst bei Maschinen, die eine gewisse kritische Stückzahl erreichen, als sinnvoll, da sich erst

hier eine Automatisierung lohnt. Es existieren jedoch Beispiele, die auch in Kleinserien oder Hochleistungs Sondermaschinen mit Stückzahl 1 wirtschaftlich erfolgreich Faserverbundwerkstoffe einsetzen. Aufgrund der Flexibilität kann hier eine manuelle Fertigung Vorteile bringen. Eine pauschalierte Aussage über belastbare Kriterien, die einen Einsatz von Faserverbundwerkstoffen indizieren, lässt sich aus den Befragungen nicht extrahieren.

Großes Kundenspektrum für Leichtbauapplikationen

Auch im Hinblick auf die Anwendungs- und Kundenspektren ist der Leichtbau im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau so vielfältig wie diese Branchen selbst. So kommt es stark darauf an, mit welchen Stückzahlen sich der Maschinenbauer im Projekt konfrontiert sieht.

Eine direkte Korrelation zwischen Anlagenperformancesteigerung und Bereitschaft der Kunden zu Mehrausgaben gibt es nicht. Im Rahmen der Befragung wurde das Retrofitting als ein Beispiel genannt, bei dem Leichtbau direkt in Kostenvorteile

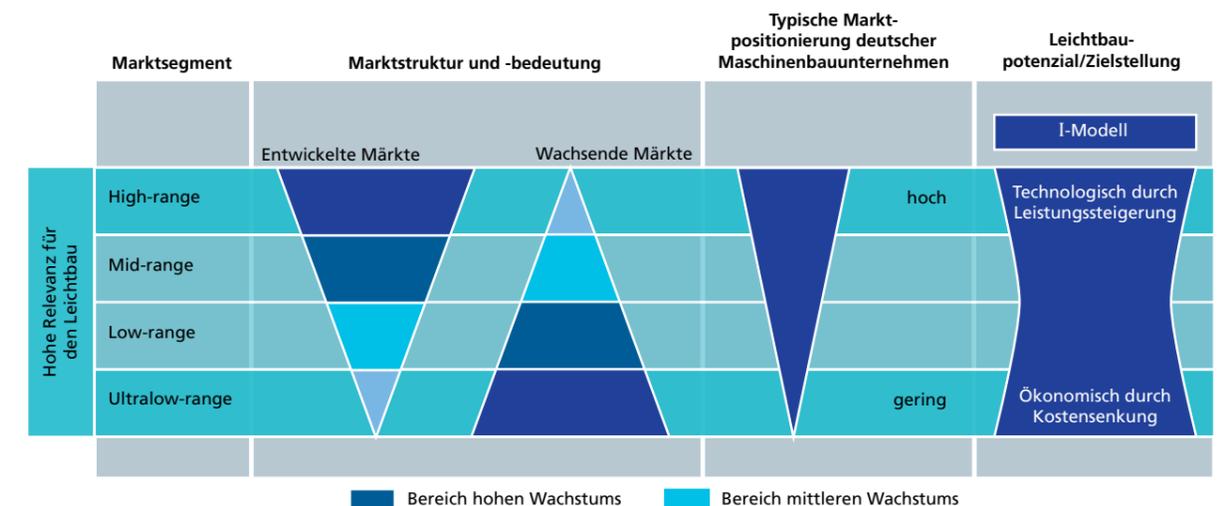


Abbildung 7: »I-Modell« der Leichtbaupotenziale im Maschinenbau nach Berger [9]

umgerechnet werden kann. Hier ist der Kunde in der Regel bereit, die Leichtbaumaßnahmen, die nötig sind, um eine bestehende Anlage in Bezug auf die Prozessgeschwindigkeit zu optimieren, bzw. die damit einhergehenden (finanziellen) Mehraufwände, zu tragen. Für Neuanlagen gilt dies in der Regel jedoch nicht.

Retrofitting durch Leichtbau

»Retrofitting ist ein riesiges Thema, hier bekommt man die Leichtbaumaßnahmen 1:1 vergütet, eher mehr.«

Konstruktionsleiter Verpackungsmaschinenbau

Die Erzielung höherer Preise für eine »Leichtbaumaschine«, bzw. eine Leichtbaulösung, ist stark kundenabhängig. Branchen mit hoher Ausbringung, z. B. Automotive-Unternehmen mit teilweise Millionen-Stückzahlen und Taktzeiten im Zehntel-sekunden-Bereich akzeptieren die Mehrkosten oftmals. Andere Kunden entscheiden – auch bei hochdynamischen Handhabungsapplikationen – nur nach dem Preis. Eine Investitionsentscheidung wird meist projektbezogen getroffen. Entscheidendes Kriterium ist dabei der Grad der Anlagenauslastung. Ist eine Maschine zu Projektbeginn nicht ausgelastet, so wird sich der Kunde nicht für eine teurere (Leichtbau-)Variante entscheiden. Eine strategische Investition in eine leistungsfähigere Leichtbau-Anlage, die bei zukünftigen Projekten höhere Stückzahlen erlauben würde, ist im Maschinen- und Anlagenbau eher selten.

Kunden, die »stückzahlorientiert« sind, können z. B. mit einer Maschine, die kostenintensiver ist, auf die Stückzahlen gesehen wirtschaftlicher produzieren als mit der Beschaffung einer kostengünstigeren Anlage mit geringerer Kapazität. Dieser Umstand wird als Verkaufsargument für eine Maschine herangezogen, die im Vergleich zu einer konventionellen Version kostenintensiver ist. Zusammenfassend lässt sich auch in Be-

zug auf das Kundenspektrum sagen, dass es stark auf die individuelle Applikation und Kundenanforderung ankommt, wenn der Mehrwert einer Leichtbaumaßnahme deutlich werden soll.

Weitere Mehrwerte

Zu den quantifizierbaren Mehrwerten gehört auch die mit 19 % genannte direkte und indirekte Energieersparnis. Dabei liegt der Fokus nicht unmittelbar auf der Energieeinsparung. Die Unternehmen nutzen die Energieeinsparung vielmehr als Optimierungsziel zur Bewertung ihrer Leichtbaumaßnahmen. Das Interesse an der Energieeinsparung liegt eher auf den erreichbaren sekundären Leichtbaueffekten. Erst wenn durch ein ganzheitliche Leichtbaubetrachtung der Maschine Gewichtseinsparungen generiert und dadurch Sekundäreffekte durch z. B. geringer dimensionierte Antriebe erzielt werden können oder vorhandene Antriebe in performanteren Leistungsbereichen betrieben werden können, wird der Leichtbau unter dem Aspekt Energieeinsparung interessant. Letztendlich liegt dann ein »Optimierungsleichtbau« vor und kein Leichtbau mit dem Ziel der Energieeinsparung.

Direkte Energieersparnis wird erzielt, indem durch Gewichtersparnis bei Maschinenkomponenten die Antriebsleistung zum Beschleunigen dieser gesenkt wird. Dies eröffnet nicht nur die Möglichkeit des Einsatzes von geringer dimensionierten und dadurch günstigeren Motoren, sondern führt auch zu geringeren Belastungen des gesamten Antriebsstrangs, wodurch die Investitionskosten für den Kunden erheblich sinken können. Eine konkrete Maschinengattung, die im Dauerbetrieb sehr hohe Energieverbräuche vorweist, sind z. B. Großpressen mit hoher Hubzahl pro Zeiteinheit und großen bewegten Massen. Durch die Verringerung der bewegten Massen kann der Anlagenbetreiber direkt Betriebskosten sparen. Darüber hinaus kann Energie auch indirekt eingespart werden: Bei hochpräzisen Anwendungen kann z. B. durch den Einsatz von Faserverbundwerkstoffen der Temperaturbereich für einen Anlageneinsatz erweitert werden. Bei Bauteilen aus CFK kann die Wärmedehnung eingestellt und sogar auf Null reduziert

werden. Dies führt zu einer indirekten Energieeinsparung, da bei der Klimatisierung von Hallen ein größeres Temperaturfeld zulässig ist. Außerdem sind Faserverbundwerkstoffe oder additive Verfahren häufig flexibel hinsichtlich ihrer Formgestaltung. Bei Absauganlagen kann so beispielsweise die benötigte Leistung durch eine optimale Auslegung des Strömungskanal gesenkt werden.

Insgesamt ist die Energieeinsparung als messbare Größe zwar wichtig, aber nur in Einzelfällen das Hauptargument für Kunden der Maschinen- und Anlagenbauer für oder wider eine Kaufentscheidung.

Des Weiteren können durch Leichtbau technische Lösungen entwickelt werden, die ohne Leichtbau gar nicht umsetzbar wären. Darin sahen 15 % der Befragten einen Mehrwert. Es können beispielsweise mittels Materialsubstitution Antriebswalzen gebaut werden, die trotz großer Länge über verhältnismäßig kleine Durchmesser verfügen. Dies wäre mit konventionellen Werkstoffen aufgrund der höheren Eigengewicht-Durchbiegung nicht möglich. Weitere Beispiele finden sich bei hochdynamischen Anlagen. So kann durch Leichtbau nicht nur die Dynamik sondern gleichzeitig auch die Genauigkeit erhöht werden. Dies gelingt, indem durch konsequenten Leichtbau gleichzeitig das Gewicht reduziert und die Steifigkeit einer Maschinenkomponente erhöht wird. Der Fokus liegt bei vielen hochdynamischen Prozessen auf der Kombination aus Dynamik und Genauigkeit. Anwendungen, die hochpräzise beschleunigt werden, sind prädestiniert für Leichtbaulösungen.

Besonders Faserverbundwerkstoffe werden als Mittel gesehen, um in Grenzgebiete der Dynamik vorzustoßen. Bei Applikationen, wo konventionelle Werkstoffe keine Lösung mehr bieten können und an deren (dynamische) Grenzen stoßen, erwägen auch die Maschinenbauer einen Einsatz dieser für sie unbekanntes Werkstoffklasse zur Erzielung von Produktivitätssteigerungen. Bei einigen Applikationen, bei denen es

um hochgenaues Positionieren oder hochdynamische Verfahrensbewegungen geht, werden Faserverbundwerkstoffe auch aufgrund deren höherer Dämpfung interessant.

Vielfach können durch Leichtbau Maschinen und Anlagen in das Produktportfolio mit aufgenommen werden, die mit konventionellen Methoden nicht umsetzbar wären. Dadurch können Alleinstellungsmerkmale generiert werden, die gerade für kleine Unternehmen wichtig sind, um im internationalen Wettbewerb zu bestehen. Unabhängig vom erzielten Preis nutzen die Unternehmen Leichtbaumaßnahmen teilweise um sich durch die erweiterten Leistungsdaten vom Wettbewerb abzuheben. Der erzielte Anlagenpreis einer Leichtbau-optimierten Anlage ist dabei nicht direkt im Fokus, sondern die Generierung der Alleinstellungsmerkmale im Vergleich zum Wettbewerb durch zusätzliche technische Funktionalitäten und eine höhere Leistung. Leichtbau wird damit als Verkaufsargument genutzt, um den Kunden zu überzeugen, wobei das wesentliche Argument in der Regel die Prozesszeit darstellt.

Durch Leichtbau wird auch die Handhabung von Komponenten im Maschinenbau vereinfacht. 15 % sahen im Handling einen Mehrwert. Leichtbau ermöglicht den Einsatz von automatisierten Wechselsystemen selbst bei große Werkzeugen, weil beispielsweise Grenzlasten von Werkzeugwechslern und -magazinen unterschritten werden. Auch die manuelle Montier- und Auswechselbarkeit kann durch Leichtbau überhaupt erst ermöglicht werden. Sinkt das Eigengewicht von Werkzeugen, kann beim Wechsel auf aufwendige, unterstützende Hebevorrichtungen wie Kräne verzichtet werden. Mit 12 % und 4 % der Nennungen können Ergonomie und Marketingeffekte den sekundären Motivatoren zugeteilt werden. Verbesserte Ergonomie ist in Anlagen immer dann ein Vorteil, wenn manuelle Prozesse, wie Werkzeugwechsel, stattfinden. Leichtere Werkzeuge beanspruchen Muskeln und Gelenke weniger, das Verletzungsrisiko sinkt und der Maschinenbediener ermüdet langsamer. Dies führt dann vor allem bei Maschinenbedienern zu einer großen Akzeptanz, weil sie einen direkten Mehrwert



bei ihrer täglichen Arbeit spüren. Marketingeffekte spielen im Maschinenbau nur eine untergeordnete Rolle: Leichtbau, vor allem Stoffleichtbau mit CFK, entspricht zwar aktuell dem Zeitgeist, aber kein Maschinenbaukunde bezahlt einen höheren Preis ohne einen direkten technologischen, quantifizierbaren Nutzen zu generieren. Leichtbau darf nie Selbstzweck sein, sondern unterliegt immer der Bewertung von Kosten und Nutzen. Entsprechend muss sich ein primärer, quantifizierbarer Mehrwert ergeben. Zu diesem zählen, wie dargelegt, Energieersparnis und die Produktivitätssteigerung als direkt messbare Größen.

Eine positive Nebenerscheinung durch Leichtbau tritt bei den Beschäftigungszahlen auf. Zwar wurden in der Regel die Entwicklungen der Leichtbaulösungen mit bestehendem Personal durchgeführt und extern vergeben oder mit der bestehenden Infrastruktur gefertigt. Jedoch wurde bei einigen Unternehmen durch die Neuschaffung eigener Fertigungslinien ein positiver Beschäftigungseffekt sichtbar. Hinzu kommt, dass im Zuge der Einführung der Leichtbaulösung teilweise eng mit Lieferanten für Leichtbauwerkstoffe, Ingenieurbüros, Hochschulen oder Fertigungsbetrieben zusammengearbeitet wurde, um fehlende Leichtbau-Qualifikationen auszugleichen. Insgesamt kann deswegen von einem positiven Beschäftigungseffekt für die gesamte Branche ausgegangen werden: Während Rohmaterialien, wie Kohlenstofffasern, aus Übersee importiert werden, werden Halbzeuge in der Regel in Europa beschafft. Unternehmen die Leichtbaukonzepte, Leichtbaukonstruktion und Leichtbaufertigung anbieten, haben ihren Sitz häufig in Süddeutschland. Besonders KMU vertrauen auf Leichtbaulösungen aus ihrer unmittelbaren Umgebung, da dort höhere Qualifikationen und entsprechend eine bessere Qualität, nicht nur bei der Lösung selbst, sondern vor allem bei der Unterstützung auf dem Weg dorthin erwartet werden.

Potenziale der Faserverbundwerkstoffe

Eine bemerkenswerte Beobachtung ist die Tatsache, dass für einige der befragten Personen Leichtbau direkt mit dem Einsatz von Faserverbundwerkstoffen einhergeht. Besonders bei High-end-Applikationen spielen Faserverbundwerkstoffe in der Tat eine besondere Rolle.

Durch hohe spezifische Steifigkeits- und Festigkeitskennwerte eignen sich Faserverbunde für die Verwendung in dynamisch beanspruchten Strukturteilen im Maschinen- und Anlagenbau. Gerade die bei Bearbeitungsmaschinen häufig geforderte geringe Nachgiebigkeit lässt sich durch diesen Werkstoff mit einem geringen Gewicht verbinden. Neben dem Faktor Gewicht kommen gerade bei Bearbeitungsmaschinen noch weitere Zielgrößen dazu. So ist beispielsweise eine hohe Systemdämpfung bei gleichzeitig geringen Amplituden nötig. Hier bietet der Einsatz von faserverstärkten Kunststoffen die Möglichkeit zur Dämpfungserhöhung. Dies führt zu einer besseren Laufruhe der Maschinen und verbessert die Qualität der bearbeiteten Werkstücke. Ebenfalls ist ein optimiertes Positionieren bei hochdynamischen Anwendungen möglich. Durch die Erhöhung von Eigenfrequenzen können höhere Geschwindigkeiten ohne Resonanzprobleme gefahren werden. Zudem können durch den Einsatz von Faserverbundwerkstoffen die thermischen Eigenschaften in gewissen Grenzen »eingestellt« werden. Die im Prozess entstehenden Temperaturverläufe aus Umgebungsbedingungen, Aggregaten und dem Prozess führen häufig zu thermisch bedingten Verlagerungen, welche durch den Einsatz von CFK kompensiert werden können. Dadurch wird eine Unabhängigkeit gegenüber zeitlichen Temperaturschwankungen im Prozess erreicht, was zu einer verbesserten Präzision im Bearbeitungsprozess führt. Die Ausnutzung der Vorteile wird dadurch erreicht, dass bei faserverstärkten Kunststoffen das Fasermaterial, der Faser-Matrix-Anteil und der Lagenaufbau auf den jeweiligen Lastfall optimiert aufgebaut werden können, wodurch das maximale

Potenzial ausgeschöpft wird. Weiterhin sind kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe korrosionsbeständig, was den Einsatz in aggressiven Medien erlaubt und über die Lebensdauer optisch ansprechende Komponenten mit gleichbleibender Festigkeit bietet.

Die Konzentration einiger der Befragten auf CFK stellt eine gewisse Gefahr für eine weitere Verbreitung des Leichtbaus dar, da bei Nutzung dieser Werkstoffklasse neben den technologischen Vorteilen teilweise wirtschaftliche Nachteile befürchtet werden, wie in Kapitel 4 dargelegt wird.

IDEENBOX

Anregungen zu konkreten Leichtbau-Anwendungen und -Produkten im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau

Priorität Dynamik

- Minimierung der Massenträgheit bewegter Maschinenstrukturen, von Achsen, Schlitzen, Pinolen, Portalen, Greifern, Werkzeugen, Transport- und Wechselsystemen trägt zur Erhöhung der Prozessgeschwindigkeit bei.
- Erhöhung der Dämpfung – insbesondere im Werkzeugmaschinenbau und bei Positionierungen, wo es auf Dynamik und Präzision ankommt – durch den Einsatz von Faserverbundwerkstoffen erlaubt eine Verbesserung der Präzision.
- Leichte mitbewegte Antriebstechnik eröffnet ein breites Feld für neuartige Komponenten, z. B. Motoren, Getriebe, Normteile und weitere Maschinenelemente.
- Schnelllaufende rotierende Maschinenkomponenten wie Spindeln, Wellen, Walzen, Spannzeuge, etc. die leichter konzipiert sind, zeigen geringere Hochlauf- und Abbremszeiten.

Priorität Gewichtseinsparung / Minimalisierung

- Bei Anwendungen, wo Handhabungsgeräte bzw. Roboter an der Grenze der Nutzlast arbeiten, entscheidet das Gewicht des Greifsystems oft über die notwendige Baugröße der Anlage. In solchen Fällen ist Leichtbau entscheidend für die Anlagenkosten.
- Verringerung der geometrischen Abmessungen durch Leichtbau zur optimalen Ausnutzung des im Maschinenbau meist knappen Bauraums
- Minimierung von Stellflächen, Anlagenlängen und -abmessungen durch Systemoptimierung
- Leichtere Maschinen erlauben geringere dimensionierte Maschinenfundamente.
- Transportsysteme werden weniger belastet und können einfacher ausgeführt werden.
- Geringere dimensionierte Hebezeuge oder Transportmittel gestatten eine Maximierung der möglichen Zuladung.
- Leichte Maschinen erlauben einen vereinfachten Transport und erleichtern die Logistik, (Staplerfähigkeit, Dimensionierung von Überseecontainern für Maschinentransporte, LKW-, und Bahntransporte, ...).

4 HEMMNISSE

- Gewichtsminimierte Montage-, Messmitteln und Handgeräten erleichtern manuelle Tätigkeiten des Werkers.

Sekundäreffekte, die Maschinen betreffend

- Durch ein verringertes Gewicht von Maschinenkomponenten werden angekoppelte Bauteile weniger belastet und so die Lebensdauer des Gesamtsystems vergrößert.
- Eine Massenreduktion erlaubt es, abhängige Normteile und Standardkomponenten wie Antriebe, Führungen und Lager etc. kleiner zu dimensionieren und das Gesamtgewicht noch weiter zu reduzieren.
- Kleiner ausfallende Anschlusskomponenten sind meist kostengünstiger in der Anschaffung und im Betrieb, was weitere Kosteneinsparungen mit sich bringt.

Von den Experten genannte Ansätze für Leichtbaulösungen

- Metall-Hohlkammerstrukturen in Verbindung mit additiven Verfahren, da hier konventionelle (Metall-)Fertigungstechnologien und Verbindungstechniken direkt eingesetzt werden und die Profile durch den »Metalldruck« »funktionalisiert« werden können.
- Ein Modulbaukasten, der sich aus Profilen zusammensetzt, erlaubt eine einfache Konstruktionsänderung wenn zum Beispiel Aluminiumprofile durch solche aus Faserverbundwerkstoffen substituiert werden sollen.
- Durch hybride Konstruktionen unter Nutzung von Analogien aus der Blechbauweise, der Klebetechnik, Halbzeugen mit CFK-Plattenware und klassischen Leichtbautechniken, z. B. Kastenbauweisen, lassen sich auch mit Faserverbundwerkstoffen – trotz der hohen Materialgrundkosten – wirtschaftliche Konstruktionen realisieren.

Trotz der im Kapitel 3 dargelegten positiven Möglichkeiten findet der Leichtbau im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau noch keine flächendeckende Anwendung. Welche Hemmnisse stehen dem branchenweiten Einsatz von Leichtbau entgegen? Wie hoch sind die Kosten für die Unternehmen? Wie können Risiken und Kosten begrenzt werden?

Welche Risiken gilt es beim Einsatz von Leichtbaulösungen zu überwinden?

Für kleine und mittlere Unternehmen ist die Anwendung von Leichtbau häufig mit für sie schwer einschätzbaren Risiken verbunden. Neben den durch Leichtbau entstehenden Kosten sind Verfügbarkeit und Bereitstellung von Ressourcen für den Leichtbau Problematiken. Abbildung 8 zeigt das Ergebnis der Unternehmensbefragung zum Themenfeld »Hemmnisse und Risiken«. Das bei der Unternehmensbefragung mit 24 % am häufigsten genannte Hemmnis ist die Befürchtung eines fehlenden Bedarfs am Markt. Derzeit amortisiert sich bei vielen Anlagen der Mehraufwand für Leichtbaulösungen nur, wenn

die vom Kunden vorgegebenen Anforderungen an Schnelligkeit und Genauigkeit, Bauraumgröße oder Möglichkeiten der Handhabung mit konventionellen Methoden und Materialien nicht erreicht werden können. Andernfalls scheuen viele Kunden vor dem Mehraufwand zurück, selbst wenn eine höhere Produktivität als Mehrwert generiert werden könnte. Als Gründe dafür wurden fehlende Erfahrungswerte und damit fehlendes Vertrauen des Kunden in Bezug auf Fertigungs- und Montageprozesse und auch mangelnde Expertise bezüglich Langzeitstabilitäten genannt. Dies führt zu einem erhöhten Risikoempfinden beim Kunden, das zunächst abgebaut werden muss. Zudem wirkt in besonderem Maße für kleine Unternehmen der hohe Entwicklungsaufwand abschreckend. Dort wird häufig auftragsgetrieben nach zeitnah umsetzbaren Lösungen gesucht. In den Unternehmen ist häufig kein Leichtbau-Know-how vorhanden, auf das schnell zurückgegriffen werden kann. Für den Know-how-Aufbau im Bereich Leichtbau fehlen kleinen Unternehmen im Tagesgeschäft häufig die nötigen personellen Ressourcen. Insbesondere wenn Leichtbaulösungen

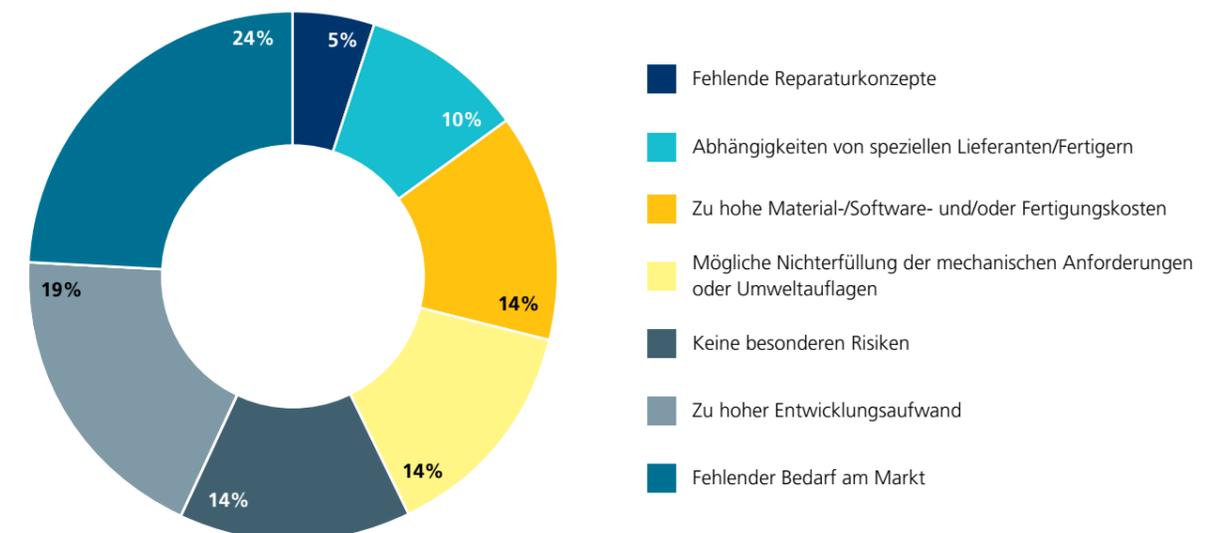


Abbildung 8: Hemmnisse und Risiken



auf Sondermaschinen mit entsprechend geringen Stückzahlen beschränkt bleiben, sind längere Entwicklungszeiten nicht zielführend. Die Befragungen erwecken den Eindruck, dass die Skepsis gegenüber eines Einsatzes von Leichtbauprinzipien stark auf subjektive Empfindungen der Facharbeiter und Ingenieure zurückzuführen ist. Einige Aussagen aus den Interviews bestätigen dies.

»Bei vielen Konstrukteuren gilt der Satz: »Wer Kunststoff kennt, wählt Metall.«
Entwicklungsleiter Werkzeugmaschinenbau

»Schon der Einsatz von Aluminium als Ersatz für eine Stahlkonstruktion wird von Konstrukteuren kritisch hinterfragt.«
Konstruktionsleiter Verpackungsmaschinenbau

Die Facetten dieser Bedenken gegenüber Leichtbautechnologien ergaben sich innerhalb der Befragung folgendermaßen:

»Leichtbau – Nein! – Lieber Schwerbau!«

Die Befragungen ergaben, dass bei den Konstrukteuren oftmals das Prinzip »viel hilft viel« vorherrscht. Die Bauteile und Komponenten werden bewusst überdimensioniert. Durch gezielten Einsatz von (zusätzlicher) Masse sollen Schwingungen verringert und die Steifigkeit der Maschine erhöht werden. Von diesem Ausgangspunkt ist die Hürde hin zu »Leichtbau« sehr hoch. Hintergrund sind die im Maschinen- und Anlagenbau vorherrschenden meist performanten Zeitschienen, bei der die Einhaltung von Lieferterminen und die Sicherstellung der zugesagten Maschinenperformance oberste Priorität besitzen. Das Risiko, durch geringer dimensionierte Bauteile oder

gar durch den Einsatz alternativer Leichtbautechnologien unter Umständen diese Zielgrößen nicht zu erreichen, wird in den seltensten Fällen in Kauf genommen.

»Leichtbau – Einfach austauschen!?!«

Der Einfachheit geschuldet sind Konstrukteure zunächst bestrebt, eine reine Materialsubstitution vorzunehmen. Dies gelingt jedoch nur in den wenigsten Fällen und ergibt meist technisch keinen Sinn. Wird nun doch ein Versuch einer reinen Materialsubstitution unternommen, sind die Ergebnisse oft nicht zufriedenstellend und Ernüchterung stellt sich ein. Ein derartiger Start in den Leichtbau ist unbefriedigend. Außerdem werden bei einer erhofften reinen Materialsubstitution oftmals die geänderten Rahmenbedingungen außer Acht gelassen, die bei der Leichtbaulösung zusätzlich berücksichtigt werden müssen. Ein genanntes Beispiel waren etwa andere Reibkoeffizienten, was alternative und neue Beschichtungstechniken bedingte. Dadurch war kein Erfahrungswissen mehr verfügbar, was den Einstieg in den Leichtbau zusätzlich erschwerte und die Einstiegshürde vergrößerte.

»Leichtbau – Bitte kein Plastik«

Konstrukteure fühlen sich aufgrund der Verfügbarkeit langjähriger Erfahrungswerte, verfügbarer Regelwerke und realisierter Referenzen den Metallen verbunden. Hauptgrund ist die gute Beherrschbarkeit der isotropen Eigenschaften dieser Werkstoffklasse. Mit dem häufig mit Leichtbau in Verbindung gebrachten »Plastik« tun sich viele Konstrukteure sichtlich schwer. Eine derartige Haltung hemmt neue Technologie wie additive Verfahren oder Faserverbünde. Die Befragungen ergaben, dass erfahrene Konstrukteure zu »metallischem Leichtbau« mit z. B. Metallschäumen, Mineralbetone, Leichtmetallen oder hochfesten Stählen einen deutlich einfacheren Zugang finden. Wobei auch Aussagen existieren, die eine Substitution von Stahl durch Aluminium kritisch sehen, da dem »Leichtbauwerkstoff« nicht die Leistungsfähigkeit von Stahl zugetraut wird. Die Gespräche vermitteln den Eindruck,

dass die weitläufige Einführung von Leichtbauwerkstoffen in den Maschinenbau langfristiger Überzeugungsarbeit bedarf.

»Leichtbau – Was ist das?«

Viele potenzielle Nutzer aus dem Maschinenbau sehen Faserverbundwerkstoffe kritisch, da entsprechende Qualifizierungen an realen Anwendungsfällen fehlen bzw. nicht in der für metallische Werkstoffe verfügbaren Anzahl vorliegen. Metallische Werkstoffe sind etabliert und besitzen ein geringeres Umsetzungsrisiko. Hauptgrund hierfür ist die oftmals gänzlich unterschiedliche Werkstoff- und Fertigungstechnologie, z. B. bei Faserverbundwerkstoffen (Verwendung von Harzen, Anisotropie und alternativer Fügetechnologien wie Kleben), mit der viele Konstrukteure keine Erfahrung haben und über kein Fachwissen für die richtige Anwendung verfügen.

»Leichtbau – niedrige Qualität!«

Leichtbaustrukturen, besonders solche aus Faserverbund oder additiv gefertigte Kunststoffbauteile stehen oftmals in dem Ruf, die hohen Qualitätsanforderungen im Maschinenbau in Bezug auf z. B. Passgenauigkeiten nicht zu erfüllen und generell über mindere Qualität zu verfügen.

»Leichtbau – hochkomplex!«

Leichtbaukonstruktionen sind stets hybride Strukturen. Damit ist Leichtbau ein Schnittstellenthema, was entsprechendes Wissen aus den unterschiedlichsten Disziplinen bedingt und entsprechendes Fachpersonal nötig macht. Diese Voraussetzungen machen den Leichtbau-Einführungsprozess schwierig planbar. Die Befürchtung wurde geäußert, dass beispielsweise die Kenntnis über chemische Zusammenhänge, etwa bei Harzsystemen, in der Faserverbundtechnologie vorhanden sein muss: eine Disziplin, mit der sich klassische Maschinenbauer offensichtlich nur schwer anfreunden können. Die verfügbare Vielfalt der Werkstoffe und Verfahren, insbesondere bei den Faserverbünden, tragen weiter zur Verunsicherung bei.

Als weiteres Hemmnis wird die Befürchtung angegeben, dass insbesondere bei Leichtbaukonstruktionen die Komponenten zwar im Gewicht optimiert werden, diese trotz vorab durchgeführter Simulationsrechnungen und Abschätzung den mechanischen Belastungen in der Praxis jedoch nicht standhalten. Ebenso gibt es Bedenken in Bezug auf Umweltauflagen, was besonders das Recycling betrifft.

Ein Aspekt der von einigen der Befragten angeführt wurde, sind fehlende Erkenntnisse bezüglich der Langzeitstabilität und zu wenige Herstellerangaben und Garantien bezüglich Ausfallwahrscheinlichkeiten und Langzeitstabilität von Leichtbaustrukturen. Weiter sind interne Versuchsprogramme bei den Maschinenbauern in der Regel auf klassische Werkstoffe ausgerichtet und nicht auf neue Materialien wie Faserverbundwerkstoffe ausgelegt. Hier herrschen große Vorbehalte vor dem Hintergrund von Garantieszenarien.

Die Unsicherheit in Bezug auf die Langzeitstabilität trifft insbesondere auf konstruktive Lösungen aus Faserverbundwerkstoffen zu, da bei metallischen Werkstoffen dazu mehr Grundlagenwissen verfügbar ist. Im Werkzeugmaschinenbau sind die Lebenszyklen der Maschinen länger als in anderen Bereichen, in denen Faserverbund eingesetzt wird, z. B. im Rennsport. Ein Zeithorizont sind dabei etwa 10 Jahre, daran schließt sich oftmals ein Retrofit der Elektronik und Mechanik und anschließend noch einmal eine Nutzungsphase von etwa 10 Jahren an. Hier möchte kein Hersteller das Risiko eines Garantiefalles oder Regressforderungen eingehen, da diese für derart ausgedehnte Produktlebenszyklen im Rahmen des Produkthaftungsgesetzes Gewährleistung geben und oft eine bestimmte produzierte Werkstückstückzahl garantieren.

Explizit bei Faserverbundkonstruktionen existieren konkrete Bedenken in Bezug auf die Beständigkeit gegenüber Hilfs- und Prozessstoffen wie Kühlschmier-, Schmierstoffen, Lösungsmitteln und Ölen. Befürchtet werden hier Reaktionen dieser



teilweise aggressiven Medien mit dem Faserverbundwerkstoff. Die Vorbehalte basierend auf Beobachtungen wurden auch bei Komponenten wie Kabelleitungen oder Dichtungen gemacht, die von den Medien angegriffen werden. Ähnliche Effekte werden auch für Faserverbundbauteile erwartet. Skepsis besteht auch in Bezug auf Fehlbelastungen, wie z. B. Crash-situationen. Dabei ist den potenziellen Maschinennutzern und -betreibern unklar, wie sich eine Kollision einer Faserverbundstruktur auf die Leistungsfähigkeit und die Dauerfestigkeit auswirkt. Für metallische Werkstoffe existieren diesbezüglich Erfahrungswerte.

Um bei einer effektiveren Materialnutzung die Risiken von Bauteilversagen bei konstruktivem Leichtbau zu minimieren, werden Bauteile häufig mittels der Finite-Elemente-Methode (FEM) berechnet. Dafür werden allerdings neben einem geschulten Bediener spezielle Softwarelizenzen und Rechenkapazität benötigt. Außerdem müssen die Belastungen, die auf die Leichtbaukonstruktion einwirken, bekannt sein oder durch Messungen ermittelt werden. Die Aufwände zur Umsetzung sind für kleinere Unternehmen häufig zu zeit- und kostenintensiv.

Ein weiteres identifiziertes Problem ist die Abhängigkeit von einem bisher nur im geringen Maße ausgebauten Fertiger-Netzwerk. Hinsichtlich neuer Werkstoffe, wie Schäume oder CFK, scheint bei KMU derzeit das »Henne Ei Problem« zu bestehen: Solange konsequenter Leichtbau im Maschinenbau eine Randerscheinung bleibt, gibt es nur wenige Lieferanten von Leichtbauwerkstoffen, die auf die spezifischen Anforderungen von Maschinenbauunternehmen eingehen können. Die Anforderungen unterscheiden sich hierbei besonders in Bezug auf die abgenommenen Mengen, die sich signifikant von der Automobilindustrie unterscheiden sowie die hohen Anforderungen hinsichtlich Bearbeitungsgenauigkeiten. Beispielsweise wird bei der mechanischen CFK-Bearbeitung häufig auf die Erfahrung von Fertigungsbetrieben, die ihren Ursprung in der Holzindustrie haben, zurückgegriffen. Dort

sind andere Fertigungstoleranzen üblich als im Maschinenbau. Zudem befürchten nach Angaben der Interviewpartner viele Unternehmen, dass bei der Verwendung hochinnovativer Werkstoffe die Auswahl an Fertigungsbetrieben begrenzt ist, wodurch eine große Abhängigkeit entstehen kann, was wiederum wirtschaftliche und strategische Nachteile zur Folge hätte.

Hemmnis Fertigungstechnik

Die industrielle Umsetzung von Blech-Leichtbau scheitert oft an den hohen Anfangsinvestitionen in die Infrastruktur. So stellt der Fügeprozess mittels Laserschweißen höchste Anforderungen an die Spaltmaße im Bereich weniger Zehntel Millimeter, was zu hohen Aufwendungen in die Spanntechnik führen kann. Die TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG verfolgt hier mehrere Ansätze parallel. Es werden maßgeschneiderte Blechworkshops zur konstruktiven Gestaltung von Blechbaugruppen angeboten, die Anforderungen an die Spanntechnik werden durch neue spalttolerante Laserschweißprozesse deutlich reduziert und es wird Unterstützung in der Vorrichtungskonstruktion in Form von Dienstleistung angeboten.

Nach Angaben der Befragten sind diese oftmals in Unkenntnis über mögliche Partner, die über Kompetenzen in Leichtbautechnologien verfügen. Teilweise besteht offensichtlich Unklarheit darüber, wohin sich ein KMU wenden muss, wenn dieser z. B. CFK-Bauteile realisieren möchte und welche Partner in der Konzeptionsphase (Beratung, Auslegung, ...) und besonders bei der Umsetzung (Fertigung) als Dienstleister fungieren könnten.

Neben dem wahrgenommenen Fehlen von Fertigungsbetrieben, die bei einer geplanten Umsetzung der Faserverbundtechnologie unterstützen können, schrecken viele Unternehmen die mit einem Einstieg in diese Technologie erforderlichen

Initialinvestitionen (Personal und Produktionsmittel) ab, welche besonders im Faserverbund und bei additiver metallischer Fertigung hoch ausfallen.

Ein weiteres Hemmnis stellt auch das teilweise noch unbekannte Gefährdungspotenzial neuer Leichtbauwerkstoffe wie Faserverbundwerkstoffe dar. Grundsätzlich treten bei der spanenden Bearbeitung von CFK und glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK) unterschiedliche Arten der Gefährdung auf: Gefährdung durch Einatmen, Gefährdung durch Hautkontakt, Brand- und Explosionsgefahr sowie elektrische Gefahrenpotenziale.

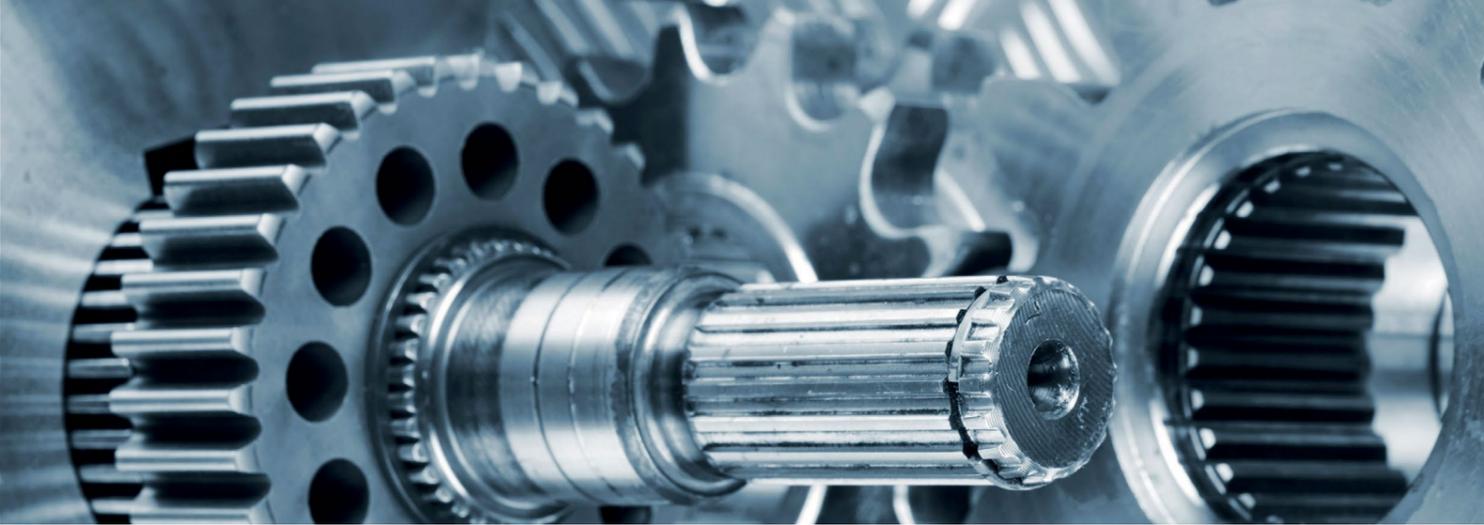
Bei der Zerspanung von Faserverbundwerkstoffen können zerspannte Fasern und Stäube auftreten, die zur Schädigung der Lunge führen. Vor allem bei der Trockenzerspannung ist eine gute Maschinenabdichtung und -absaugung der entstandenen Fasern/Stäube zu gewährleisten. Bei manueller Zerspanung sollten partikelfilternde Halbmasken getragen werden. Durch Hautkontakt mit Stäuben und Fasern können allergische Kontaktexzeme sowie Hautreizungen und Juckreiz verursacht werden. Entsprechend sollte bei der Arbeit mit Stäuben und Fasern auf geeignete Arbeitskleidung Wert gelegt werden. Darüber hinaus sollte eine Aufwirbelung von Stäuben vermieden werden, da es zur Entstehung einer explosionsfähigen Atmosphäre kommen kann. CFK-Bauteile sind in der Regel nicht elektrisch leitfähig, jedoch kann es durch Abwischen oder direkte Absaugung zu elektrostatischer Aufladung kommen. Weiter können die elektrisch leitfähigen Fasern z. B. im Schaltschrankgehäuse einer Werkzeugmaschine zu einem Kurzschluss führen und die Anlage zum Ausfall bringen.

Ein deutliches Hemmnis, besonders für den Einsatz alternativer Werkstoffe wie Faserverbunde, ist die unüberschaubare Technologiesituation. Oft wehren sich angegriffene Technologien durch eigene Innovationssprünge. Beispiele hierfür sind etwa die tendenziell sinkenden Faserverbundanteile in Flugzeugen durch Substitution hochfester Metallwerkstoffe, additive

Fertigungsverfahren, die eine Konkurrenz zu Faserverbunden darstellen, sowie Fortschritte in der Giesserei- und Blechtechnologie, wodurch geringe Wandstärken mit etablierten Metallwerkstoffen hergestellt werden können. Hintergrund ist, dass bei konsequent umgesetztem konstruktivem Leichtbau oft auch mit konventionellen Werkstoffen und Verfahren des Maschinenbaus, z. B. Blechkonstruktionen, erheblich Gewicht gespart werden kann. So können durch Ausoptimierung bestehender Konstruktionen auf Basis klassischer Werkstoffe, Fertigungs- und Konstruktionstechniken aus dem Metallbereich durch den Einsatz von Optimierungsmethoden (Topologie, Form, Gestalt ...) auch Leichtbaupotenziale generiert werden und dies oft bei deutlich geringeren Kosten.

Leichtbau ist mehr als Faserverbund – Beispiele

- Hochdynamische Bewegung des Tisches einer Tapelegeanlage: Eine Variante aus Faserverbundwerkstoff scheiterte an den Kosten von CFK-Halbzeugen. Durch eine strukturoptimierte Stahlvariante konnte das Gewicht um den Faktor 3 gesenkt werden, bei gleichzeitig deutlich geringeren Kosten als bei der CFK-Variante. Das Leichtbaupotenzial von CFK wäre nochmals um ein vielfaches höher gewesen und hätte zu einer Reduzierung der Motorleistung geführt. Der Mehrpreis ließ sich aber beim Kunden nicht durchsetzen.
- Großhubgreifer zur Handhabung unterschiedlicher Werkstücke, bei dem zwei Ansätze verfolgt wurden. Dabei wurden ein Faserverbundansatz sowie eine optimierte Variante auf metallischer Basis verglichen. Die Faserverbundvariante konnte zusätzliche Gewichtseinsparungen generieren, jedoch bei einem deutlichen Kostensprung, sodass deren Umsetzung aus wirtschaftlicher Sicht unrentabel war.



Einerseits kann daraus abgeleitet werden, dass auch mit Hilfe konventioneller Technologien und Materialien Leichtbau umgesetzt werden kann, andererseits beflügeln derartige Technologiewettrennen abwartende Haltungen in Bezug auf innovative Technologien, da von klassischen Maschinenbauern stets nach Möglichkeiten in »Stahl und Eisen« gesucht wird. Diese Konkurrenzsituation sowie die Vielzahl der Leichtbautechnologien machen es für Unternehmen schwierig, sich strategisch für eine Technologie zu entscheiden.

Kostenbetrachtung

Hinter Leichtbaulösungen werden oft hohe Kosten vermutet. Dies ist jedoch nicht immer zutreffend. Um fundiert abschätzen zu können, welche Kosten durch Leichtbauinnovationen entstehen, ist bei der Betrachtung und Bewertung der Kosten ein ganzheitlicher Ansatz notwendig. Nicht nur die Material-, sondern auch die Entwicklungs- und Fertigungskosten sind dabei zu berücksichtigen. Bei der ganzheitlichen Kostenbe-

trachtung werden die Lebenszykluskosten (engl. Live Cycling Costs (LCC)) zur Bewertung herangezogen, siehe Abbildung 9.

Ein Großteil der befragten Unternehmen gab an, statt einer vollständigen LCC-Kalkulation nur die folgenden Kosten im Vorfeld zu kalkulieren:

Materialkosten können sowohl positiv, als auch negativ bei der Kalkulation einer Leichtbaulösung einfließen. Innovative Leichtbauwerkstoffe, wie hochfeste Stähle oder Faserverbundwerkstoffe haben meist höhere Anschaffungskosten. Wird konventionelles Material durch ein Leichtbaumaterial substituiert, können so höhere Kosten anfallen. Nicht immer ist ein Materialwechsel im Leichtbau erforderlich. Wird der eingesetzte Werkstoff durch konstruktiven Leichtbau, beispielsweise durch lastgerechte Konstruktion oder Topologieoptimierung, besser ausgenutzt, können Material eingespart und damit Kosten gesenkt werden.

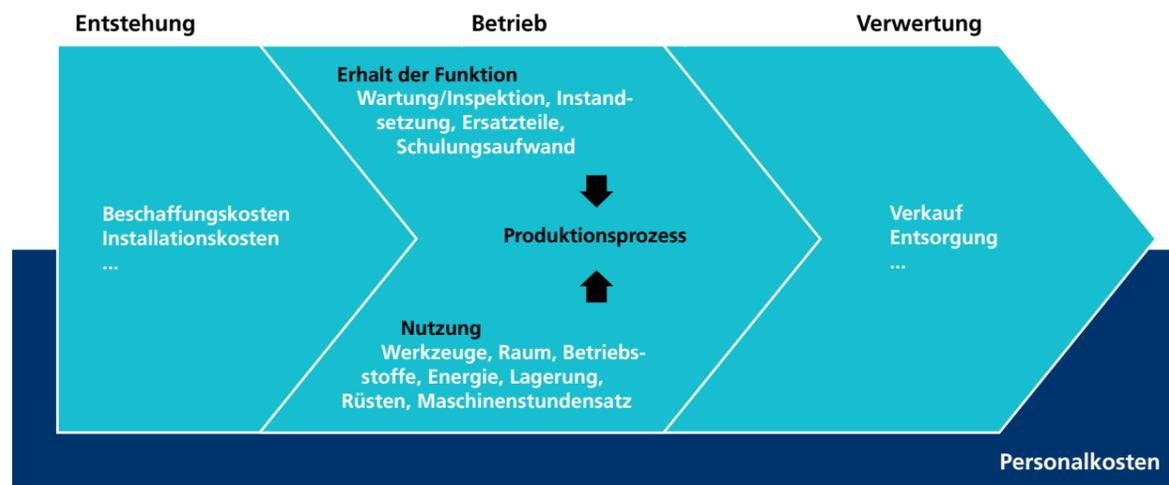


Abbildung 9: Ganzheitliche Kostenbetrachtung

Bei den **Fertigungskosten** ist zu beachten, dass bei KMU im Maschinenbau in der Regel geringere Stückzahlen (teilweise Losgröße 1) als in anderen Branchen gefertigt werden. Entsprechend ist eine Automatisierung der Fertigungsschritte häufig nicht sinnvoll. Aufgrund des Standortes in einem Hochlohndland steigen die Fertigungskosten an, wenn die Leichtbaulösung zu einer komplexeren Fertigung führt.

Bei den Fertigungskosten, speziell für FVK, ist der Sachverhalt folgendermaßen: Vor allem bei CFK sind die Fertigungsverfahren teuer. Bei komplexen Bauteilen sind die Fertigungsprozesse aufwendig, häufig wird viel Energie und Personal benötigt. Da die Automobilbranche derzeit Innovationstreiber ist, werden vor allem viele Großserien-Technologien weiterentwickelt. Die dort stattfindende Automatisierung lohnt sich bei den verhältnismäßig geringen Stückzahlen, die im Maschinen- und Anlagenbau Standard sind, nicht. Hier stellen bereits 1000 Einheiten pro Jahr eine hohe Stückzahl dar. Durchschnittliche Maschinen- und Anlagenbauer produzieren jedoch oftmals

lediglich etwa 5 – 20 Maschinen eines Typs im Jahr, größere Unternehmen mehrere Hundert. Im Sondermaschinenbau sind die Stückzahlen noch geringer. Diese Strukturen reichen oft nicht für hohe Automatisierungsgrade und eine zügige Amortisation aus, weshalb die Kosten auf einem relativ hohen Niveau verharren, da sich eine Automatisierung zum Beispiel von Faserverbundteilen in einer Serienproduktion, erst ab einer gewissen Stückzahl (~5000/a) lohnt. Wesentliche Kostentreiber bei der Faserverbundherstellung sind neben den Materialkosten dabei die Kosten für die Werkzeuge und die Peripherie, wie Greifer- und Handlingsysteme. Auch in der Prototypen- und Null-Serien-Phase machen sich die Fertigungsverfahren mit ihren Kosten bemerkbar: Prototypen sind teuer, wodurch sich die Flexibilität bezüglich Änderungen verringert.

Bei den **Entwicklungskosten** wird abgeschätzt, wie viel Kapazität mit welchem Zeitaufwand eingesetzt werden muss, um eine Leichtbaulösung zu generieren. Dabei fällt vor allem

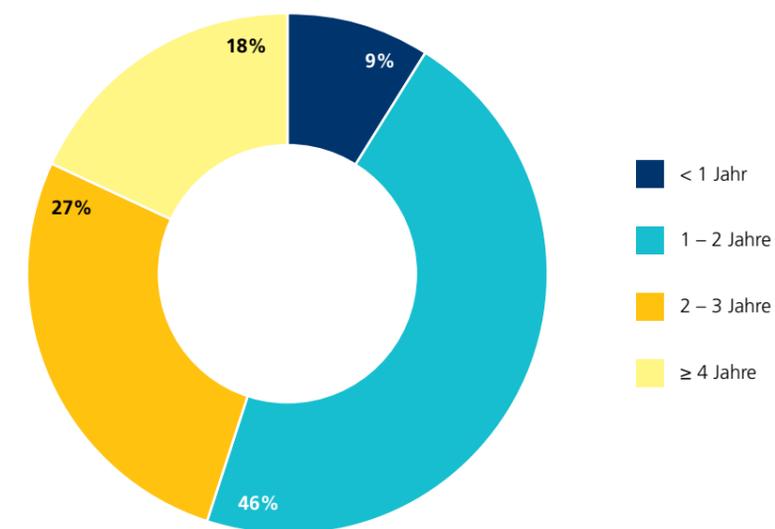


Abbildung 10: Zeitlicher Entwicklungsaufwand

5 BEDARFE UND ANFORDERUNGEN

bei kleinen Unternehmen auf: Die Kapazitäten für Entwicklung sind stark begrenzt und in der Regel wird kundengetrieben entwickelt.

Entsprechend stehen häufig lediglich kleine Zeitfenster für die Entwicklung und Implementierung von Leichtbaulösungen zu Verfügung. Abbildung 10 zeigt den benötigten zeitlichen Aufwand für die Umsetzung der Leichtbaulösungen bei den befragten Unternehmen.

46 % der befragten Unternehmen gaben an, ein bis zwei Jahre für die Entwicklung und Umsetzung der Leichtbaulösung benötigt zu haben. Neben Konstruktion und einer optionalen Simulation waren vor allem Zeitressourcen erforderlich, um Fertigungs-, Füge- und Montageverfahren zu implementieren. Aber auch für die anschließende Prototypen-Fertigung und insbesondere für die Prüfung der Bauteile mussten Kapazitäten eingeplant werden.

KMU haben häufig keine finanziellen Rücklagen, um jahrelange Entwicklungsinvestitionen in innovative Produkte einzusetzen. Entsprechend wurden in der Regel Kompromisse gefunden: Häufig wurde das Leichtbaupotenzial nicht bis zum Letzten ausgeschöpft, dafür wurden aber pragmatische, schnelle und sicher umsetzbare Lösungen realisiert. Dass dies möglich war, zeigt die Unternehmensbefragung: Insgesamt konnte mehr als die Hälfte aller Leichtbaulösungen innerhalb von 2 Jahren entwickelt, gefertigt und implementiert werden. Starke Unklarheit besteht bei KMU in Bezug auf die Mehrwerte, die mit etwaigen Mehrkosten erzielt werden können. Ist die Leichtbaulösung teurer, dann muss ein eindeutiger Mehrwert vorhanden sein. Dieser ist jedoch oft nicht eindeutig identifizierbar bzw. quantifizierbar, weshalb viele Unternehmen Leichtbau grundsätzlich nicht in Erwägung ziehen.

Die Abschöpfung der dargestellten Potenziale und die Überwindung der beschriebenen Hemmnisse bedürfen unternehmensinterner und -externer Maßnahmen und bedingen neue Anforderungsprofile sowie alternative Arbeits- und Denkweisen, um dem Leichtbau zum Durchbruch im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau zu verhelfen. Welche Voraussetzungen müssen bei einer Einführung von »Leichtbau« erfüllt sein? Welche Konsequenzen hat dies konkret für die umsetzenden Konstrukteure?

Unternehmensinterne und -externe Voraussetzungen zur Umsetzung von Leichtbau

Basis einer Einführung von Leichtbau in einem Unternehmen ist eine strategische Entscheidung der technischen oder kaufmännischen Geschäftsleitung, welche den Einsatz von Leichtbauwerkstoffen oder -prinzipien einführt. Grundsätzlich waren sich alle Interviewpartner einig, dass die technische Umsetzung von Leichtbau immer gelingen kann, wenn der unternehmerisch-strategische Wille vorhanden ist. Teilweise müssten zur Einführung der neuen Leichtbau-Technologien aus Unternehmersicht auch Risiken eingegangen und die Möglichkeit des Scheiterns in Betracht gezogen werden.

Der Einstieg in die Leichtbautechnologien bedarf nach Ansicht einiger Befragter eines oder mehrerer »leichtbauaffiner« Kunden, die bereit sind, Risiken in Kauf zu nehmen, z. B. in Bezug auf die Anlagenverfügbarkeit bei unvorhersehbaren Anlagenstillständen aufgrund der Leichtbaumaßnahmen (Produkthaftungsgesetz). Ein Mittel der Motivation können Zusicherungen der Maschinenhersteller (Ersatzmaschinen, Service, ...) sein. In Bezug auf den potenziellen Kunden bzw. Endanwender der Maschine, Anlage oder des Gerätes ist somit teilweise Überzeugungsarbeit nötig, um den Kunden zur Kooperation in Form eines Pilotprojektes zu bewegen.

Mehrere Befragte gestalteten ihren Einstieg in die Leichtbautechnologien (Faserverbund- und additive Technik, alternative Werkstoffe) über kleinvolumige Pilotprojekte mit geringem

technischen und finanziellen Risiko. Voraussetzung für die Umsetzung war die Gewährung von Freiräumen und Berücksichtigung vorab eingeplanter Iterationsschleifen für das Projektteam durch die Geschäftsführung. Die Herangehensweise wurde dabei meist bewusst einfach gewählt, ohne hohe zeitliche und personelle Aufwände. Dabei stand zunächst die Machbarkeit im Vordergrund. Über diese Pilotprojekte, die teilweise in Kooperation mit Partnern, die über entsprechendes Spezialwissen verfügen, realisiert wurden, wurde erstes Prozesswissen in Bezug auf die Fertigung, Kostenstrukturen und Leistungsfähigkeit der neuen Leichtbaulösung gewonnen und über einen klar definierten Nutzen zur Schaffung von Akzeptanz für Leichtbaulösungen beigetragen. In allen Fällen wurden diese Erkenntnisse als Basis für weitergehende Entwicklungen genutzt. Betont wurde durchweg die Bedeutung einer zwanglosen Herangehensweise bei den Pilotprojekten, ohne den Zwang einer unmittelbaren Amortisierung und zunächst ohne wirtschaftlichen Hintergrund. Bestätigt wurde von allen Befragten, die einen derartigen Einführungsprozess gewählt hatten, dass diese Herangehensweise die Grundlage für deren heutige Leichtbaulösungen darstellt.

Die Bildung strategischer Allianzen ist besonders im Hinblick auf einen erfolgreichen Einsatz neuer Werkstoffe und Technologien oft unverzichtbar. Unternehmen sollten sich darüber klar werden, dass eine vollständige Eigenfertigung nicht zwingend ist. Oft ist es wie bei etablierten Prozessen und Werkstoffen ökonomischer, die neuen Technologien von Spezialisten einzukaufen, wie es im Metallbereich z. B. bei Blech- oder Schweißbauteilen bereits gängige Praxis ist.

Die Befragten sind der einhelligen Meinung, dass die Kostensituation – insbesondere bei Faserverbundbauteilen – ein wesentliches Hemmnis für den flächendeckenden Einsatz von Leichtbau darstellt. Seit 2010 kam es zu einer geschätzten Kostenreduktion von Faserverbundbauteilen um den Faktor 3, in den nächsten Jahren wird noch einmal mit einer Kostenverringerung um Faktor 2 gerechnet. Zur Kostenreduktion von



Faserverbundbauteilen müssen jedoch mehr Bauteile auf den Markt kommen, um ein gewisses kritisches Kostenniveau zu erzielen. In Bezug auf die Marktsituation herrscht im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau somit eine Stagnation vor, da einerseits die Kosten noch zu hoch sind und andererseits kritische Stückzahlen fehlen, um diese deutlich zu senken.

Weitere Voraussetzung für eine nachhaltige Verbreitung des Leichtbaus ist die Etablierung einer weitläufigen Zulieferer- und Dienstleistungsindustrie für Leichtbaulösungen, die sich auf den Nischenmarkt Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau fokussiert. Auch hier gilt das oben beschriebene Dilemma: Ohne eine stärkere Nachfrage von Unternehmen aus diesen Branchen wird sich keine Zuliefererindustrie im größeren Stile als bisher ausbilden, da die kritischen Stückzahlen fehlen. Ebenso wird – wie bei den Faserverbundwerkstoffen derzeit noch die Regel – der Automatisierungsgrad auf einem niedrigen Level bleiben. Der Umstand einer oftmals manuellen Fertigung erschwert die Verbreitung von z. B. Faserverbundwerkstoffen weiter, da der Maschinenbau hohe Anforderungen an Prozess und Qualität hat.

In Bezug auf den Markt für Leichtbau herrscht damit ein »Henne-Ei-Problem«, das nur mit mehr Anwendungen gelöst werden kann.

Neue Anforderungsprofile für Ingenieure und alternative Arbeits- und Denkweisen

Einig sind sich die Befragten darüber, dass Leichtbauthemen stärker Einzug in die Lehrpläne der Berufs-, Hochschulen und Universitäten halten müssen und die Lehre in dieser Querschnittsdisziplin ausgeweitet werden muss. Die Befragten sehen den Leichtbau als eine Kerndisziplin, die jeder Maschinenbauer zukünftig beherrschen muss, ansonsten seien Wettbewerbsnachteile zu befürchten.

Die Lehrpläne der Ingenieursausbildung werden teilweise als veraltet wahrgenommen. Kritisiert wurde, dass zum Beispiel in

Bezug auf die Verbindungstechnik der Schwerpunkt nach wie vor auf die klassischen Verbindungsmethoden (Schweiß- und Schraubverbindungen) gelegt wird. Neue Technologien, wie Klebe- oder Blechtechnik, halten dagegen nur langsam Einzug.

Die Unternehmen wünschen sich, dass über die Ausbildungseinrichtungen und die entsprechenden Institutionen (z. B. IHK) entsprechende Inhalte in die Lehrpläne aufgenommen werden. Dies gilt für das Studium gleichermaßen wie für die Lehre.

In Bezug auf die wissenschaftlichen Erkenntnisse, explizit für Faserverbundwerkstoffe, wird von einigen Befragten angemerkt, dass diese teilweise völlig fehlen würden. Eine zukünftige Aufgabe müsse demnach sein, dieses aufzubauen und im herkömmlichen Maschinenbaustudium zu vermitteln, um die Mitarbeiter zu befähigen, mit Faserverbundwerkstoffen umzugehen. Das Fehlen, bzw. fehlende Informationen zu faserverbundspezifischen Ausbildungsmöglichkeiten bzw. zur zertifizierten Nachschulung zu Studium und Lehre wurden angesprochen. Derartige Bildungsmöglichkeiten müssten in größerem Rahmen geschaffen und sichtbar gemacht werden.

Der Konstrukteur als Schlüssel zum Leichtbau – abgeleitete Bildungsbedarfe

Alle Befragten zeigten sich einhellig der Meinung, dass die derzeit tätigen und in Ausbildung befindlichen Konstrukteure der Schlüssel zur Einführung von Leichtbau in größerem Maßstab darstellen. Konsens bestand bei allen Interviewpartnern darüber, dass bei dieser Berufsgruppe oft zu wenig Wissen über die Möglichkeiten der Leichtbauwerkstoffe (Stärken und Schwächen) existiert. Die in »Stahl-und-Eisen« denkenden Ingenieure müssen dabei teilweise regelrecht »konvertiert« werden, damit diese eine Alternativlösung mit Leichtbauwerkstoffen in Erwägung zögen.

Die Maschinenbauer wünschen sich zur Vermittlung des nötigen Wissens einen pragmatischen Ansatz, der durch die

Analyse bestehender Leichtbaulösungen Anregungen für eigene Entwicklungen gibt.

Im Rahmen der Befragungen wurden zu folgenden Themenfeldern konkrete Wünsche und Bedarfe formuliert:

- Aufbau von Applikationsdatenbanken mit einer Sammlung (erfolgreich) umgesetzter Beispiele als Leitlinie für den eigenen Einführungsprozess. Die Existenz positiver Beispiele, die transparent die Umsetzung und vor allem den Mehrwert darstellen dienen als Hilfestellung für andere Interessierte und können so bei der Verbreitung von Leichtbau helfen.
- Zusammenstellung von leichtbauspezifischen Konstruktionskatalogen in Form eines Handbuchs und daraus Ableitung praxismethodischer Richtlinien, die es dem Konstrukteur erlauben Leichtbau umzusetzen. Dokumentation grundsätzlicher Konstruktionsprinzipien und Möglichkeiten von Leichtbaukonstruktionen.
- Entwicklung von Entscheidungshilfen zur Materialauswahl für definierte Applikationen und Belastungsszenarien. Im Gegensatz zu anderen Werkstoffen existiert keine Katalogisierung der Materialeigenschaften, wie z. B. in einem Stahlschlüssel.
- Erarbeitung von Methodiken und systematischer Vorgehensweisen, um Leichtbaupotenziale an Gesamtstrukturen zu identifizieren.
- Ermittlung von Kennwerten über die mechanischen Eigenschaften und Langzeitstabilität von Faserverbundwerkstoffen in Maschinenbau-Konstruktionen und Durchführung von Analysen zu Langzeitstabilität und -verhalten (Dauerfestigkeit und Verhalten unter Beeinflussung von Medien und Umgebungseinflüssen). Dieser Aspekt schließt die Entwicklung einfacher Messtechniken, die eine selbstständige Qualifizierung von Leichtbauwerkstoffen durch die KMU erlauben, mit ein.
- Organisation einer Austauschplattform zum Wissenstransfer zwischen Maschinenbauern und Faserverbundspe-

zialisten zur frühzeitigen Abschätzung des fertigungstechnischen, konstruktiven und betriebswirtschaftlichen Aufwands für FVK-Strukturen.

- Auf- und Ausbau der Simulationstechnik, besonders für Faserverbundwerkstoffe. Praxisgerechte Aufbereitung und Transfer des akademischen simulationstechnischen Grundlagenwissens in die KMU.
- Erarbeitung von Grundlagenwissen in der Verbindungstechnik: In Zukunft werden vermehrt hybride Maschinenstrukturen mit einem Werkstoffmix erwartet. Vor diesem Hintergrund stellt die Fügetechnik ein Kernelement dar.
- Auf- und Ausbau von Prozesswissen zur Automatisierung der Fertigung, insbesondere bei Faserverbundwerkstoffen. Verdeutlichung des Lieferanten und Dienstleisterspektrums. Veröffentlichung von Bezugsquellen für Leichtbaulösungen.

In diesen Bereichen sehen sich die Befragten selbst, bzw. deren Mitarbeiter zu wenig informiert.

Die klassischen Maschinenbauer wünschen sich hier einen direkten praktischen Zugang, der über das »Lernen durch Handeln-Prinzip« anhand konkreter Beispiele Wissen vermittelt, und keinen wissenschaftlichen Zugang über akademische Ansätze. Dies würde die Verbreitung des Leichtbaus im Maschinen- und Anlagenbau fördern, Ansätze liefern und den Entwicklungsaufwand reduzieren.

Manche Unternehmen gehen hier eigene Wege und bieten für deren Produkte und Dienstleistungen maßgeschneiderte Schulungen und Seminare an. Einerseits um die eigenen Mitarbeiter zu befähigen und andererseits zur Verbreitung ihrer Leichtbaulösung und -dienstleistung. Beispiele hierfür sind individuelle Schulungskonzepte für Blechleichtbau oder Workshops zur Auslegung von Faserverbund-Laminaten.

Bezogen auf neue Denkweisen von Konstrukteuren wird angemerkt, dass aktuell dem Gesamtsystem oft zu wenig

Bedeutung beigemessen wird. Es fehlt dabei häufig an ganzheitlichen Analysen. So sind beispielsweise Peripherie- oder Anbaukomponenten (Kabelschlepp, Kabelstränge, Medienführung, etc.) oder Baugruppen der Antriebstechnik (Motoren, Elemente der Kraftübertragung) oder auch Normteile häufig gewichtsrelevant, werden jedoch von Konstrukteuren nur zweitrangig berücksichtigt. Die Umsetzung von Leichtbau erfordert jedoch eine ganzheitliche Betrachtung des Systems und damit auch dieser teilweise unterschätzten peripheren Komponenten.

Ein weiteres Beispiel der Befragten, welches das Bedürfnis nach einem grundsätzlichen Umdenken bei den aktiven Konstrukteuren belegt, ist die Tendenz, im Konstruktionsprozess von roboterunterstützten Anlagen bei Erreichung von Leistungsgrenzen als ersten Ansatz zunächst den Roboter in der nächst höheren Leistungsklasse zu nutzen. Eine Optimierung (Gewichtsminimierung) des Greifersystems bzw. des Endeffektors wird dagegen häufig nur selten in Betracht gezogen.

Ähnliche Beobachtungen machen die Befragten auch für die neuen additiven Verfahren. Die beteiligten Personen (Ingenieure, Facharbeiter, ...) sind noch zu sehr dem »alten Denken« verfallen. Zum Beispiel wird ein Bauteil tendenziell eher »abtragend« und nicht »aufbauend« konzipiert, trotz verfügbarer additiver Technologien. Derartige Herangehensweisen hemmen den Einzug einer Technologie, weshalb Konstrukteure zur Nutzung und Berücksichtigung der neuartigen Technologien sensibilisiert und befähigt werden müssen.

Ansätze zur Risikominimierung

Die Einführung eines neuen Verfahrens, die Änderung bestehender Montagestrukturen oder auch einfach nur die Leichtbauoptimierung von bestehenden Bauteilen kann mit Risiken verbunden sein. Wie sind die befragten Unternehmen mit den Risiken umgegangen? Wie wurden diese so minimiert, dass eine erfolgreiche Implementierung der Leichtbaulösung trotz aller Bedenken dennoch möglich war?

Im Folgenden werden Methoden aufgezeigt, die bei den befragten Unternehmen zu einer Verringerung von Risiken und Kosten führten und Bedenken sowohl intern, als auch bei Kunden abbauten.

Mechanische und chemische Prüfungen vorab

Bei einigen Unternehmen wurde explizit eine längere Vorlaufzeit mit eingeplant, in der durch eine Reihe von mechanischen und chemischen Prüfungen die Anforderungen umfassend validiert wurden. Dadurch wurde beim Kunden ein hohes Maß an Vertrauen geschaffen. Dies war aber nicht bei allen Unternehmen möglich, da gerade bei auftragsgetriebenen Entwicklungen häufig die Zeit und das Budget für Langzeitversuche und aufwendige Simulationen im Vorfeld fehlen. In diesem Fall wurde teilweise auf die Unterstützung von externen Partnern, wie Zulieferer oder Forschungsinstitute, zurückgegriffen. Auch Referenzprojekte sind erfolgreich durchgeführt worden: Gemeinsam mit Kunden wurden Lösungen erarbeitet, die für weitere Anlagen als Referenz zur Verfügung stehen. In der Regel rentiert sich die Pilotanlage wirtschaftlich nur bedingt, aber gerade in Hinblick auf Langzeitstabilitäten im industriellen Umfeld können so Erfahrungen gesammelt werden, die weiteres Vertrauen bei zukünftigen Kunden schaffen.

Reine Werkstoffsubstitution

Eine weitere Möglichkeit die gewählt wurde, ist die reine Werkstoffsubstitution von Stahlkonstruktionen durch Faserverbundwerkstoffe, z. B. mittels CFK-Halbzeugen. Dadurch wurde sich die Möglichkeit vorbehalten, bei Nicht-Erfüllung der Funktion diese wieder mit einer konventionellen Stahlkomponente zu ersetzen. Der Prototyp wurde direkt in die erste Anlage verbaut. Eine reine Werkstoffsubstitution eines konventionellen Werkstoffes durch einen Leichtbauwerkstoff führt allerdings zu einem schlechten Ausnutzungsgrad des Werkstoffes, sodass bei diesem Ansatz trotz deutlicher Gewichtssenkung ein großes Potenzial zu weiteren Optimierungen vorhanden bleibt.

Schaffung von Funktionsflächen / Funktionsintegration

Durch Leichtbauwerkstoffe werden Strukturen nicht nur leichter. Gerade bei der Materialsubstitution bieten neue Konzepte die Möglichkeit innovative Geometrien und Funktionsflächen zu schaffen, die vorher nicht umsetzbar waren und so Funktionen zu integrieren. Vorher notwendige Verstärkungsstreben können durch den Einsatz anderer Materialien beispielsweise wegfallen, Nachbearbeitungsschritte oder zusätzliche Komponenten können sich ebenfalls erübrigen. Durch Materialsubstitution bedingte, steigende Materialkosten können so durch eine Integration von Funktionen kompensiert werden.

Kooperationen bei der Entwicklung

Um trotz geringer eigener Erfahrungswerte das Risiko des Werkstoffversagens auf ein Minimum zu reduzieren, gaben über die Hälfte der befragten Unternehmen an, bei dem Einführungsprozess eng mit Partnerfirmen, Zulieferern oder Hochschulen zusammengearbeitet zu haben. Dadurch konnte sowohl das Projekt schnell und sicher durchgeführt werden, als auch Wissen vom externen Partner in das eigene Unterneh-

men transferiert werden. Hochschulkooperationen sind von einigen der befragten Unternehmen in Form von Machbarkeitsstudien oder zur Überprüfung von Bauteilspezifikationen durchgeführt worden. Als Gründe, die gegen eine Kooperation mit Hochschulen sprechen, wurden die Trägheit von Instituten genannt, die daraus resultierenden langen Vorlaufzeiten und der Anschein, dass viele Forschungsinstitute »lediglich an Kooperation mit Großkonzernen« interessiert sind. Außerdem vermissten die Befragten bei Forschungsinstitutionen häufig die Fähigkeit pragmatische, schnelle und einfach umsetzbare Lösungen zu identifizieren, die zwar nicht immer eine vollständige Ausschöpfung des Werkstoffpotenziales versprechen, aber in kürzerer Zeit umsetzbar und implementierbar sind.

Lediglich drei der befragten Unternehmen führten reine Inhouse-Entwicklungen durch. Diese waren häufig strategische Entwicklungen und nicht auftragsgetrieben. Das Produktportfolio sollte sich durch die Hinzunahme einer Leichtbaulösung dahingehend ändern, dass ein Alleinstellungsmerkmal generiert oder neue Märkte erschlossen werden können. Vorteil

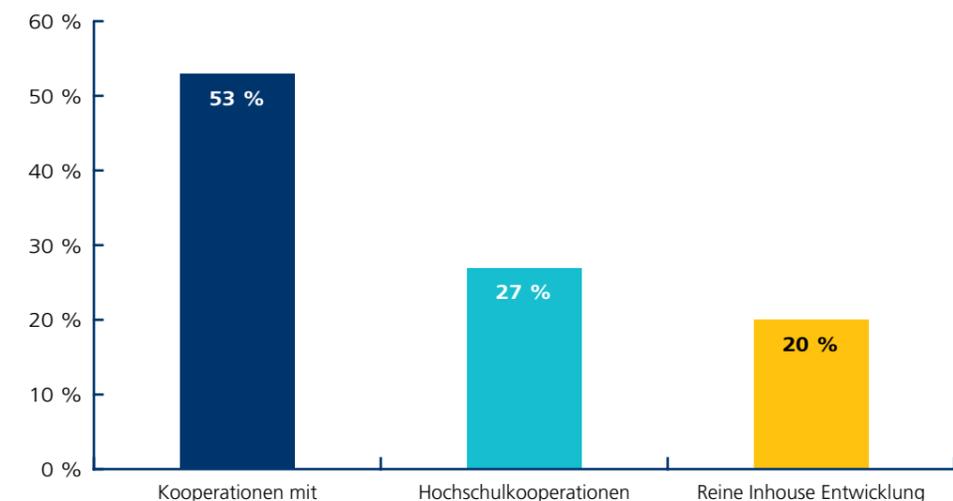
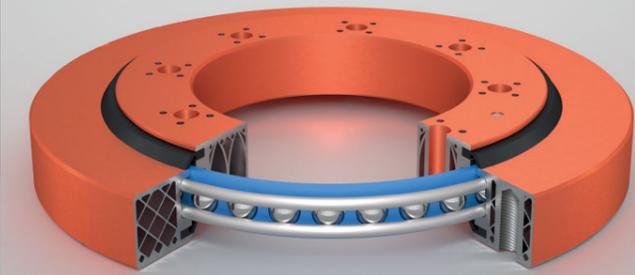


Abbildung 11: Ansätze zur Einführung von Leichtbaulösungen

6 BEISPIELE

Leichtbau im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau – in der Theorie schön, in der Praxis schwierig. Dass dies nicht so ist, soll nachfolgend anhand einiger erfolgreich umgesetzter Beispiele belegt werden.

MATERIAL- UND GEWICHTSEINSPARUNGEN DURCH ADDITIVE FERTIGUNG 3D-Druck revolutioniert die Herstellung von Leichtbaulagern der Franke GmbH



der Inhouse-Entwicklung ist die geringe Abhängigkeit von Zulieferern und der Aufbau von tiefgehendem Know-how im eigenen Unternehmen, auf das bei Bedarf immer wieder zurückgegriffen werden kann.

Kostensenkung

Die Kostenverteilung bezüglich Materialkosten, Entwicklungskosten und Herstellkosten ist sehr stark vom Einzelfall abhängig und variiert erheblich. Jedoch gaben alle Unternehmen an, dass weder Material- noch Fertigungskosten vernachlässigbar bei der Kostenbetrachtung sind. Potenzial für eine weitere Senkung von Materialkosten wurde aktuell von nur einem der befragten Unternehmen gesehen. Bei diesem konnte durch Leichtbau der Materialbedarf reduziert und die Herstellkosten gesenkt werden. Lösungen für Maschinenbauer mit geringeren Stückzahlen sind zum einen Teilautomatisierungen, die sich auch bei Kleinserien lohnen können. Ein anderer Ansatz ist eine konsequentere Verwendung von Halbzeugen, auch im Hinblick darauf, dass dies wiederum zu einer geringeren Ausnutzung des Werkstoffes führen kann. Hierbei kann sich eine bewusste Überdimensionierung ökonomisch lohnen, wenn die Senkung der Fertigungskosten dadurch größer ist, als die zusätzlichen Materialkosten. Eine zu große Überdimensionierung führt jedoch dazu, dass nicht genug Gewicht eingespart wird, um den Mehrwert von Leichtbau nutzen zu können.

In Bezug auf die Leichtbaueignung von Halbzeugen und verfügbaren Leichtbau-Normteilen wurde von einigen Befragten angemerkt, dass hier noch Entwicklungsbedarf bestehe:

Oftmals seien zum Beispiel keine Normteile verfügbar, die mit den Werkstoffeigenschaften von Leichtbauwerkstoffen, z. B.

Faserverbundwerkstoffen kompatibel sind, bzw. die bereits gänzlich aus diesen gestaltet sind, weshalb teilweise zusätzliche Hilfskonstruktionen erforderlich sind, z. B. zur Anpassung der unterschiedlichen thermischen Eigenschaften von CFK-Laminaten und Stahlstrukturen wie Führungsschienen.

Als problematisch wird auch die vermeintlich fehlende Leichtbaufähigkeit von Standardkomponenten, Norm- und Zukaufteilen, wie etwa Wälzlagern, Kugelgewindespindeln und -muttern und Führungssystemen in Bezug auf die Langzeitstabilität gesehen. Einige der Befragten stufen die Randperipherie des Maschinenbaus demnach als noch nicht Leichtbau-geeignet an.

Die in diesem Kapitel wiedergegebenen Aussagen beschreiben eine tendenziell zurückhaltende Einstellung einiger KMU gegenüber Leichtbautechnologien. Kernpunkte sind letztendlich mangelnde Erfahrung, fehlendes Grundlagenwissen sowie eine unklare Infrastruktur- und Kostensituation, die aus der fehlenden Erfahrung im konstruktiven Umgang mit Leichtbaumaterialien resultiert. Aus den Empfindungen gegenüber dem Leichtbau, die teilweise bei KMU vorherrschen, können konkrete Aspekte abgeleitet werden, welche die Maschinenbauer von einer Nutzung von Leichtbautechnologien zurückschrecken lassen. Diese werden nachfolgend zusammengefasst.

Ein Grundprinzip des Leichtbaus besteht in der Gewichtsreduktion von Bauteilen und Konstruktionen, um die Dynamik eines Systems zu erhöhen, ohne dabei an Steifigkeit zu verlieren. Neben dem Einsatz neuer Materialien wird dabei immer mehr auch auf die Einsparung überflüssigen Materials geachtet. Raffiniert konstruierte Bauteile, die lediglich an den Kräfte wirkenden Stellen über Material verfügen, stellen herkömmliche Herstellungsverfahren jedoch immer häufiger vor fertigungstechnische und ökonomische Grenzen, da sie in der Regel auf Abtragung von Material durch beispielsweise spanende Bearbeitungsprozesse basieren. Der 3D-Druck eröffnet diesbezüglich neue Möglichkeiten. Bei diesem sogenannten additiven Verfahren werden Objekte schrittweise aus Partikeln aufgebaut, was die Herstellung innerer Wabenstrukturen, veränderlicher Wandstärken und sogar einen Mix in der Beschaffenheit des Materials ermöglicht.

Besonderes Potenzial bietet das Lasersintern, das zur Erzeugung von Objekten aus Metall verwendet wird. Bei diesem Verfahren wird pulverisiertes Material mittels eines hochenergetischen Lasers punktgenau geschmolzen, anschließend abgesenkt, wieder mit Material bestäubt und erneut geschmolzen. Das wiederholt sich, bis Schicht für Schicht ein Werkstück entstanden ist. So kann überschüssiges Material von Anfang an eingespart werden.

Genau darauf setzt auch die Firma Franke bei der Herstellung ihrer Leichtbaulager. Die lasergesinterten Aluminiumringe, die Franke als umschließende Teile seiner Speziallager verwendet, besitzen dank dieses Herstellungsverfahrens eine innere Wabenstruktur, die Gewicht einspart und gleichzeitig die benötigte Steifigkeit gewährleistet. In die Lagerschale dieses Korpus' wird zudem ein Franke Drahtwälzlager integriert, dessen Laufringe fast die gesamte Belastung aufnehmen. Somit entsteht aus dem 3D-gedruckten Bauteil ein belastbares Präzisionslager, das überall dort Anwendung findet, wo Gewicht eine Rolle spielt, Antriebsenergie eingespart werden soll oder die Art des Werkstoffes entscheidend ist. Besonders die Bereiche der Luft- und Raumfahrttechnik, des Fahrzeugbaus und der Medizintechnik können von 3D-gedruckten Leichtbaulagern profitieren.

Auf einen Blick

- Neue Fertigungsmöglichkeiten durch additive Verfahren
- Leichtbau durch lasergesinterte Wabenstruktur
- Präzisionslager mit hoher Steifigkeit und geringem Gewicht

Weitere Infos unter www.franke-gmbh.de,
www.leichtbaulager.de

LEICHT UND STEIF

Auslegung, Konstruktion und FEM-Berechnung einer CFK-Pinole
Ingenieurbüro Stefan Rump



Wenn Maschinen aus konventionellen Werkstoffen an mechanische Grenzen stoßen, stellt sich die Frage nach Leichtbaulösungen, insbesondere dem Einsatz von Faserverbundstrukturen.

Faserverstärkte Werkstoffe bieten ein riesiges Potenzial, das sie aber nur entfalten können, wenn sie fachgerecht eingesetzt werden und auch die Randbedingungen passen.

Der erste Schritt ist daher in der Regel die Untersuchung der Potenziale unter den gegebenen Randbedingungen und auch deren wirtschaftliche Betrachtung und Beurteilung. Im nächsten Schritt stellen sich dann Fragen nach der technischen Umsetzung, die wiederum stark von wirtschaftlichen Überlegungen (z. B. geplante Stückzahlen) abhängen. Lohnt sich z. B. ein aufwendiger Formenbau, der sehr viele Funktionen im Bauteil integriert oder fertigt bzw. kauft man besser einfachere Halbzeuge, die zu einem fertigen Bauteil gefügt werden? Welche Fasern sollen eingesetzt werden? Wie werden sie optimal orientiert?

Es sind wie man sieht vielfältige Aspekte zu beachten. Hier bietet sich der Einsatz von Dienstleistern mit entsprechendem Know-how an.

Die dargestellte Pinole wurde vom Ingenieurbüro Stefan Rump (www.rumpp-cae.de) in Zusammenarbeit mit dem Kunden konstruiert und berechnet und bei einem Partnerbetrieb gebaut. Sie substituiert das bisherige Bauteil aus Stahl. Die Masse konnte dabei halbiert werden, bei erhöhter Steifigkeit. Diese Kennzahlen hätten mit einem größeren Bauraum noch weiter verbessert werden können. Positiv ist auch das bessere Dämpfungsverhalten durch den Einsatz von Faserverbundwerkstoffen hervorzuheben. Durch die Konstruktion und Finite Elemente Berechnung (FEM) aus einer Hand konnte die Konstruktion optimiert und angepasst werden.

Auch wurden Lösungen für viele Details wie Anbindung an die Maschine, Toleranzausgleich usw. erarbeitet, die nötig sind, um das Bauteil in der Praxis bei unterschiedlichsten Umgebungsbedingungen erfolgreich einsetzen zu können.

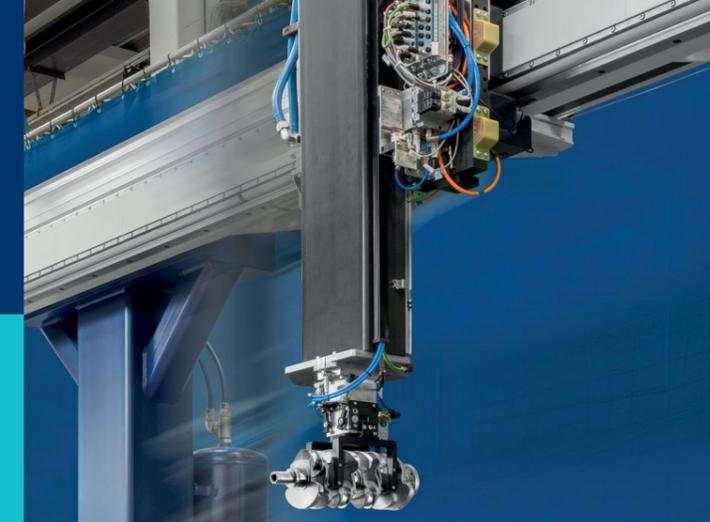
Auf einen Blick

- Dienstleister unterstützen bei Faserverbundbauteilen mit entsprechendem Know-how
- Pinole aus CFK hat halbe Masse und höhere Steifigkeit als die Stahlvariante

Weitere Infos unter www.rumpp-cae.de

HOCHDYNAMISCH UND PRÄZISE

Extreme Dynamik durch den Einsatz des Leichtbau-Portals der Fibro Läßple Technology GmbH



Das neue Linearmotorportal (LM-Portal) der Fibro Läßple Technology GmbH (FLT) setzt innerhalb der Portalautomation neue Maßstäbe in Bezug auf Geschwindigkeit, Beschleunigung und Positioniergenauigkeit.

Im Vergleich zu herkömmlichen Portalen kann mit 10 m/s die 2,5-fache Geschwindigkeit realisiert werden. Es ist eine Beschleunigung von mehreren G möglich – das entspricht einer Steigerung von bis zu 500 % gegenüber bisherigen Werten. Zusätzlich dazu ist das LM-Portal mit einer Wiederholgenauigkeit von 0,05 mm vier Mal genauer, als ein vergleichbares Standardportal.

Zur Realisierung dieser verbesserten Werte wurden von FLT ein CFK-Laufwagen sowie eine CFK-Achse entwickelt. Die Vorteile des Leichtbau-Materials schlagen sich nicht nur in einer signifikanten Verringerung des Eigengewichts nieder – sie sorgen auch für eine Verbesserung der Bewegungsabläufe. Zusätzliche wichtige Optimierungen konnten durch die Verwendung eines speziell ausgelegten, luftgekühlten Linearmotors auf der Horizontal- und Vertikalachse erzielt werden.

Die verbesserten Werte des LM-Portals tragen dem Wunsch nach einer Maximierung der Produktionsleistung, dem Reduzieren von Stillstandzeiten und einer hohen operativen Betriebssicherheit Rechnung. Durch die Erhöhung der Dynamik können Laufwagen eingespart und dadurch mit weniger Maschinenelementen ein höherer Automationsgrad erreicht werden. Die extrem genaue Arbeitsweise ermöglicht eine Maschinenautomation mit dauerhaft höchster Präzision.

Nur durch den Einsatz der CFK-Komponenten und die damit verbundene Halbierung des Eigengewichts ist die technische Ausführung überhaupt möglich – unter Verwendung von Aluminium oder Stahl wäre die Konstruktion in Bezug auf Geschwindigkeit und Beschleunigung nicht erreichbar.

Für den Kunden bedeutet die Entwicklung einen Fortschritt, da Maschinen-Stillstandszeiten oder -Blockierzeiten extrem reduziert werden. Damit erhöht sich die Maschinenverfügbarkeit bzw. die Menge der Ausbringung – und letztendlich der Verdienst.

Auf einen Blick

- Laufwagen, Achse und Kabelschleppkonsole aus CFK
- Halbierung des Eigengewichts
- Extreme Dynamik durch Beschleunigungen bis 26 m/s²
- Steigerung der Verfahrgeschwindigkeit auf das 2,5-fache eines Standardportals

Weitere Infos unter www.fibro-laepple.de



FEDERLEICHT UND SUPER SPANNEND

Produktivitätssteigerung durch Leichtbauspannfutter der Hainbuch GmbH Spannende Technik

Tradition und Innovation stehen für die Hainbuch GmbH Spannende Technik an führender Position. Das internationale Familienunternehmen mit mehr als 800 Mitarbeitern in 10 Niederlassungen kann auf über 60 Jahre Erfahrung im Bereich der Entwicklung, Konstruktion und Produktion von innovativen Spannzeugen bauen.

Der Materialeinsatz von CFK bei Spannfuttern sowohl für den rotierenden, als auch für den stationären Einsatz wird hier als Leichtbaulösung erfolgreich umgesetzt.

Für rotierende Werkzeuge werden so Gewichtseinsparungen von bis zu 67 % erreicht. Trägheitsmomente minimieren sich auf die Hälfte, sodass mit höheren Beschleunigungen den stetig wachsenden Dynamikanforderungen für Werkzeugmaschinen entgegen getreten werden kann. Der Trend zu größeren Auslegungen wird durch Entlastung der Antriebe und geringere Lagerlasten, bis hin zur Ermöglichung von Rückdimensionierungen, gebremst.

Die Materialeigenschaften von CFK sorgen dafür, dass mit dem Leichtbauspannfutter ein bis zu 40 % höherer Dämpfungsgrad gegenüber Standardstahlfuttern erreicht wird. Die Werkstückresonanzfrequenz wird stärker gedämpft und die Schwingungsamplituden deutlich verringert, sodass die selbst-erregten Schwingungen und die Ratterneigung im Zerspanprozess minimiert werden.

Die Zerspankräfte auf Schneide und Struktur können ebenfalls durch den Einsatz von Leichtbauspannmitteln um bis zu 20 % reduziert werden. Dies ermöglicht sowohl längere Standzeiten, als auch höhere Schnittleistungen der Maschinen.

Eine allgemeine Produktivitätssteigerung wird durch die Verkürzung von Hochlaufzeiten der rotierenden Systeme um bis zu 30 % erzielt. Im stationären Bereich werden sogar Gewichtseinsparungen von bis zu 67 % erreicht, was eine Reduktion der Tischlasten zur Folge hat.

Durch die geringeren Massen der CFK-Spannfutter werden Handling und manuelle Werkzeugwechsel erleichtert. Neben den ergonomischen Vorteilen werden so die Grenzlaster eingehalten und die Arbeiten in der Werkstückeinspannung durch zielgerechten Leichtbau vereinfacht.

Auf einen Blick

- Gewichtseinsparungen bis 67 % durch CFK
- Höhere Dämpfung und geringere Ratterneigung bei Leichtbauspannfuttern
- Erleichterter manueller Werkzeugwechsel

Weitere Infos unter www.hainbuch.com



HOCHLEISTUNGSSCHLEIFSCHLEIBEN AUS CFK

Diamant-Gesellschaft Tesch GmbH nutzt Leichtbauvorteile in der zerspannenden Bearbeitung

Die 1902 gegründete Diamant-Gesellschaft Tesch GmbH ist ein familiengeführtes Unternehmen auf dem Sektor der Werkzeugherstellung für die spannende Bearbeitung. Ansässig in Ludwigsburg, ist das Unternehmen mit ca. 200 Mitarbeitern spezialisiert auf technisch aufwendige, individuell spezifizierte Hochleistungsschleifscheiben.

Durch den Einsatz von CFK als Leichtbauwerkstoff in Werkzeugträgerkörpern, erweitert die Diamant-Gesellschaft Tesch GmbH das Möglichkeitsfeld für ihre Kunden, im Hinblick auf Fertigungsprozesse und Handling, erheblich. Die CFK-Werkzeuge werden direkt vor Ort produziert und finden zumeist Anwendung in hoch anspruchsvollen Außenrundscheifprozessen, wie der Kurbel- und Nockenwellenbearbeitung.

Mit Hilfe einer exakten, belastungsgerechten Auslegung durch FEM-Berechnung und entsprechend angepasster Faserorientierung ist es möglich, im Vergleich zu konventionellen Werkstoffen superharter Schleifscheiben deutlich geringere Gewichte zu erzielen. Hierdurch eröffnen sich in der erweiterten Peripherie signifikante Einsparungspotenziale bei den Rüstkosten, z. B. durch das Entfallen von Kränen. Gleichzeitig ergeben sich verbesserte Trägheitseigenschaften und sehr hohe Sprengfestigkeiten der rotierenden Grundkörper.

Neben den herausragenden Dämpfungseigenschaften von CFK sind die anpassbaren Seitensteifigkeiten ein weiterer signifikanter Vorteil der Leichtbausleifscheiben. Durch sie werden minimale, reproduzierbare Ausweichbewegungen der Scheiben bis unter 2 µm erreicht. Durch die Möglichkeit, offene Bindungen in den Scheiben einzusetzen, lassen sich weiterhin die Schleifkräfte stark verringern.

CFK hat in der Diamant-Gesellschaft Tesch GmbH in den letzten Jahren viele Anwendungsfelder erfolgreich erschlossen. Als potenzialträchtige Leichtbauanwendung eröffnet es in hochwertigen Schleifscheibenkörpern etliche neue Möglichkeiten im Einsatz, sodass sie aktuell einen wesentlichen Anteil des Umsatzes keramisch gebundener Scheiben einnehmen. Einer erfolgreichen Zukunft von CFK als Leichtbaulösung innerhalb der Tesch GmbH steht daher nichts im Wege.

Auf einen Blick

- Geringeres Gewicht und verbesserte Trägheitseigenschaften durch CFK
- Hohe Sprengfestigkeit des Grundkörpers
- Minimale Ausweichbewegung von unter 2 µm

Weitere Infos unter www.diamanttesch.de und über info@diamanttesch.de



HOCHDYNAMISCH DURCH CFK

Produktivitätssteigerung bei einer Blechbearbeitungsmaschine von Trumpf GmbH + Co. KG

Trumpf versteht sich als Hochtechnologieunternehmen und ist einer der weltweit größten Anbieter von Werkzeugmaschinen. Neben Werkzeugmaschinen bietet Trumpf auch Fertigungslösungen in den Bereichen Lasertechnik und Elektronik. Das unabhängige Familienunternehmen beschäftigt mehr als 10 000 Mitarbeiter und macht ca. 2,7 Mrd. € Umsatz pro Jahr. Mit über 68 Tochtergesellschaften in mehr als 25 Ländern ist Trumpf weltweit in allen wichtigen Märkten vertreten.

Trumpf propagiert nicht nur den Leichtbau mit Blechwerkstoffen bei seinen Kunden, sondern verwendet auch in den eigenen Produkten Leichtbaulösungen. Vor allem bei hochdynamischen Bearbeitungsmaschinen können durch Leichtbau auf Basis von Faserverbundwerkstoffen die Grenzen des Machbaren verschoben und Mehrwerte für die Anwender generiert werden.

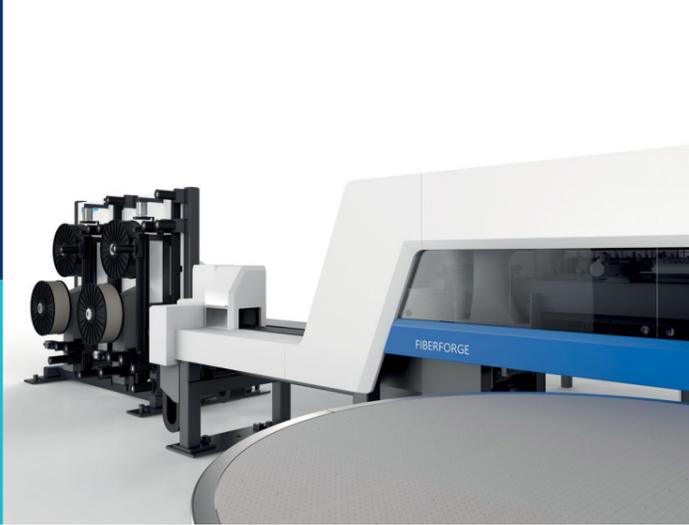
Im Fall einer hochdynamischen Blechbearbeitungsmaschine zur Dünnblechbearbeitung konnte beispielsweise durch die Umsetzung eines bewegten Querträgers in CFK die Produktivität gegenüber einer Lösung in Blechbauweise um etwa 30 % gesteigert werden. Zwar erhöhten sich durch die Verwendung einer CFK-Lösung die Mehrkosten bei der Einzelkomponente um den Faktor 10 und damit die Kosten für die Gesamtmaschine um 10 – 20 %, jedoch amortisierte sich die Maschine durch die gesteigerte Produktivität bereits innerhalb weniger Monate.

Durch den Einsatz von CFK konnte die Masse der Bewegungseinheit um 20 % gesenkt und gleichzeitig die Steifigkeit um 100 % erhöht werden. Hinzu kommt, dass die erste Eigenfrequenz um 72 % erhöht und damit in schwingungs-technisch günstigere Bereiche verschoben werden konnte. Zudem wurde eine um 25 % höhere Beschleunigung bei gleicher Antriebsleistung realisiert. Beim Laserschneiden von Dünnblechen konnte so die Prozesszeiten um bis zu 35 % reduziert werden.

Auf einen Blick

- Einsatz von CFK bei hochdynamischer Einzelkomponente
- 30%ige Produktivitätssteigerung durch geringere Masse und höhere Beschleunigung
- Amortisation innerhalb weniger Monate

Weitere Infos unter www.trumpf.com



WIRTSCHAFTLICHE GROSSERIENFERTIGUNG VON CARBONBAUTEILEN

Die schnellste Tapelegeanlage der Welt von Dieffenbacher GmbH Maschinen- und Anlagenbau

Dieffenbacher hat vor kurzem die neue Fiberforge 4.0 der Fachwelt vorgestellt. Es handelt sich hierbei um eine Tapelegeanlage, mit der unidirektional faserverstärkte Thermoplast Tapes mit hoher Geschwindigkeit zu einem bauteilspezifischen Tapelege zusammengefügt werden. Im Vergleich zur Vorgängermaschine ist die Technologie damit nun reif für die Großserienproduktion in der Automobilindustrie geworden. Die Produktivität konnte um den Faktor 3,5 erhöht werden. Die Effizienz wurde durch ein neues Winkelschneidsystem erheblich verbessert, wodurch nun endkonturnahe Legebilder mit minimalem Materialverschnitt erzeugt werden können. Weiterhin besitzt die Anlage ein automatisches Rollenwechselsystem, wodurch eine unterbrechungsfreie Produktion realisiert werden kann.

Um diesen Fortschritt zu ermöglichen, wurde seitens Dieffenbacher Leichtbau bei den bewegten Massen realisiert. Der Legetisch, der hoch dynamisch Drehbewegungen zur Einstellung der Faserwinkellage ausführt, wurde durch eine gewichtsoptimierte Konstruktion um 20 % im Gewicht reduziert. Der Fahrschlitten zur dynamischen translatorischen Bewegung des Legetisches konnte um 38 % reduziert werden. Hiermit ist es nun gelungen, eine 180° Drehbewegung mit überlagerter Linearbewegung von 2 m in nur 0,8 s zu erreichen. Aufgrund der hohen Temperaturen von bis zu 450° C, die beim Punktschweißen der einzelnen Tapes auf dem Legetisch entstehen, konnte die Funktion nur durch einen metallischen Leichtbau erreicht werden. Hierbei kamen u.a. Leichtmetalllegierungen zum Einsatz, gepaart mit dünnwandigen filigranen Tragstrukturen aus Stahl. Im Tape Zuführsystem sind die bewegten Massen durch intelligente Minimierung der bewegten Komponenten und wiederum der Einsatz von Leichtmetalllegierungen ebenfalls stark reduziert worden.

Das Unternehmen

Dieffenbacher ist eine weltweit agierende Firmengruppe, die hydraulische Pressen und komplette Produktionsanlagen für die Holzwerkstoffplattenindustrie, die Automobil- und Zuliefererindustrie herstellt.

Als Systemlieferant schlüsselfertiger Anlagen bietet Dieffenbacher vielfältige Produktionsverfahren für die Verarbeitung faserverstärkter Kunststoffe, die den gesamten Themenbereich der Composites abdecken. Dazu gehören Verfahren wie Long Fiber Thermoplast Molding, Sheet Molding Compound oder High-Pressure Resin Transfer Molding.

Dieffenbacher bietet beispielsweise eine voll automatisierte schlüsselfertige Produktionslinie inklusive Preform Center für die wirtschaftliche Großserienfertigung von Carbonbauteilen im High-Pressure RTM-Verfahren an. Produktionslinien für Hybridbauteile und Anlagen für das Nasspressverfahren ergänzen das Produktportfolio.

Von der hydraulischen Presse über die komplette Automatisierung bis zur ressourcensparenden Herstellung des Halbzeuges im Direktverfahren liefert Dieffenbacher alles aus einer Hand.

Auf einen Blick

- Leichtbau durch Leichtmetalllegierungen und filigrane Stahlstrukturen
- Gewichtseinsparung bei bewegten Massen von bis zu 38 %
- Produktivitätssteigerung um Faktor 3,5

Weitere Infos unter www.dieffenbacher.de



**INNOVATIVER LEICHTBAU FÜR
HOCHBESCHLEUNIGTE TEXTILMASCHINEN**
Karl Mayer Textilmaschinenfabrik GmbH opti-
miert seine Wirkmaschinen durch
Leichtbauteile aus CFK

Seit seiner Gründung im Jahr 1932 steht das Familienunternehmen Karl Mayer Textilmaschinenfabrik GmbH für Innovation, höchste Qualitätsansprüche und wirtschaftliche Nachhaltigkeit. Mit ca. 2.500 Mitarbeitern ist das Unternehmen aus Obertshausen Weltmarktführer und Impulsgeber auf dem Sektor der Textilmaschinen, wo es den Kunden optimale und hoch anspruchsvolle Lösungen bietet.

Insbesondere in den schnell oszillierenden Wirkwerkzeugen kommen zielführende Leichtbaulösungen zum Tragen. Auf Grund der herrschenden Beschleunigungen von bis zu 200 g werden hier durch geometrischen und werkstofflichen Leichtbau die resultierenden Massenträgheitsmomente erheblich verringert. Als Folge steigen die Stabilität des Prozesses und die reproduzierbare Warenqualität des Endprodukts durch minimierte Verformungen der Maschine signifikant an.

Das höchste Leichtbaupotenzial wird am Ende der Antriebsstränge, den Endeffektoren, ausgeschöpft. Gewichtseinsparungen an dieser Stelle können eine Erhöhung der Drehzahl sowie Rückdimensionierungen der Struktur oder sogar des Maschinenrahmens ermöglichen. Hierfür produziert die Karl Mayer Textilmaschinenfabrik GmbH seit 2007 serienmäßig extrem leichte CFK-Barren. Durch konsequente Anpassungen des gesamten Antriebsstranges wird so eine Drehzahlsteigerung von 10 % auf 4.400 U/min erreicht. Zudem werden die Lochnadelfassungen ebenfalls aus CFK gefertigt, wodurch Gewichtseinsparnisse von über 50 % erzielt werden.

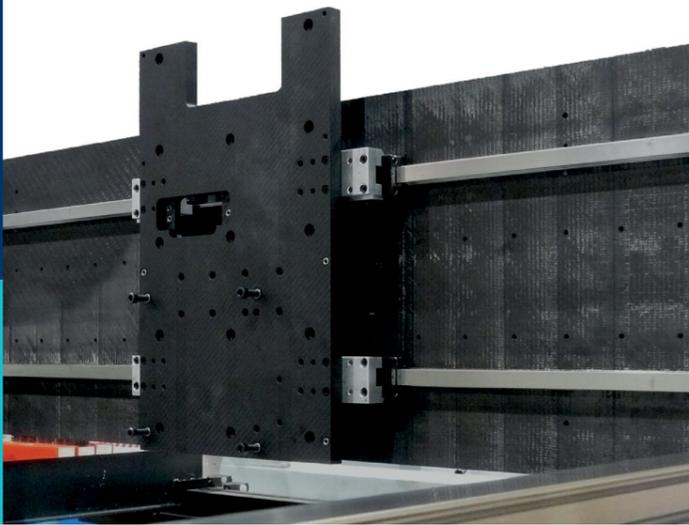
Der Anspruch der Technologieführung der Karl Mayer Textilmaschinenfabrik GmbH wird durch intensive Entwicklungen im Bereich der Automatisierung von Fertigungsverfahren für CFK-Bauteile, Mehrkörper- und FEM-Simulation des Antriebsstranges sowie der Optimierung des CFK-Werkstoffes an sich gefestigt. Hierfür wurde eine spezielle Fachgruppe Leichtbau und FVK aufgebaut, mit dem Ziel Innovationsmanagement und Kapazitäten im Unternehmen voranzutreiben.

Der Stellenwert von Leichtbau ist daher in auch in Zukunft von kritischer Relevanz, um eine Ausschöpfung des hohen Technologiepotenzials weitgehend zu ermöglichen.

Auf einen Blick

- Geringere Massenträgheitsmomente durch Leichtbau
- Höhere Prozessstabilität und reproduzierbare Warenqualität
- Höhere Drehzahlen und Rückdimensionierung durch CFK-Barren

Weitere Infos unter www.karlmayer.com



**EINSATZ VON CFK-BAUTEILEN ERMÖGLICHT HOHE
DYNAMIK BEI GLEICHZEITIG HOHER PRÄZISION**
Wirtschaftliche Produktion auch kleiner Serien durch
Laserschneidmaschine mit CFK-Komponenten der
C. Stiefelmayer GmbH & Co. KG

Um bei der Fertigung komplexer und filigraner 2D-Blechbauteile eine möglichst kurze Produktionszeit zu erreichen, ist höchste Dynamik erforderlich, was durch eine Reduktion der bewegten Massen erreicht wird. Bei der Stiefelmayer effective wurde dies umgesetzt, indem beispielsweise die bewegte Y-Achse und deren Anbauteile in Carbon-Leichtbauweise aufgebaut werden.

Durch den Einsatz von CFK-Werkstoffen konnte mit Unterstützung eines Partners etwa das Gewicht des Brückengrundkörpers auf 40 kg reduziert werden. In gewichtsoptimierter Stahlblech-Leichtbauweise bräuchte eine vergleichbare Konstruktion rund 125 kg auf die Waage, als Stahl-Schweißkonstruktion sogar mehr als 150 kg.

Die leichte Carbonbrücke in Verbindung mit Linearmotoren und Faserlaser führt bei der Laserschneidmaschine zu einer Zeitersparnis von bis zu 40 %. Das geringere Gewicht hat auch Sekundäreffekte zur Folge. So lassen sich beispielsweise kleinere Antriebsmotoren einsetzen.

In Kombination mit der Linearantriebstechnik können mit den Stiefelmayer effective Maschinen Laserschneidteile im Toleranzbereich von 0,03 bis 0,02 mm hergestellt werden.

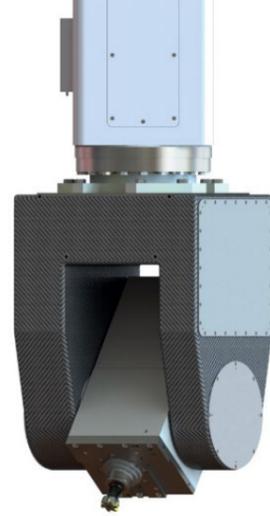
Einsatzbereiche werden besonders im Bereich der Elektromobilität gesehen. Die bis zu 600 Bleche, die für die Statoren in Elektromotoren übereinandergelegt und verklebt werden, sind üblicherweise gestanzte. Dafür ist allerdings ein Werkzeug notwendig, das sich erst bei höheren Stückzahlen lohnt. Durch die werkzeuglose Designfreiheit bei Stiefelmayer lassen sich auch dank Leichtbau kleine Serien wirtschaftlich herstellen, etwa für die Entwicklung. Zudem können die Konstrukteure Änderungen in der Entwicklung problemlos umsetzen.

Auf einen Blick

- Gewichtseinsparnis von fast 70 % im Vergleich zu Stahl-Blechbauweise durch Verwendung von CFK
- Mehr Dynamik und höhere Schneidpräzision
- 40 % kürzere Prozesszeit

Weitere Infos unter www.stiefelmayer-lasertechnik.de

**FRÄSKOPFGEHÄUSE IN
CFK-STAHL-HYBRIDBAUWEISE**
Erhöhung der Maschinendynamik bei
5-Achs-Bearbeitungszentren der EiMa
Maschinenbau GmbH



Das Unternehmen mit Sitz in Frickenhausen wurde 1985 gegründet. Seitdem hat sich ein Know-how von internationalem Format entwickelt, das von Kunden in ganz unterschiedlichen Branchen geschätzt wird. In der Automobilindustrie und in der Luft- und Raumfahrttechnik sind EiMa-Anlagen genauso im Einsatz wie im Modell- und Formenbau – um nur einige Beispiele zu nennen. Immer sind es Bereiche, in denen es auf besondere Präzision, auf Prozesssicherheit und individuelle Lösungen ankommt.

Zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) entwickelt EiMa ein Fräskopfgehäuse aus CFK-Stahl-Hybridbauweise für die 5-Achs Bearbeitungszentren. Durch eine Reduzierung des Eigengewichts trägt die geringere Massenträgheit des Gehäuses zu dynamischeren, präzisen Bewegungen bei. Gerade bei hochpräzisen Arbeiten lassen sich so Positionen schnell und exakt anfahren und halten. Die geringere Masse kann auch hier zu einem Sekundärleichtbau führen. Hierbei könnte dann zum Beispiel ein kleinerer Motor eingesetzt werden, da eine geringere Antriebsleistung nötig ist. Dadurch lassen sich nicht nur Energiekosten sparen, durch kleinere Antriebe kann die Maschine insgesamt günstiger werden und mögliche Mehrkosten für CFK-Bauteile lassen sich kompensieren.

Die Hybridbauweise wurde aufgrund der guten Integrationsfähigkeit von anderen Komponenten im Inneren des Gehäuses und der optimalen Kraftein- und -ausleitung genutzt. Der Verbund gibt der Komponente zudem eine zusätzliche Steifigkeit und im Hinblick auf den klassischen Maschinenbau, den Anwendern, durch den eingesetzten Stahl, eine gewisse Sicherheit.

Bei gleichbleibender Stabilität wurde hier eine Gewichtsreduzierung von beinahe 50 % erreicht. Bei diesem Konzept wurde auch darauf Wert gelegt, wirtschaftlich Stückzahl eins zu produzieren, was ansonsten im Sondermaschinenbau für manche Technologien oder Verfahren das Aus bedeutet. Der hybride Leichtbau ist hier durchaus ein alternativer Ansatz für den Maschinen- und Anlagenbau.

Auf einen Blick

- Gewichtsreduktion um ca. 50 % durch CFK-Stahl-Hybridbauweise
- Gleichbleibende Steifigkeit bei verbesserter Dämpfungseigenschaft
- Flexibler Aufbau und schon bei geringer Stückzahl einsetzbar

Weitere Infos unter www.eima-maschinenbau.de

WERKZEUGSCHAFT AUS CFK
Erweiterung des Anwendungsbereiches bei großen
Zerspanwerkzeugen der Paul Horn GmbH



Mit weltweit über 1300 Mitarbeitern entwickelt und produziert die Paul Horn GmbH aus Tübingen Hochleistungswerkzeuge für unterschiedlichste Anwendungen in der Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrtbranche, Schmuckindustrie, Medizintechnik und im Maschinenbau.

Zusammen mit dem Institut für Werkzeugmaschinen (IfW) der Universität Stuttgart entwickelte Horn ein Zerspanwerkzeug mit einem CFK-Schaft für Reibbearbeitungen. Das Werkzeug wird zur Finishbearbeitung von großen Bohrungen verwendet. Durch den Einsatz von CFK im Schaftbereich konnte das Eigengewicht um zwei Drittel von 30 auf 10 kg reduziert werden. Aufgrund des geringeren Gewichts kann das ursprünglich nur eingeschränkt nutzbare Werkzeug nun auf fast allen gängigen Fertigungszentren verwendet werden, wodurch sich deren Nutzen und Wirtschaftlichkeit erhöht.

Trotz des geringeren Gewichts verfügt das Werkzeug aus CFK über bessere mechanische Eigenschaften als sein Pendant aus Stahl. So konnte die statische Nachgiebigkeit verringert und die erste Eigenfrequenz deutlich nach oben verschoben werden. Das günstigere Werkzeugverhalten ermöglicht höhere Zerspanraten und trägt damit ebenfalls zur höheren Wirtschaftlichkeit bei.

Zudem ist das Werkzeug modular aufgebaut, so dass die Anwendungsflexibilität erhöht wird. Durch den austauschbaren CFK-Schaft lässt sich das Reibwerkzeug in seiner Länge variieren und an den jeweiligen Bearbeitungsfall anpassen. Als Nebeneffekt führt das geringere Eigengewicht zu einer Reduzierung der Spindelbelastung und kann einfacher im Werkzeugmagazin eines Bearbeitungszentrums eingelagert werden.

Das Werkzeug wurde prototypisch aufgebaut und untersucht, ist aber derzeit noch nicht am Markt verfügbar.

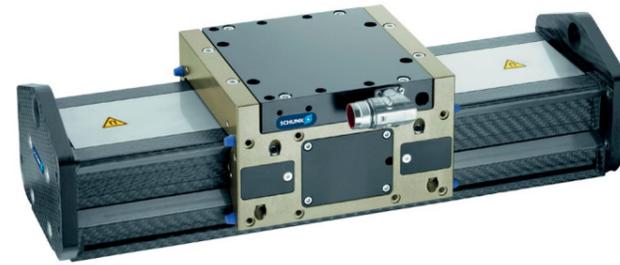
Auf einen Blick

- Gewichtsreduktion um mehr als 60 % durch CFK-Schaft
- Höhere Steifigkeit und höhere erste Eigenfrequenz
- Vielseitiger einsetzbar als vergleichbare Lösung aus Stahl

Weitere Infos unter www.phorn.de

DYNAMISCHE LEICHTGEWICHTE

Schunk GmbH & Co. KG standardisiert energie- und taktzeiteffiziente Leichtbau-Linearmotoren und -Drehfutter



Die Schunk GmbH & Co. KG aus Lauffen am Neckar ist einer der Vorreiter für effiziente und nachhaltige Lösungen in der Produktion. Mit modernen Konstruktionen, Werkstoffen und Verfahren bahnt sich der Kompetenzführer für Greifsysteme und Spanntechnik den Weg zu Leichtbaulösungen, die zugleich steif und robust sind. So ist es dem innovativen Familienunternehmen in intensiver Forschungsarbeit gelungen, die weltweit erste Baureihe standardisierter Linearmotoren aus Kohlenstofffaserverbundwerkstoff zu entwickeln. Die leichten Linearmodule bieten ideale Voraussetzungen für den Einsatz in präzisen Highspeed-Anwendungen, in denen komplette Achsen bewegt werden. Je nach Baugröße liegt das Gewicht der CFK-Module bis zu 11 kg beziehungsweise 58 % unter dem von vergleichbaren Aluminiumprofilen.

Aufgrund der deutlich reduzierten Masse lassen sich die CFK-Achsen extrem schnell und energieeffizient beschleunigen und verfahren. Welche Effekte damit verbunden sind, zeigt ein Exotenbestücker, der mit den standardisierten Modulen ausgestattet wurde. Bei der Highspeed-Montage von Leiterplatten für die Elektronikindustrie erzielt dieser eine bisher nicht gekannte Dynamik. Für einen kompletten Pick & Place-Zyklus inklusive Bauteilvermessung und Clinchen benötigt die Anlage unter 1 Sekunde.

Indem Aluminiumachsen durch CFK-Module ersetzt wurden, konnte die Produktivität um über 100 % gesteigert werden. Auch in der klassischen Zerspanung setzt SCHUNK mit seiner Leichtbauinitiative Maßstäbe. Jüngster Spross ist das Leichtbau-Drehfutter SCHUNK ROTA NCE, bei dem die

Massenträgheit im Vergleich zu herkömmlichen Drehfuttern je nach Baugröße um bis zu 30 % reduziert wurde. SCHUNK ROTA NCE lässt sich deutlich schneller und mit geringerem Energieeinsatz beschleunigen und abbremsen als herkömmliche Drehfutter. Vor allem in der Großserienfertigung verspricht es deutliche Einsparungen.

Auf einen Blick

- Gewichtseinsparung von 58 % bei Linearmotorachse durch Verwendung von CFK anstelle von Aluminium
- CFK-Module bei Exotenbestücker verkürzen Pick & Place-Zyklus und verdoppeln Produktivität
- Höhere Dynamik und geringerer Energieeinsatz dank Leichtbau-Drehfutter

Weitere Infos unter www.schunk.com

LEICHTBAULÖSUNGEN FÜR HOCHDYNAMISCH BEWEGTE GESTELLBAUTEILE

Metallschäume und Faserverbundwerkstoffe von Rampf Machine Systems GmbH & Co. KG für Schlitzen, Ständer, Verfahrportale, Tische und Pinolen für den Maschinenbau



Mit konventionellen Werkstoffen und Topologieoptimierungen sind die Möglichkeiten des Leichtbaus von dynamisch bewegten Gestellbauteilen wie Schlitzen, Tischen, Verfahrportalen, Fahrständern oder Pinolen begrenzt. Deshalb bietet Rampf Machine Systems mit dem Produktbereich EPULIGHT Maschinenbauern einen ganzheitlichen Service für Baugruppen aus modernen Leichtbauwerkstoffen.

Durch den Einsatz von Metallschäumen (EPUFOAM) und Faserverbundwerkstoffen (EPUFIBER), modernsten Entwicklungstools und bewährten Fertigungsmethoden werden die Potenziale zur Erhöhung von Dynamik und Produktivität der Maschine erschlossen sowie Mehrkosten der Leichtbaulösungen zeitnah amortisiert. Denn bewegte Bauteile mit geringerer Masse und höherer Dämpfung implizieren eine geringere Belastung der Antriebe sowie eine reduzierte Kräfteinleitung an benachbarten Maschinenkomponenten, was wiederum eine höhere Dynamik bei gleichzeitig kleineren Antrieben ermöglicht. Um im Prozess höchste Beschleunigungen und Verfahrgeschwindigkeiten erzielen zu können, müssen schnell bewegte Baugruppen leicht und zugleich unempfindlich gegenüber Schwingungen konstruiert werden. Aufgrund seiner zellularen Struktur absorbiert der Aluminiumschaum EPUFOAM Schwingungs- und Ruckenergien – und ist daher die ideale Basis für Baugruppen, bei denen Leichtbau und Schwingungsdämpfung unverzichtbar sind. Zusätzlich zur Erhöhung von Biegesteifigkeit und Schwingungsdämpfung bei gleichzeitiger Massereduzierung punktet EPUFOAM mit hoher Temperaturbeständigkeit und sehr guter Abschirmung elektromagnetischer Wellen. Darüber hinaus können Bauteile aus Aluminiumschaum einfach recycelt werden.

Für bewegte Gestellbauteile bietet CFK mit seiner extrem hohen Steifigkeit, Festigkeit und Dämpfung bei geringer Dichte das höchste Leichtbaupotenzial. Im Vergleich der spezifischen, d.h. auf die Dichte bezogenen, Zugfestigkeit übertrifft CFK Stahl, Aluminium und GFK um ein Vielfaches. Aus diesem Grund und wegen der hohen Gestaltungsfreiheit dominieren

CFK-Werkstoffe auch die Anwendungen in hochbelasteten und bewegten Gestellbauteilen im Maschinenbau. Im Rahmen der werkstoffspezifischen Gestaltung und Dimensionierung werden richtungsabhängige Eigenschaften, Schnittstellen zu metallischen Kräfteinleitungen sowie die Verwendung kostensparender Halbzeuge berücksichtigt und in innovative Lösungen integriert. Durch ein optimiertes Masse-/Steifigkeitsverhältnis bei signifikant verbesserter Dämpfung sorgt der von Rampf eingesetzte, röntgentransparente und antimagnetische Faserverbundwerkstoff EPUFIBER für eine Erhöhung von Maschinendynamik und Produktivität.

Die Rampf Machine Systems GmbH & Co. KG mit Sitz in Wangen bei Göppingen ist der führende Systemlieferant und Entwicklungspartner für Systemlösungen, Rumpf- und Basismaschinen sowie mehrachsige Positionier- und Bewegungssysteme auf Basis von Maschinengestellen aus innovativen Materialien. Das Werkstoffportfolio umfasst Mineralguss, Ultrahochleistungsbeton (UHPC), natürliches Hartgestein, Metallschaum und Faserverbunde sowie gefüllte Stahlverbundkonstruktionen. Der Komplettservice des Unternehmens reicht vom Engineering über die Fertigung und Montage bis hin zu Systemlösungen, kundenspezifischen, mehrachsigen Positionier- und Bewegungssystemen und Basismaschinen – von der Stückzahl eins bis hin zur Serienfertigung in kundenindividuellen Supply-Chain-Lösungen. Rampf Machine Systems ist ein Unternehmen der internationalen Rampf-Gruppe mit Sitz in Grafenberg bei Stuttgart.

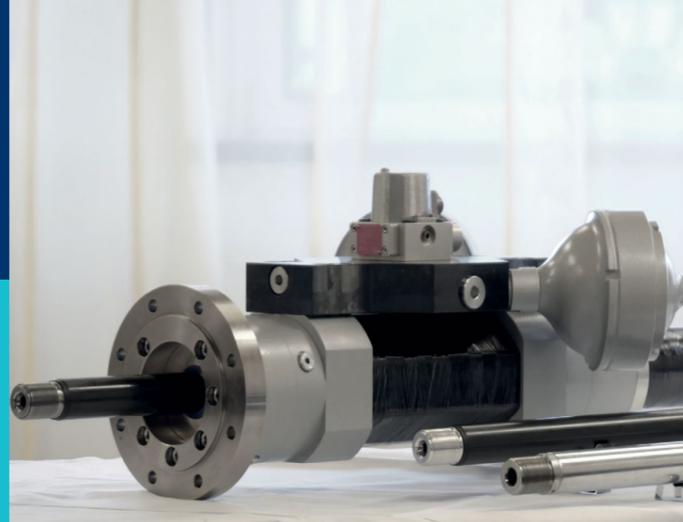
Auf einen Blick

- Aluminiumschaum für leichte und bewegte Gestellbaugruppen im hochdynamischen Maschinenbau
- Faserverbundwerkstoffe für dynamisch bewegte Gestellbauteile mit höchsten Leichtbauanforderungen

Weitere Infos unter www.rampf-gruppe.de

RUNDE BAUTEILE – HOCHFEST UND DRUCKSICHER

Hydraulikzylinder, Stangen und Rohre aus H-CFK von der Herbert Hänchen GmbH & Co. KG



LEICHTE AUSSENREIBAHLEN SORGEN FÜR PRODUKTIVITÄTSZUWACHS

Neue Designmöglichkeiten durch selektives Laserschmelzen halbieren Gewicht eines Werkzeugs der Mapal Fabrik für Präzisionswerkzeuge Dr. Kress KG



Qualitative Produkte und Engineering für den Einzelfall ist seit jeher eine Stärke der Herbert Hänchen GmbH & Co. KG. Sie entwickelt, testet und produziert mit über 200 Mitarbeitern Hydraulikzylinder, Klemmeinheiten, Antriebssysteme und Maschinenelemente. Dabei ist Hänchen am Markt für hydraulische Sonderlösungen besonders bekannt.

Leichtbau Hydraulikzylinder von Hänchen sind weltweit die ersten, deren Kolbenstange und Zylinderrohr aus Carbon bestehen. Sie reduzieren das Gewicht um bis zu 80 % und erlauben korrosionsfreie oder amagnetische Konstruktionen. Durch die geringere Kolbenstangenmasse ergibt sich eine Energieeinsparung im Betrieb von Hydraulikzylindern um bis zu 50 %, zudem werden die technischen Grenzen bzgl. Dynamik erweitert.

Bei Hänchen sprechen wir von H-CFK. Dies beschreibt den hochbelastbaren Verbund von CFK (Carbonfaser-verstärkter Kunststoff) und anderen Komponenten, die zu einem Werkstoff veredelt werden. Dafür war die Entwicklung drei neuer Technologien bzw. Verfahren notwendig:

1. Runde H-CFK Bauteile, in drei Dimensionen hochbelastbar

Carbon ist ein anisotroper Werkstoff und muss daher für die jeweilige Anforderung designt werden. Das bedeutet, dass je nach gewünschter Bauteilfestigkeit und Biegesteifigkeit die Lage, Anzahl und Art der Carbonfasern zu definieren ist.

2. Hochfeste Verbindung zwischen CFK und Metall

Für die Montage von Carbon-Bauteilen sind oft metallische Enden notwendig, jedoch können in Carbon keine kraftübertragenden Gewinde oder Bohrungen eingebracht werden. Bei Hänchen wird das Metallstück in einem eigens entwickelten Verfahren bei der Produktion der Stange mit eingebunden, denn konventionell geklebte Verbindungen halten sehr hohen Belastungen nicht stand.

3. Harte, dichte und verschleißfeste Oberfläche

Reines CFK ist für eine mechanische Feinbearbeitung nur bedingt geeignet. Daher wird bei der Produktion von H-CFK eine harte, dichte und verschleißfeste Oberfläche eingebracht, die den Carbon-Grundkörper versiegelt.

Auf einen Blick

- Runde H-CFK Bauteile, in drei Dimensionen belastbar
- Hochfeste Verbindung zwischen CFK und Metall
- Harte, dichte und verschleißfeste Oberfläche

Weitere Infos unter www.haenchen.de

Das Aalener Unternehmen MAPAL Fabrik für Präzisionswerkzeuge Dr. Kress KG gehört zu den international führenden Anbietern von Präzisionswerkzeugen für die Zerspaltung nahezu aller Werkstoffe. Das 1950 gegründete Unternehmen beliefert namhafte Kunden vor allem aus der Automobil- und Luftfahrtindustrie und dem Maschinen- und Anlagenbau. Mit seinen Innovationen setzt das Familienunternehmen Trends und Standards in der Fertigungs- und Zerspaltungstechnik.

Seit 2013 forscht Mapal an der Werkzeugherstellung durch additive Fertigung. Als einer der ersten Hersteller von Zerspaltungswerkzeugen hat die Firma aus dem Ostalbkreis in einen 3D-Drucker investiert, um mittels Selective Laser Melting (SLM) ganz neue Wege bei der Herstellung von Werkzeugen, die auf konventionellem Weg nicht oder nicht optimal hergestellt werden können, zu beschreiten. Mit Erfolg: Rund zwölf Monate vergingen zwischen der Inbetriebnahme des ersten 3D-Druckers und der ersten Patentanmeldung.

Mapal nutzt als eines der ersten Unternehmen der Branche das additive Produktionsverfahren des selektiven Laserschmelzens, um das Gewicht von Werkzeugen zu reduzieren. Außenreihahlen sind prädestiniert für Leichtbau: Sie funktionieren umso besser, je leichter sie sind – insbesondere bei der Bearbeitung von Wellen mit kleinen Durchmessern.

Ein herkömmlich gefertigtes Werkzeug aus Stahl zur Bearbeitung eines Durchmessers von 8,5 mm wiegt bereits 400 Gramm. Dieses Gewicht und die resultierende Trägheit schränken die maximal möglichen Schnittgeschwindigkeiten stark

ein. Durch eine speziell entwickelte, zum Patent angemeldete Rippenstruktur im Inneren des Werkzeuges ist es durch Laserschmelzen gelungen, die Reihahle mit einem Gewicht von 172 Gramm herzustellen, das Gewicht also mehr als zu halbieren. Möglich machen dies neue Design-Optionen, die mit bisherigen Verfahren nicht realisiert werden konnten.

Die Bearbeitung kann mit den lasergesinterten Außenreihahlen nun schneller und mit höherer Genauigkeit durchgeführt werden. Dies resultiert in einer deutlichen Produktionssteigerung als Mehrwert für den Kunden.

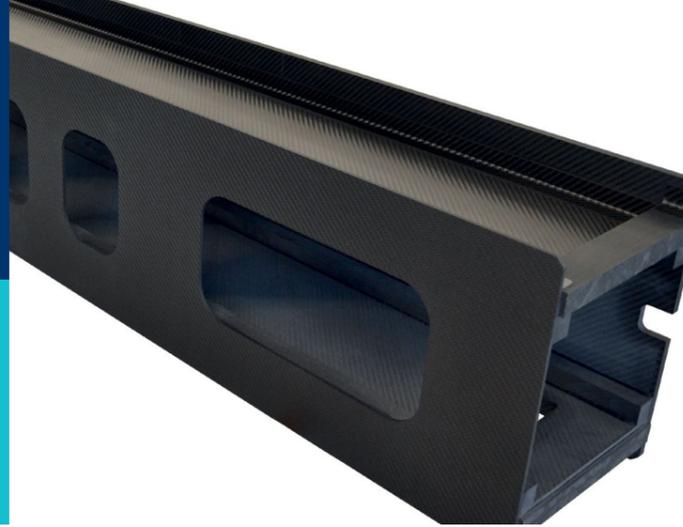
Auf einen Blick

- Serienreifer Einsatz der additiven Fertigungsverfahren
- Gewichtshalbierung durch mittels Laserschmelzen hergestellter Rippenstruktur
- Leichtbau-Außenreihahlen ermöglichen schnellere Bearbeitung und höhere Genauigkeit

Weitere Infos unter www.mapal.com

CFK-WERKSTOFFE IM MASCHINENBAU

Haufler Composites GmbH & Co. KG:
CFK-Bauteile und -Werkstoffe für den
Werkzeugmaschinenbau



Haufler Composites produziert CFK-Plattenhalbzeuge, CFK-Komponenten und bietet außerdem ein breites Spektrum an Rohmaterialien wie Geweben, Fasern, Prepregs und Compositharzen zur Herstellung von Faserverbundbauteilen an.

Die CFK-Plattenwerkstoffe können konventionell mittels Fräsen oder Wasserstrahlschneiden bearbeitet werden. Passend zur jeweiligen Anwendung können Faserart, Faserorientierung und Matrixsystem der Halbzeuge projektspezifisch abgestimmt werden.

Im Bereich der Carbonfaserbauteile, die bei Haufler Composites gefertigt werden, liegt der Fokus auf technischen Anwendungen wie etwa im Maschinenbau. Durch ihre sehr hohe spezifische Steifigkeit bieten Carbonfaserwerkstoffe ein hohes Potenzial für bewegte Komponenten wie etwa Linearrachsen von CNC-Maschinen. Für die Laserschneidanlagenbaureihe »Stiefelmayer effective« fertigt Haufler Composites CFK-Komponenten wie die Y-Achse und den Kreuzschlitten. Der CFK Brückengrundkörper der Y-Achse bringt es dabei auf 40 kg – eine vergleichbare Achse aus Stahl wiegt je nach Bauweise rund 125 kg bis 150 kg.

Da bei dem Herstellungsverfahren keine Werkzeugkosten anfallen, können auch Einzelstücke oder kleine Serien wirtschaftlich hergestellt werden. Kastenprofile wie die Y-Achse können auf diese Weise mit sehr hohen Biege- und Torsionssteifigkeiten hergestellt werden.

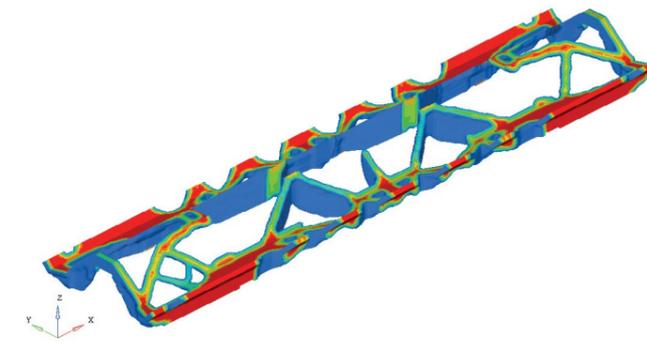
Auf einen Blick

- CFK-Plattenwerkstoffe konventionell mittels Fräsen oder Wasserstrahlschneiden bearbeitbar
- Carbonfaserwerkstoffe bieten eine hohe spezifische Steifigkeit

Weitere Infos unter www.haufler.com

DEUTLICHE WETTBEWERBSVORTEILE DURCH LEICHTBAU

Topologieoptimierter Nadelbettenträger einer Flachstrickmaschine der H. Stoll AG & Co. KG reduziert Kosten um knapp 7 %



Die H. Stoll AG & Co. KG aus Reutlingen gehört zu den führenden Flachstrickmaschinenherstellern weltweit. Dem Unternehmen ist es durch die Kooperation mit Forschungsinstituten gelungen, Leichtbau erfolgreich umzusetzen.

Die Reduktion von Kosten trägt maßgeblich dazu bei, dem zunehmenden Wettbewerbsdruck auf internationalen Märkten zu begegnen. Leichtbau etwa hilft dabei, den Materialeinsatz und damit Kosten zu reduzieren.

Im Rahmen einer Studie konnte der erforderliche Materialeinsatz an einer statischen, gewichtsintensiven Maschinenkomponente verringert und damit die Herstellkosten reduziert werden. Bei einem Nadelbettenträger wurde das Gewicht durch die Anwendung einer Topologieoptimierung um rund 30 % von 251 auf 174 kg gesenkt, wodurch die Herstellkosten um knapp 7 % geringer ausfielen. Die höheren Entwicklungskosten amortisieren sich durch Einspareffekte bei den Stückkosten in weniger als einem Jahr.

Durch das geringere Gesamtmaschinengewicht ergeben sich zudem Einsparpotenziale bei den Transportkosten. Weitere denkbare Effekte durch die Materialeinsparung sind möglicherweise kürzere Nachbearbeitungszeiten und Umsatzsteigerungen durch das geringere Gesamtmaschinengewicht. Durch die Materialeinsparung entsteht ein Wettbewerbsvorteil, und eine höhere Rendite kann mittelfristig erwirtschaftet werden.

Laut Statistischem Bundesamt liegen im Verarbeitenden Gewerbe die anfallenden Kosten für Rohstoffe und Materialien bei 46 % des Bruttoproduktionswertes. Energie hat zum Vergleich nur einen Anteil von 2,1 %. Materialeinsparungen durch Leichtbaumaßnahmen haben daher großes Potenzial zur Reduktion der Herstellkosten.

Hochgerechnet auf den gesamten deutschen Maschinenbau ließen sich durch die Materialeinsparung aus dem Beispiel der jährliche Stahlverbrauch um 1,53 Millionen Tonnen und der CO₂-Ausstoß pro Jahr um rund 2 Millionen Tonnen verringern.

Auf einen Blick

- Gewichtseinsparung von 30 % durch Topologieoptimierung
- Geringerer Materialeinsatz führt zu 7 % geringeren Herstellkosten
- Amortisation der Entwicklungskosten für Leichtbaulösung innerhalb kürzester Zeit

Weitere Infos unter www.stoll.com

INNOVATIVE FRÄSWERKZEUGE AUS DEM 3D-DRUCKER

Komet Group stößt mit additiver Fertigung in neue Dimensionen der Werkzeugauslegung und -produktion vor



Die Komet Group ist einer der führenden Komplettanbieter für Präzisionswerkzeuge und zählt seit beinahe 100 Jahren zu den Innovationsführern der Branche. Auf der permanenten Suche nach Verbesserungsmöglichkeiten beschäftigen sich die Entwicklungsingenieure bereits seit Jahren damit, welche konkreten Potenziale additive Fertigungsverfahren bieten und wie sich diese erschließen lassen.

Die Möglichkeiten sind enorm. Denn bei additiver Fertigung lässt sich die Werkzeuggeometrie innen und außen frei gestalten – wodurch das Verfahren auch zu den Kerndisziplinen des Leichtbaus zählt. Eine wichtige Voraussetzung ist jedoch geeignete Maschinen- und Verfahrenstechnik.

Um die optimalen Voraussetzungen zu schaffen, ging die Komet Group im Jahr 2015 eine Partnerschaft mit Renishaw ein, einem Unternehmen, das auf dem Gebiet des 3D-Metalldrucks zu den weltweit führenden Maschinenherstellern gehört. Renishaw-Maschinen nutzen das Verfahren »selektives Laserschmelzen« unter Argon-Schutzgasatmosphäre. Damit erreicht das Gefüge der damit erzeugten Werkstücke eine bis zu 99,9 % gleiche Struktur, wie gewalzte oder gegossene Metallteile. Die Komet Group entwickelte im Rahmen dieser Partnerschaft bereits in kurzer Zeit verschiedene neue Werkzeuge. Sie zeichnen sich durch gesteigerte Leistungsfähigkeit und Produktivität aus, was für die Kunden einen deutlichen Mehrwert schafft.

Bereits seit Anfang 2016 sind verschiedene Komet PKD-Fräswerkzeuge in produktivem Einsatz, deren Schneidträger additiv per Laserschmelzen gefertigt werden. Durch den 3D-Druck lässt sich – abhängig vom Durchmesser – eine deutlich größere Zähnezahl realisieren, die zusammen mit einer HPC-optimierten Schneidengeometrie in der Anwendung um bis zu 50 % höhere Vorschubgeschwindigkeiten ermöglicht. Bei diesen Fräsern nutzt Komet zudem die freie Gestaltbarkeit der additiven Fertigung, um den Verlauf der Kühlkanäle im Inneren des Werkzeugs ideal auszulegen. Geschwungene

Kanalführungen sind exakt so platziert, dass jede Schneide optimal von einem separaten Kühlkanal versorgt wird. Von diesen Vorteilen profitieren verschiedene, bereits zum Patent angemeldete Varianten dieser Komet-Fräswerkzeuge, zum Beispiel die PKD-Einschraubfräser HPC und die PKD-Schaftfräser HPC, durch deren schaftseitige Hartmetallausführung und die HPC-optimierte Schneidengeometrie sich trotz großem L/D-Verhältnis beachtliche Zeitspannungsvolumen erzielen lassen. Auch das HSK-Monoblockwerkzeug Komet JEL PKD-Planfräser HPC wird mit additiv hergestelltem Schneideträger ausgestattet.

Abgesehen von leistungsfähigeren Werkzeugen kann die Komet Group durch den 3D-Druck weitere Vorteile bieten. Da für die Fertigung außer dem in der Maschine befindlichen Laser keine Werkzeuge erforderlich sind, können auf einfache Weise und relativ kostengünstig individuelle Einzelstücke hergestellt werden, seien es Ersatzteile oder aber Prototypenwerkzeuge in verschiedenen Varianten. Zwar benötigt das Verfahren seine Zeit, da aber keine großen Vorarbeiten, Vorrichtungen und Maschinenwechsel notwendig sind, ist die Produktion solcher Teile per 3D-Druck meist schneller als auf konventionelle Art und Weise.

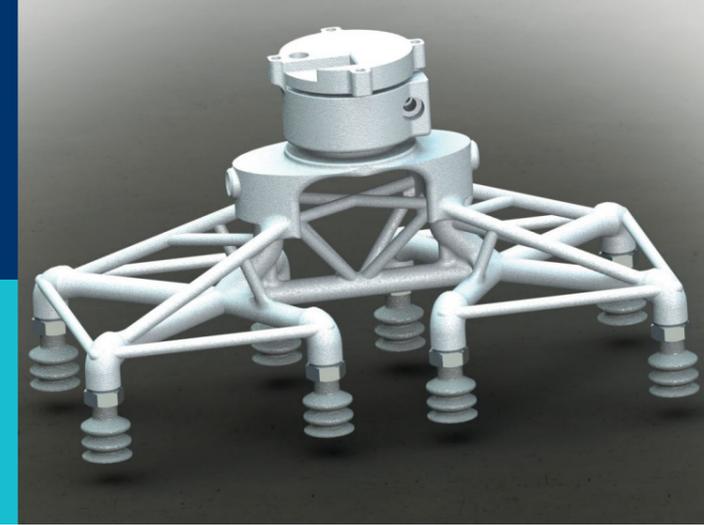
Auf einen Blick

- Reduzierung des Komponentengewichts – Werkstoff nur da, wo er für optimale Komponentenfunktionalität notwendig ist
- Kosteneinsparungen, weil Werkzeuge gar nicht oder maximal zur Nachbearbeitung erforderlich sind
- Erhöhte Designfreiheit – additive Fertigung ist nicht durch herkömmliche Fertigungsregeln eingeschränkt

Weitere Infos unter www.kometgroup.com

LEICHTER GREIFEN

Gewichtersparnis bei Vakuumgreifern der robomotion GmbH



Schnelles und sauberes Arbeiten ist heute in jeder Branche wichtig. Seit der Firmengründung im Jahre 2003 entwickelt robomotion Automatisierungslösungen aus einer Hand. Am Standort in Leinfelden-Echterdingen vereint das Maschinenbau- und Engineering-Unternehmen auf rund 1.500 m² Entwicklung, Konstruktion, Programmierung, Erstinbetriebnahme und Service unter einem Dach. Ein hochmotiviertes, junges Team von Ingenieuren entwickelt flexible, maßgeschneiderte Lösungen, mit denen sich komplexe Materialflüsse sicher, kostengünstig und nachhaltig beherrschen lassen.

Viele Roboter haben nur eine geringe Traglast, weshalb es besonders wichtig ist, jedes unnötige Gramm zu vermeiden. Mit Hilfe der Topologieoptimierung ist es gelungen, einen 8fach-Vakuumgreifer 50 % leichter zu machen als das Vorgängermodell, bei dem bereits auf eine leichte und trotzdem stabile Ausführung geachtet wurde. Erst durch die Gewichtsreduzierung konnte ein neuer Flansch ermöglicht werden, der das Auswechseln des Vakuumgreifers schneller und unkomplizierter macht. Trotz des geringeren Materialeinsatzes haben sich die auftretenden Spannungen und Verformung kaum geändert, wodurch die Traglast des Greifers unverändert bleibt.

Die Vakuumgreifer werden mit Hilfe der additiven Fertigung hergestellt. Beim selektiven Lasersintern kann das Polyamid ohne feste Formen miteinander verschmolzen werden, so dass man in der Gestaltung relativ frei von Fertigungsrestriktionen ist und lastgerechte Strukturen ausführen kann.

Auf einen Blick

- Leichtbau durch Topologieoptimierung
- Lastgerechte Strukturen dank additiver Fertigung herstellbar
- Einfacherer und schnellerer Werkzeugwechsel

Weitere Infos unter www.robomotion.de

WERKSTOFFAUSWAHL HALBIERT GEWICHT BEI GLEICHER LEISTUNG

Aluminium-Titan-Leichtbaulager der Hirschmann GmbH



Seit mehr als 50 Jahren entwickelt und fertigt die Firma Hirschmann zukunftsweisende Produkte unter anderem für Fahrzeugbau, Motorsport, Luft- und Raumfahrt, Gleisfahrzeuge, Maschinenbau, Schiffsbau und Windkraftanlagen. Die Kernkompetenzen liegen in den drei Produktlinien Gelenkköpfe und Gelenklager, Rundteiltische sowie Referenzsysteme. Das mittelständische Unternehmen aus Baden-Württemberg mit Vertriebsgesellschaften in den USA und in China beschäftigt aktuell rund 200 Mitarbeiter.

Die neueste Generation sphärischer Lager von Hirschmann spherical bearings sorgt durch niedriges Gewicht etwa im Fahrzeugbereich für maximalen Fahrspaß oder dynamische Performance bei geringem Verbrauch. Das Aluminium-Titan-Leichtbaulager erreicht die gleichen Leistungswerte wie die bislang verwendete Standard-Lagertechnik – und das bei halbem Gewicht und zu einem moderaten Preis.

Die innovative Entwicklung besteht aus einem hochfesten Außenring aus Aluminium, einem Innenring aus Titan und einer speziellen Gleitfolie, dem Hirschmann Liner aus PTFE mit Edelstahlstützgewebe. Im Vergleich zu einer herkömmlichen Lösung aus Stahl wurde das Gesamtgewicht um etwa 50 % reduziert. Das bedeutet mehr Performance in allen Situationen, beim Bremsen, Beschleunigen und in den Kurven.

Titan als Werkstoff ist extrem leicht, außerordentlich belastbar und langlebig. Wo immer hohe Festigkeit und geringes Gewicht auf der Liste der Anforderungen stehen, ist dieser Werkstoff erste Wahl. Das hochwertige Material spielt in Bezug auf Gewichtseinsparung in einer Liga mit Keramik, ist allerdings für Kunden angesichts des im direkten Vergleich günstigeren Preises attraktiver. Allerdings stellt Titan hohe Ansprüche an

die Bearbeitung und lässt sich nur schwer kalt umformen. Deshalb setzt Hirschmann bei seinen Leichtbau-Gelenklagern auf eine Materialkombination und verwendet Aluminium für den Außenring. Der Außenring ist um rund zwei Drittel leichter, der Titan-Innenring bringt ein Drittel weniger auf die Waage.

Auch beim Preis-Leistungs-Verhältnis schneidet das neue Produkt aus dem Kompetenzzentrum für Lagertechnik gut ab – es ist etwa doppelt so teuer wie herkömmliche Gleitlager. Der Mehrwert: In der Summe aller im Fahrzeug verbauten sphärischen Gleitlager bringt die neue Materialkombination eine deutliche Gewichtsersparnis.

Die Aluminium-Titan-Lager können in allen Bereichen Anwendung finden, in denen Leichtbau und Gewichtsreduzierung wesentliche Kriterien darstellen. Neben dem Automobilbau sind dies vor allem die Luft- und Raumfahrtindustrie, Modellbau oder Medizintechnik.

Auf einen Blick

- Stoffleichtbau mit Aluminium und Titan
- Leichtbaulösung mit gleicher Leistungsfähigkeit zu moderatem Preis
- Reduktion des Gewichts um etwa 50 %

Weitere Infos unter www.hirschmanngmbh.de

HYBRIDE KOMBINATION VON SCHMIEDEN MIT SELEKTIVEM LASERSCHMELZEN

Gewichtseinsparung und komplexe Strukturen bei Turbinenrädern von Rosswag GmbH



Das mittelständische Familienunternehmen Rosswag GmbH aus Pfinztal ist mit über 200 Mitarbeitern die größte Freiformschmiede Süddeutschlands und wird aus den Divisionen Edelstahl Rosswag und Rosswag Engineering gebildet. Seit mehr als 100 Jahren werden hier hochbelastbare Freiformschmiedeprodukte, unter anderem für den Energiemaschinenbau, die Luft- und Raumfahrtindustrie, die Kraftwerkstechnik, den Pumpenbau und die optoelektronische Industrie hergestellt.

Das richtige Verfahren an der richtigen Stelle ist die Leichtbau-Idee der Rosswag GmbH. Das Unternehmen kombiniert die Technologie des Schmiedens mit selektivem Laserschmelzen (SLM). Dort, wo bei Bauteilen wenig Komplexität und eher hochfestes Volumen gefragt ist, setzt die Firma auf konturnahes Freiformschmieden. Die komplexen Bereiche des Produkts werden durch additive Fertigung hinzugefügt.

Für eine Fallstudie wurden auf den Grundkörper eines Turbinenrads die Schaufelgeometrien additiv aufgebaut – inklusive innenliegender Kanäle zur Grenzschichtbeeinflussung. Damit nutzt Rosswag die Vorteile beider Verfahren, um eine ressourcen- und kosteneffiziente Herstellung von massiven Bauteilen mit komplexen, innenliegenden Strukturen zu realisieren. Die Grundidee liegt darin, massive Bauteilbereiche, mit einem großen Anteil an Materialvolumen, konturnah im Freiformschmiedevorgang herzustellen. Das Metall-Rohteil ist hochbelastbar und wird faserverlaufgerecht geschmiedet. Darauf wird anschließend, nach einer CNC-Bearbeitung der Fügefläche, in der SLM-Anlage additiv aufgebaut, um komplexe Strukturen zu ergänzen. Die neuentwickelte und optimierte Prozesskette ermöglicht dank additiver Fertigung zusätzlich neue konstruktive Freiheiten bei komplexen Geometrien und innenliegenden Strukturen.

Mittels selektivem Laserschmelzen fertigt Rosswag Metallbauteile, Prototypen, Werkzeuge oder Kleinserien direkt aus 3D-CAD-Dateien. Die formlos gefertigten Bauteile vereinen komplexe Geometrien und besondere Materialeigenschaften. Konstante Serienqualität und Qualitätsmanagement werden dabei groß geschrieben. Ein Fünftel der Mitarbeiter befasst sich mit Qualitätssicherung. Das Unternehmen ist vielfach zertifiziert.

Rosswag verfolgt das Ziel, die Bereiche der generativen Fertigung und Ingenieurdienstleistungen weiter auszubauen. Das Unternehmen will den Kunden nicht nur als Dienstleister unterstützen, sondern als Konstruktions- und Entwicklungspartner mit einer ganzheitlichen, firmeninternen Fertigungskette.

Auf einen Blick

- Kombination von Freiformschmieden und selektivem Laserschmelzen
- Komplexe Geometrien und neue konstruktive Freiheiten durch additive Fertigung
- Neue Produkte durch innovative Prozesskette

Weitere Infos unter www.edelstahl-rosswag.de

7 METHODIK DER STUDIE

Vorgehensweise

Die vorliegende Studie analysiert und lokalisiert auf Basis von Erfahrungswerten kleiner und mittelständischer Unternehmen, welche bereits mit Leichtbau in Berührung gekommen sind, Chancen, Potenziale und Risiken, die mit einer Einführung von Leichtbautechnologien im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau einhergehen. Im Rahmen der Studie wird eine systematische Sammlung von Experteneinschätzungen für zentrale Leichtbautechnologien in Bezug auf Herausforderungen, Potenziale und insbesondere generierte Mehrwerte, die mit dem Einsatz von Leichtbauprinzipien im Maschinenbau zusammenhängen, durchgeführt.

In einem ersten Schritt wurden zunächst bereits am Markt etablierte Anwendungsfälle identifiziert und gesammelt, sowie ein thematisch und inhaltlich anforderungsgerechter Fragenkatalog zur Ermittlung der aktuellen Industriebedarfe, der überwundenen Herausforderungen sowie der generierten Mehrwerte konzipiert. Auf dessen Grundlage wurde im Anschluss ein standardisierter Fragebogen für die erste Befragungsrunde erstellt und dieser mit den ausgewählten Personen in Form von Einzelinterviews durchgearbeitet. Diese Vorgehensweise erlaubt eine Aussage über die Experteneinschätzung in Bezug auf den Einsatz von Leichtbauprinzipien in einschlägigen Branchen des Maschinen-, Anlagen- und Gerätebaus.

Die Durchführung der Experteninterviews erfolgte größtenteils telefonisch innerhalb eines zeitlichen Rahmens von 30 bis 60 Minuten. Im Zuge der Befragungen wurden Gespräche sowohl mit »Praktikern« (z. B. Produktionsleiter) als auch mit »Entscheidern« (z. B. Geschäftsführern) aus der Industrie geführt. Dies gewährleistet unterschiedliche Anwenderperspektiven und Herangehensweisen an eine Einführung von Leichtbau. Auf eine Befragung von Vertretern aus Wissenschaft, Forschung und Mitgliedern von Verbänden wurde explizit verzichtet. Die Experteneinschätzungen ergaben neben numerisch erfassbaren Ergebnissen auch qualitative Erkenntnisse,

welche die Erfahrungen der Unternehmen bei der Einführung von Leichtbau in ihre Produkte und Verfahren wiedergeben. Außerdem wurden konkrete Bedarfe benannt, aus denen zukünftige Anforderungen für Ausbildung, Lehre und Studium abgeleitet sowie fehlendes Fachwissen herausgearbeitet werden konnte. Als Ergebnis der Studie werden die Expertenaussagen kategorisiert und Handlungsempfehlungen explizit für kleine und mittelständische Unternehmen formuliert. Insgesamt wurden 22 Unternehmen befragt.

Teilnehmerprofil der Experteninterviews

Zum Erhalt eines möglichst praxisorientierten Bildes der Bedarfe, Hemmnisse und Chancen, welche eine Einführung von Leichtbauprinzipien mit sich bringt, wurden stets die Projektverantwortlichen, die mit der Realisierung des initialen Leichtbauprojektes betraut waren, interviewt. Aufgrund der praxisorientierten Herangehensweise sowie der meist flachen Hierarchiestrukturen der Maschinen- und Anlagenbauer ergibt sich durch die Befragung ein Bild, welches die Sichtweise sowohl von Entscheidern in leitender Funktion, als auch diejenige von Praktikern an der Basis wiedergibt.

Es wurden sowohl Betriebe befragt, die bereits konkrete Leichtbauprodukte anbieten als auch solche Unternehmen, die Leichtbaulösungen entwickeln und produzieren, z. B. als Ingenieurdienstleistungen, Halbzeug- oder Komponentenlieferanten. Die Fragebögen für die Interviews wurden entsprechend angepasst. Alle befragten Unternehmen hatten bereits Erfahrungen im Einführungsprozess von Leichtbau in ihren Produkten und Verfahren. Der Großteil der Unternehmen verfolgt den Leichtbau auch aktuell noch. Lediglich in Einzelfällen wird der Leichtbau nicht mehr verfolgt.

Um die Studie korrekt einzuordnen, werden nachfolgend die Selbstauskünfte der Befragten aufgeführt. Bezüglich der Unternehmensgröße ergibt sich die in Abbildung 12 gezeigte Verteilung unter den Teilnehmern: Etwa Dreiviertel der Unternehmen zählen weniger als 1000 Mitarbeiter. Bedeutend

in diesem Zusammenhang ist die Aussage aller befragten Unternehmen, dass diese sich als mittelständische und Familienunternehmen sehen, auch wenn die Zahlen keine Kategorisierung in den klassischen Mittelstand erlauben. Zieht man die Definition für KMU der Europäischen Union heran (250 Mitarbeiter, Jahresumsatz von höchstens 50 Millionen €), so sind

in Bezug auf das Umsatzvolumen 50 % und bei Betrachtung der Mitarbeiterzahlen 59 % in diese Kategorie einzuordnen. Die Studie ergibt damit ein charakteristisches Abbild in Bezug auf die Nutzung von Leichtbauprinzipien im klein- und mittelständisch geprägten deutschen Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau.

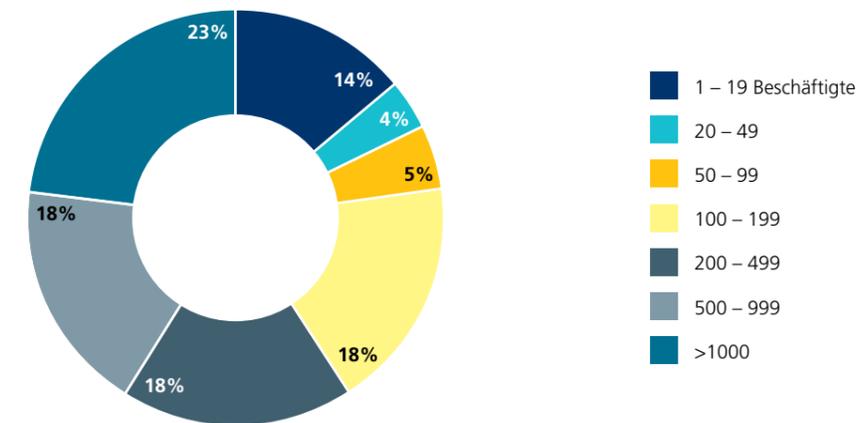


Abbildung 12: Unternehmensgröße nach Mitarbeitern

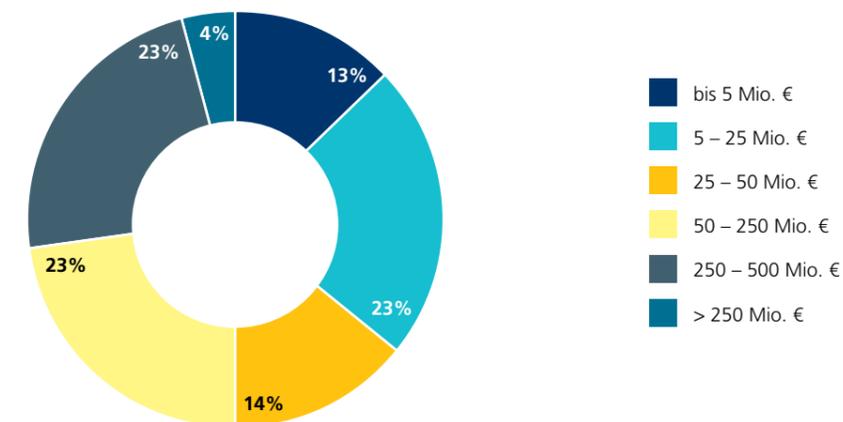
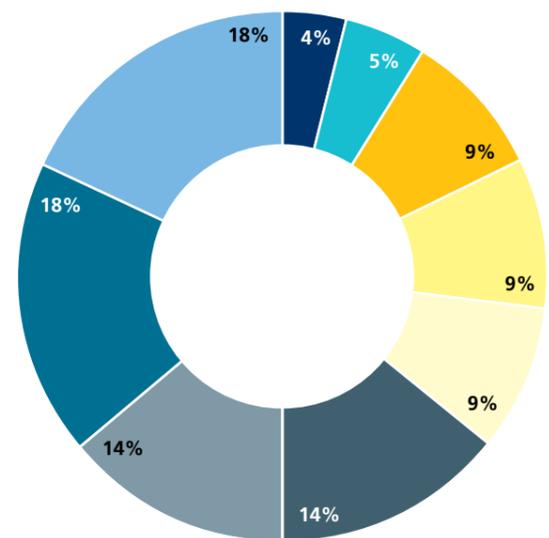


Abbildung 13: Unternehmensgröße nach Umsatz



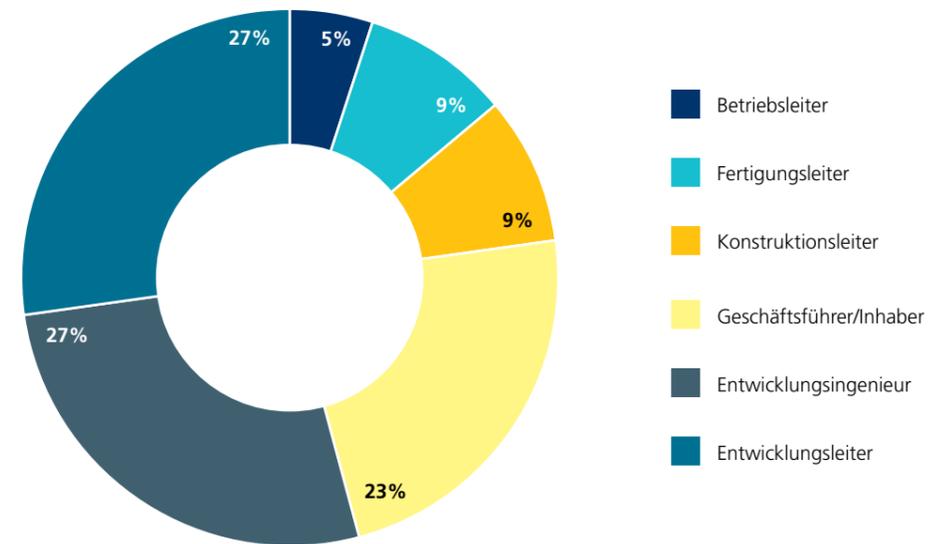
Die Industriezweige, in denen die Unternehmen tätig sind, können Abbildung 14 entnommen werden. Ein großer Anteil ist in der klassischen Werkzeugmaschinenindustrie beheimatet, inklusive der nötigen Werkzeuge (45 %). 14 % der Firmen stellen Maschinenkomponenten, -elemente oder Baugruppen her, vorwiegend für das produzierende Gewerbe. Konkret erstrecken sich die Maschinenkomponenten dabei von Normteilen über Antriebseinheiten bis hin zu Vorrichtungen. 27 % der befragten Experten stehen bei Unternehmen in Lohn und Brot, die Maschinen und Anlagen für die Textil-, Elektronik- und Verpackungsmaschinenindustrie produzieren, bzw. Komponenten, Anlagen- und Maschinenteknik für Automatisierungsapplikationen herstellen. Die Mehrheit der

Unternehmen sind damit Produzenten von Maschinen, Anlagen und Fertigungskomponenten. 14 % der befragten Unternehmen befassen sich mit der Herstellung von Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen, bzw. bieten Dienstleistungen für Maschinenkomponenten aus Faserverbundwerkstoffen an. Das Spektrum der Funktionen der befragten Personen in den jeweiligen Unternehmen erstreckt sich von Entwicklungsingenieuren (27 %), Betriebsleitern (5 %), Konstruktionsleitern (9 %) über Entwicklungsleiter (27 %) bis hin zu Geschäftsführern, bzw. Inhabern (23 %). Die Studie gibt damit mit rund 70 % die Meinung wichtiger Entscheider in den Betrieben wieder (Abbildung 15).



- Textil- und Bekleidungsmaschinen
- Für Hebe-, Förder- sowie Be- und Entladetätigkeiten ausgelegte mechanische Greifer und Industrieroboter
- Fertigungs-, Verpackungs- und Automatisierungsanlagen
- Maschinen zur Elektronischen Baugruppenfertigung
- Werkzeugmaschinen zur strahlenden Bearbeitung
- Bauteile aus Faserverbundwerkstoffen
- Maschinenkomponenten, -elemente und Baugruppen
- Spannende Werkzeugmaschinen
- Werkzeuge und Spannmittel zur spanenden Bearbeitung

Abbildung 14: Branchen der Umfrageteilnehmer



- Betriebsleiter
- Fertigungsleiter
- Konstruktionsleiter
- Geschäftsführer/Inhaber
- Entwicklungsingenieur
- Entwicklungsleiter

Abbildung 15: Funktion im Unternehmen

8 STIMMUNGSBILD

Hemmnisse

»Eine Herausforderung im Werkzeugmaschinenbau ist die Schadensbeurteilung nach einer Kollision der Maschinenachse. Metallische Werkstoffe zeigen nach einem Crash plastische Verformungen, die entsprechend bewertet werden können. Bei Faserverbundwerkstoffen ist es nicht ohne Weiteres möglich, beschädigte Laminatstrukturen zu identifizieren. Dies ist einer der Hauptgründe, warum Maschinenbetreiber Vorschubachsen mit CFK-Komponenten skeptisch gegenüberstehen.«

Gunther Nagel, Konstruktionsleiter, EiMa Maschinenbau GmbH

»Ein Werkzeugmaschinenleben ist lang. Es fehlen belastbare Untersuchungen bezüglich der Langzeitstabilität von Faserverbundwerkstoffen unter realen Zerspanungsbedingungen. Vor dem Hintergrund von Haftungsfragen sehen viele Hersteller von einem Einsatz dieser Werkstoffklasse ab.«

Bernd Zapf, Development New Business & Technology, Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH

»Aufgrund der im Sondermaschinenbau vorherrschenden performanten Zeitschienen in den Projekten sind für Grundsatzentwicklungen – die es für die Einführung von ›Leichtbau‹ bedarf – oft keine personellen und zeitlichen Ressourcen verfügbar. Diese muss die Geschäftsleitung aber bereitstellen, um ein ›Herantasten‹ an neue Technologien zu erlauben.«

Dr.-Ing. Andreas Wolf, Geschäftsführer, robomotion GmbH

»Traditionelle Ingenieure haben Probleme mit dem Einsatz von ›Plastik‹ in deren konstruktiven Lösungen. Der Grund hierfür sind fehlende Erfahrungen und Wissenslücken im Umgang mit Kunststoffen.«

Jochen Ehmer, Geschäftsführer, Schunk electronic solution GmbH

»Für viele Konstrukteure ist eine Substitution von Stahl durch Aluminium schon mit Überwindung verbunden, da dem etablierten Stahl am meisten vertraut wird und mit anderen Materialien keine Erfahrung vorhanden ist. Eine Lösung mit alternativen Werkstoffen oder gar Faserverbunden ist für den klassischen Maschinenbauer dann ein Quantensprung, da dem Werkstoff nicht ›vertraut‹ wird.«

Thomas Stober, Technischer Leiter Mechanik Wellpappe-Verarbeitungssysteme, Wilhelm Bahmüller Maschinenbau Präzisionswerkzeuge GmbH

»Mangelnde Kenntnis über mögliche Partner, die über Kompetenzen in Faserverbundtechnologie verfügen, lässt viele Maschinenbauer vor dem Einsatz dieser Hightech-Werkstoffe zurückschrecken. Dabei geht es vor allem um Unterstützung bei der Auslegung in der Konzeptionsphase und bei der fertigungstechnischen Umsetzung.«

Matthias Graf, Direktor für Technologie und Business Development, Dieffenbacher GmbH Maschinen- und Anlagenbau

»Das Problem beim großvolumigen Einsatz von Leichtbauwerkstoffen im Maschinenbau sind die fehlenden Stückzahlen. Ein durchschnittlicher Maschinenbauer baut 5 – 20 Maschinen eines Typs im Jahr, von größeren mehrere Hundert. Das reicht oft nicht für hohe Automatisierungsgrade und zügige Amortisation aus. Damit bleiben die Kosten relativ hoch.«

Martin Neumann, Geschäftsführer, Rampf Machine Systems GmbH & Co.KG

»Leichtbau wird vorschnell mit Faserwerkstoffen gleichgesetzt. Leichtbau ist aber viel mehr als CFK. Man kann auch mit klassischen Metallwerkstoffen z. B. mit Stahlblech Leichtbau vom Feinsten betreiben.«

Dr.-Ing. Gerhard Hamann, Grundlagen & Technologieplattformen, Trumpf Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG

»Solange keine rein maschinelle Produktion mit konstant hoher Bauteilqualität realisiert ist, werden sich Faserwerkstoffe aufgrund der Anforderungsprofile und Kostenstruktur im Maschinenbau nicht durchsetzen.«

Prof. Dipl.-Ing. (FH) Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Andreas Schuster, Entwicklung Spanntechnik und Greifsysteme Schunk GmbH & Co. KG

»Hemmnisse sind im Wesentlichen die noch aufwendigen Herstellungsprozesse und die damit verbundenen Kosten.«

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer, Institutsleiter Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), wbk Institut für Produktionstechnik

Bedarfe

»Derzeit herrscht ein ›Henne-Ei-Problem‹: Die Stückzahlen, die der Maschinenbau abnehmen könnte sind zu gering, um eine Zuliefererindustrie mit entsprechender Struktur zu etablieren. Auf der anderen Seite muss sich diese erst etablieren, damit es zu einem weit verbreiteten Einsatz von Leichtbau im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau kommt. Aus diesem Grund bedarf es Mut zur Umsetzung von Leichtbau-Pilotanwendungen, die wiederum als Leuchttürme für andere Unternehmen dienen können.«

Matthias Graf, Direktor für Technologie und Business Development, Dieffenbacher GmbH Maschinen- und Anlagenbau

»Bedarf ist deshalb die weitere Erforschung der Leichtbaufertigungsprozesse mit dem Ziel, die Herstellkosten zu senken.«

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer, Institutsleiter Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), wbk Institut für Produktionstechnik

»Nur wenn die Konstrukteure mehr Wissen über die Leichtbauwerkstoffe an sich und deren Einsatz als Konstruktionswerkstoff erhalten, wird sich Leichtbau im Maschinenbau durchsetzen können, idealerweise gelingt dies durch konkrete praktische Beispiele und Applikationsdatenbanken erfolgreich umgesetzter Lösungen anhand derer gelernt werden kann.«

Thomas Stober, Technischer Leiter Mechanik Wellpappe-Verarbeitungssysteme, Wilhelm Bahmüller Maschinenbau Präzisionswerkzeuge GmbH

»Hilfreich wäre die Sammlung von Leichtbau-Lösungsansätzen in Form eines ›Leichtbau-Handbuchs für den Maschinen- und Anlagenbau‹, welches die vielseitigen Möglichkeiten aufzeigt. Dies würde die Verbreitung des Leichtbaus im Maschinen- und Anlagenbau fördern, Ansätze liefern und den Entwicklungsaufwand reduzieren.«

Gunther Nagel, Konstruktionsleiter, EiMa Maschinenbau GmbH

»Die Umsetzung von Leichtbau im Maschinenbau im großen Stil ist eine Generationenaufgabe, die großer Anstrengungen in Hochschulausbildung und Lehre, aber auch Überzeugungsarbeit bei den potenziellen Kunden bedarf.«

Martin Neumann, Geschäftsführer, Rampf Machine Systems GmbH & Co.KG

»Erkenntnisse über Faserverbundwerkstoffe als Konstruktionswerkstoff im Maschinenbau fehlen teilweise völlig, besonders in Bezug auf das Langzeitverhalten. Hier muss Wissen aufgebaut und im herkömmlichen Maschinenbaustudium vermittelt werden, um die zukünftigen Mitarbeiter zu befähigen, mit Faserverbundwerkstoffen umzugehen.«

Bernd Zapf, Development New Business & Technology, Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH



»Basis für einen weitreichenden Einsatz von FVK in Maschinen ist die Sicherstellung der hohen Prozess- und Qualitätsanforderungen; auch deshalb muss mehr FVK-Know-how bei den Konstrukteuren und Entwicklern des Maschinenbaus aufgebaut werden.«

Prof. Dipl.-Ing. (FH) Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Andreas Schuster, Entwicklung Spanntechnik und Greifsysteme SCHUNK GmbH & Co. KG

»Leichtbautechnologien müssen in den Lehrplänen von Hochschulen und Berufsschulen verankert werden. Besondere Aufmerksamkeit muss auf die Fügetechnik – und hier ganz besonders dem Materialmix – gelegt werden. Hybridbauweisen werden sich durchsetzen. Neben dem Material- und dem Strukturleichtbau muss der Systemleichtbau stärker in den Vordergrund treten. Leichtbaupotenziale müssen vom Gesamtsystem her bewertet werden.«

Dr.-Ing. Gerhard Hammann, Grundlagen & Technologieplattformen, Trumpf Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG

»Ein kompetenter Partner, der über Know-how in Fertigung und Konstruktion verfügt, ist die Grundlage für die Einführung der Faserverbundtechnologie in einem KMU. Idealerweise wählt man als Einstieg ein Pilotprojekt mit geringem technischem und finanziellem Risiko.«

Jochen Ehmer, Geschäftsführer, Schunk electronic solution GmbH

Potenziale

»Leichtbau macht da Sinn, wo schnell etwas bewegt werden muss. Hier kann Energie eingespart werden, die dann für eine dynamischere Bewegung genutzt werden kann.«

Gunther Nagel, Konstruktionsleiter, EiMa Maschinenbau GmbH

»Das bisher mit Leichtbau abgeschöpfte Optimierungspotenzial ist erst die Spitze des Eisbergs.«

Dr.-Ing. Andreas Wolf, Geschäftsführer, robomotion GmbH

»Mit hybriden Lösungsansätzen, einem Mix aus Faserverbundhalbzeugen und Nutzung bewährter Technologien wie der Blech- und Kastenbauweise und konventioneller Montage- und Fertigungstechniken lassen sich trotz der hohen Materialgrundkosten auch im Maschinenbau wirtschaftliche Leichtbau-Lösungen realisieren.«

Matthias Graf, Direktor für Technologie und Business Development, Dieffenbacher GmbH Maschinen- und Anlagenbau

»Leichtbau bietet besonders hohes Potenzial für Anwendungen, die im Grenzbereich ihrer Nutzlast laufen und bei denen mit konventionellen Methoden keine Verbesserungen mehr zu erzielen sind. Leichtbau ist implizit Grundlage jeder Fragestellung, in der es um Downsizing geht. Damit ergibt sich für Leichtbautechnologien in doppelter Hinsicht hohes Potenzial.«

Prof. Dipl.-Ing. (FH) Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Andreas Schuster, Entwicklung Spanntechnik und Greifsysteme Schunk GmbH & Co. KG

»Bei Pick-and-place-Applikationen kann ein direkter Kundennutzen abgeleitet werden, wenn die Leichtbaumaßnahmen zu einer Taktzeitersparnis führen. Beispiele von Anwendungen in der Leiterplattenindustrie zeigen, dass die Anlagenproduktivität durch den Einsatz von Leichtbautechnologien um bis zu 20 % erhöht werden kann.«

Jochen Ehmer, Geschäftsführer, Schunk electronic solution GmbH

»Leichtbau mit Faserverbund lohnt sich, wenn Produktivitätssteigerungen bei gleichzeitig geringem Kostenzuwachs erreicht werden können. Dies gelingt, wenn die Balance aus hergestellten Stückzahlen und Anwendungsfall stimmt. Am Beispiel einer konkreten hochdynamischen Anwendung konnten wir so die Produktivität um 3 % steigern, bei einer Kostensteigerung von lediglich 1,2 %.«

Bernd Zapf, Development New Business & Technology, Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH

»Eine Bereitschaft des Kunden Mehrkosten für Leichtbaulösungen zu tragen sehen wir – auch bei gesteigerter Anlagenperformance – nicht. Wir sehen den Leichtbau damit nicht primär als Mittel, um höhere Marktpreise zu erzielen, sondern, um Alleinstellungsmerkmale zu schaffen, damit der Kunde sich für unsere Lösungen entscheidet.«

Thomas Stober, Technischer Leiter Mechanik Wellpappe-Verarbeitungssysteme, Wilhelm Bahmüller Maschinenbau Präzisionswerkzeuge GmbH

»Leichtbau ist der Schlüssel zum High-end; dort wo Maschinen in Grenzgebiete der Dynamik vorstoßen, sind die Mehrwerte am größten.«

Dr.-Ing. Gerhard Hammann, Grundlagen & Technologieplattformen, Trumpf Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG

»Hochdynamische Anwendungen im Maschinenbau und damit die Notwendigkeit des Einsatzes von Leichtbauweisen werden zunehmen. Setzt sich ein Maschinenbau-Unternehmen erst in 5 oder 10 Jahren mit Leichtbauwerkstoffen auseinander, ist dies zu spät.«

Martin Neumann, Geschäftsführer, Rampf Machine Systems GmbH & Co.KG

»Potenziale liegen aufgrund geringerer Massen in einer höheren Dynamik von Maschinenkomponenten bzw. einer Energieeinsparung sowie der Möglichkeit der Funktionsintegration, beispielsweise lassen sich Sensoren und auch Leitungen sehr gut bereits in Faserverbundteile integrieren.«

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer, Institutsleiter Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), wbk Institut für Produktionstechnik

Allgemein

»Leichtbau und Maschinenbau: Das ist für mich die Kombination der traditionellen Technologien des Maschinenbaus mit alternativen Lösungskonzepten und Werkstoffen des Leichtbaus.«

Prof. Dipl.-Ing. (FH) Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Andreas Schuster, Entwicklung Spanntechnik und Greifsysteme, Schunk GmbH & Co. KG

9 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Studie Leichtbau im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau benennt Potenziale, identifiziert Hemmnisse und deckt Bedarfe für den Einsatz von Leichtbaulösungen in diesen Branchen auf und verdeutlicht diese auf Basis von Erfahrungswerten, die Unternehmen mit der Einführung von Leichtbauprinzipien in ihren Produkten gemacht haben.

Die Anwendungsgebiete für Leichtbau im Maschinenbau sind vielfältig, weswegen kein generelles Vorgehen für den Leichtbaueinsatz vorgestellt werden kann. Jedoch können aus den Ergebnissen der Studie Handlungsempfehlungen für die Realisierung und Einführung von Leichtbau gegeben, Bedarfe abgeleitet und potenzielle Anwendungsfelder identifiziert werden.

Die Studie zeigt, dass es trotz erfolgreicher kommerzieller Beispiele mit eindeutigem Mehrwert noch einiges an Aufklärungsaufbau bedarf, um den Leichtbau flächendeckend im Maschinenbau zu etablieren. Eine Tendenz hin zu Leichtbau kann auf Basis der Studienergebnisse nicht abgeleitet werden. Leichtbau scheint im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau zunächst immer noch ein Nischendasein für Sonderanwendungen zu fristen.

Erweiterung der Leichtbau-Anwenderkreise durch Belege der wirtschaftlichen und technischen Machbarkeit

Leichtbau macht da Sinn, wo Mehrwerte erzielt werden können und der Nutzen die Kosten überwiegt (»Leichtbau-Dreieck«). Als wichtigste Voraussetzung muss deshalb zunächst ein klarer Mehrwert definiert werden. Die Schwierigkeit besteht darin, beide Beurteilungsgrößen im Vorhinein abzuschätzen und zu eruieren, ob der Kunde bereit ist, Mehrkosten für die Leichtbaulösung zu akzeptieren. Zudem ist die Bestimmung eines klaren monetären Nutzens im Maschinenbau in der Regel jedoch nicht einfach möglich und hängt stark von der individuellen Fragestellung ab. Mehrwerte und Anwendungsbereiche werden besonders bei Applikationen mit hoher Dynamik bei gleichzeitig hoher Präzision zur Erreichung einer

maximalen Produktivität erzielt. Lediglich bei Applikationen, die eine »Operation pro Zeiteinheit« durchführen, welche gleichzeitig die systembestimmende Prozessgröße darstellt, wird Leichtbau als Grundkonzept von den Unternehmen in Erwägung gezogen, bzw. ist bereits realisiert. Eine Ausdehnung der Leichtbauaktivitäten auf andere Maschinentypen oder Applikationen kann derzeit nicht beobachtet werden.

Energieeinsparungen sind immer ein Thema, spielen aber aktuell bei einer Entscheidung zur Nutzung von Leichtbau lediglich eine untergeordnete Rolle. Leichtbau wird in der Regel bei Anwendungen in Betracht gezogen, bei denen konventionelle Werkstoffe an ihre physikalischen Grenzen gelangen. Hier herrscht quasi ein technologischer Zwang zur Einführung alternativer Ansätze. Vor diesem Hintergrund wird Leichtbau realisiert, oder wenn dadurch eine deutliche Steigerung relevanter technischer Parameter erreicht werden kann.

Leichtbau unter rein statischen Zielstellungen, z. B. zur Reduzierung des Materialeinsatzes, scheint in deutlich weniger Applikationen genutzt zu werden. Oft haben bei diesen Applikationen Kostensenkungen höchste Priorität und nicht technologische Anforderungen zur Erreichung einer höheren Leistung. Häufig werden dabei durch einen rein konstruktiven Leichtbau Material und damit Kosten eingespart. Kostensenkungen können ein Treiber für Leichtbau sein, wobei damit in erster Linie eine Simplifizierung oder Optimierung der Maschinenfunktionen verfolgt wird. Bei diesen Maßnahmen können zwar Gewichtseinsparungen eintreten, eine grundsätzliche Entscheidung für die Nutzung von Leichtbau steckt jedoch nicht dahinter.

Leichtbau im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau erweckt teilweise den Anschein, allein Hochleistungsprozessen im Premiummaschinensegment vorbehalten zu sein. Diese Aussage gilt besonders für Faserverbundwerkstoffe. Es existieren jedoch auch vergleichsweise simple Produkte, die durch Leichtbau deutlich aufgewertet werden, wie zum Beispiel Leichtbau-Ma-

schinenelemente. Auch in diesem Zusammenhang gilt, dass keine eindeutige Aussage darüber getroffen werden kann, unter welchen Rahmenbedingungen, für welche Produkte oder Maschinentypen Leichtbau Sinn macht und wo nicht. Dies ist eines der Kernergebnisse der Studie.

Der Nimbus des Hochleistungswerkstoffs mit hohen Umsetzungskosten haftet besonders den Faserverbundwerkstoffen an. Daneben existiert eine ganze Reihe von Vorbehalten gegenüber Kunststoffen als Konstruktionswerkstoff im Allgemeinen: kostenintensiv, fertigungstechnisch nicht beherrschbar, nicht dauerstabil, minderwertig sind nur einige. Es existieren jedoch auch in diesem Zusammenhang unzählige Belege für eine wirtschaftlich umgesetzte Lösung, die in einem Kostenvergleich konventionellen Alternativen standhalten. Auch in diesem Zusammenhang sind weitere Erfolgsbeispiele aus der Praxis von unschätzbarem Wert.

Die Befragungen machten deutlich, dass Leichtbau häufig direkt mit Faserverbundwerkstoffen gleichgesetzt wird. Da diese Werkstoffklasse besonders in Bezug auf die Kostenstruktur bei kleinen und mittleren Stückzahlen des Maschinenbaus gewisse Nachteile offenbart, muss darauf geachtet werden, dass der Leichtbau mit konventionellen Mitteln, hybriden Prinzipien, anderen Leichtbauwerkstoffen oder reinen Optimierungen ebenfalls in Betracht gezogen wird, um die Unternehmen nicht völlig vom Leichtbau abzubringen.

Es bedarf weiterer erfolgreich umgesetzter Beispiele, die einen wirtschaftlichen Einsatz von Leichtbauprinzipien auch im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau belegen und dadurch weitere Unternehmen und Konstrukteure von den Potenzialen überzeugen.

Überwindung der Hemmnisse durch Wissenserwerb

Eine der Hauptursachen für die zurückhaltende Haltung der Maschinenbauer gegenüber Leichtbau ist die unklare Kenntnis des Mehrwertes. In diesem Zusammenhang müssen ebenfalls

die wenigen Beispiele, die existieren, genutzt und die klaren monetären und technischen Mehrwerte idealerweise numerisch quantifiziert werden. Dadurch können auch weitere Kundenkreise für Leichtbau sensibilisiert und eventuelle Mehrkosten für die Leichtbaulösung durchgesetzt werden.

Der Umstand, dass Leichtbauansätze aus den unterschiedlichsten Gründen (Kostendruck, Zeitschiene, Unwillen, ...) oft nicht umgesetzt werden und eher auf bewährte Technologien zurückgegriffen wird, hängt in erster Linie mit Wissenslücken und fehlender Erfahrung zusammen. Maschinenbauunternehmen sind in der Regel eher konservativ und »metallaffin«. Ein Einsatz alternativer Werkstoffe ist oftmals eine hohe Hürde, die nicht ohne weiteres gemeistert wird. Hier müssen einerseits die Konstrukteure und Entwickler sensibilisiert werden und teilweise radikal umdenken, um alternative Lösungsansätze zu nutzen. Dies gelingt nur durch massive Schulungsmaßnahmen und – noch bedeutender – der Sammlung eigener Projekterfahrung anhand konkreter Leichtbauprojekte im eigenen Unternehmen.

Andererseits müssen alle Teilbereiche der Schnittstellendisziplin Leichtbau (Fertigungs-, Füge-, Berechnungs- und Werkstofftechnik) Einzug in die Lehrpläne halten, damit Leichtbauansätze als wirkliche Alternative zu klassischen Konstruktionsprinzipien gesehen werden. Hier sind die Bildungseinrichtungen gefordert, entsprechende Seminare, Lehrgänge, Studiengänge und Ausbildungsberufe zu kreieren, bzw. dafür Sorge zu tragen, dass die Leichtbauinhalte Berücksichtigung finden.

Einführungsprozess in kleinen Schritten durch Kooperationen anhand praxisnaher Projekte

Der Erfolg eines Leichtbau-Einführungsprozesses bedingt eine eindeutige Entscheidung und ein Bekenntnis der Geschäftsführung zum Leichtbau. Der Maschinenbau sollte den Zugang zum Leichtbau über »Miniprojekte« mit überschaubarem finanziellem und wirtschaftlichem Rahmen, jedoch klarem Nutzen durchführen. Die Projekte sollten so aufgesetzt werden, dass diese ohne Zeit- und Kostendruck durchgeführt werden können. Hilfreich ist die Einbindung potenzieller Kunden in das Projekt. Diese Maßnahmen schaffen Vertrauen für den Leichtbau intern für die Konstrukteure und Entwickler und extern für die Kunden.

Eine Kooperation im Rahmen dieser Projekte mit erfahrenen Partnern ist vor allem bei der Umsetzung völlig neuer Technologien, mit denen sich die Maschinenbauer nach Ergebnissen der Studie teilweise schwer tun, z. B. der Faserverbundtechnologie, von Vorteil und kann helfen die Einstiegsbarrieren zu verringern. Externe Unterstützung kann etwa eingeholt werden bei der grundsätzlichen Identifizierung von Leichtbaupotenzialen oder der fertigungstechnischen Realisierung.

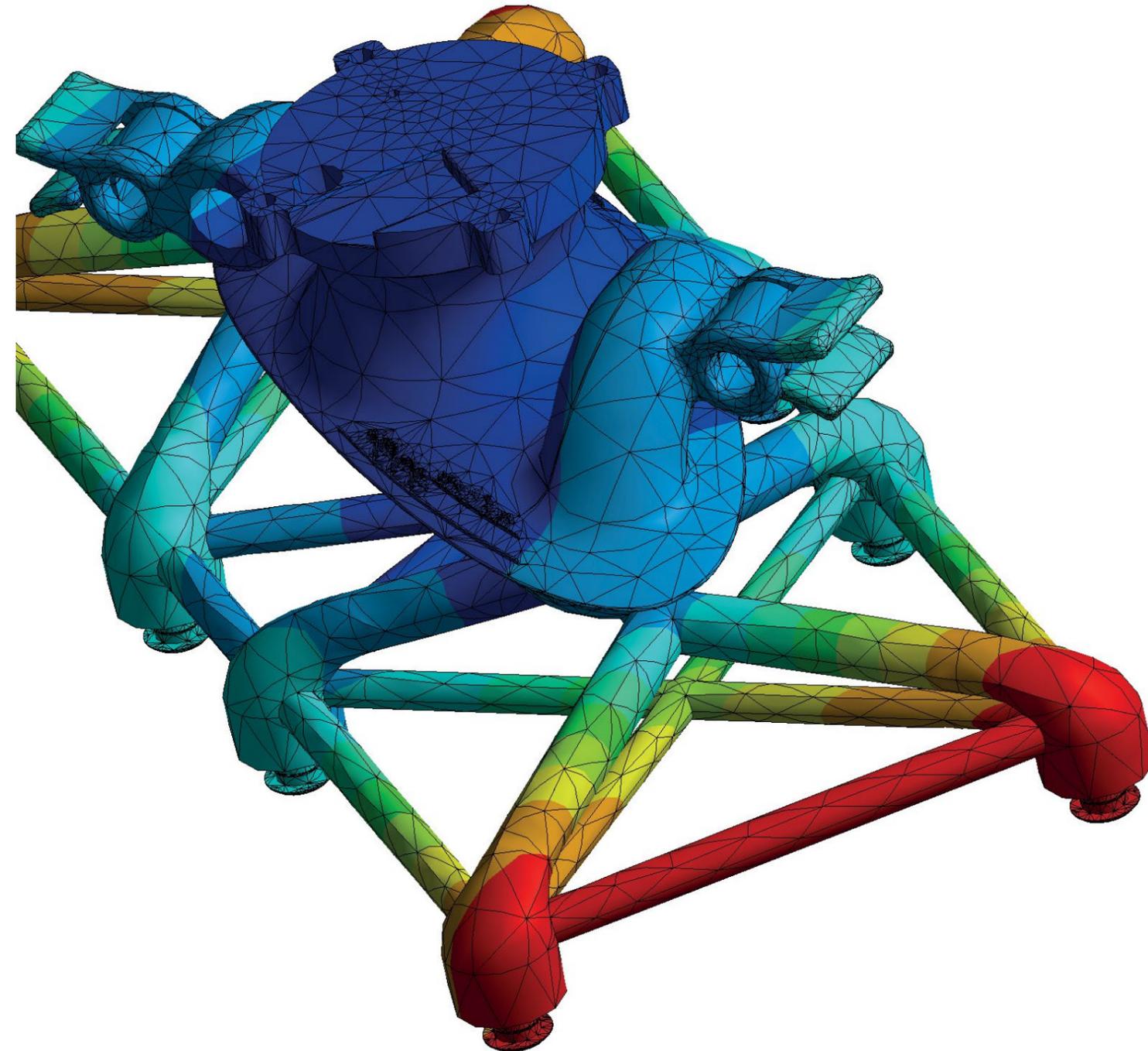
Keine vorherige Fixierung auf einen Leichtbauwerkstoff bzw. »die« Leichtbautechnologie und eine Komponente. Vielmehr sollte vorab das Gesamtsystem analysiert und abgewogen werden, für welche Komponenten Leichtbau überhaupt und anschließend welcher Leichtbauansatz für die Applikation in Frage kommen. Dabei sollte das gesamte Spektrum der Leichtbaulösungen betrachtet werden: Von der reinen Optimierung der Ursprungsvariante auf Komponentenebene, über den Einsatz alternativer Werkstoffe, hybrider Konstruktionen bis hin zur vollständigen Überarbeitung des Maschinenkonzeptes im Rahmen eines frugalen Produktentwicklungsprozesses. Zur Hilfestellung können erfahrende Unternehmen oder wissenschaftliche Dienstleister herangezogen werden, zum Beispiel

um Machbarkeitsstudien durchzuführen oder Fertigungskonzepte zu eruiieren, was das Risiko des Einführungsprozesses minimiert.

Die Forschungseinrichtungen sollten darauf achten, den KMU, die an kurzfristigen Erfolgen und einer pragmatischen Herangehensweise interessiert sind, auf Augenhöhe zu begegnen und praktische Lösungen und keine akademischen Ansätze zu präsentieren, da fallabhängig mit geringem Aufwand eine Lösung gefunden werden kann, die zwar keine vollständige Abschöpfung des Leichtbaupotenziales verspricht, aber einfach, schnell, prozesssicher und wirtschaftlich realisiert werden kann. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, sind KMU eher bereit, in Leichtbau-Pilotprojekte zu investieren.

Zur Abschöpfung des Leichtbaupotenzials existiert eine große Anzahl an Methoden, die abhängig vom jeweiligen Anwendungsfall mehr oder weniger gut geeignet sind. Daher ist die wirtschaftliche und technische Machbarkeit der Methode im Einzelfall zu prüfen.

Zusammenfassend lässt sich formulieren, dass Leichtbau für bestimmte Applikationen sehr viele Vorteile bringt und die Leistung der Maschinen, Anlagen und Geräte deutlich steigern kann. Dabei kommt es jedoch stark auf die konkrete Applikation an. Auf Basis der Randbedingungen muss entschieden werden, welche konkreten finanziellen Mehrwerte für die Endkunden entstehen. Da dies teilweise nicht numerisch, sondern lediglich über sekundäre Eigenschaften möglich ist, schrecken manche Maschinenbauer vor einer Nutzung von Leichtbau zurück. Erst wenn es gelingt, diese Mehrwerte besser darzustellen, wird sich das Einsatzspektrum von Leichtbauprinzipien in den adressierten Branchen erweitern. Die vorliegende Studie macht dafür einen ersten Schritt und stellt die Potenziale dar und gibt Hinweise, welche Aspekte bei der Einführung von Leichtbautechnologien berücksichtigt werden müssen.



10 VERZEICHNIS

- [1] Leichtbau BW GmbH (Hrsg.): Leichtbau – Trends und Zukunftsmärkte und deren Bedeutung für Baden-Württemberg. Studie. 2014.
- [2] Schwarz, M.: Carbon Composites für den Maschinenbau – Mehr als »nur« leicht. 15. März 2013.
- [3] Expertengespräch »Leichtbau« 28.10.2014, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA Stuttgart.
- [4] Friedrich, H. E.: Leichtbau in der Fahrzeugtechnik. Springer Vieweg. Wiesbaden, 2013.
- [5] Themenheft Forschung – Leichtbau. Universität Stuttgart, 2007.
- [6] Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: In fünf Stufen zum frugalen Produktionssystem, www.ipa.fraunhofer.de/frugale_produktionssysteme.html
- [7] Hainbuch: CFK Leichtbauspannmittel – Eigenschaften und Vorteile für eine effiziente Produktion. Präsentation Technologie-Forum. 2013.
- [8] González Vila, N.; Burkhardt, J.; Birenbaum, C.: Multi-material design for the optimization of the automotive production process. In: 15th Stuttgart international Symposium Automotive And Engine Technology, Vol. 1, Seite 419-436. Stuttgart, 2015.
- [9] Roland Berger, Frugal Products. Studie 2013. https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_frugal_products_20130212.pdf. Abgerufen am 07.11.2016.

Weitere innovative und nachhaltige Leichtbaulösungen werden von der Leichtbau BW GmbH auf deren Webpräsenz unter Thinking (www.leichtbau-bw.de/presse/thinking.html) vorgestellt.

11 QUELLANGABEN UND IMPRESSUM

Quellangaben für Bilder (und Logos)

Seite 1: Titelbild © Franke GmbH, Logos © Fraunhofer IPA (oben), © Leichtbau BW GmbH Landesagentur für Leichtbau Baden-Württemberg (unten links), © VDMA AG Hybride Leichtbau Technologien (unten mitte), © IG Metall Baden-Württemberg (unten rechts) Seite 2: © Franke GmbH; Seite 4: © Ioraks/Fotolia; Seite 5: © Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl, Fraunhofer IPA; Seite 6: © Dr. Wolfgang Seeliger, Leichtbau BW GmbH (oben), © Dr. Walter Begemann, VDMA Hybride Leichtbau Technologien (unten); Seite 7: © Roman Zitzelsberger, Bezirksleiter der IG Metall Baden-Württemberg; Seite 8: © Franke GmbH, Seite 12: © Franke GmbH; Seite 12: © Franke GmbH; Seite 14: © Fraunhofer IPA; Seite 16: © Fraunhofer IPA; Seite 17: © Fraunhofer IPA; Seite 18: © Huckle Erich Technologie zur Holzbearbeitung; Seite 19: © Fraunhofer IPA (Diagramm), © HEDELIUS Maschinenfabrik GmbH (Foto der Maschine); Seite 23: © MEV-Verlag; S. 26: © Fraunhofer IPA; Seite 30: © Fotohandel – Fotolia; Seite 33: © Bez/Quosdorf/Fraunhofer IPA; Seite 35: © christian42/Fotolia; Seite 38: © Bez/Fraunhofer IPA; Seite 43: © Franke GmbH; Seite 44: © Ingenieurbüro Stefan Rump; Seite 45: © FIBRO LÄPPLE TECHNOLOGY GmbH (FLT); Seite 46: © Hainbuch GmbH; Seite 47: © Tesch GmbH; Seite 48: © Trumpf GmbH + Co. KG; Seite 49: © Dieffenbacher GmbH Maschinen- und Anlagenbau; Seite 50: © Karl Mayer GmbH; Seite 51: © Stiefelmayer-Lasertechnik GmbH & Co. KG; Seite 52: © EiMa Maschinenbau GmbH; Seite 53: © Paul Horn GmbH; Seite 54: © SCHUNK GmbH & Co. KG; Seite 55: © RAMPF Holding GmbH & Co. KG; Seite 56: © Herbert Hänchen GmbH & Co. KG; Seite 57: © MAPAL Fabrik für Präzisionswerkzeuge Dr. Kress KG; Seite 58: © Haufler Composites GmbH & Co. KG; Seite 59: © H. Stoll AG & Co. KG; Seite 60: © Komet Group; Seite 61: © robomotion GmbH; Seite 62: © Hirschmann GmbH; Seite 63: © Rosswag GmbH; Seite 66: © pressmaster - Fotolia; Seite 71: © Jakob Jirsk – Fotolia; Seite 75: © Fraunhofer IPA und © robomotion GmbH; Seite 77: © Fraunhofer IPA; Seite 78: © Leichtbau BW GmbH Landesagentur für Leichtbau Baden-Württemberg (oben), Logos © VDMA AG Hybride Leichtbau Technologien (mitte), © IG Metall Baden-Württemberg (unten)

Impressum

Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl
Fraunhofer-Institut für
Produktionstechnik und Automatisierung IPA
Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart | Deutschland

Autoren

M.Sc. Anna Hansmersmann, Dr. Christoph Birenbaum,
Dipl.-Ing. Jochen Burkhardt, Dr. Marco Schneider,
Dipl.-Ing. Michael Stroka

Bild und Satz

Fraunhofer IPA, Svetlana Ivanovic

Erschienen

Dezember 2016

Ansprechpartner

Dr. Marco Schneider
Telefon +49 711 970-1535
marco.schneider@ipa.fraunhofer.de



12 PARTNER DER STUDIE

Diese Studie wurde durchgeführt in Zusammenarbeit mit:



Leichtbau BW GmbH
Landesagentur für Leichtbau Baden-Württemberg
Breitscheidstr. 4
D-70174 Stuttgart
E-Mail: info@leichtbau-bw.de
Internet: <http://leichtbau-bw.de>



VDMA
Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.
Arbeitsgemeinschaft Hybride Leichtbau Technologien
Lyoner Str. 18
D-60528 Frankfurt/Main
E-Mail: lightweight@vdma.org
Internet: <http://lightweight.vdma.org>



IG Metall Baden-Württemberg
Stuttgarter Straße 23
D-70469 Stuttgart
E-Mail: bezirk.baden-wuerttemberg@igmetall.de
Internet: <http://bw.igm.de>

