



# Industriearbeitskreis Light Alliance

## *1. Light-Functionality*



**Light Alliance**

## ► Inhaltsübersicht



**Einführung in die Light Alliance**

**Light-Functionality: Workshop und Ergebnisse**

**Nächste Schritte**



**Kompetenzzentrum für Light-Engineering**

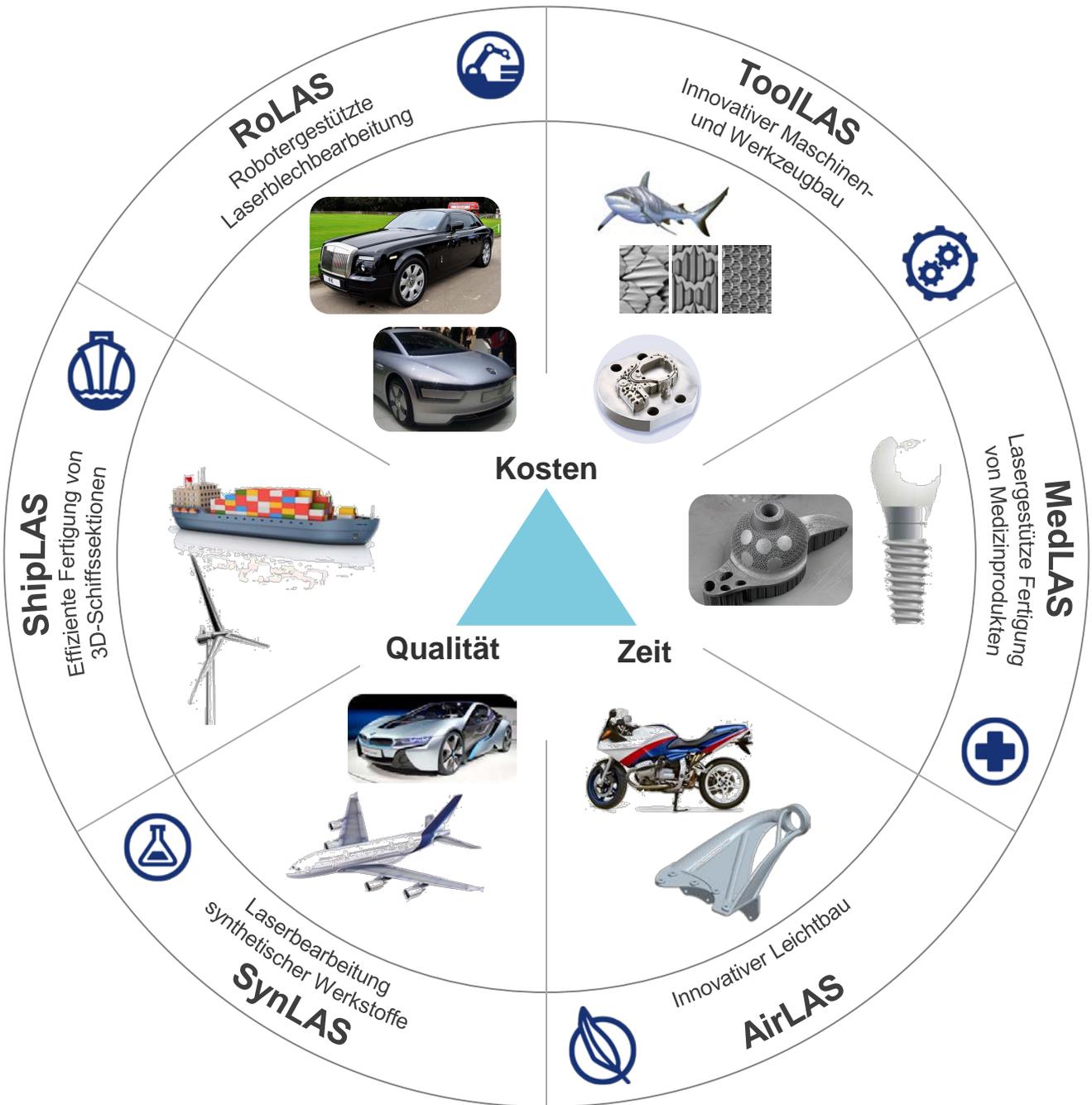
gegründet am 15.07.2009 | ca. 30 Beschäftigte (LZN / iLAS) | 3 Mio. € Jahresumsatz (2013)

**„ENGINEERING IN LIGHT – PHOTONIC SOLUTIONS FOR RESOURCE EFFICIENT PRODUCTS“**

Dieses Leitmotiv bildet die Grundlage für die Entwicklung innovativer optischer beziehungsweise photonischer Produktionstechnologien und Produkte am Laser Zentrum Nord (LZN). Das Ziel des LZN ist es, Unternehmen auf dem Weg zu innovativer Wertschöpfung mit optischen Technologien nachhaltig zu unterstützen. Wir erarbeiten für unsere Kunden individuelle und innovative Lösungen und agieren damit als Katalysator des Wissens- und Technologietransfers von der Forschung in die industrielle Praxis, insbesondere in unseren sechs Kompetenzfeldern, aber auch darüber hinaus.



# Die 6 Kompetenzfelder des LZN



## ► Einführung in die Light Alliance



### Einführung in die Light Alliance

Light-Functionality: Workshop und Ergebnisse

Nächste Schritte

## ► Light-Revolution

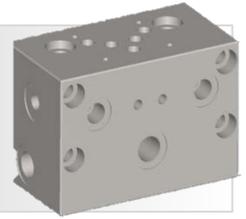
Die 3D-Lasertechnik revolutioniert die künftige Produktion 4.0. Allein in den letzten zwei Jahren konnte die **3D-Laserdruckproduktivität in Metall um ein 10-faches gesteigert** und damit die **Herstellkosten um 30 % gesenkt** werden. Zukünftig wird sich diese Tendenz fortsetzen und für immer neue wirtschaftliche Einsatzfelder sorgen.

Lernen Sie, welches Potential im Light-Engineering für Ihr Unternehmen steckt! **Neue Freiheitsgrade** in der Konstruktion und damit **gewichts- sowie funktionsoptimierte Bauteile** ermöglichen nachhaltig strategische **Wettbewerbsvorteile!**

# In 5 Schritten zum Light-Produkt

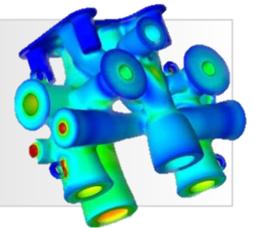
## Step 1 Light-Functionality

- Hinterfragung und Optimierung des bisherigen Funktionsumfangs
- Erweiterung des Funktionsspektrums
- Funktionsintegration



## Step 2 Light-Design

- Umsetzung und Bewertung mehrere Bauteilkonzepte
- Minimierung des Bauteilgewichts und Sicherstellung aller Funktionalitäten



## Step 3 Light-Prototyping

- Prototypenfertigung aus Kunststoff
- Überprüfung von Haptik und Handling
- Finalisierung des Designs



## Step 4 Light-Manufacturing

- CAD Fertigungszeichnungen
- CAM Anbindung
- Gestaltung Fertigungsprozess
- Fertigung von Realbauteilen



## Step 5 Light-Factory

- Benchmark
- Herstellungsverfahren
- Maschinen
- lasertechnische Aspekte
- Werkstofffragen
- Herstellkosten

## Gemeinsam praxisrelevante Lösungen erarbeiten

- 1 Innerhalb von **2 Jahren** durchlaufen Sie die **5 Schritte** zum Light-Produkt, d. h. alle 6 Monate erhalten Sie konkrete Projektergebnisse.
- 2 Lernen Sie, wie man technisch und ökonomisch sinnvoll **Produktgestaltungsfesseln ablegen** kann.
- 3 Sichern Sie sich eine einzigartige Wettbewerbsposition durch **Funktions- und Gewichtsoptimierung Ihrer Produkte**.
- 4 Erweitern Sie ihr **Netzwerk** und lernen Sie den Zukunftsmarkt der Laserproduktionstechnik und **Key Player** persönlich kennen.
- 5 Für **Techniker und Ökonomen**: Profitieren Sie als Geschäftsführer, Produktionsplaner, Designer, Konstrukteur oder Fertigungsexperte.
- 6 Lernen Sie unsere Mitgliedsfirmen und die Substanz dieses in Deutschland **einmaligen Arbeitskreises** kennen.

Erleben Sie an 3 konkreten Demonstratoren, wie auch Sie Ihre Produkte in Zukunft „light“ produzieren können.

# ▶ Industriepaten und Demonstratoren

## Multifunktions-3D-Druck

Industriepate: *HAUNI Maschinenbau*



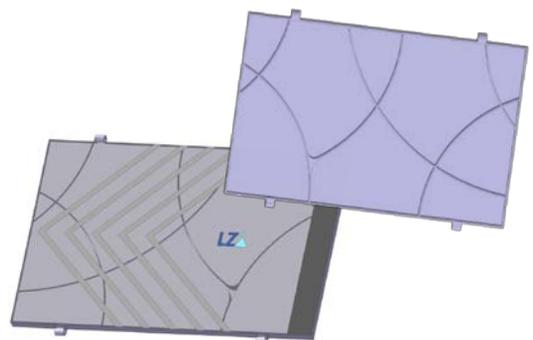
## Hybrider-3D-Druck

Industriepate: *Airbus*



## 3D-Blechleichtbau

Industriepate: *Volkswagen*



## ► Workshop und Ergebnisse



Einführung in die Light Alliance

## Light-Functionality: Workshops und Ergebnisse

Nächste Schritte

# Die drei Demonstratoren im Überblick

## 1 Multifunktions-3D-Druck



### Prägewalze

Prägewalzen werden eingesetzt, um Oberflächenstrukturen auf verschiedene Materialien aufzubringen. Der Multifunktions-3D-Druck einer solchen Walze ermöglicht die Integration mehrerer Funktionen in das einzelne Bauteil. Dies eröffnet neue Möglichkeiten im Hinblick auf das Design und die Fertigung und führt zu Kosten- und Zeiteinsparungen entlang der Wertschöpfungskette.

### Workshop-Schwerpunkt

Der Schwerpunkt lag in der Kombination und Integration von einzelnen Funktionen mehrerer Komponenten in ein Bauteil unter Berücksichtigung von Lasermaterialbearbeitungsverfahren.

## 2 Hybrider 3D-Druck



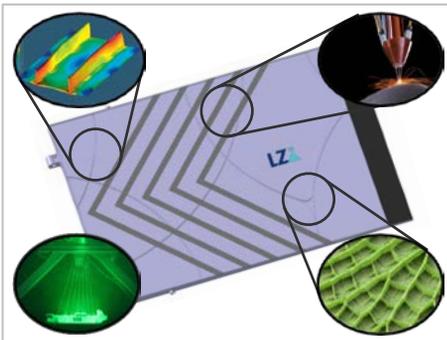
### Querlenker

Ein Querlenker ist Teil der Radaufhängung und überträgt Kräfte zwischen dem Rad und der Karosserie, die während der Beschleunigung sowie bei Kurvenfahrten auftreten. Da das Bauteil eine ungefederte Masse darstellt, ist für die Verbesserung der fahrdynamischen Eigenschaften die Minimierung des Gewichts erforderlich. Die Kombination von kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen (CFK) mit der laseradditiven Fertigung von Metallen (hybrider 3D-Druck) bietet die Möglichkeit die Masse eines Querlenkers weiter zu reduzieren.

### Workshop-Schwerpunkt

Ziel des Workshops war neben der Definition von Anforderungen auch die Erarbeitung von ersten Lösungsansätzen hinsichtlich der Bauteiltopologie und der Schnittstellenkonzepte zwischen CFK und Metall.

## 3 3D-Blechleichtbau



### Laderampe

Rampe und Klappe als Spezialform einer tragenden Bodenstruktur kommen in vielfältigen Varianten im Fahrzeug-, Schwermaschinen-, Schiff- und Ingenieurbau vor. Sie müssen Punkt- und Flächenlasten aufnehmen, unterschiedlichste Funktionen in sich vereinen und variabel einsetzbar sein. Neuartige Laserschweißtechnologien und innovative Konstruktionskonzepte verbinden das Potential des Leichtbaus mit einer effizienten Fertigung.

### Workshop-Schwerpunkt

Der Schwerpunkt des Workshops lag in der Erarbeitung von Lösungsansätzen und -konzepten zur Gesamtbaugruppentopologie und der Schnittstellengestaltung sowie zur Funktionsintegration für eine Laderampe.

# Ziele und Vorgehen der Workshops

## 1 Multifunktions-3D-Druck

### Ziele des Workshops

Im ersten Workshop zum Thema Light-Functionality sollte der Funktionsumfang einer konventionellen Prägewalze unter Verwendung der Lasertechnik gemeinsam mit den Workshop-Teilnehmern erweitert und optimiert werden.

### Vorgehensweise

Auf dem Weg zu innovativer Funktionalität einer Prägewalze erstellten die Teilnehmer eine Übersicht über Einzelfunktionen, die aus Ihrer Sicht den Demonstrator bereichern könnten und sich insbesondere durch den Einsatz von Lasertechnik verwirklichen lassen. Dieser Ideenpool wurde von der Gruppe analysiert und bewertet. Um zu einer Multifunktionalität des Bauteils zu gelangen, wurde der Funktionsumfang erweitert und die Möglichkeiten sowie die Sinnhaftigkeit diskutiert, mehrere Funktionen in einem einzelnen Demonstrator zu kombinieren.

## 2 Hybrider 3D-Druck

### Ziele des Workshops

Der erste Workshop hatte zum Ziel gemeinsam mit den Workshop-Teilnehmern die Anforderungen an hybride Bauteile (CFK & Metall) zu definieren sowie erste Lösungskonzepte für die *Bauteiltopologie* und die *Schnittstellenkonzepte* am Beispiel des Querlenkers zu erarbeiten.

### Vorgehensweise

Im ersten Teil des Workshops haben die Teilnehmer mittels Brainstorming Anforderungen an den Querlenker definiert und anhand übergeordneter Kategorien strukturiert zusammengefasst.

Anschließend wurden innerhalb von Gruppen mit Hilfe der 6-3-5-Methode unterschiedliche Lösungskonzepte für die beiden Kategorien *Bauteiltopologie* sowie *Schnittstellenkonzepte* herausgearbeitet.

## 3 3D-Blechleichtbau

### Ziele des Workshops

Der Workshop beinhaltete drei wesentliche Ziele. Die Workshop-Teilnehmer sollten Anforderungen an eine Bodenstruktur definieren und darauf aufbauend Konzepte zur *Gesamtbaugruppentopologie* und zur *Schnittstellengestaltung* erarbeiten. Außerdem sollte die *Funktionsintegration* im Hinblick auf die vielfältigen Anwendungsfelder betrachtet und Ideen der Umsetzung skizziert werden. Die Ideen und Lösungsansätze werden in das Konzept einer laserfertigungsge-rechten Leichtbau-Bodenstruktur einfließen.

### Vorgehensweise

Zur Definition der Anforderungen wurden die Teilnehmer in Gruppen eingeteilt. Ein Brainstorming detaillierte den Anforderungskatalog. Anschließend wurden innerhalb der Gruppen mit Hilfe der 6-3-5 Methode Lösungsansätze zur *Gesamtbaugruppentopologie* und zur *Schnittstellengestaltung* sowie zur *Funktionsintegration* entworfen.

# Multifunktions-3D-Druck

## Einleitung

Technische Walzen werden als rotierende Werkzeuge beispielsweise zum Umformen von metallischen Erzeugnissen, zum Führen von Papier und Folien, zum Trocknen von Kleber, zum Auftragen von Farbe, zum Bedrucken und zum Prägen von Oberflächen unterschiedlicher Materialien eingesetzt (vgl. Abbildung 1 und 2). Dabei finden Walzen in verschiedensten Produktionsprozessen u. a. in der Metalltechnik, in der Papier-, Kunststoff-, Textil- und Lebensmittelindustrie sowie im allgemeinen Maschinenbau Anwendung.



**Abbildung 1: Anwendungsfelder von technischen Walzen**

Die Eigenschaften der eingesetzten Walzen haben einen direkten Einfluss auf die Qualität der zu verarbeitenden Materialien und der produzierten Erzeugnisse. Aufgrund dessen werden höchste Ansprüche an die Walze als Werkzeug gestellt. Je nach Anwendung müssen die Walzen im Gesamtsystem einsatzspezifische Anforderungen hinsichtlich Gewicht, Temperatur und Verschleißfestigkeit erfüllen. Hierbei spielen insbesondere die Beschaffenheit der Oberfläche sowie die Auslegung des Walzenkerns eine große Rolle.

Bei verschärften Einsatzbedingungen der Bauteile im Produktionssystem und hohen Anforderungen an die Leistungsmerkmale dieser Werkzeuge sind konventionellen Fertigungsverfahren häufig Grenzen gesetzt. Der Multifunktions-3D-Druck unterliegt vergleichsweise weniger Fertigungsrestriktionen und bietet zudem die Möglichkeit, den Funktionsumfang durch eine integrative Bauweise zu erweitern.



**Abbildung 2: Klassische Ausprägungsformen unterschiedlicher Walzen**

# ► Multifunktions-3D-Druck

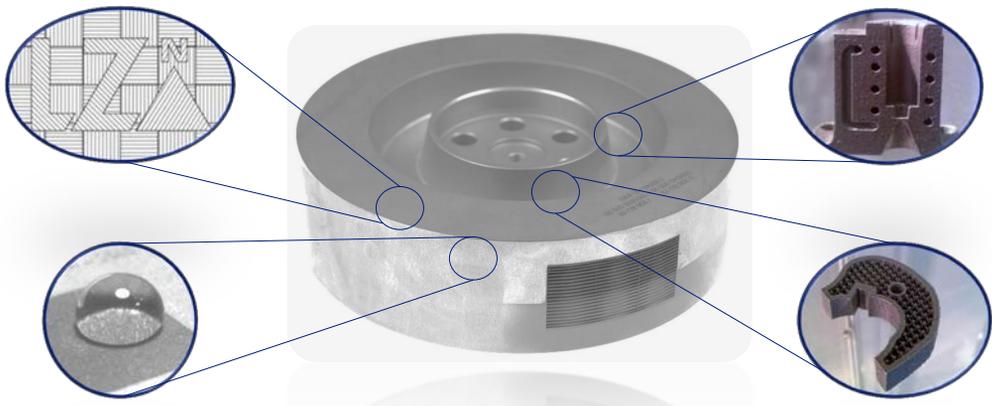
## Einleitung

Unter Multifunktions-3D-Druck wird im Allgemeinen die Kombination von Funktionen mehrerer Komponenten eines Systems in einem einzelnen Bauteil verstanden. Möglich wird diese Funktionsintegration durch den Einsatz von additiver und abtragender Lasertechnik. Dabei erlaubt die laseradditive Fertigung die schichtweise, werkzeuglose Herstellung von komplexen Bauteilen mit hoher Geometriefreiheit direkt aus 3D-CAD-Daten. In Verbindung mit dem Laserstrahlabtragen können filigrane Strukturen mit hoher Auflösung auf der Bauteiloberfläche realisiert werden.

In der Light Alliance wird das Potential des Multifunktions-3D-Drucks am Beispiel einer konventionellen Prägewalze, die beispielsweise zur Oberflächenstrukturierung von Papier eingesetzt werden kann, analysiert (vgl. Abbildung 3).

laserstrahlabgetragene unverwechselbare Oberflächenstrukturen

laseradditiv gefertigte innenliegende Kanäle



laserstrahlabgetragene funktionale Oberflächenstrukturen

laseradditiv gefertigte Gitterstrukturen

**Abbildung 3: Multifunktionalität durch additive und abtragende Lasertechnik**

Der erste Workshop hatte unter dem Titel Light-Functionality die Erweiterung und Optimierung des Funktionsumfangs einer solchen konventionellen Prägewalze unter Verwendung von Lasermaterialbearbeitungsverfahren zum Ziel. Im ersten Teil des Workshops wurden die Teilnehmer aufgefordert, sämtliche Funktionen einer Walze zu identifizieren. Die Herausforderung bestand darin, insbesondere diejenigen Funktionen auf das Beispielbauteil zu übertragen, die der persönlichen Neugier der Teilnehmer entsprangen und/ oder die die Interessenlage des partizipierenden Unternehmens widerspiegeln. Gemeinsam wurden die gesammelten Einzelfunktionen exemplarisch ausgestaltet und diskutiert. Anschließend wurde dieser Ideenpool bewertet. Dabei wurden die einzelnen Funktionen von der Gruppe in eine Rangfolge gebracht. Darauf aufbauend wurde im zweiten Teil des Workshops die sinnhafte Kombination von Einzelfunktionen zu einer Multifunktionalität des Bauteils in einer abschließenden Diskussion eingehend erörtert.

# ► Multifunktions-3D-Druck

## Erstellung einer Funktionsübersicht

Da eine Prägewalze für die meisten Workshop-Teilnehmer kein alltägliches Werkzeug darstellt, sollte ein einleitender Impulsvortrag sowohl einen ersten Eindruck von verschiedensten Einsatzgebieten technischer Walzen vermitteln als auch die unterschiedlichen Anforderungen, die an diese Werkzeuge gestellt werden, verdeutlichen. Nach diesem Überblick wurden die Teilnehmer ermuntert, Funktionen und Eigenschaften einer Prägewalze sowie Anforderungen an dieses rotierende Werkzeug mit einem Durchmesser von 200 mm und einer Breite von 50 mm zusammen zu tragen. Bei diesem Brainstorming in der Gruppe erhielten alle Teilnehmer die Möglichkeit ohne Berücksichtigung von Fertigungsrestriktionen, Kosten- oder Zeitvorgaben, ihrer Kreativität freien Lauf zu lassen und auch eigene Problemstellungen und Interessen auf das Demonstratorbauteil zu übertragen. Die genannten Funktionen, Eigenschaften und Anforderungen wurden dokumentiert und an einer Metaplanwand für alle Teilnehmer sichtbar gesammelt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die genannten Einzelfunktionen und Eigenschaften, unter Oberbegriffen gruppiert, nachfolgend zusammengefasst.

### 1 Oberflächenstrukturierung



- Designfunktion durch Aufbringen von Formen und Mustern
- Realisierung haptischer Eigenschaften zur besseren Wahrnehmung der Oberfläche eines Produkts
- Erzeugung einer hohen Güte der Oberfläche mit geringer Rauheit zur Umsetzung optischer Anforderungen
- Verschleißschutz
- Funktionalisierung von Oberflächen
- Umfangsprägung
- Aufbringen von Nadeln zum Perforieren

### 2 Plagiatschutz



- Sichtbarer Plagiatschutz durch Oberflächenmuster
- Integration von Wappen: Hologramm, Logo, Barcode
- Integration versteckter Alleinstellungsmerkmale: Magnetisierbares Logo, nicht aufgeschmolzene Pulverbereiche, Signaldurchlässigkeit
- Integration von RFID-Chips oder Funckerkennung

# Multifunktions-3D-Druck

## Erstellung einer Funktionsübersicht

3

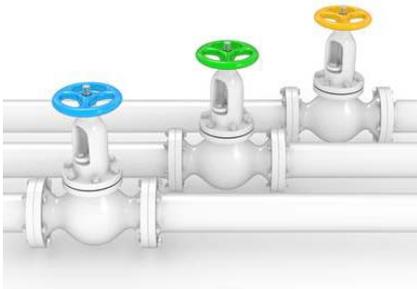
### Sensorik



- Integration von verschiedenen Sensoren
  - Temperaturmessung
  - Kraftmessung
  - Durchflussmessung
  - Beschleunigungsmessung
  - Wegmessung
- Kontaktstellen zur Identifizierung der Einbauposition

4

### Medienführende Systeme



- Transportieren durch Vakuum oder Überdruck (Ansaugen und Abblasen)
- Temperierung (lokale Temperaturunterschiede, unterschiedliche Temperaturkreisläufe, schneller Temperaturwechsel)
- Gasdichte Kanäle, z.B. zur Führung brennbarer Gase
- Luftdurchlässige Kanäle
- Reinigung von Farben, Fasern, Flüssigkeiten
- Selbstreinigung der Kanäle und der Oberflächen
- Mischfunktion

5

### Mechanik & Werkstoffe



- Gewährleistung des Rundlaufs
- Vermeidung von Geräuschentwicklung durch Luftverwirbelung, insbesondere bei Leichtbauweise
- Drehmomentübertragung
- Verzicht auf Auswuchten
- Maximale Walzkraft bei minimalem Materialeinsatz
- Topologie- und lastoptimierte Strukturen
- Leichtbau durch Bionik

# Multifunktions-3D-Druck

## Erstellung einer Funktionsübersicht

6

### Hybride Bauteilgestaltung



- Kombination konventioneller Fertigungsverfahren und laseradditiver Fertigung zur Ausnutzung der jeweiligen Verfahrensvorteile bei gleichzeitiger Kompensation der Nachteile
- Realisierung von Materialkombinationen, z.B. zur Verringerung von Unwuchten
- Fertigung großer Bauteile durch Segmentierung
- Integration eines Antriebs, induktiver Betrieb des Werkzeugs

## Ausgestaltung verschiedener Funktionen

Nach dem Brainstorming wurden die gesammelten Funktionen, Eigenschaften und Anforderungen anhand von Beispielen zur Ausgestaltung ausgewählter Einzelfunktionen in der Gruppe diskutiert. Dazu wurden vorbereitete Vorschläge zur Realisierung verschiedener Funktionen präsentiert. Mit Hilfe der beispielhaften Gestaltungsansätze für Einzelfunktionen griffen die Workshop-Teilnehmer bereits geäußerte Ideen auf und brachten zusätzliche Kommentare und Kritik an den vorgeschlagenen Lösungen vor. Die Ergebnisse der Gruppendiskussion und die Gestaltung ausgewählter Beispielfunktionen werden im Folgenden aufgezeigt.

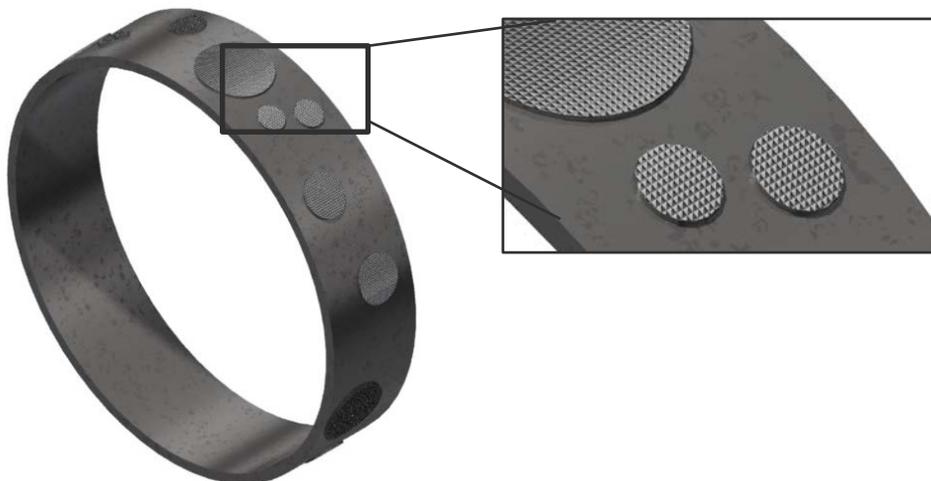


Abbildung 3: Strukturierung zur Bemusterung einer Oberfläche

## Multifunktions-3D-Druck

### Ausgestaltung verschiedener Funktionen

Bei (Präge-) Walzen spielte aus Sicht der Workshop-Teilnehmer die **Beschaffenheit der Werkzeuoberfläche** eine bedeutende Rolle (vgl. Abbildung 3). Um den optimalen Einsatz der Walze im Gesamtsystem sicherzustellen oder um eine hohe Qualität der übertragenen Oberflächen auf den Endprodukten zu gewährleisten, muss die Walze höchste Ansprüche u.a. an das Design der aufzubringenden Formen und Muster (vgl. Abbildung 4), an die Haptik und die Optik erfüllen. Weiterhin muss die Walze gegen Verschleiß geschützt sein, um den im System vorherrschenden Kräften zu widerstehen oder eine Prägung und Funktionalisierung der Oberfläche dauerhaft zu gewährleisten. Während makroskopische Strukturen durch additive Lasertechnik hergestellt werden können, lassen sich mikroskopische Strukturen durch das Laserstrahlabtragen auch nachträglich auf dem Walzenumfang erzeugen.



Abbildung 4: Regelmäßiges Oberflächenmuster V-Form und U-Form sowie Logo

Durch das **Aufbringen von Oberflächenstrukturen** in Form von Logos, Wappen oder Barcodes kann sowohl der Walze als auch dem bemusterten Produkt gleichzeitig ein Plagiatschutz verliehen werden. Ein Schutz vor Fälschung und Imitation kann dank abtragender und additiver Lasertechnik nicht nur sichtbar erfolgen. Vielmehr können auch versteckte Muster oder innenliegende Alleinstellungsmerkmale wie magnetisierbare Firmenzeichen und maschinenlesbare Codes oder nicht aufgeschmolzene Pulverbereiche gezielt eingebracht werden. Auch ist die Integration von RFID-Chips oder anderen Signalträgern zur Funkerkennung bei entsprechender Durchlässigkeit der Bauteilbereiche möglich.

Neben der **Integration von Plagiatschutzmerkmalen** diskutierten die Teilnehmer ebenfalls die **Einbringung von Sensoren** zur Aufnahme von u.a. Kräften, Temperaturen, Drücken und Beschleunigungen während des Werkzeugbetriebs. Durch die Sensorintegration ergeben sich zahlreiche Vorteile von einer gängigen Prozessüberwachung bis hin zu einem System, welches sich durch Identifizierung der Einbauposition selber justieren könnte.

## Ausgestaltung verschiedener Funktionen



**Abbildung 5: Walze mit Kanälen zur gezielten Temperierung**

Ein zentraler Themenbereich der Gruppendiskussionen war die **Integration von Kanälen zur konturnahen Temperierung** (vgl. Abbildung 5), welche durch den Einsatz der laseradditiven Fertigungstechnologie realisiert werden kann. Mit Hilfe von gleichmäßig oder ungleichmäßig über den Umfang verteilten, innenliegenden Hohlstrukturen können die Walze und das Erzeugnis sowohl gezielt erwärmt als auch gekühlt werden. Es lassen sich beispielsweise verschiedene, lokale Temperaturverteilungen und voneinander unabhängige Temperaturkreisläufe umsetzen. Die Kanäle zur Führung von Fluiden oder Gasen können dabei vom Walzenkern ausgehend zur Oberfläche hin geschlossen oder geöffnet sein.

Zur Oberfläche hin geöffnete Kanäle bieten z.B. die Möglichkeit, Materialien über ein entsprechendes Ansaugen und Abblasen durch Erzeugung eines lokalen Vakuums oder Überdrucks zu führen und zu transportieren. **Semipermeable, also halbdurchlässige, Strukturen** an der Walzenoberfläche, die z.B. Gase (Luft), aber keine Substanzen wie Farbe, Kleber oder Tissue durchlassen können, könnten für die Reinigung bzw. die Selbstreinigung der Walze und ihrer Oberfläche genutzt werden (vgl. Abbildung 6). Diese Strukturen können durch gezielte Porosität im laseradditiven Fertigungsprozess oder durch das nachträgliche Laserstrahlabtragen der Oberfläche eingebracht werden.



**Abbildung 6: Semipermeable Strukturen**

## Multifunktions-3D-Druck

### Ausgestaltung verschiedener Funktionen

Als rotierende Werkzeuge müssen Walzen Lauftoleranzen hinsichtlich ihrer Rundlaufeigenschaften einhalten. Ist die Masse der Walze nicht rotationssymmetrisch verteilt, entsteht eine Unwucht, welche sich im Betrieb des Werkzeugs nachteilig auswirken wird. Dies muss nicht nur bei der Integration von Kanälen berücksichtigt werden, sondern fällt auch bei einer **Leichtbauweise des Werkzeugs** ins Gewicht. Die laseradditive Fertigung erlaubt aufgrund ihrer hohen geometrischen Freiheitsgrade die Fertigung hochkomplexer, neuartiger Leichtbaustrukturen, die durch **bionische Konstruktionsansätze** gewonnen oder durch filigrane **Netzwerke und Gitter** ausgeführt werden können (vgl. Abbildung 7).

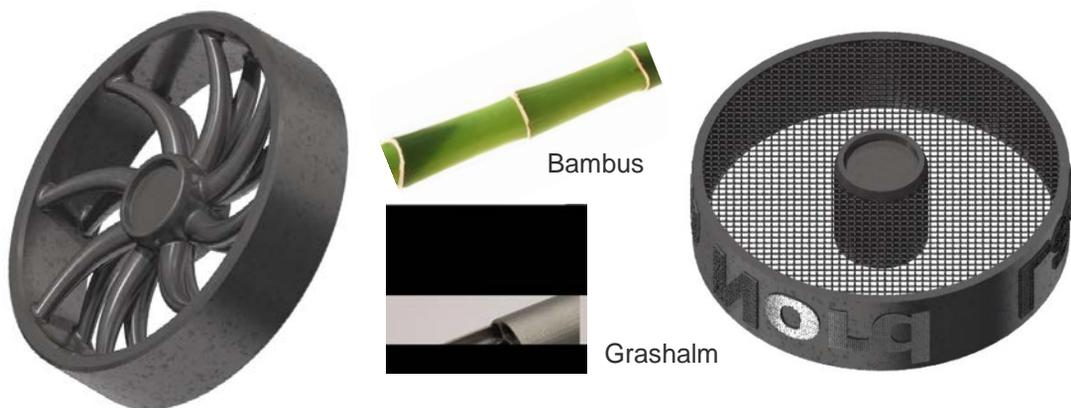


Abbildung 7: Leichtbau durch Integration bionischer Strukturen und filigraner Gitter

In Anlehnung an Vorbilder aus der Natur (Bambus, Grashalm, etc.) kann der Walzenkern z.B. als Rad mit hohlen, mit Querwänden versteiften oder mit Materialanhäufungen am Rand versehenen Speichen gestaltet werden. Sind die Speichen wie bei der Walze in Abbildung 7 links ausgerichtet, ergibt sich entsprechend der Drehrichtung ein unterschiedliches Verhalten. Gleiche Eigenschaften in beide Drehrichtungen sind für viele Anwendungen vorzuziehen. Der Walzenkern kann auch mit feinen Gitterstrukturen (vgl. Abbildung 7 rechts) ausgefüllt werden, um z.B. ein leichtgängiges Verhalten im Betrieb bei einer geringen notwendigen Beschleunigung zu realisieren.

Diese Leichtbaugedanken wurden in der Gruppe kontrovers diskutiert. Die Möglichkeiten des Leichtbaus durch Materialeinsparungen Gewichts- und Kostenvorteile bei einer gleichzeitigen Ressourcenschonung zu erzielen, stehen in vielen Fällen den Anforderungen der Funktionserweiterung gegenüber, bei der dem solide ausgeführten Walzenkern neue, zusätzliche Funktionen zugeschrieben werden. Weiterhin zeichnet sich eine Walze durch eine hohe Steifigkeit aus, der bei Integration von Bionikstrukturen oder Netzwerken Rechnung getragen werden muss.

# Multifunktions-3D-Druck

## Ausgestaltung verschiedener Funktionen

Die Kombination der laseradditiven Fertigung mit konventionellen Fertigungsverfahren aus den Hauptgruppen Trennen und Fügen (z.B. Fräsen, Schweißen, etc.) führt zu einer **hybriden Bauteilgestaltung**. Durch eine hybride Fertigung können die Vorteile der jeweiligen Verfahren, z.B. die hohe Gestaltungsfreiheit der Lasertechnik und die Präzision des Fräsens oder Feinschleifens ausgenutzt werden. Dabei kann ein ebener Fräsrohling zum Aufbau einer komplexen Struktur im laseradditiven Prozess dienen. Einzelne laseradditiv gefertigte Segmente können auch nachträglich konventionell gefügt werden, so dass sich Bauteile mit größeren Abmessungen ( $\phi > 200$  mm) realisieren lassen. Darüber hinaus ist an eine laseradditive Verarbeitung von Materialkombinationen in bestimmten Fällen denkbar.

## Bewertung der Funktionen

Nach der ausführlichen Diskussion der Einzelfunktionen und Eigenschaften der Prägewalze in der Gruppe folgte die Priorisierung der erörterten Funktionen. Jeder Workshop-Teilnehmer erhielt zwei Stimmen, um die unter den Oberbegriffen gesammelten Einzelfunktionen nach eigener Interessenlage zu bewerten. Dabei sollten vor allem diejenigen Funktionen und Eigenschaften von den Teilnehmern benannt werden, die bei der zukünftigen Ausgestaltung einer multifunktionalen Walze Berücksichtigung finden sollten. Die Rangfolge der Kategorien ist im folgenden Schaubild aufgetragen (vgl. Abbildung 8).

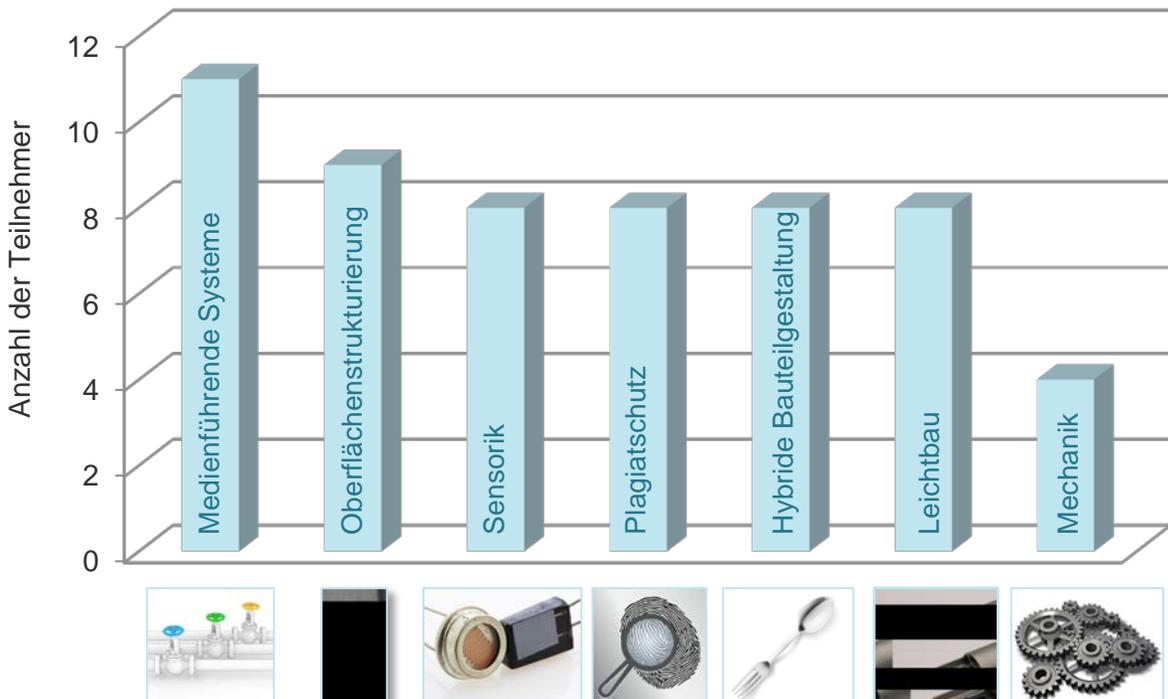


Abbildung 8: Rangfolge der Einzelfunktionen

# Multifunktions-3D-Druck

## Bewertung der Funktionen

Das Interesse der einzelnen Workshop-Teilnehmer lag vor allem auf der Integration von medienführenden Systemen und Kanälen in die Walze. Bei dem Demonstratorbauteil der Prägewalze stellt auch die Oberflächenstrukturierung für eine Vielzahl von Teilnehmern ein wesentliches Merkmal dar. Die Einbettung von Sensoren, die Einbringung und Erzeugung von Plagiatschutzmerkmalen sowie die hybride Bauteilgestaltung waren nach Meinung der Workshop-Teilnehmer Elemente, die den Funktionsumfang eines konventionellen Werkzeugs erweitern und optimieren können. Mit diesem Ergebnis setzten sich die Teilnehmer intensiver im zweiten Teil des ersten Workshops auseinander.

## Erweiterung und Optimierung des Funktionsumfangs

Abschließend wurde die Kombination der meistgenannten Oberbegriffe und damit Einzelfunktionen zur Erweiterung des Funktionsumfangs einer innovativen Prägewalze hinterfragt (vgl. Abbildung 9). Grundsätzlich erschien der Gruppe nach Abwägen bekannter Vor- und Nachteile eine Verbindung ausgewählter, priorisierter Funktionen zu einem multifunktionalen Bauteil möglich und sinnvoll.

Insbesondere das Zusammenspiel von Oberflächenstrukturierung und Schutz vor Fälschung, aber auch die Verknüpfung von eingebetteten Plagiatschutzmerkmalen und integrierter Sensorik waren aus Sicht der Teilnehmer vielversprechende Ansätze, um die Funktionalität des Werkzeugs durch Kombination von Einzelfunktionen zweckmäßig zu erweitern. Durch eine hybride Bauteilgestaltung ließe sich diese Erweiterung gegebenenfalls zusätzlich hinsichtlich der Größe, des Material oder weiterer Eigenschaften optimieren.

Ausgehend von diesen Ergebnissen werden im nächsten Workshop unter den Schlagworten Light-Design Gestaltungskonzepte einer neuartigen Prägewalze, bei der ausgewählte Einzelfunktionen im Multifunktions-3D-Druck miteinander verknüpft werden können, präsentiert und zur Diskussion gestellt.

- 1 Medienführende Systeme
- 2 Oberflächenstrukturierung
- 3 Sensorik
- 4 Plagiatschutz
- 5 Hybride Bauteilgestaltung
- 6 Leichtbau



Abbildung 8: Meistgenannte Oberbegriffe und mögliche Gestaltungsvorschläge

# Hybrider 3D-Druck

## Einleitung

Innovative Leichtbaustrukturen sind überall dort zu finden, wo eine Gewichtsersparnis ein Wettbewerbsvorteil verspricht. Dazu zählen, neben vielen weiteren Anwendungsfeldern, die Luft- und Raumfahrt, die Automobilindustrie sowie der Rennsport (z. B. Hochleistungsrennräder und Mountainbikes) (vgl. Abbildung 1).



Abbildung 1: Beispielhafte Anwendungsfelder für innovative Leichtbaustrukturen

Einen großen Einfluss auf das spätere Bauteilgewicht hat neben der Gestaltung eines Bauteils die Werkstoffauswahl. Häufig verwendete Leichtbauwerkstoff sind faserverstärkte Kunststoffe (FVK), wie CFK, und Leichtmetalle, wie Titan- und Magnesiumlegierungen.

Durch die intelligente Kombination von FVK und Leichtmetallen in einem Bauteil können die jeweiligen Vorteile der Werkstoffe, wie extrem hohe Festigkeiten bei FVK und sehr gute Lasteinleitung bei Metallen, zusammengeführt werden. Dieser Ansatz verspricht ein Leichtbaupotential, welches weit über dem liegt, das durch die Verwendung von nur einem Material erreicht werden kann.

Das Potential des hybriden 3D-Drucks wird in der Light Alliance exemplarisch anhand eines Querlenkers aufgezeigt. Die Ergebnisse werden sich auf ähnliche Bauteile aus anderen Branchen übertragen lassen, wie beispielsweise Halteelemente im Flugzeug.



Abbildung 2: Klassische Querlenker in unterschiedlichen Ausführungsformen

# ► Hybrider 3D-Druck

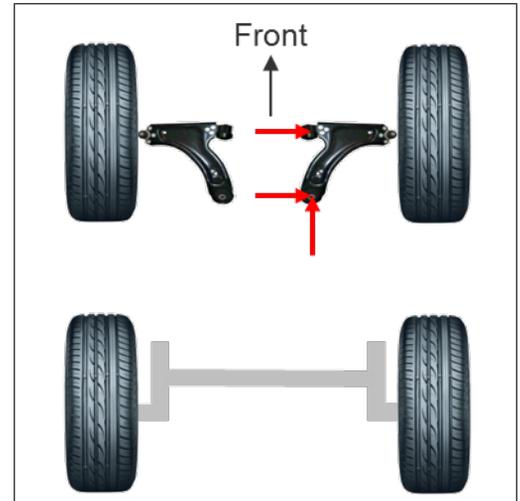
## Einleitung

Ein Querlenker hat die Funktion die Lasten zwischen der Karosserie und den Rädern zu übertragen, welche beim Automobil während der Beschleunigung und der Kurvenfahrten in horizontaler Ebene auftreten (vgl. Abbildung 3).

Da es sich um eine ungefederte Masse handelt, hat dessen Gewicht einen großen Einfluss auf die fahrdynamischen Eigenschaften des Autos. Um eine optimale Federung zu ermöglichen, ist ein minimales Gewicht anzustreben.

In klassischer Bauweise besteht ein Querlenker aus Stahl oder Gusseisen und ist, unabhängig von seiner Gestaltungsform, als Schmiede- oder Schweißkonstruktion ausgeführt. Eine gewichtsoptimale Lösung ist dadurch nicht realisierbar (vgl. Abbildung 2).

Durch den hybriden 3D-Druck wird es möglich, FVK und Metall innerhalb eines Bauteils so zu kombinieren, dass diese an den jeweils für sie optimalen Stellen innerhalb des Bauteils eingesetzt werden können. Dies ermöglicht, die spezifischen Vorteile des jeweiligen Werkstoffes auszunutzen und in ein gewichtsoptimiertes Bauteil zu überführen.



**Abbildung 3: Querlenker mit Kräften, die vom Fahrwerk auf den Querlenker wirken.**



**Abbildung 4: Prinzip des hybriden Querlenkers.**

Ein besonderes Augenmerk ist bei dem materialhybriden Ansatz auf die Gestaltung der Schnittstelle zwischen den Bereichen unterschiedlicher Werkstoffe zu legen.

Die laseradditive Fertigung erlaubt neue konstruktive Möglichkeiten, um eine verbesserte Kraftübertragung bei wirtschaftlicher Fertigung zu realisieren. Diese Möglichkeiten sollen anhand des Demonstratorbauteils aufgezeigt werden.

# Hybrider 3D-Druck

## Definition der Anforderungen – Vorgehen

Im Workshop hatten die Teilnehmer die Möglichkeit, Anforderungen an den materialhybriden Querlenker zu definieren sowie erste Lösungskonzepte für die Verbindungskonzepte und die Topologie des Querlenkers zu erarbeiten.

Die Teilnehmer wurden in Gruppen eingeteilt und unterschiedlichen Branchen zugeordnet (vgl. Abbildung 1). Aus Sicht der jeweiligen Branche sollten die Teilnehmer die Anforderungen an den materialhybriden Querlenker oder ein funktionsähnliches Bauteil aus Ihrer Branche definieren. Die Anforderungen wurden mittels Brainstorming innerhalb der Gruppen definiert.

Die Anforderungen wurden anschließend übergeordneten Kategorien zugeordnet (vgl. Abbildung 2) und zusammen mit den Anforderungen der anderen Gruppen zusammengetragen und geordnet (vgl. Abbildung 4).

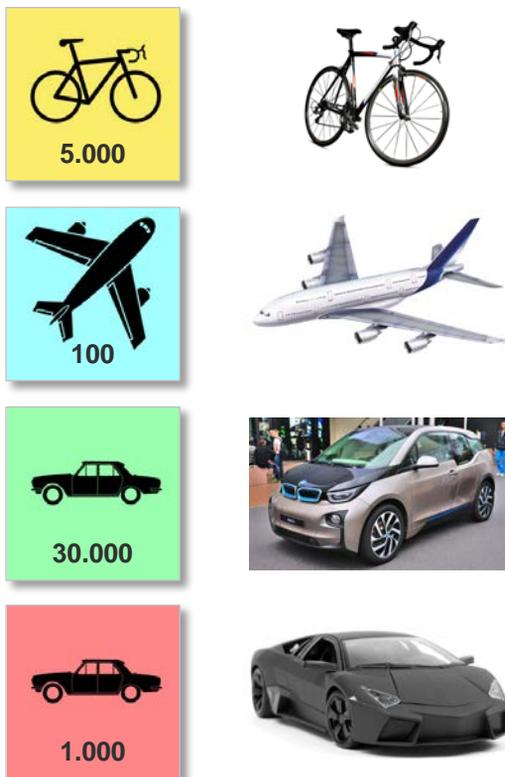


Abbildung 1: Branchen, für die sich materialhybride Bauteile, wie der Querlenker, prinzipiell eignen. Die Zahlen geben das Produktionsvolumen pro Jahr an.

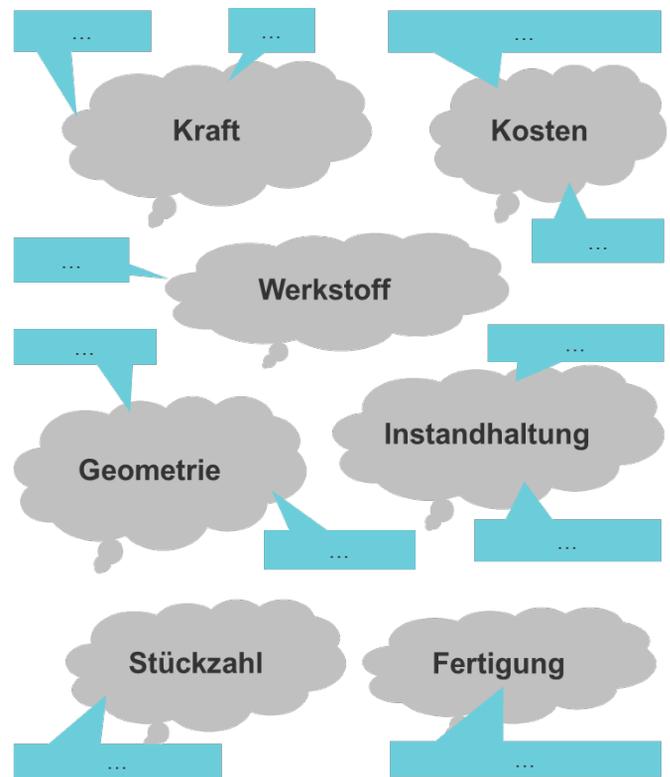


Abbildung 2: Übergeordnete Kategorien zur Definition der Anforderungen an den materialhybriden Querlenker.

# Hybrider 3D-Druck

## Definition der Anforderungen – Ergebnisse

In der Abbildung 3 sind alle definierten Anforderungen aufgeführt und den Oberkategorien zugeordnet. Farblich hinterlegt ist, aus welcher Branche die jeweiligen Anforderungen stammen.

Sehr gut erkennbar ist die große Vielfalt der definierten Anforderungen. Obwohl diese aus Branchen mit unterschiedlichen Rahmenbedingungen stammen, gibt es nur zwei Anforderungen die sich gänzlich widersprechen: Zur Kategorie *Fertigung* wurde aus der Automobilindustrie die Anforderung *(teil-)automatisierter Prozess* genannt und aus dem Bereich der High-End-Fahrräder eine *manuelle Fertigung*.

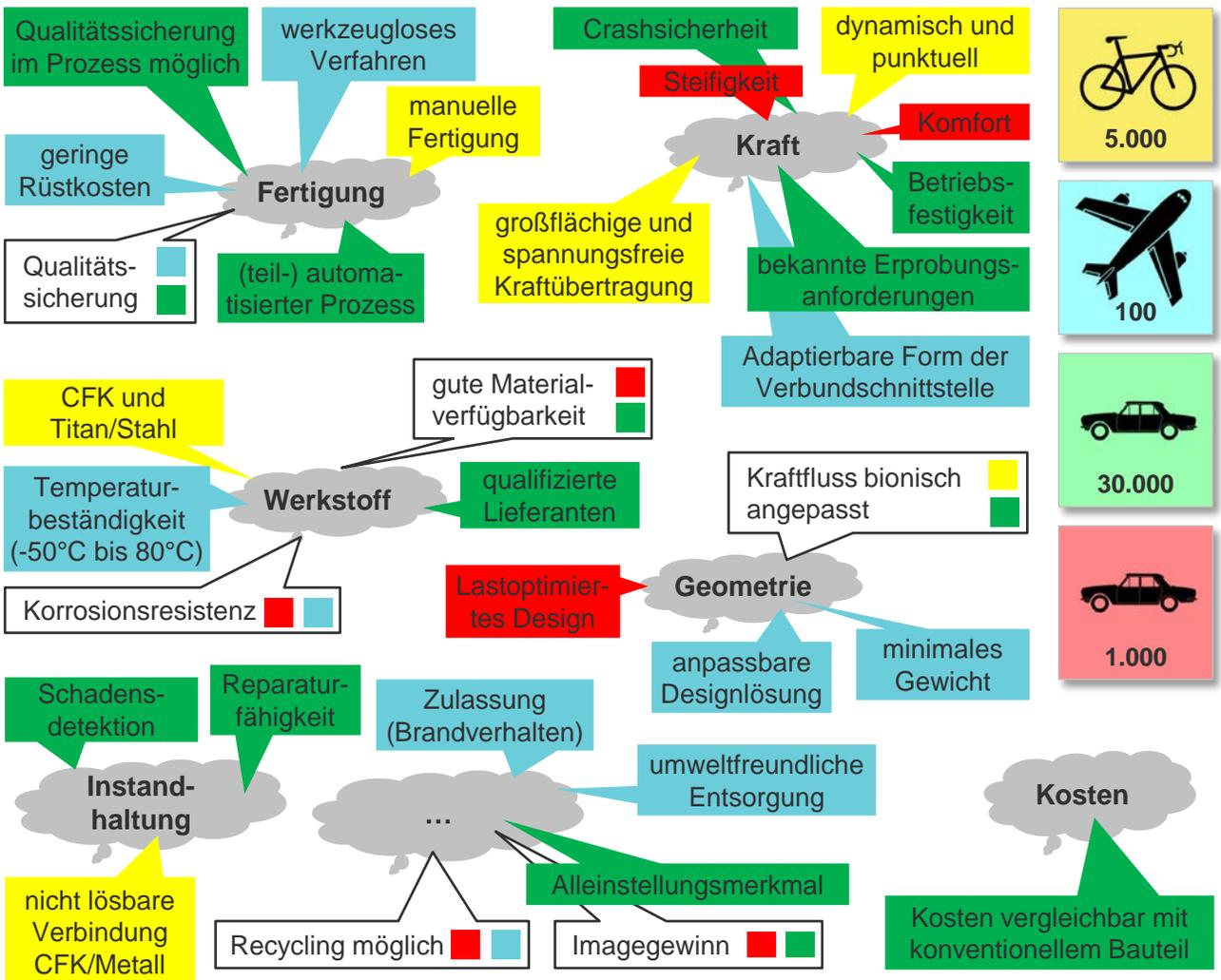


Abbildung 3: Ergebnisse der Definition der Anforderungen; sortiert nach Oberkategorien.

# Hybrider 3D-Druck

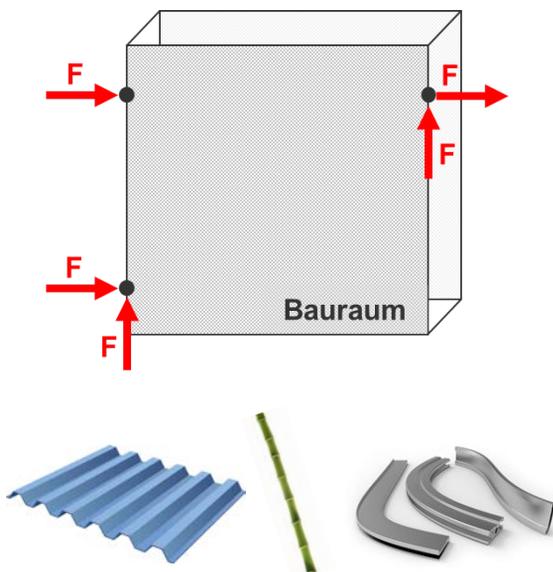
## Lösungsfindung – Vorgehen

Nach der Definition der Anforderungen wurden in einem zweiten Schritt mit Hilfe der 6-3-5 Methode<sup>[1]</sup> erste Lösungskonzepte für den hybriden Querlenker erarbeitet. Jeweils zwei Gruppen haben Lösungskonzepte für die Gesamttopologie des Bauteils sowie Lösungskonzepte für die Verbindungsstellen zwischen den unterschiedlichen Materialien ausgearbeitet (vgl. Abbildung 3).

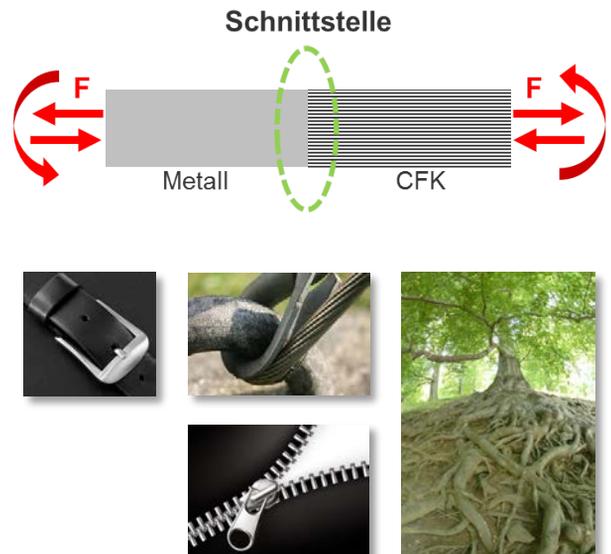
Bei der Lösungsfindung für die Querlenkertopologie hatten die Gruppen die Aufgabe, anhand des definierten Bauraums sowie des definierten Lastszenarios zu überlegen, an welchen Stellen des Bauteils welches Material sinnvoll zum Einsatz kommen könnte und wie eine geeignete Struktur zur Lastübertragung innerhalb des definierten Bauraumes aussehen könnte.

Bei der Konzeptentwicklung für die Schnittstellengestalt galt es, frei von jeglichen Fertigungsrestriktionen werkstoffgerechte Verbindungskonzepte zwischen den unterschiedlichen Materialien zu entwickeln, die eine hohe Lastübertragung versprechen.

### Querlenkertopologie



### Schnittstellengestalt



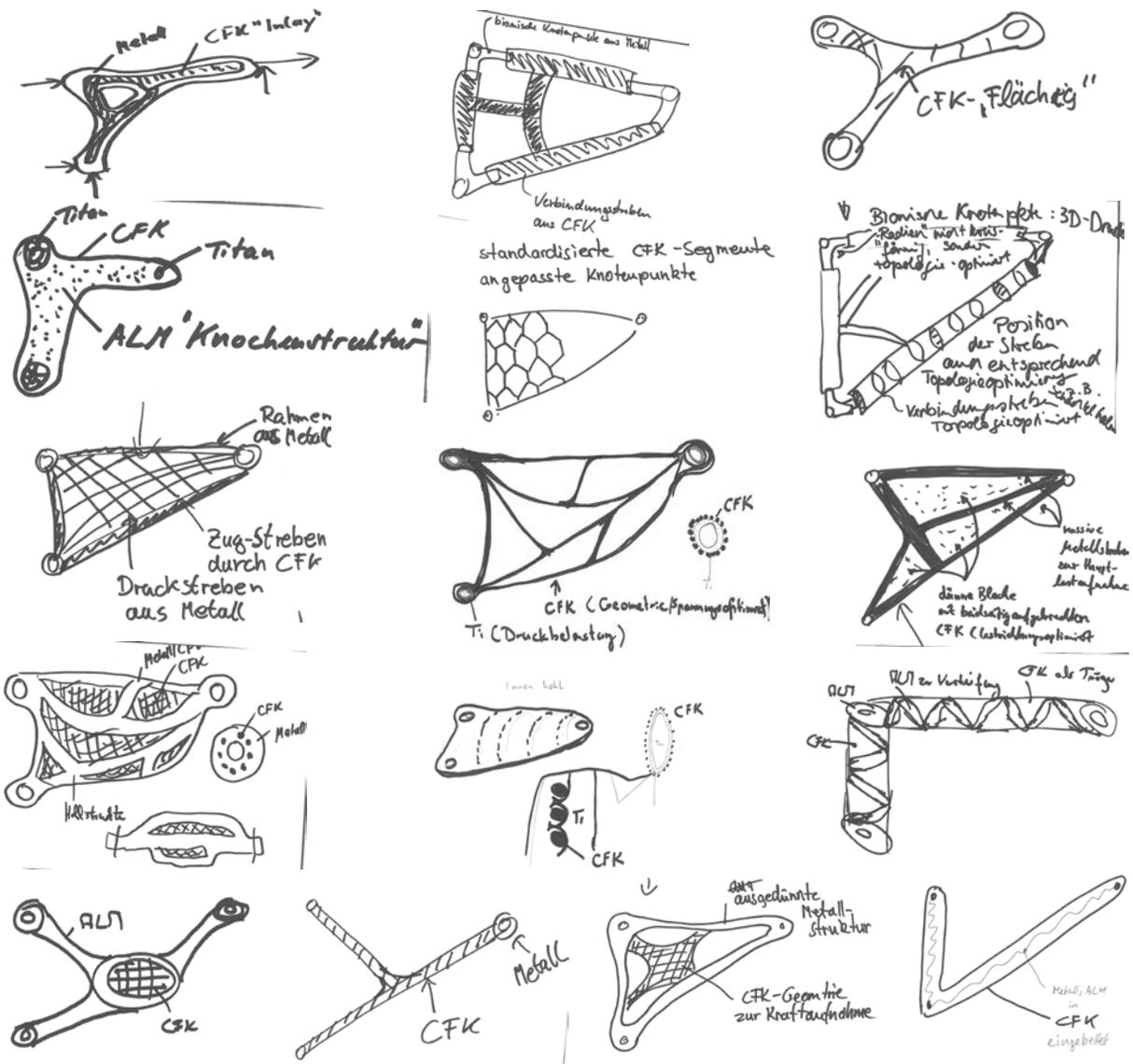
**Abbildung 3: Bauraum und Lasten für die Querlenkertopologie (links) sowie Lastdefinition für die Schnittstelle zwischen Metall und FVK (rechts). Zusätzlich sind einige Lösungsprinzipien dargestellt.**

1. Rohrbach, Bernd: Kreativ nach Regeln – Methode 635, eine neue Technik zum Lösen von Problemen. Absatzwirtschaft 12 (1969) 73-76, Heft 19, 1. Oktober 1969. (Erstveröffentlichung des Erfinders)

# Hybrider 3D-Druck

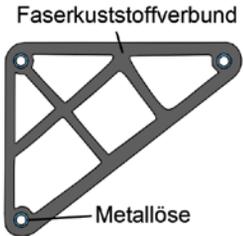
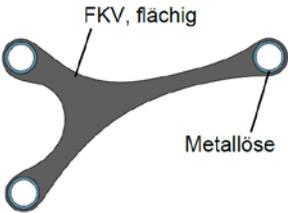
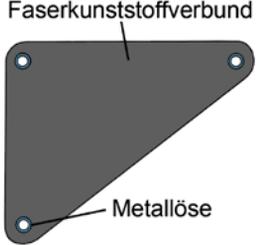
## Lösungsfindung – Ergebnisse: Topologie

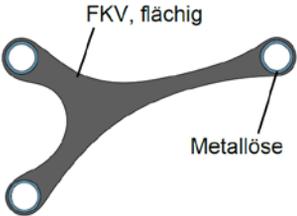
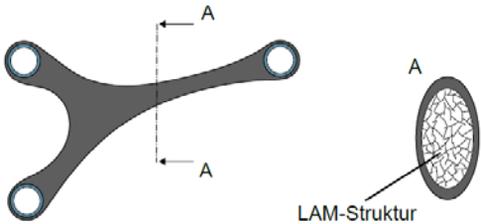
Die Ergebnisse des zweiten Teils des Workshops „hybrider 3D-Druck“, in dem es um die Entwicklung von Lösungskonzepten ging, sind auf den folgenden Seiten gemäß den Kategorien Topologie- und Schnittstellenkonzepte dargestellt. Zuerst werden jeweils beispielhaft die Ergebnisse der 6-3-5 Methode der Workshop-Teilnehmer dargestellt und darauffolgend werden diese Ergebnisse Kategorien zugewiesen. Das resultierende Cluster soll es ermöglichen, Konzepte gezielt miteinander zu kombinieren und weiterzuentwickeln.



# Hybrider 3D-Druck

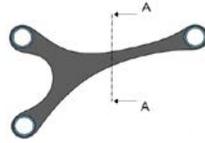
Da die Kategorie Topologie sehr vielfältige Ergebnisse und Konzepte hervorbrachte, die nicht alleine durch diesen Begriff umfasst werden können, wurden die Ergebnisse zur Topologie des Querlenkers in folgende 4 Abschnitte unterteilt: **Topologie**, **Materialtopographie** und sowohl **geschlossener** als auch **offener Querschnittstrukturen**.

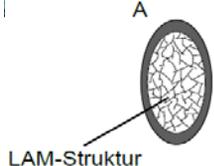
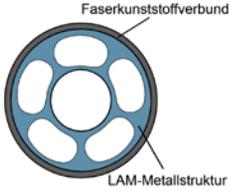
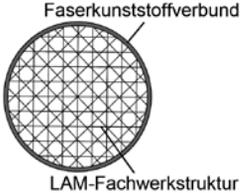
Topologie		
<p>Fachwerk</p> 	<p>Ast-artig</p> 	<p>flächig</p> 
<p>Bei Fachwerkstrukturen sind alle Stabteile so aufgebaut, dass sie nur Druck und Zugkräfte aufnehmen.</p>	<p>Ast-artige Übergänge reduzieren durch ihre bionische Struktur die Kerbspannungen.</p>	<p>Die flächige Strukturen ermöglichen eine einfache Fertigung und Berechnung.</p>

Material-Topographie	
<p>Materialseparation</p> 	<p>Materialkombination</p> 
<p>Die Trennung der Werkstoffe verbessern die lokalen Ausnutzung der Werkstoffeigenschaften.</p>	<p>Eine Materialkombination führt dazu, dass Werkstoffeigenschaften sich gegenseitig ergänzen können.</p>

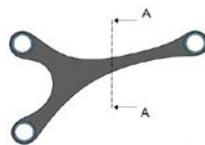
# Hybrider 3D-Druck

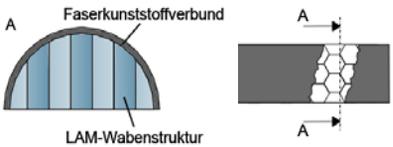
## Bauteilquerschnitt (geschlossen)



Rohrstruktur	Knochenstruktur	Grashalmstruktur	Gitterstruktur
			
Die Rohrstruktur bietet eine stabile Struktur, die die Biegesteifigkeit, durch eine erhöhte Distanz des Werkstoffs zur Achse, erhöht.	Knochen bestehen aus einem Schwammwerk feiner, sich verzweigender Knochenbälkchen, die sich im Bereich der Belastung verdichten.	Bambus- bzw. Grashalmstrukturen besitzen eine hohe Biegesteifigkeit, die sie gegen Windlasten schützen.	Die Gitterstruktur ist eine solide Leichtbauform die den Durchmesser des FKV erhöht und somit das Biegemoment des FKV verstärkt.

## Bauteilquerschnitt (offen)



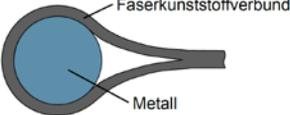
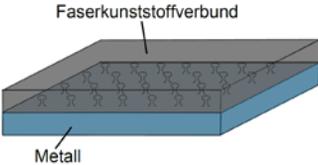
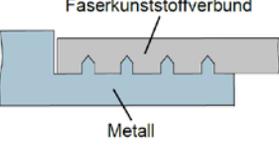
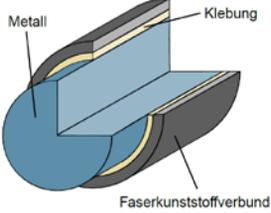
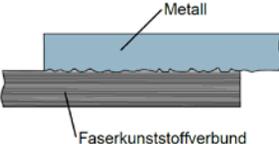
klassische Strukturen	Knochenstruktur	Wabenstruktur
		
Klassische Strukturen ermöglichen eine einfache sowie kostengünstige Fertigung bei hohen Stückzahlen.	Feinst verzweigte Knochenbälkchen stützen den FKV.	Die Wabenstruktur verteilt Belastungen auf das ganze Bauteil und gilt als sehr solide Leichtbaustruktur.



# Hybrider 3D-Druck

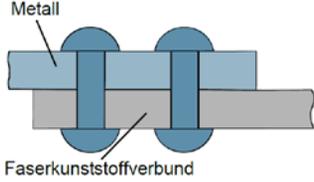
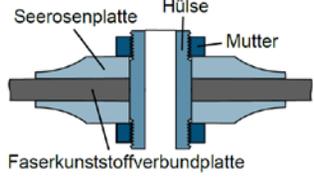
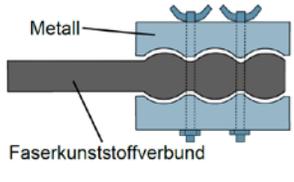
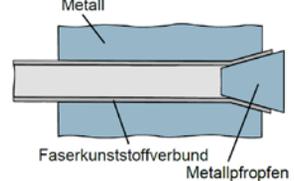
## Lösungsfindung – Ergebnisse: Schnittstelle

Die im Workshop gefunden Schnittstellenkonzepte lassen sich in die Folgenden fünf Unterkategorien gliedern, diese sind: **Schlaufen-, Pin-, Kleb-, Bolzen- und Klemmverbindung.**

Schnittstellenkonzepte		
Schlaufe	<p>Bsp. 1:</p> 	<p>Die Umschlingung eines Bolzens bietet höchste Belastbarkeit für unidirektionale Fasern. Bei dieser Schnittstelle können die Fasern so gelegt werden, dass eine Zerstörung der Fasern durch Durchstoßens des FKV vermieden werden und somit ein optimaler Kraftfluss gewährleistet werden kann. Nachteilig ist der hohe Aufwand bei der Herstellung einer solchen Schnittstelle.</p>
	<p>Bsp. 2:</p> 	
Pins	<p>Bsp. 1:</p> 	<p>Pins eignen sich für die Verbindung von Metall und flächigen FKV. Durch das durchstoßen der Fasern bildet der Verbindung eine vergrößerte Klebefläche und einen Formschluss zwischen den einzelnen Werkstoffen.</p>
	<p>Bsp. 2:</p> 	
Klebung	<p>Bsp. 1:</p> 	<p>Die Klebung ist die einfachste stoffschlüssige Schnittstelle zwischen einem Metall und einem Faser-Kunststoff-Verbund. Durch die intelligente Gestaltung der Oberfläche kann die Belastung der Schnittstelle erhöht werden. So wird durch eine raue Oberfläche die Klebfläche erhöht und ein zusätzlicher, lokaler Formschluss der Matrix gewährleistet.</p>
	<p>Bsp. 2:</p> 	

# Hybrider 3D-Druck

## Schnittstellenkonzepte

<p><b>Bolzen</b></p>	<p>Bsp. 1:</p>  <p>Bsp. 2:</p> 	<p>Die Bolzenverbindung ist eine weit verbreitete Verbindungstechniken für den Zusammenschluss von unterschiedlichen Materialien. Sie zeichnet sich durch ihren einfachen Fügeprozess aus. Nachteilig ist die Zerstörung der Fasern während des Fügeprozesses. Bolzenverbindungen bewähren sich besonders bei flächigen Strukturen bei denen die Kräfteinleitung auf die Fläche verteilt werden kann.</p>
<p><b>Klemmen</b></p>	<p>Bsp. 1:</p>  <p>Bsp. 2:</p> 	<p>Klemmverbindungen sind klassische Verbindungen aus der Seiltechnik und ermöglichen das einfache Zusammenfügen einzelner bereits gefertigter Komponenten. Eine Gefahr bei Klemmverbindungen besteht darin, dass die filigranen Fasern bei dem Klemmprozess brechen und somit zum Versagen des Bauteils führen.</p>

Anhand der dargestellten und geclusterten Konzepte werden mehrere Gesamtlösungskonzepte herausgearbeitet, die jeweils spezielle Vor- und Nachteile aufweisen werden. Die Gesamtkonzepte werden im nächsten Workshop gemeinsam mit den Teilnehmern diskutiert und bewertet. Ziel ist die Auswahl von einem Gesamtkonzept welches anschließend weiterverfolgt wird.

## 3D-Blechleichtbau

### Einleitung

Ist Blech altmodisch? Neue Konstruktionsansätze verleihen Blechstrukturen und -konstruktionen neuen Aufwind. In der Vergangenheit wurden Maschinentische, Halterungen und Stützelemente, z. B. in Ingenieurskonstruktionen, durch materialintensive und teure Frästeile ausgeführt. Durch innovative Konstruktionen und Blechbearbeitungsmaschinen der neuesten Generation lassen sich zunehmend Frästeile durch Blechkonstruktionen ersetzen (vgl. Abbildung 1). Gestaltungsmodelle auf der Basis der Topologieoptimierung integrieren bionische Strukturen in die neuartigen Konzepte. Dabei wird unter der Beachtung der Kräfteinleitungspunkte innovativer Leichtbau ermöglicht. Die Natur dient als Vorbild.

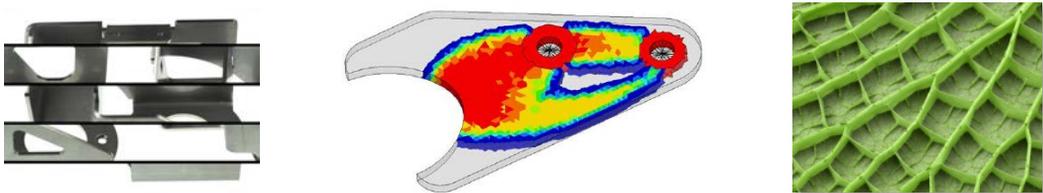


Abbildung 1: Blechkonstruktion, Topologieoptimierung und Bionik

Blechkonstruktion, Topologieoptimierung und Bionik sind Schlüsselemente zur Gestaltung hybrider Strukturen, die durch die Gewichtsersparnis und die optimal angepasste Gestalt einen Wettbewerbsvorteil erzielen. Gepaart mit der Technologie des Additiv Laser Manufacturing (ALM), bei dem Elemente und Komponenten einfach und schnell in der gewünschten Form hergestellt werden können, lassen sich vollkommen neue Konstruktionen verwirklichen.

Werkstoffe haben sich in der Vergangenheit stark gewandelt. Waren es größtenteils Stahlsorten im unteren dreistelligen MPa-Bereich, sind heute hoch- und höchstfeste Stahlsorten im unteren vierstelligen MPa-Bereich, Aluminiumlegierungen, Verbundwerkstoffe und andere innovative Leichtbauwerkstoffe verfügbar (vgl. Abbildung 2). Konstruktionen lassen sich noch ressourceneffizienter und mit einem hohen Grad an Gestaltungsfreiheit umsetzen ohne ihre Stabilität zu verlieren.



Abbildung 2: Hybridbauweise und Nutzung innovativer Leichtbauwerkstoffe

## 3D-Blechleichtbau

### Einleitung

Technologisch setzt der moderne Blechleichtbau auf laserbasierte und lasergestützte Fertigungsverfahren. Laserschneidanlagen, die sowohl im 2D-, als auch im 3D-Bereich Bleche von wenigen Millimetern bis einigen Zentimetern problemlos trennen können, sind das Standbein für den präzisen Zuschnitt. Biegemaschinen bringen den Zuschnitt in Form. Neuartige Laser-Remote- und Laser-Hybridverfahren fügen meist vollautomatisch die einzelnen Elemente zu einem Gesamtbau teil. Laserverfahren ermöglichen zudem die gezielte Materialbeeinflussung durch Laser-(Ent-) und Härten. Oberflächenstrukturen und Sichtelemente lassen sich im Laser-Pulver-Auftragsschweißverfahren bewerkstelligen. Gestochen scharfe, optisch ansprechende Beschriftungen und Markierungen sind eine weitere Domäne der Lasertechnik (vgl. Abbildung 3).



**Abbildung 3: Schneiden und Biegen, Laser-Remote- und Laser-Hybrid-Schweißen, Laser-(Ent-)Härten, Laser-Auftragschweißen und -Markieren**

Das Light Alliance Demonstratorbauteil des 3D-Blechleichtbaus, eine bionische Leichtbaubodenstruktur, greift die umfangreiche Palette der Fertigungsverfahren auf und verbindet diese mit innovativen Konstruktions- und Gestaltungsmethoden. Es entsteht eine leichte, flexible und funktionsintegrierte Bauteilkonstruktion. So oder so ähnlich können in der Zukunft Bodenstrukturen im Schiffbau als Ladeboardwand oder Abdeckplatten ausgeprägt sein. Rampen für Transporter und Fahrwege sind ebenfalls ein Anwendungsbereich. Verschiedenste Fassaden- und Funktionselemente lassen sich realisieren. Rampen und Klappen als Spezialform einer tragenden Bodenstruktur müssen Punkt- und Flächenlasten aufnehmen, unterschiedlichste Funktionen in sich vereinen und variabel einsetzbar sein (vgl. Abbildung 4).



**Abbildung 4: Beispielhafte Anwendungsfelder für Rampen und Klappen**

## Einleitung

Ausgehend von der Einsatzvielfalt sowie den anwendungsspezifischen Anforderungen und Funktionen beinhaltet der erste Workshop im Schwerpunkt die Erarbeitung von Lösungsansätzen und -konzepten zur Gesamtbaugruppentopologie und der Schnittstellengestaltung sowie zur Funktionsintegration eines Rampen- bzw. Klappensystems. Damit ist der erste Schritt zur Entwicklung einer skalierbaren und bionischen Leichtbaubodenstruktur durch die Definition anwendungsübergreifender Anforderungen getan. Didaktisch folgt der Entwicklungsprozess der 6-3-5 Methode. Im Zuge des ersten Workshops wurden für den 3D-Blechleichtbaudemonstrator drei wesentliche Ziele verfolgt:

1. **Definition der Anforderungen** an eine Leichtbaubodenstruktur durch die Workshop-Teilnehmer und
2. darauf aufbauend Erarbeitung von Konzepten zur **Gesamtbaugruppentopologie** sowie zur **Schnittstellengestaltung**
3. Betrachtung der **Funktionsintegration** im Hinblick auf die vielfältigen Anwendungsfelder und Skizzierung von Ideen zur Umsetzung

Die durch die Workshop-Teilnehmer eingebrachten Ideen und entwickelten Lösungsansätze werden in das Konzept einer laserfertigungsgerechten Leichtbau-Bodenstruktur einfließen (vgl. Abbildung 5).

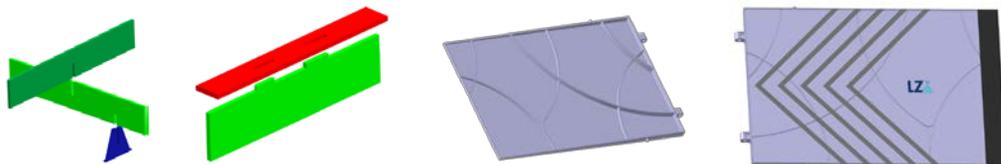


Abbildung 5: Beispiele für Ideen und Lösungsansätze für Leichtbau-Bodenstrukturen

## Definition der Anforderungen – Vorgehen

Zur Definition der Anforderungen wurden die Workshop-Teilnehmer in drei Gruppen mit den Schwerpunkten Dickblech, Dünnblech sowie Fahrzeugbau eingeteilt. Die in jeder Gruppe durchgeführte erste Phase des Brainstormings, detaillierte den Anforderungskatalog für den jeweiligen Bereich. Die ausgearbeiteten Anforderungen wurden themenschwerpunktbezogen sortiert, gruppiert, zusammengefasst und abschließend über alle Gruppen kumuliert, um einen gemeinsamen Ausgangspunkt für die folgenden Schritte bereit zu stellen. Anschließend wurden innerhalb der Gruppen anhand der 6-3-5 Methode Lösungsansätze zur Gesamtbaugruppentopologie und zur Schnittstellengestaltung sowie zur Funktionsintegration entworfen.

# 3D-Blechleichtbau

## Definition der Anforderungen – Ergebnisse

Zu den Ergebnisse der Definition der Anforderungen sind die Workshop-Teilnehmer in zwei Schritten gelangt. Gruppenbezogen wurden für die zuvor festgelegten Oberkategorien Funktion, Lastfall, Geometrie und Sonstiges alle genannten Anforderungen zusammengetragen. Anschließend wurden die gesammelten Anforderungen aus allen drei Gruppen entsprechend der Oberkategorien kumuliert. In der Tabelle 1 sind die sich herauskristallisierten, wesentlichen Anforderungen dargestellt. Die farbliche Abgrenzung hilft bei der Zuordnung zu den Oberkategorien bei der anschließenden 6-3-5 Methode.

Funktion	Lastfall	Geometrie	Sonstiges
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brandschutz</li> <li>• Verletzungsschutz</li> <li>• Kantenschutz</li> <li>• Spaltschluss / Abdichtung</li> <li>• 3D-fügegeeignet</li> <li>• vibrationsfest</li> <li>• stoßfest</li> <li>• handhabbar</li> <li>• Korrosionsschutz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• frei positionierbarer Lasteinleitungspunkt</li> <li>• intelligente Struktur (anpassungsfähig)</li> <li>• Dynamik</li> <li>• Variabilität Punktlast</li> <li>• Flexibilität Lastfall</li> <li>• asymmetrische Lasteinleitung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steifigkeit</li> <li>• Modularität (erweiterbar / kombinierbar)</li> <li>• 3D-Struktur</li> <li>• skalierbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klassifizierung</li> <li>• Werkstoffeigenschaften</li> <li>• Kosten</li> <li>• industrielle Umsetzbarkeit</li> <li>• Reparaturmöglichkeit</li> <li>• Losgröße 1 ... n</li> <li>• Recycling</li> <li>• geringer Fertigungsaufwand</li> </ul>

**Tabelle 1: Kumulierte Auflistung aller wesentlichen Anforderung für die vier Oberkategorien**

Es ist zu erkennen, dass im Funktionsbereich der Personen- und der Gegenstandsschutz als eine der wichtigsten funktionellen Eigenschaften eines komplexen Bauteils einen hohen Stellenwert einnimmt. Unabhängig davon muss eine entsprechende Leichtbau-Bodenstruktur 2D- und 3D-laser-be- und verarbeitbar sein. Mechanische, akustische und haptische Eigenschaften bilden die dritte einzubeziehende Gruppe der Kategorie Funktion. Im Bereich der Lasteinleitung und -anpassung sind vor allem variable Lastfälle und flexible Lasteinleitungspunkte in der Strukturmodellierung zu beachten. Geeignete Strukturkonzepte und moderne Fertigungsverfahren, können diese Anforderungen beachten. Im Angesicht der unterschiedlichen Einsatz- und Verwendungsmöglichkeiten sind steife und modular aufgebaute Strukturen wünschenswert. Der Gedanke der Modularität und der Anpassung spielt eine große Rolle. In der industriellen Herstellung dürfen Ressourcen, Umsetzbarkeit, Kosten, Losgröße und Wiederverwertbarkeit nicht außer Acht gelassen werden. Auch im 3D-Leichtbau-Demonstratorbauteil sollen Ideen zur Umsetzung erkennbar sein. Trotz der Betrachtung aus drei verschiedenen industriellen Blickwinkeln hat sich eine Gesamtanforderungsliste ergeben, die sich auf ein allgemeingültiges und branchenübergreifendes Demonstratorbauteil anwenden lässt.

## Lösungsfindung – Vorgehen

Die **6-3-5 Methode** ist unter den Kreativitätstechniken eine Brainwriting-Technik und stellt ein Problemlösungsverfahren zur Förderung von neuen, ungewöhnlichen Ideen bei der Bearbeitung von Problemstellungen in einer Gruppe dar<sup>[1]</sup>. Die Methode eignet sich für Aufgaben geringer bis mittlerer Komplexität und lässt sich gut als Folgeaktion des Brainstormings zur systematischen Vertiefung der Grundideen verwenden. Außerdem lässt sich auf diese Weise schnell das Potential eines neuen Rohstoffes, eines neuen Verfahrens, etc. ausloten.

6 Teilnehmer erhalten ein jeweils gleichgroßes Blatt Papier. Jedes Blatt wird in 18 Kästchen, bestehend aus drei Spalten und 6 Zeilen, aufgeteilt (vgl. Abbildung 6). In der ersten Runde formuliert jeder Teilnehmer in jeder Spalte eine Idee, insgesamt drei Ideen. Nach drei bis fünf Minuten erfolgt eine gleichzeitige Weitergabe der Blätter im Uhrzeigersinn. Die Bearbeitungszeit je Runde orientiert sich am Schwierigkeitsgrad der Aufgabenstellung. In der anschließenden Runde greift der Nächste die Ideen auf, versucht diese zu ergänzen und weiterzuentwickeln. Mit dieser Methode entstehen innerhalb von 30 Minuten maximal 108 Ideen = 6 Teilnehmer × 3 Ideen × 6 Zeilen<sup>[2]</sup>.

6-3-5 Methode Zusammenfassung:

- 6 Teilnehmer generieren gleichzeitig
- 3 Lösungen und reichen diese
- 5 mal an den Nachbarn weiter

Jeder Teilnehmer ergänzt und/oder ändert in einer neuen Zeile die Ideen seines Vorgängers. Jeder Bogen erreicht jeden Teilnehmer.

Vorteile:

- direktes Feedback
- viele Ideen in kurzer Zeit
- keine zerredeten Ideen

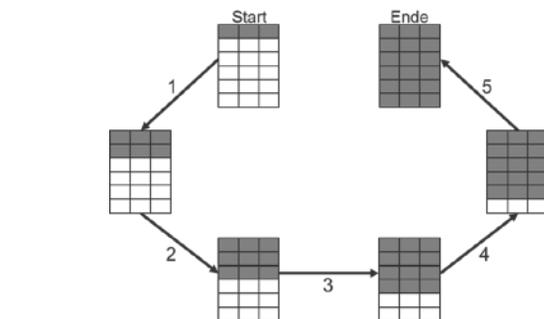


Abbildung 6: Prinzipdarstellung der 6-3-5 Methode

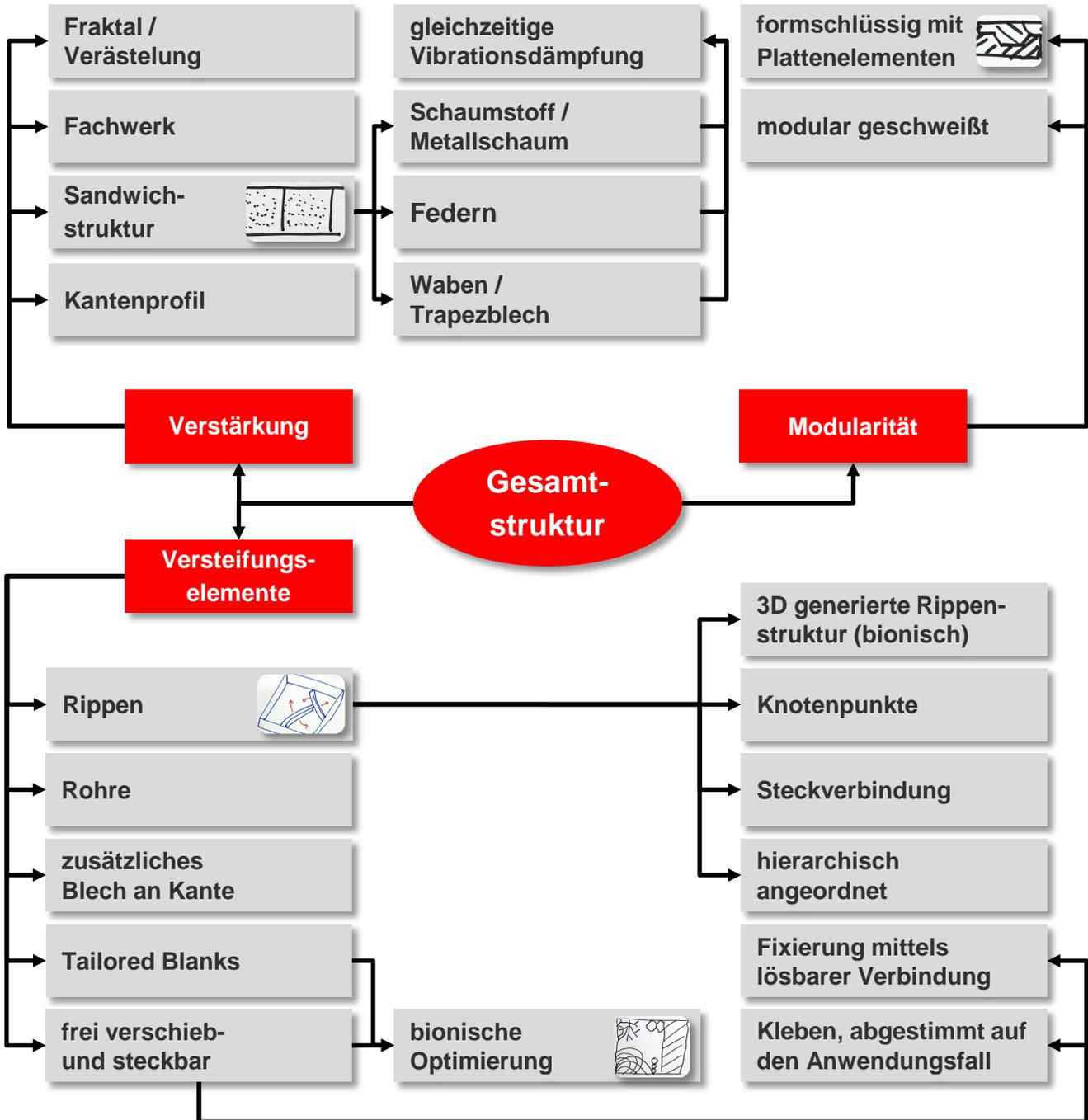
Nachteile:

- teilweise schwierige Handhabung
- starrer Ablaufmechanismus kann Kreativität stören
- Redundanzen, im ungünstigsten Fall insgesamt nur drei Ideen

1. Rohrbach, Bernd: Kreativ nach Regeln – Methode 635, eine neue Technik zum Lösen von Problemen. Absatzwirtschaft 12 (1969) 73-76, Heft 19, 1. Oktober 1969. (Erstveröffentlichung des Erfinders)  
2. WIKIPEDIA Die freie Enzyklopädie: Methode 635. In: [http://de.wikipedia.org/wiki/Methode\\_635](http://de.wikipedia.org/wiki/Methode_635), abgerufen am: 09.04.2014.

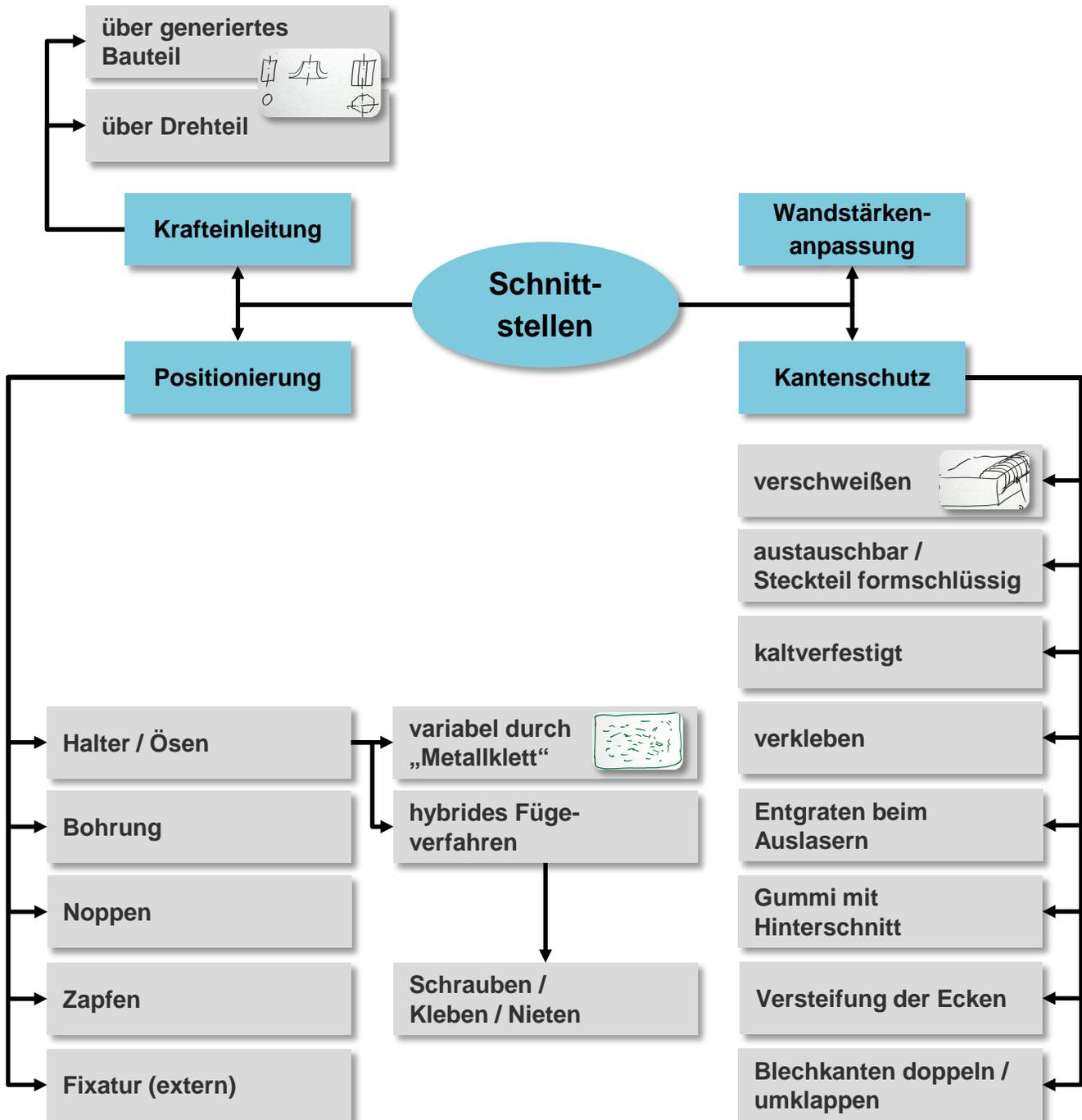
# 3D-Blechleichtbau

## Lösungsfindung – Ergebnisse



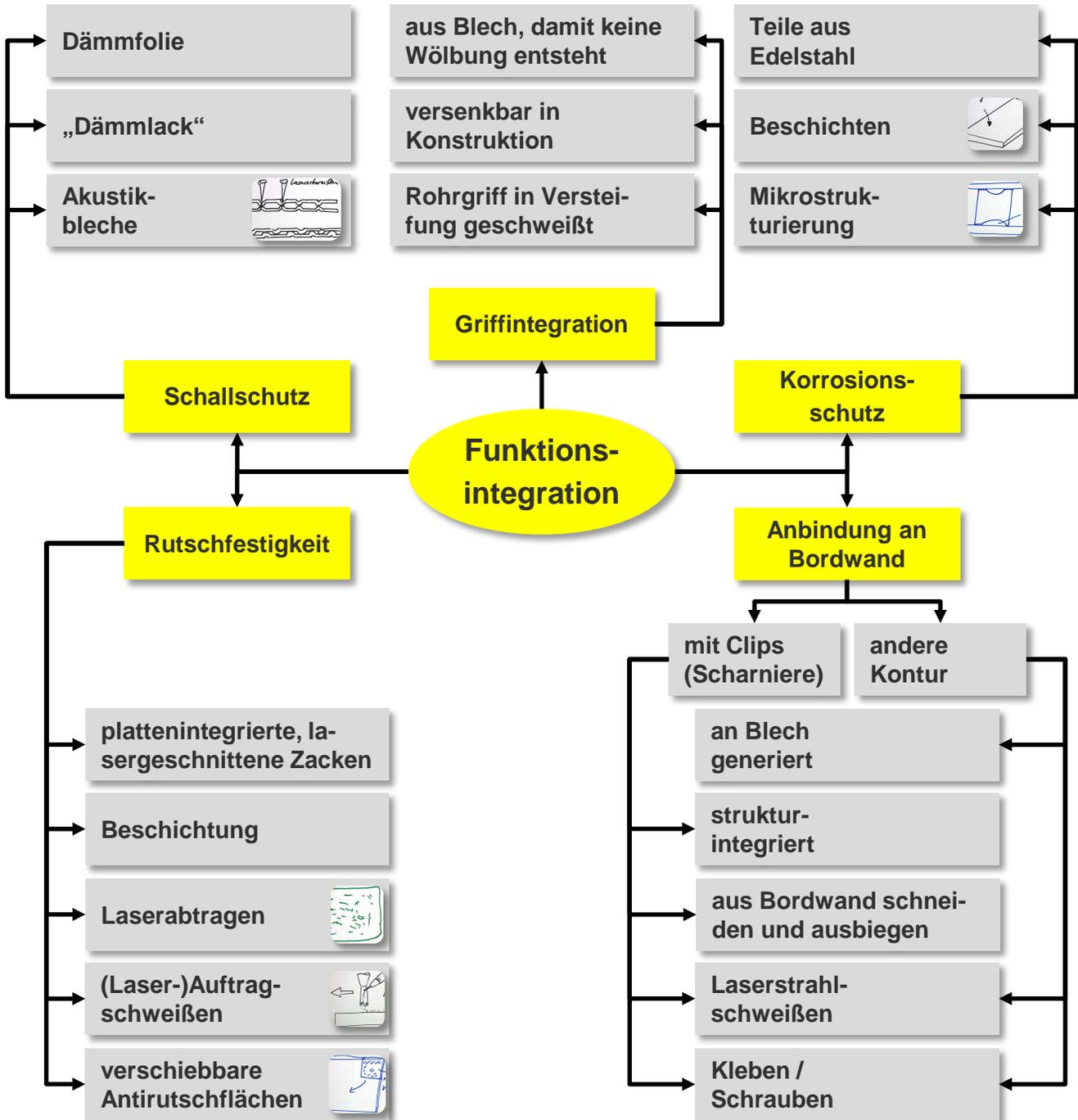
# 3D-Blechleichtbau

## Lösungsfindung – Ergebnisse



# 3D-Blechleichtbau

## Lösungsfindung – Ergebnisse

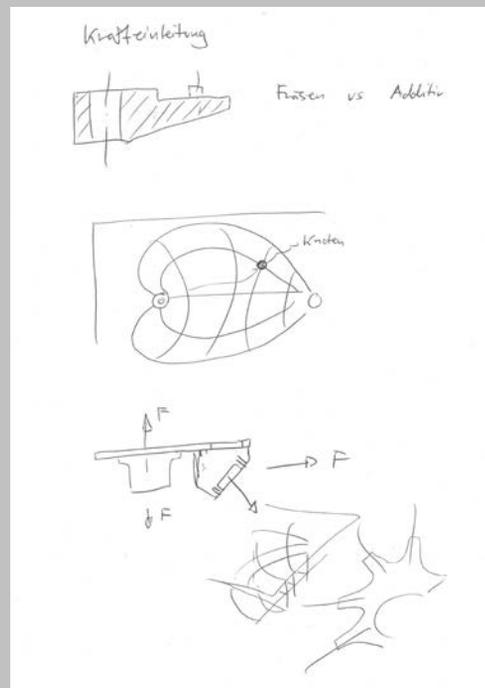
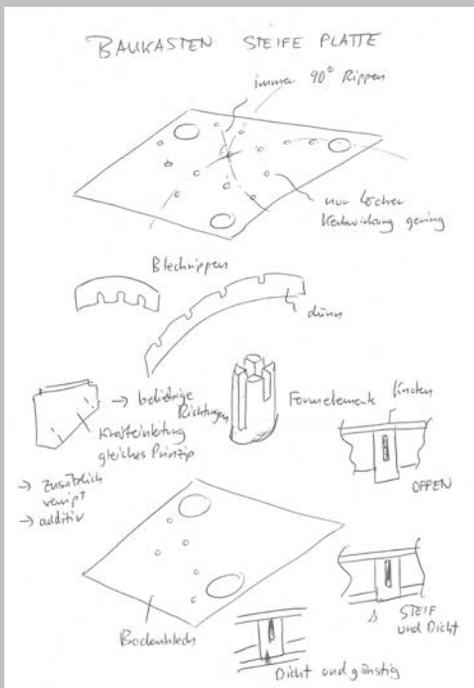


# 3D-Blechleichtbau

## Lösungsfindung – Ergebnisse

Aufbauend auf den vorgenannten Einzelideen zur Baugruppenstruktur und der Funktionsintegration sowie mit Bezug auf die erarbeitete Anforderungsliste wurde bereits ein erstes Gesamtkonzept eines innovativen Baukastensystems für Bodenstrukturen erarbeitet.

### Erstes Gesamtkonzept



Folgende Gesichtspunkte wurden dabei u. a. berücksichtigt:

- **Leichtbau** durch versteiftes Oberblech (alt. Sandwichstruktur) und im Winkel von 90° kreuzende Blechrippen in Anlehnung an Mitchell-Struktur; angepasste bionische Leichtbau-Lasteinleitungspunkte durch Topologieoptimierung und LAM
- **einfaches Spannen** und **Positionieren** durch geschlitzte und verzahnte Rippen sowie standardisierte Knotenpunkte
- **hochproduktives** und **verzugsarmes** Fügen durch Laser-Remote-Schweißgerechte Gestaltung
- durch Baukastenprinzip **Skalierbarkeit** auf verschiedene Lasten sowie **Übertragbarkeit** auf verschiedene Anwendungsfelder

## ► Nächste Schritte



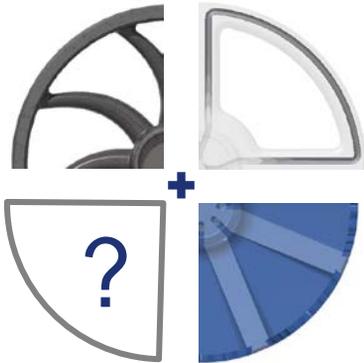
Einführung in die Light Alliance

Light-Functionality: Workshop und Ergebnisse

**Nächste Schritte**

## Nächste Schritte bis zum 2. Workshop

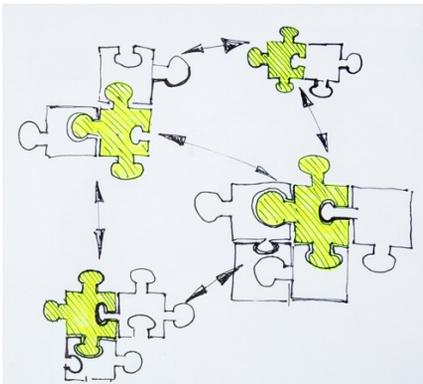
### 1 Multifunktions-3D-Druck



Für den zweiten Workshop werden die von den Teilnehmern priorisierten Funktionen von den Mitarbeitern der LZN GmbH bewertet und hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit für ein multifunktionales Bauteil geprüft. Es sollen bis zu drei mögliche Einsatzszenarien abgeleitet und ein damit verbundenes Anforderungsprofil entwickelt werden. Das Ergebnis dieses Prozesses sind bis zu drei konstruktiv umgesetzte Gestaltungsvorschläge für multifunktionale (Präge-) Walzen.

Im zweiten Workshop soll die Umsetzbarkeit und die Sinnhaftigkeit dieser Lösungsvorschläge zunächst diskutiert werden. Das Ziel ist die Auswahl eines Einsatzszenarios und der damit verbundenen Funktionen sowie die Festlegung eines finalen Walzendesigns entsprechend des zu Grunde liegenden Anforderungsprofils.

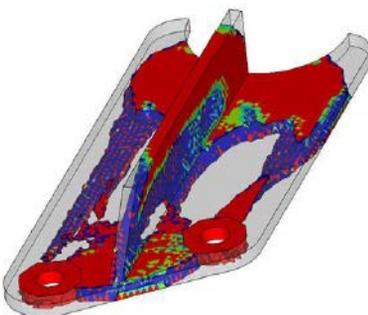
### 2 Hybrider 3D-Druck



Aufbauend auf den Ergebnissen des ersten Workshops werden, durch Kombination der erarbeiteten Teillösungen, mehrere Gesamtlösungskonzepte für den hybriden Querlenker erarbeitet. Im Rahmen des zweiten Workshops werden diese Lösungskonzepte vorgestellt.

Im Anschluss an diese Präsentation werden die Gesamtlösungen mit Hilfe der Workshop-Teilnehmer technisch bewertet. Dabei wird insbesondere betrachtet, inwieweit die Lösungen die Anforderungen erfüllen, die im ersten Workshop definiert wurden. Ziel des zweiten Workshops wird die Auswahl eines Lösungskonzeptes, welches im Anschluss weiterverfolgt und im 4. Workshop gefertigt wird. Zur Vorbereitung der Teilnehmer auf die Bewertungsmethode werden die Verfahrensrestriktionen im Vorfeld präsentiert.

### 3 3D-Blechleichtbau



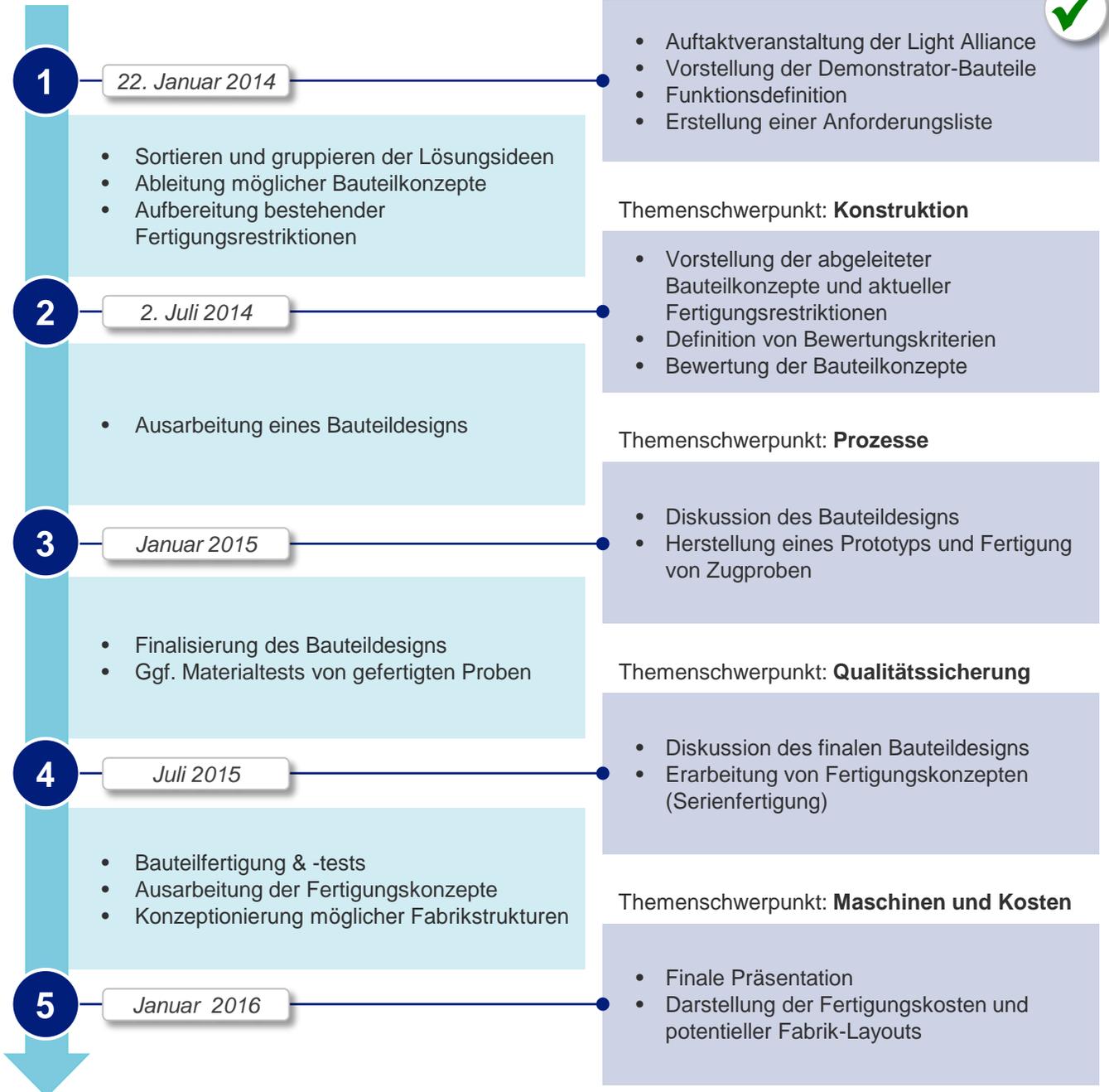
Aufbauend auf der erarbeiteten Anforderungsliste und den darin enthaltenen Last- und Geometrieanforderungen wird als erster Schritt der Bauteilkonstruktion eine Topologieoptimierung der Bodenstruktur durchgeführt. Deren Ergebnisse werden gemeinsam mit den Ergebnissen der Lösungsfindung aus dem ersten Workshop zu verschiedenen Entwürfen für ein Gesamtkonzept zusammengeführt.

Im zweiten Workshop wird das Vorgehen der Topologieoptimierung erläutert sowie deren Ergebnisse und die abgeleiteten Gesamtkonzepte für die Leichtbau-Bodenstruktur vorgestellt und mit den Teilnehmern hinsichtlich Erfüllung der definierten Anforderungen sowie den fertigungstechnischen Restriktionen bewertet. Das Ziel ist es, mit den Teilnehmern ein finales Lösungskonzept für das Bauteildesign zu erarbeiten.

# Ausblick

## Forschungsarbeit LZN

## Workshop Inhalte



**LZN Laser Zentrum Nord GmbH**

Am Schleusengraben 14

D-21029 Hamburg

Web: [www.lzn-hamburg.de](http://www.lzn-hamburg.de)

E-Mail: [info@lzn-hamburg.de](mailto:info@lzn-hamburg.de)

Tel: +49 40 484010-500

Fax: +49 40 484010-999



**Light Alliance**