

5. Technologietag Hybrider Leichtbau 25.06.2018

Entwicklungsprozess zur Kosten- und Gewichtseinsparung
bei Werkzeug- und Verarbeitungsmaschinen

Michael Zimmermann, DLR – Institut für Fahrzeugkonzepte
Felix Laufer, IKTD Universität Stuttgart
Uwe Schleinkofer, Fraunhofer IPA
Stuttgart, 25.06.2018

Motivation

- Bedeutender Anteil der Exportgüter Deutschlands sind Werkzeug- und Verarbeitungsmaschinen
 - Hoher Konkurrenzdruck, dadurch hohe Kosten- und Produktivitätsanforderungen
 - Arbeitsgeschwindigkeit stark abhängig von der Masse der bewegten Komponenten
 - Energiebedarf stark abhängig von der Masse der bewegten Komponenten
 - Herstellkosten abhängig von bewegten und statischen Komponenten
- Leichtbaugerechte Konstruktionen in ausgewählten Bereichen
- Frühe Entwicklungsphasen bestimmen größtenteils die Masse / Kosten, daher Potenzial dieser Phasen nutzen
- Verringerter Werkstoffeinsatz bzw. eine „Verschlankung“ der gesamten Maschine führt zu Reduzierung der Herstellkosten und zu einer Produktivitätssteigerung



Ziel

- Entwicklung eines neuartigen, ganzheitlichen und interdisziplinären Ansatzes

- Forschungsinstitutsübergreifende systematische Vorgehensweise



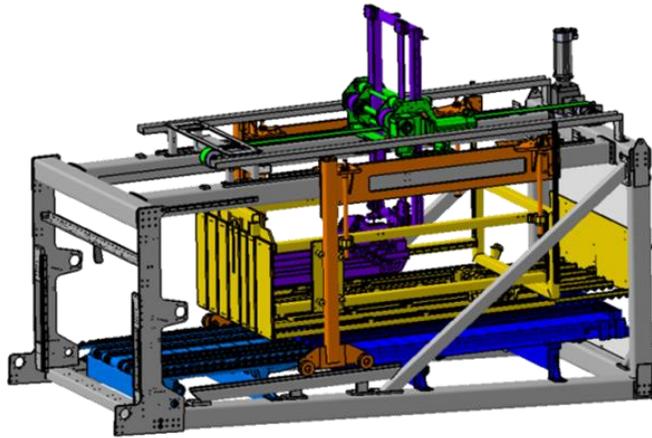
- Bündelung der Kompetenzen von drei Forschungsinstituten

- Identifizierung von Leichtbaupotenzialen und Kosteneinsparungsmöglichkeiten

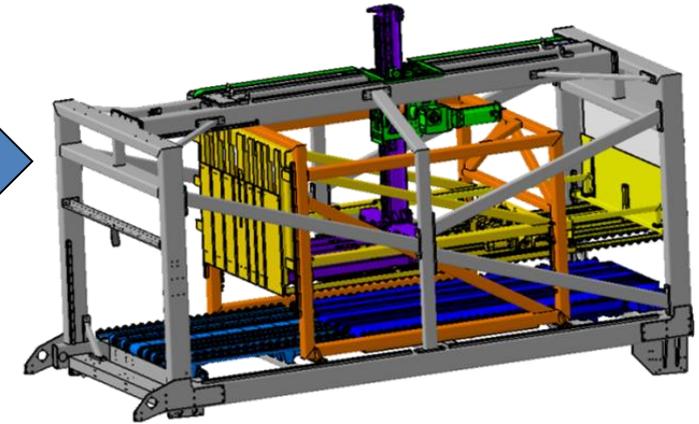
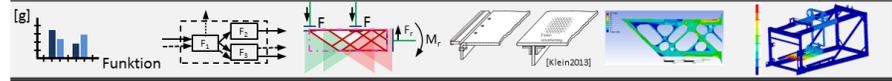
- Ableitung innovativer Leichtbaukonzepte



Forschungsprojekt – Ergebnisse der Case-Study Bahmüller



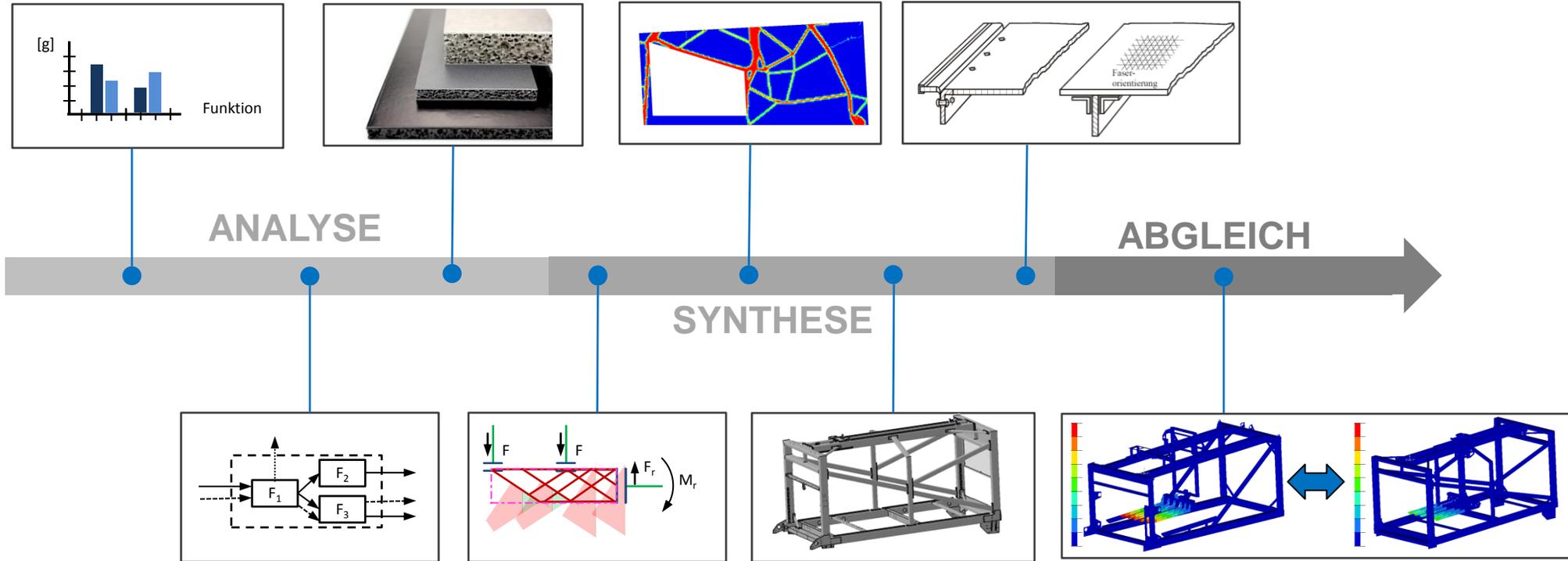
Ganzheitlicher und interdisziplinärer
Leichtbauentwicklungsprozess



Ergebnisse

- Massereduktion bewegte Bauteile 33% (mit Antriebskomponenten 50%)
- Kostenreduktion bewegte Bauteile 20%
- Kostenreduktion Maschinengestell 15%
- Kostenreduktion Antriebskomponenten ca. 60%
- Erwartete Energieeinsparung 40%
- Gleiche bzw. höhere Steifigkeit für untersuchte Baugruppen

Verfolgter Leichtbauentwicklungsprozess

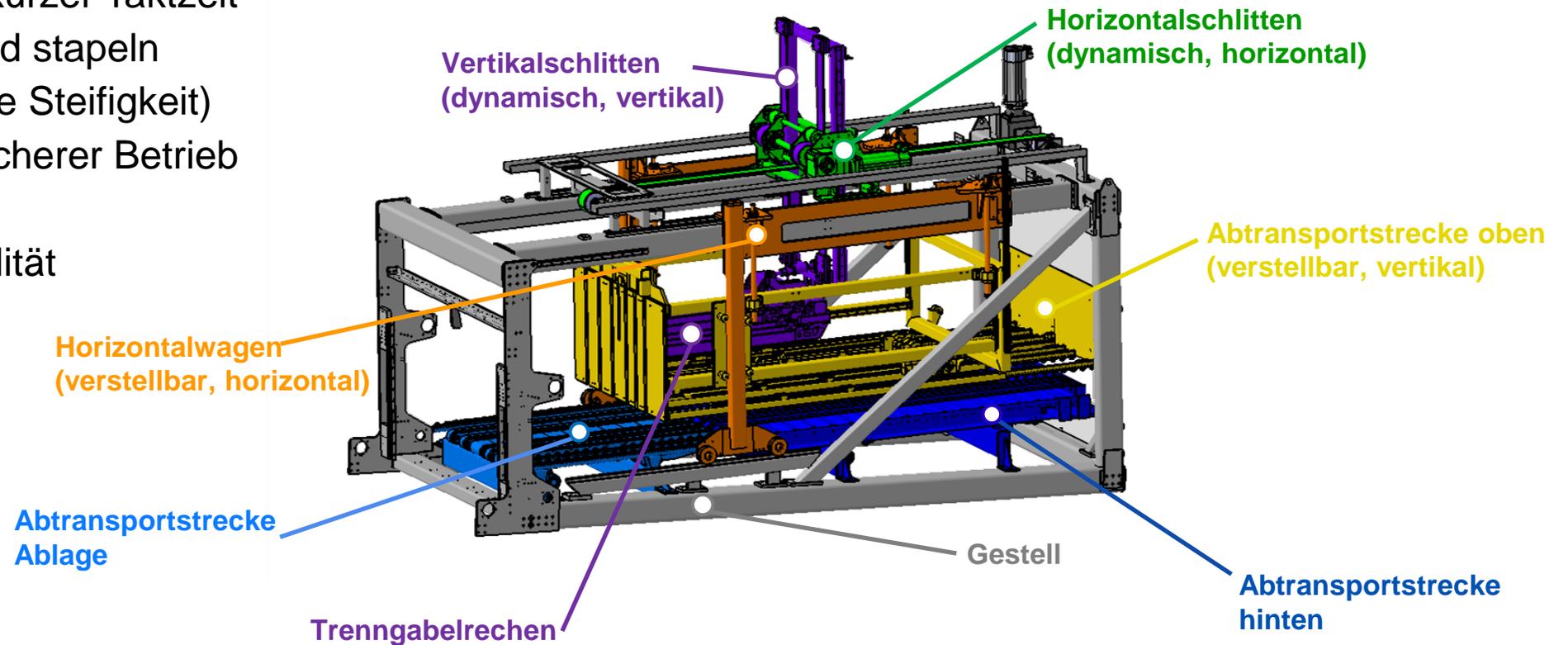


Analysephase

Anforderungen

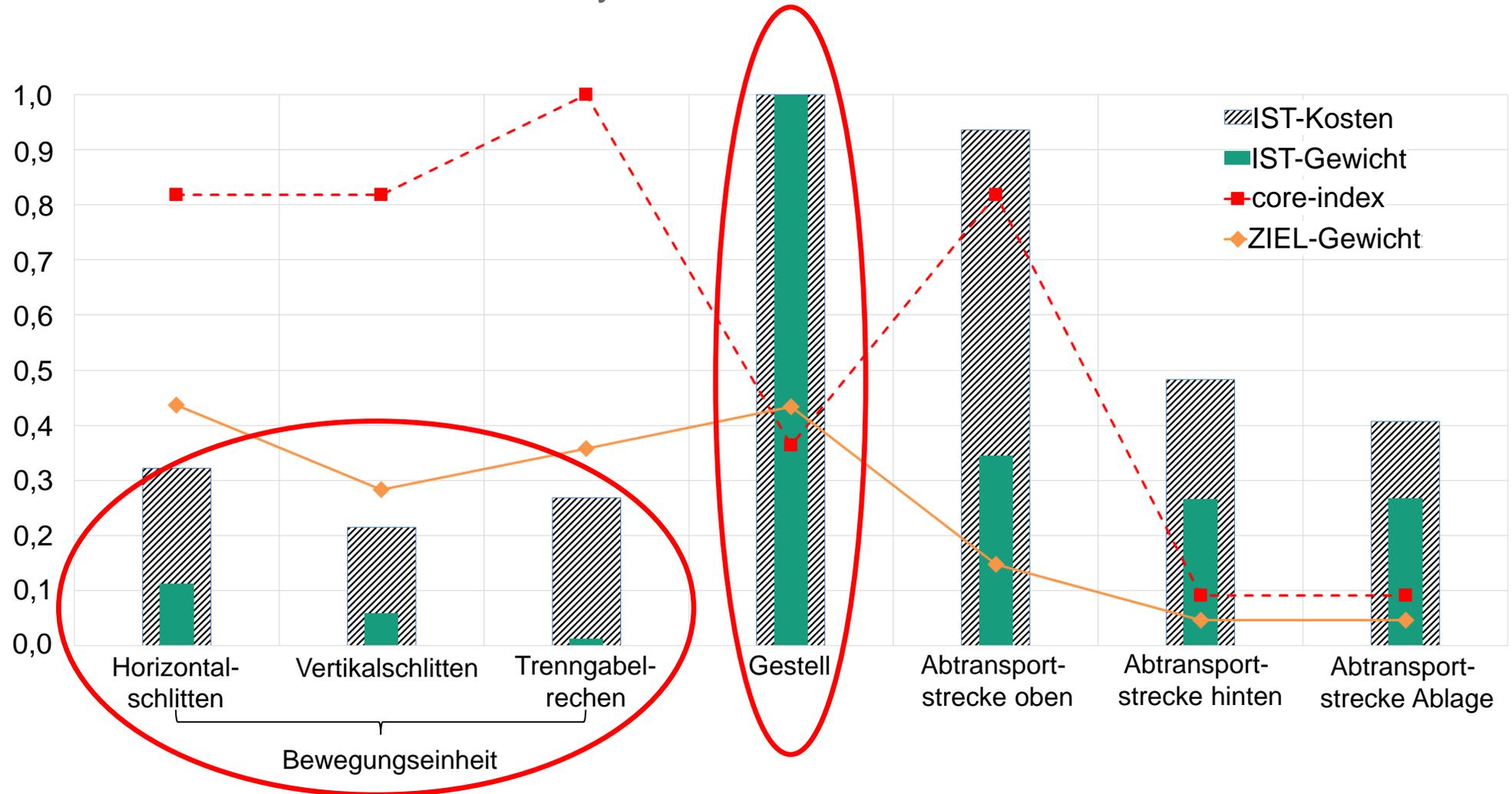
Anforderungen

- Kartons fördern mit kurzer Taktzeit
- Kartons sammeln und stapeln
- Hohe Präzision (hohe Steifigkeit)
- Zuverlässiger und sicherer Betrieb
- Hohe Kartonqualität
- Hohe Produktvariabilität



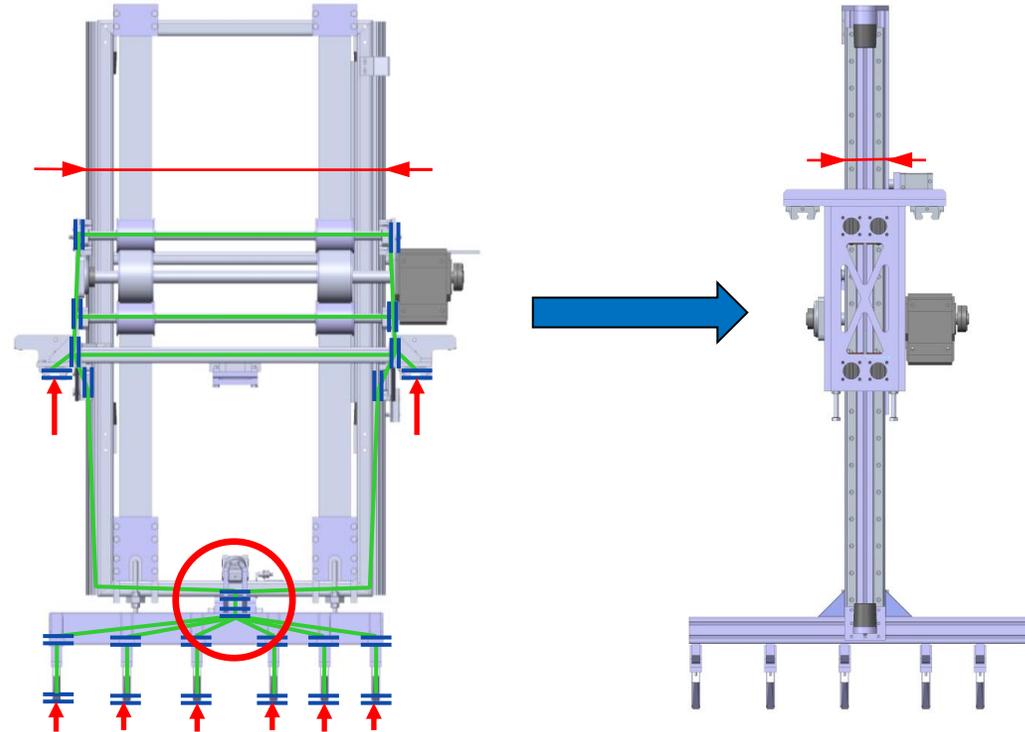
Analysephase

Funktionsmassen- / Funktionsbedarfsanalyse



Synthesephase

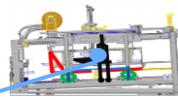
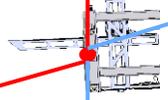
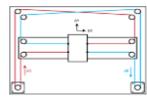
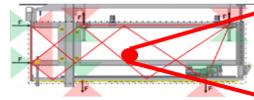
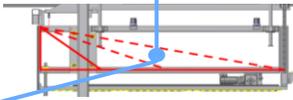
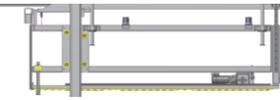
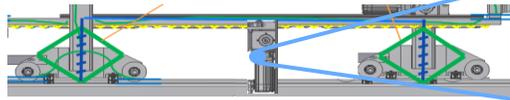
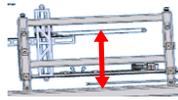
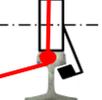
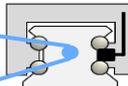
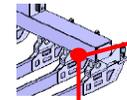
Leichtbaudenkwerkzeuge Bewegungseinheit und Umsetzung ausgewählter Konzepte



- Aufspaltung und wieder zusammenführen der Kraftpfade
- Strukturelles Drehgelenk bzw. Nachgiebigkeit (+ mittige Aufhängung)
- Verschlankeung des Systems → Leichtbaupotenzial

Synthesephase

Leichtbaudenwerkzeuge und Umsetzung ausgewählter Konzepte

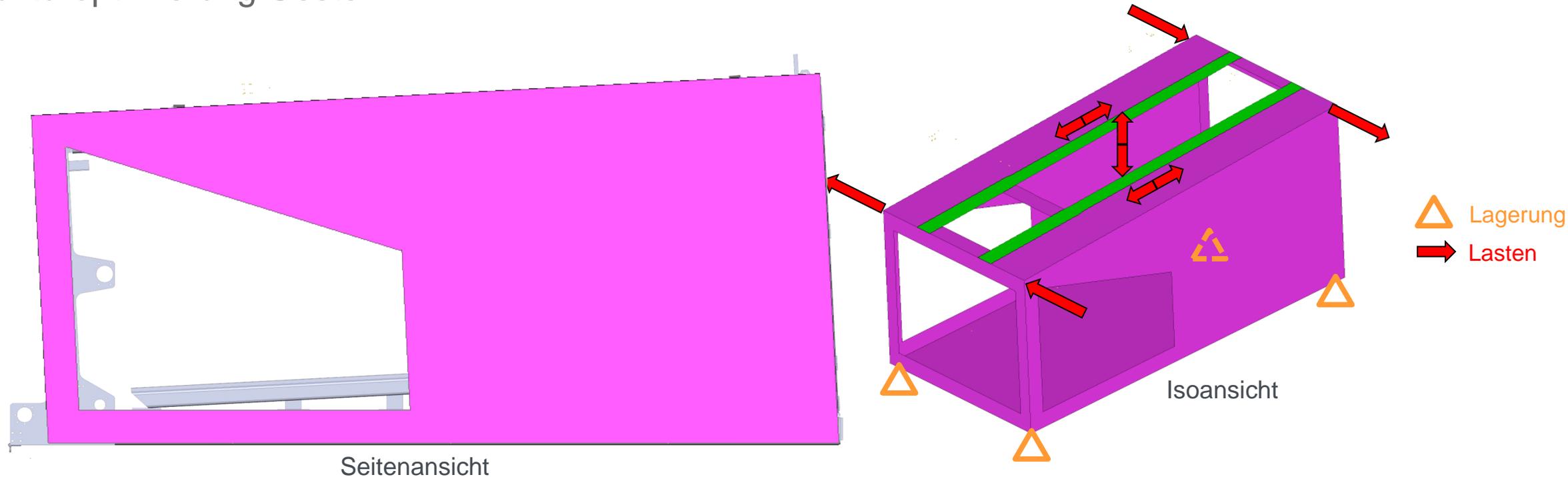
Lösung Variante	1	2	3
Position Bewegungseinheit (BWE)	 BWE oben auf Gestell mit optimiertem Vertikalschlitten	 BWE integriert in ATS	 BWE auf Gestell von ATS entkoppelt
Antrieb BWE	 Entkoppelt → zwei unabhängige Antriebseinheiten (Vertikalschlitten fährt horizontal mit)	 Entkoppelt → zwei unabhängige Antriebseinheiten (Vertikalschlitten fährt horizontal nicht mit)	 Gekoppelt → zwei abhängige Antriebseinheiten (Gantry)
Gestalt Abtransportstrecke (ATS)	 Strukturoptimiert	 Gestaltoptimiert	 Massive Ausführung
Höhenverstellung ATS	 Mit Kniehebeln und kurzen Spindeln	 in Vertikalprofilen integriert mit langen Spindeln	 Nur Förderteppich führt hor. Beweg. aus
Führung und Arretierung ATS	 Mit vertikaler Führung und mit Klemmbremse	 Ohne vertikale Führung und mit Klemmbremse	 Linearführung (vert./hor.) mit Klemmbremse
Überlastschutz Trenngabelrechen	 Jeder Zinken besitzt eigenen Überlastschutz	 Ein Überlastschutz für alle Zinken	

LV 1

LV 2

Synthesephase

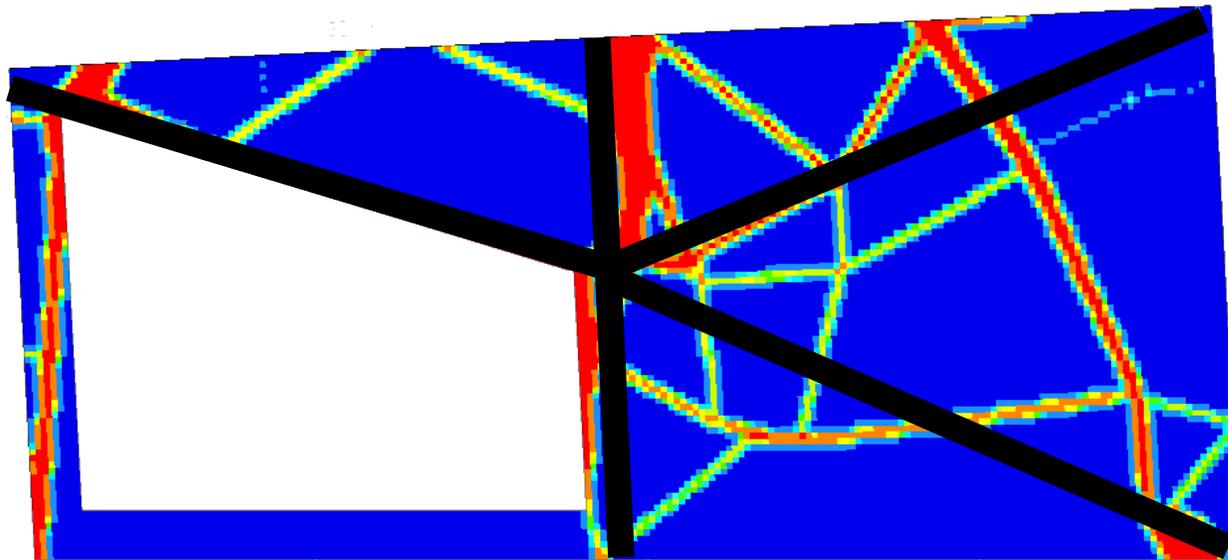
Strukturoptimierung Gestell



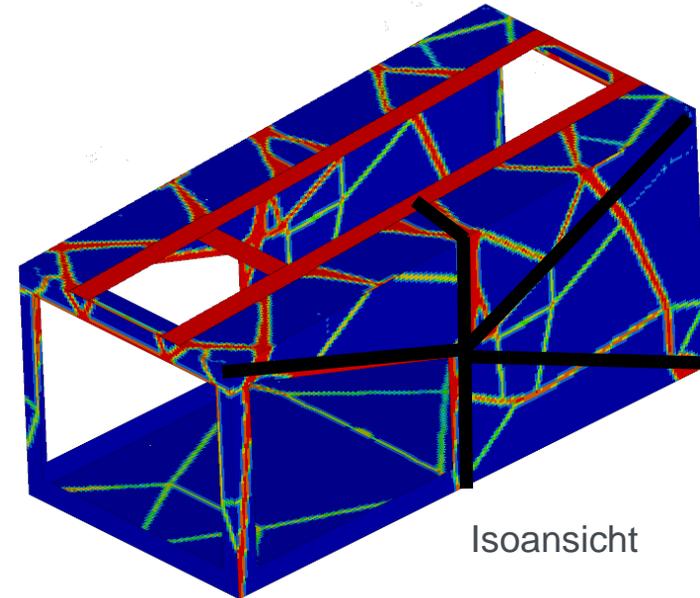
- Strukturoptimierung mittels Topologieoptimierung und konstruktiver Umsetzung
- Gezielte Festlegung von „Design“ und „Non-Design“-Bereichen
- Berücksichtigung von relevanten Lastfällen und Verformungen
- Optimierungsziel: Max. Steifigkeit

Synthesephase

Strukturoptimierung Gestell Ergebnisse Topologieoptimierung



Seitenansicht

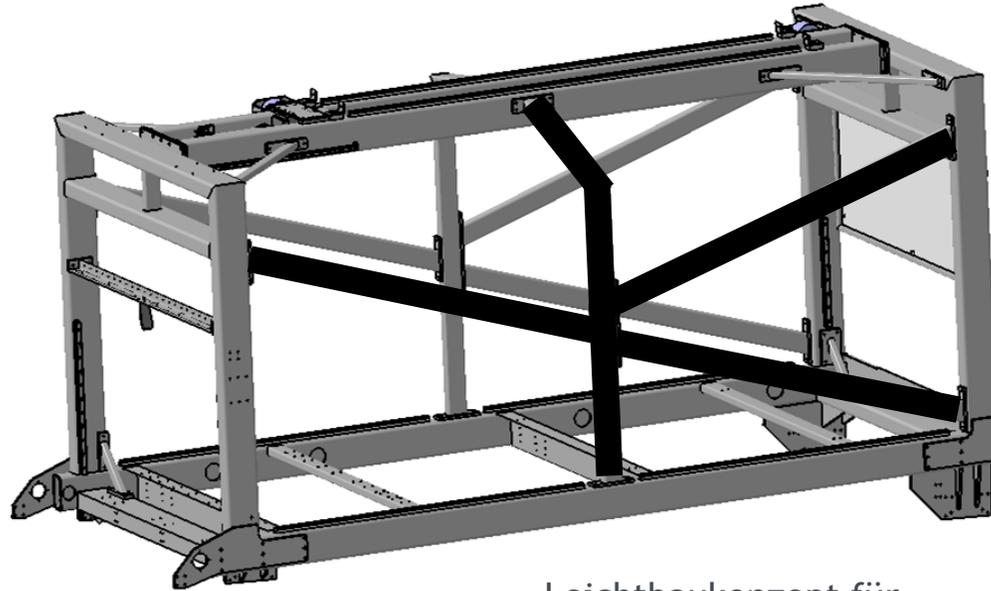


Isoansicht

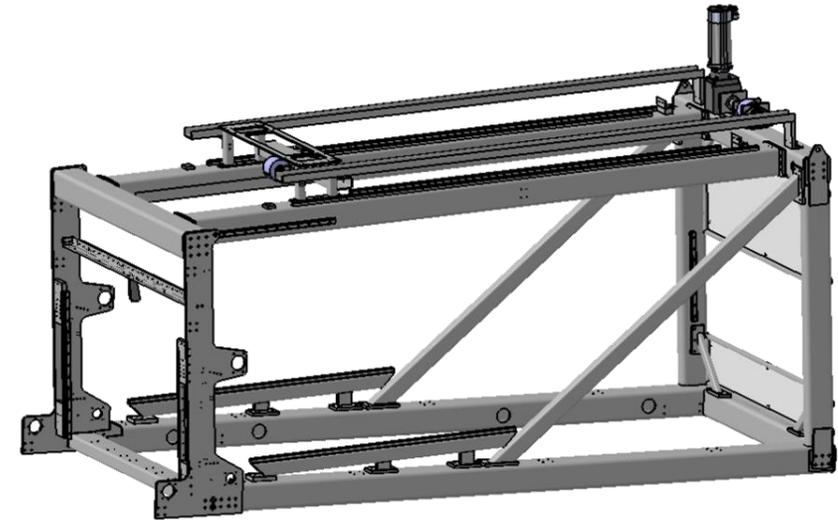
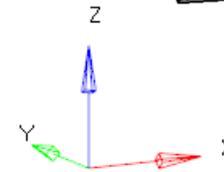
- Mittige Abstützung der oberen Langträger zielführend
- Seitliche Abstützung durch Diagonalverstrebungen
- Quer-/Diagonalverstrebungen im Bodenbereich wo möglich

Synthesephase

Umsetzung ausgewähltes Gestellkonzept (CAD)



Leichtbaukonzept für
Gestell

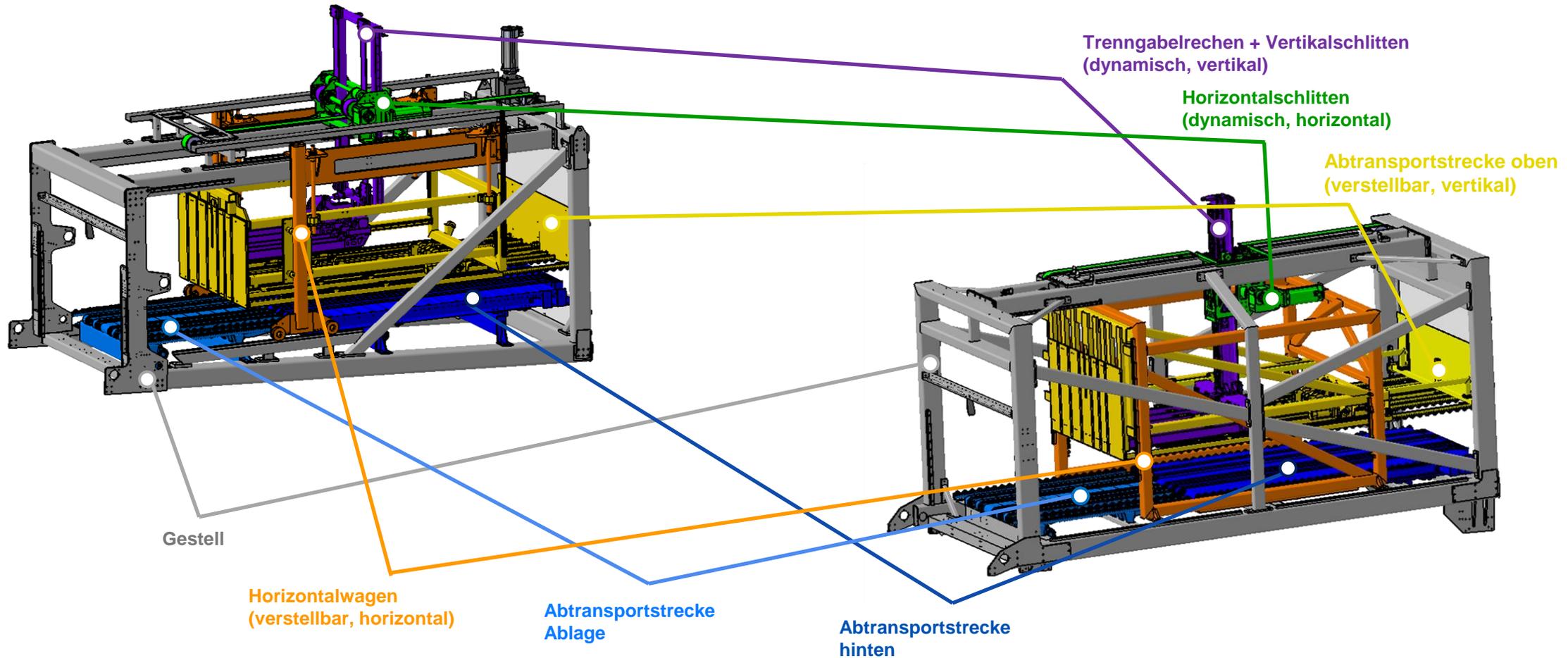


Referenz - Gestell

- Konstruktive Umsetzung des Leichtbaukonzepts von der Firma Bahmüller
- Mehrere große und flache Schweißbaugruppen, statt großflächige Verschraubungen
 - „Leiterrahmen für Bodengruppe“
 - „Portalrahmen“ vorne und hinten

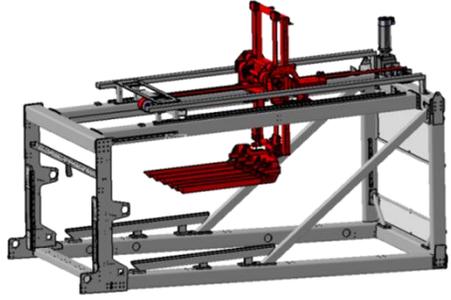
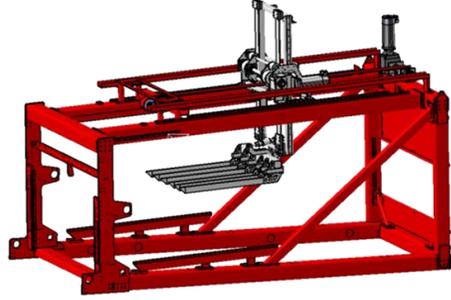
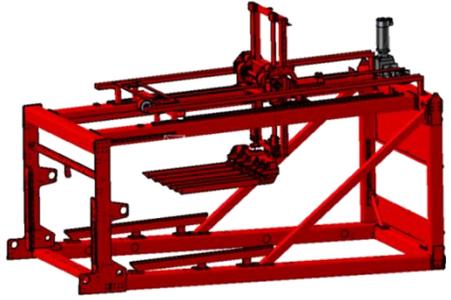
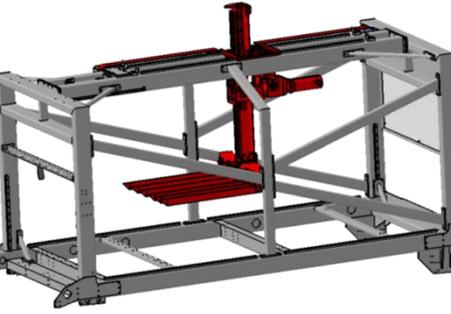
Synthesephase

Umsetzung ausgewähltes Gesamtkonzept (CAD)



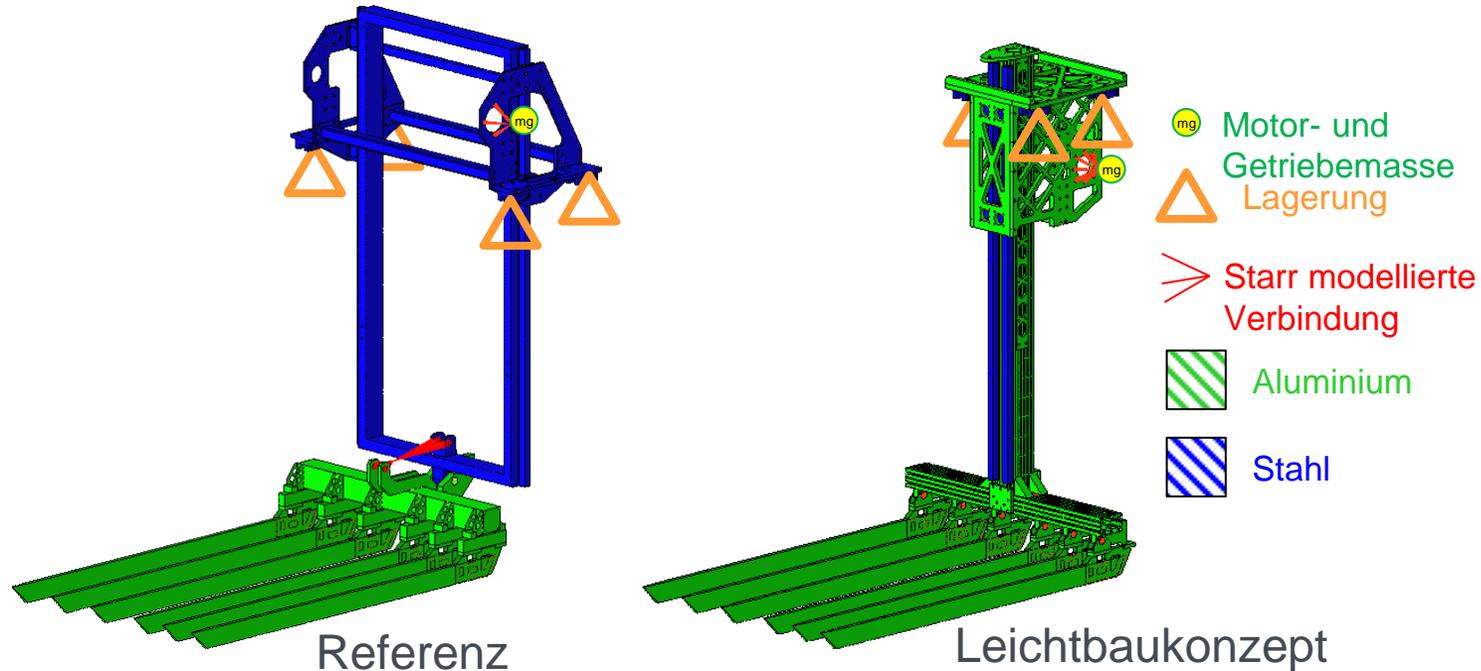
Synthesephase

Umsetzung ausgewähltes Gesamtkonzept (CAD)

	Bewegungseinheit	Gestell	Bewegungseinheit + Gestell
Referenz			
Leichtbaukonzept			
Masseneinsparung	- 33%	- 3%	- 6%

Synthesephase

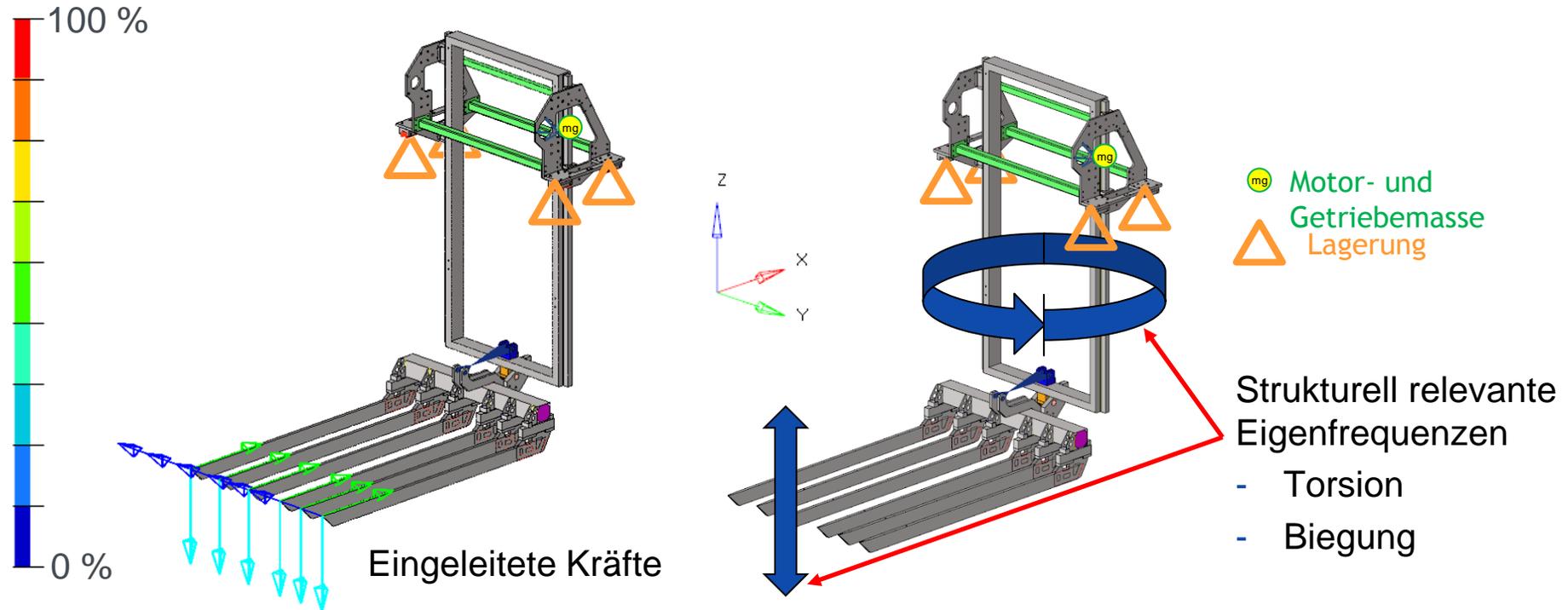
Simulation Bewegungseinheit Referenz



- Finite-Elemente-Modellierung der Struktur
- Berechnung von Verformungen und Eigenfrequenzen
- Verschraubung und Schweißnähte in Simulation berücksichtigt
- Riemen in Berechnungsmodellen vernachlässigt

Synthesephase

Simulation Bewegungseinheit Referenz



- Belastungen gleich groß für Referenz und Leichtbaukonzept
- Lastfälle ohne Gravitation überlagert (ermöglicht Vergleich struktureller Eigenschaften ohne Masseinfluss!)
- Hohe Steifigkeit: geringe Verformungen / hohe Eigenfrequenzen

Validierungsphase

Simulation Bewegungseinheit Leichtbau-Konzept und Vergleich mit Referenz

	Referenz	Leichtbaukonzept		Referenz	Leichtbaukonzept
Verformung in y-Richtung			Torsions-Eigenmode		
Rel. Verformung	0 %	- 4 %	Rel. Eigenfrequ.	0 %	+ 6 %
Verformung in z-Richtung			Biege-Eigenmode		
Rel. Verformung	0 %	- 47 %	Rel. Eigenfrequ.	0 %	+ 30 %

Zusammenfassung und Ausblick

- Identifikation von Baugruppen mit hohem Leichtbaupotenzial
 - Gewichtsreduzierung bewegter Bauteile 33% (mit Antriebskomponenten 50%)
- Identifikation von Baugruppen mit Einsparungspotenzial hinsichtlich Kosten
 - Kostenreduktion 15 bis 60% (je nach Baugruppe/Komponente)
- Ganzheitlicher Leichtbauansatz zur Optimierung der Verarbeitungsmaschinen des Industriepartners erfolgreich hinsichtlich Kostensenkung und Massenreduzierung
- Weiterentwicklung des übergreifenden Ansatzes und Einbeziehung weiterer Gesichtspunkte, wie z. B. Fertigbarkeit
- Fertigung der Maschine und Tests (geplant August 2018)



Erfolgreiche Zusammenarbeit

- Konstanter Austausch



- Häufige Treffen



PoKoGeLe

- Gemeinsame Veröffentlichungen
 - CIRP CMS 2018
 - Design 2018



- Wissensaustausch



- Fachliche Ergänzung



Vielen Dank!



Wissen für Morgen

Kontakt

Michael Zimmermann

michael.zimmermann@dlr.de alternativ: jens.koenig@dlr.de

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Institut für Fahrzeugkonzepte

Pfaffenwaldring 38-40

70569 Stuttgart

Felix Laufer

felix.laufer@iktd.uni-stuttgart.de

Universität Stuttgart

Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design

Pfaffenwaldring 9

70569 Stuttgart

Uwe Schleinkofer

uwe.schleinkofer@ipa.fraunhofer.de

Fraunhofer

Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart



Wissen für Morgen