

Hamburg | 2023

m² VTG



VTG in Zahlen

Kennzahlen 2022

5.000

TANKCONTAINER



50

LOKS



84.000

GÜTERWAGEN



2.100

MITARBEITENDE



5

WERKE



467

Mio. €
EBITDA



1.306

Mio. €
UMSATZ

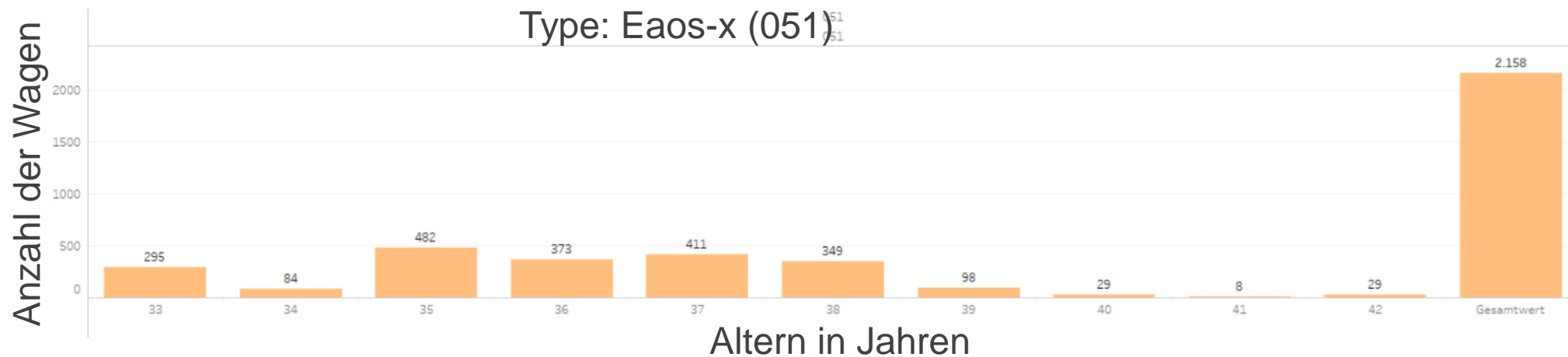


VTG auf einen Blick



Der Standardgüterwagen

- Erreicht ein Alter von bis zu 50 Jahren
- An wenige Ladegüter gebunden
- Der wirtschaftliche Nutzen über die lange Lebensdauer ist schwer zu abzuschätzen



Würden Sie heute noch einen Kohle-Wagen kaufen?

Die Effizienz des Güterwagens wird durch Multifunktionalität charakterisiert.

Die Merkmale für effiziente Güterwagen sind:

- Schnelle Reaktionen auf Kundenbedürfnisse und kundenspezifisches Design des Güterwagens als Teil des LCC
- Möglichkeit der Verknüpfung mit den Prozessketten des Kunden
- höhere Auslastung und Verfügbarkeit durch flexible Nutzung
- mehr Flexibilität bei Beschaffung, Finanzierung und Reduzierung der Lieferzeiten
- Reduzierung der Kosten für Produktionsressourcen (Invest. & IH)

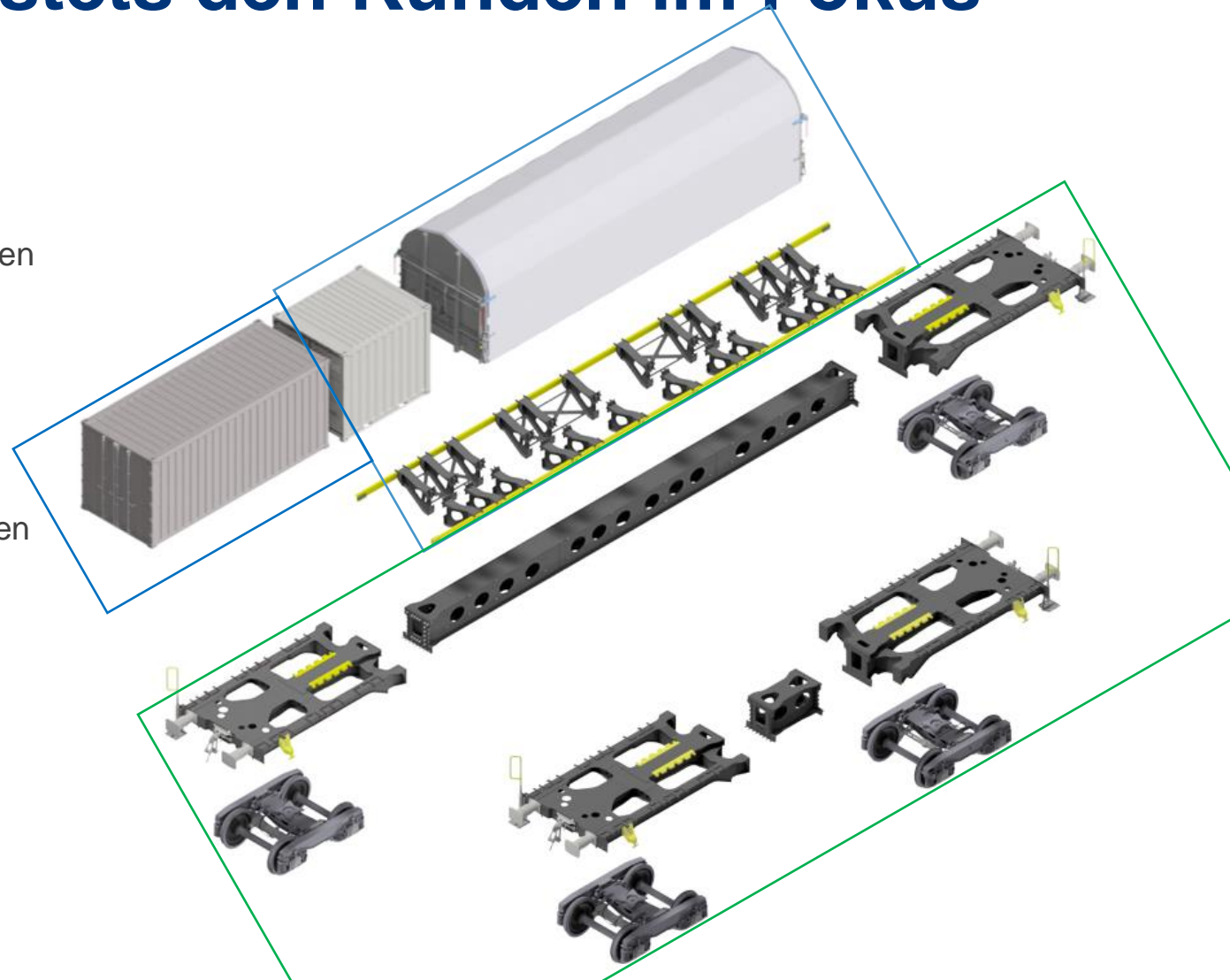


Der m²-Güterwagen bietet eine grundlegende Innovation: die Trennung von Untergestell und Behälter

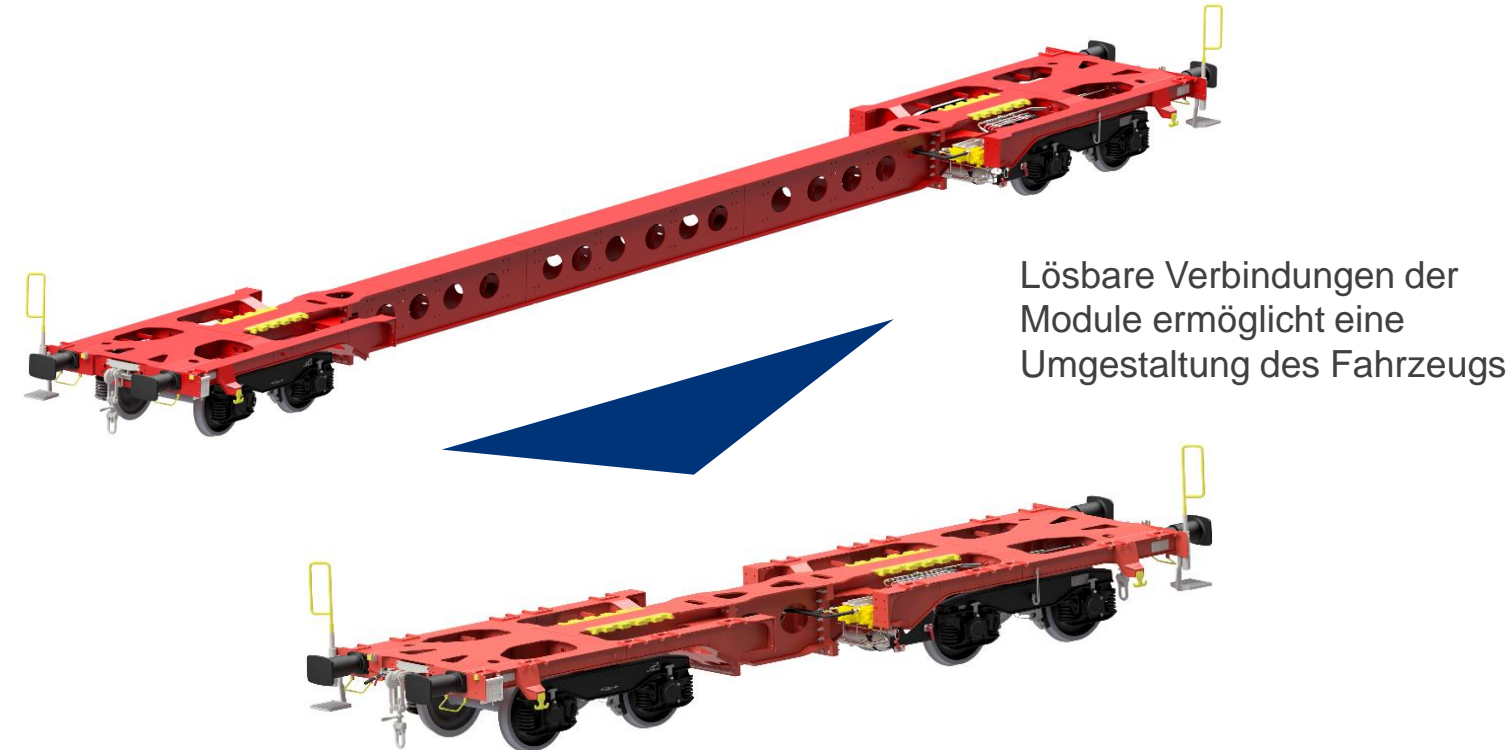


Flexibel in der Nutzung - stets den Kunden im Fokus

- Modular und Multifunktional / Plattform System
- Trennung von Schienenfahrzeug und Ladungsträger
- Flexibel Anpassung an Transportbedingungen auch über den Lebenszyklus
- Erstmals variable Länge in der Zulassung integriert
- Hoher Gleichteileanteil ermöglicht Serienproduktion
- Einzelwagenfähigkeit gewährleistet
- Zulassung berücksichtigt Einflüsse aus Aufbaueigenschaften



Technische Beschreibung des modularen Tragwagensystems m²



Die Modularisierung erhöht die Effizienz des Wagens und ermöglicht eine flexible Nutzung der Komponenten.

- Entwicklung und Einsatz von Länder-, systemspezifische Komponenten
- Innovation auf Modulebene verstetigt die Optimierung des Systems

Scope:

- Mehrzweckwagen mit 4 Achsen (Zukünftig auch 2 Achsen)
- Die Zulassung erfolgt als System:
 - Länge über Puffer 12040 mm bis 23900 mm
 - Ladelänge von 10800 mm bis 22660 mm
 - Leergewicht von ca. 16 t bis 19 t
- Geschwindigkeit: 120 km/h (leer) (***)
120 km/h (beladen) (***)
- Einbau der automatischen Kupplung möglich

Der Technologiesprung ist erkennbar

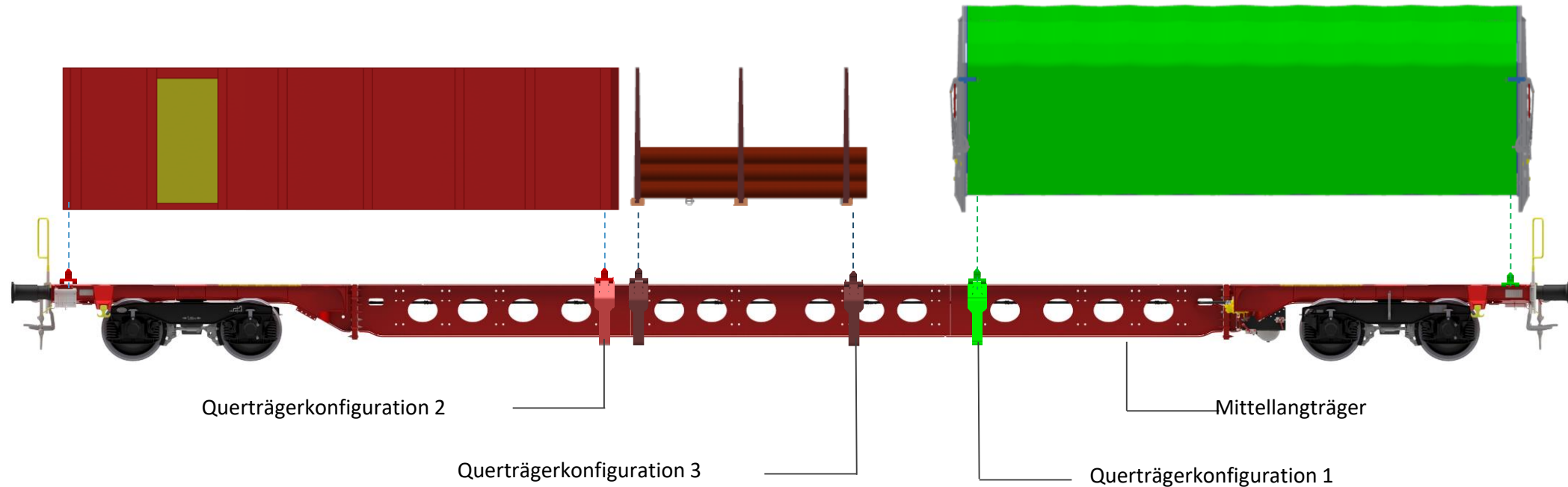


Verschraubung
Mittellangträger-Kopfstück mit
HuckBolts

(F1-) Schnittstelle
zur Gewährleistung
des uneingeschränkten
Ablaufbergbetriebes



Das flexible Querträgersystem erweitert die Gestaltungsmöglichkeiten für die Ladungsbehälter



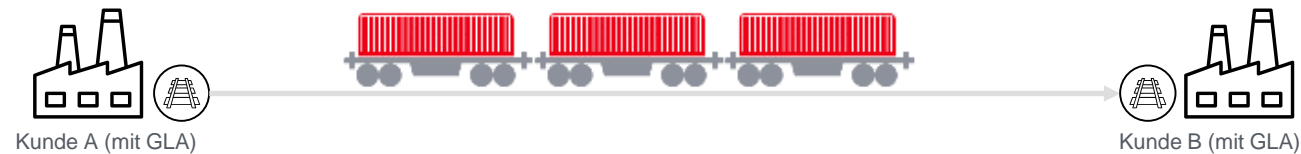
- Ladungsbehälter und Querträger bilden eine abgestimmte Einheit und erhöhen so die Logistikfähigkeit
- Standardisierte, lösbare Verbindung zwischen Querträger und Zentralträger führen zur Steigerung des Einsatzes der Wagen (Saisonverkehre)
- Verschiedene Beladungsschemata ermöglichen einen flexiblen Betrieb
- Der Querträger gehört nicht zum Schienenfahrzeug und kann dem operativen Bedarf angepasst werden

Mögliche Querträgerkonzepte

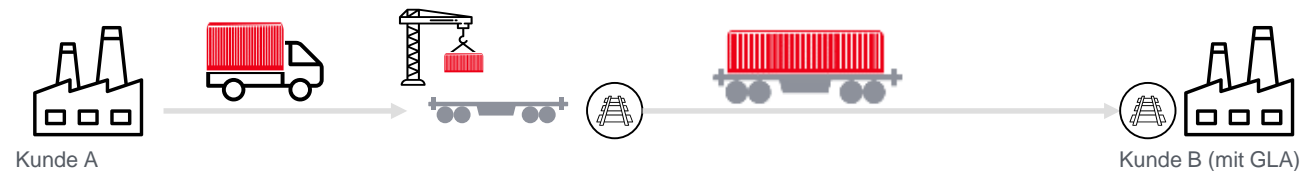


Exkurs Supply Chain: mit m² lassen sich verschiedene Behälterkonzepte/ Supply Chains abbilden

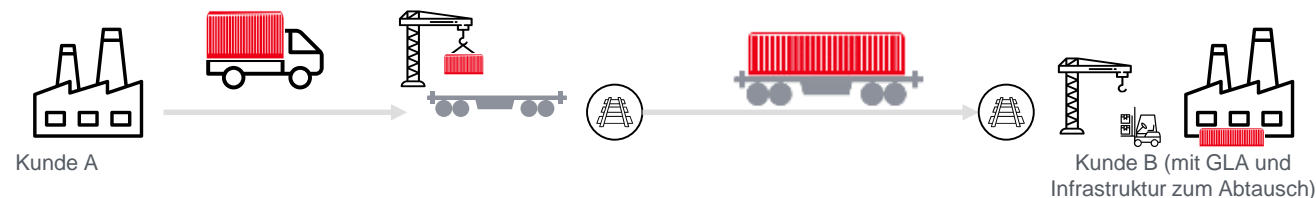
Supply-Chain 1: Einsatz m² im konventionellen Schienengüterverkehr (Gleisanschluss-Geschäft)



Supply-Chain 2: Einsatz m² in multimodaler Transportkette (Vorlauf LKW, Hauptlauf Schiene)



Supply-Chain 3: Einsatz m² in multimodaler Transportkette (Vorlauf LKW, Hauptlauf Schiene) und Logistikprozessen des Kunden



Verhältnis		
Behälter zu Untergestell		
 1 3 Behälter auf Schiene	zu	 1 3 Untergestelle auf Schiene
3 3 Behälter 1x Straße 1x Terminal 1x Schiene	zu	2 2 Untergestelle 1x Terminal 1x Schiene
4 4 Behälter 1x Straße 1x Terminal 1x Schiene 1x Kunde B	zu	2 2 Untergestelle 1x Terminal 1x Schiene

Im erwarteten Lebenszyklus eines m²-Wagens können die Länge des Untergestells sowie die Behälter mehrfach verändert werden

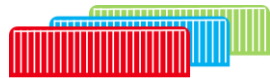
Untergestell



...kann bei verändertem Marktumfeld umgebaut werden

- Umbaumöglichkeit des Untergestells in Werkstatt (durch Einsatz anderer Längsträger)
- Theoretische Möglichkeit **unbegrenzter Umbauten** des Untergestells innerhalb **Lebenszyklus**

Behälter



...können im Bedarfsfall getauscht werden

- Möglichkeit **kundenspezifischer Entwicklung** und **Austauschbarkeit** von Behältern
- Erwartete **Verwendungsdauer** von Behältern: **~10 Jahre**

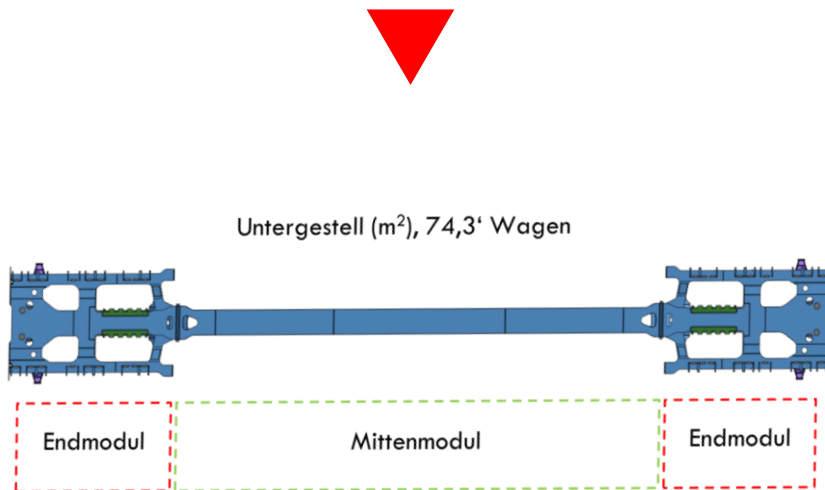
Anwendungsbeispiel (Exemplarische Darstellung des Lebenszyklus eines Güterwagens)



Der m² - Wagen wird durch drei Elemente charakterisiert

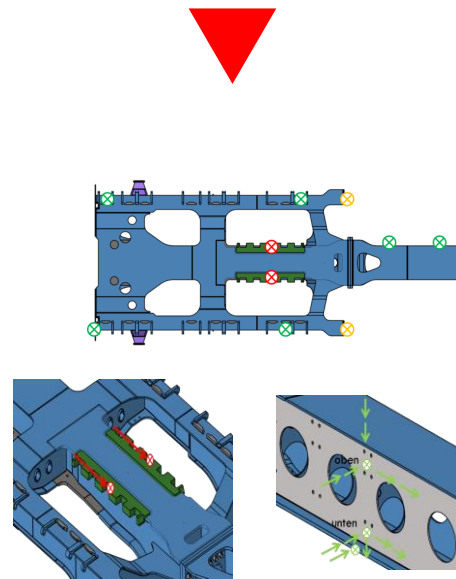
1. Das modulare Untergestell

Das Untergestell besteht aus Endmodulen und Mittenmodulen. Die Endmodule werden immer gleich ausgeführt. Die Mittenmodule können von 1500 mm bis 13360 mm variieren



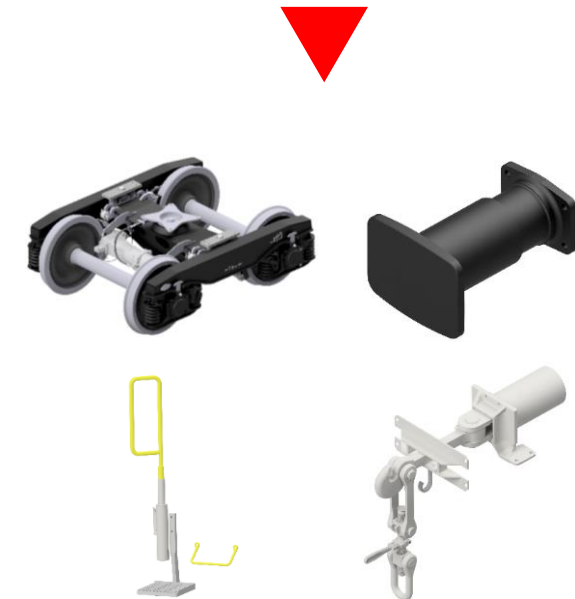
2. Kräfteinleitungsszenarien

Das Untergestell verfügt über verschiedene Positionen zur Einleitung von ladungsbedingten Kräften

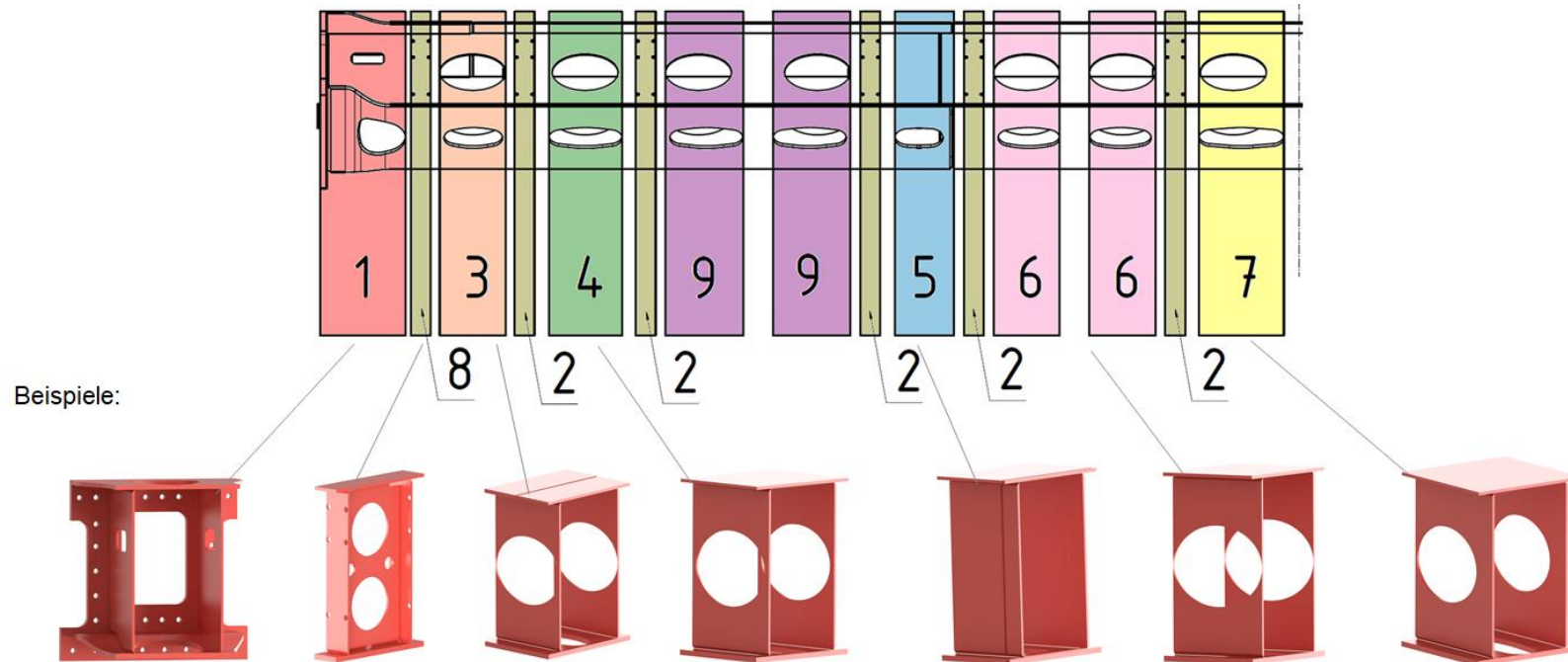


3. Industriebaukasten

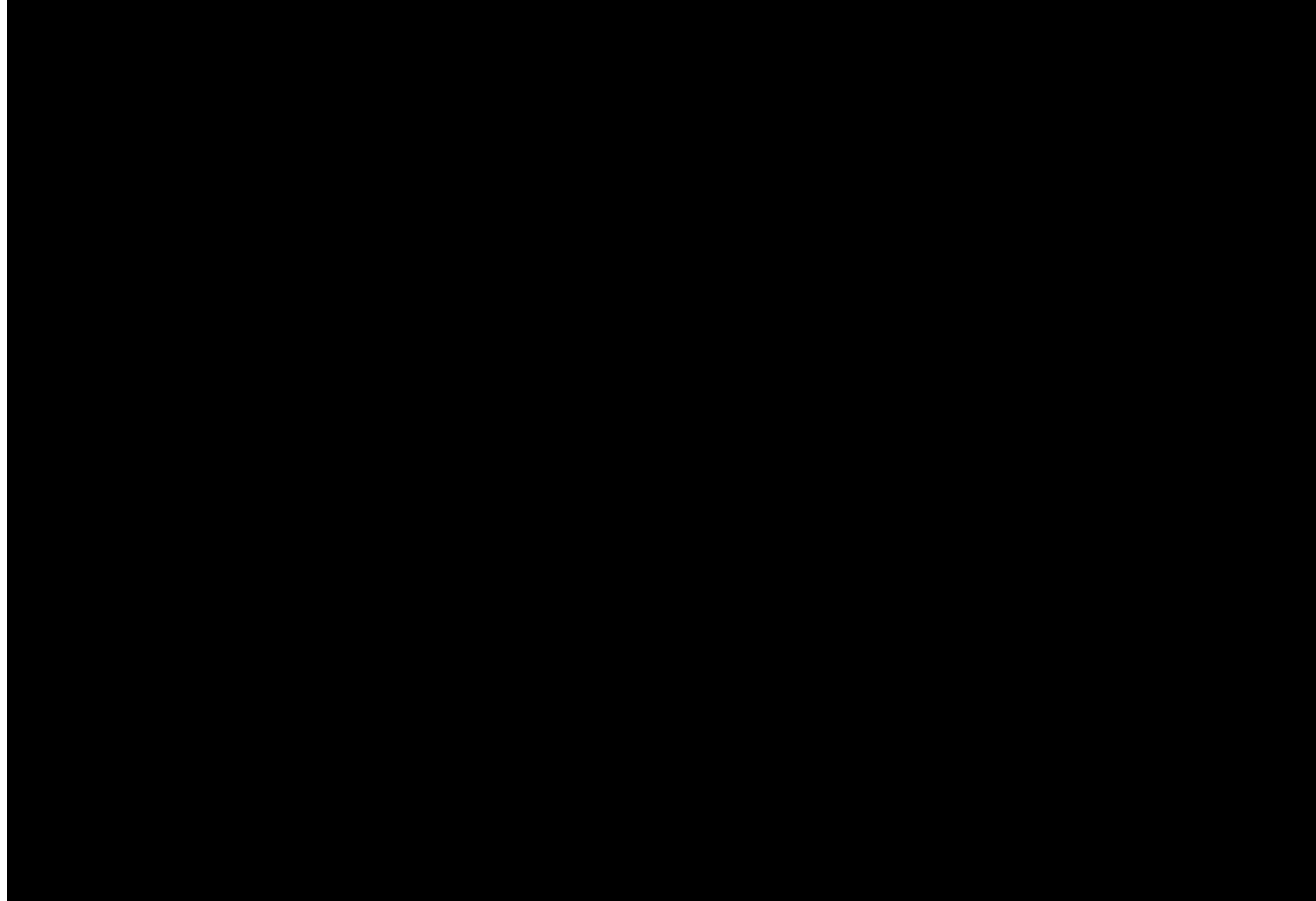
Der I-Baukasten umfasst Standardkomponenten (Anbauteile) und ist jederzeit erweiterbar



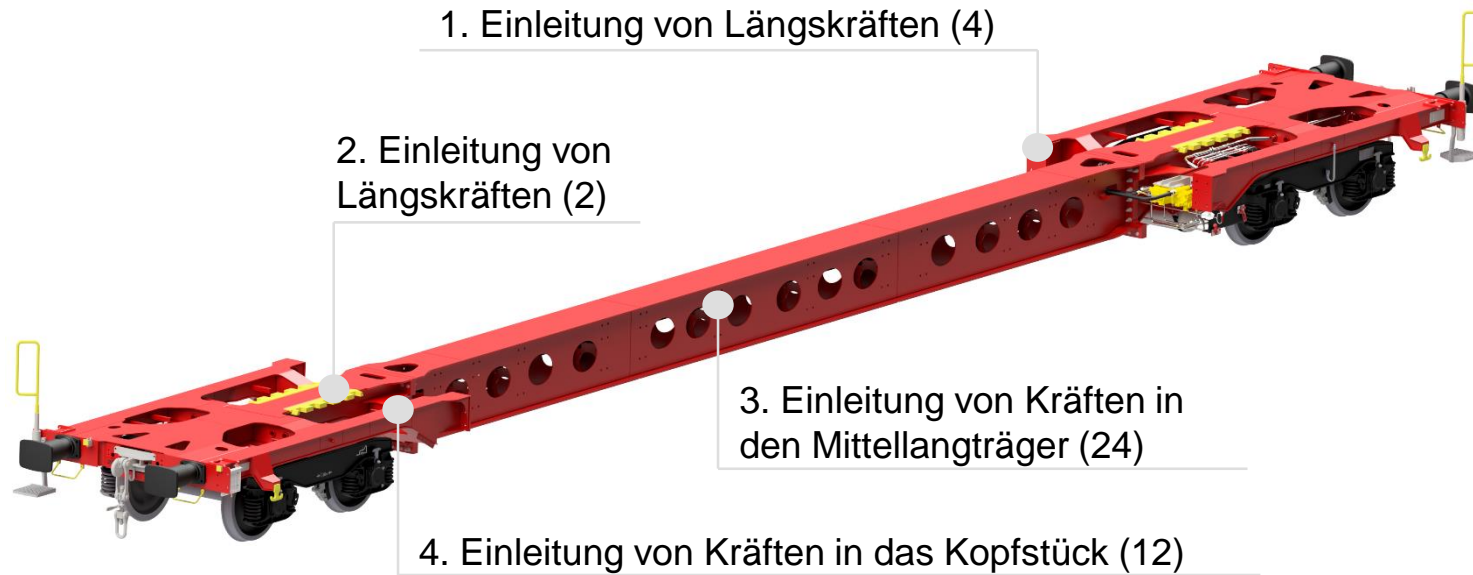
1. Längenvariabler Mittellangträger



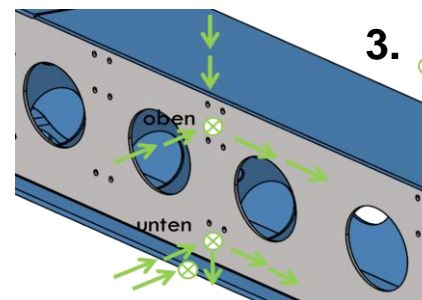
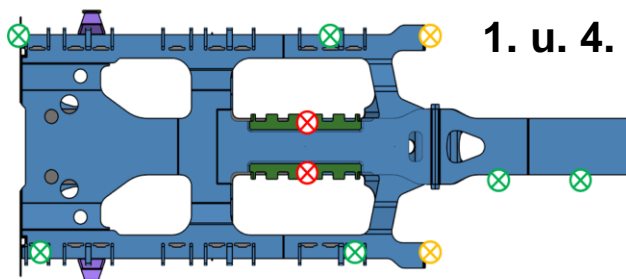
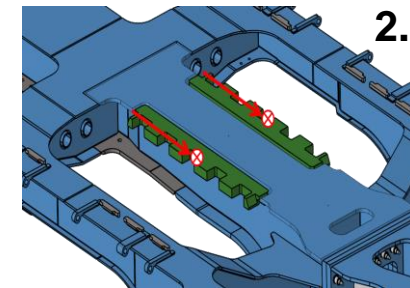
1. Längenvariabler Mittellangträger



2. Krafteinleitungsszenarien



- ⊗ Ladungssicherung vertikal
- ⊗ Ladungssicherung Längsrichtung
- ⊗ Ladungssicherung Längsrichtung (Ablaufberg)

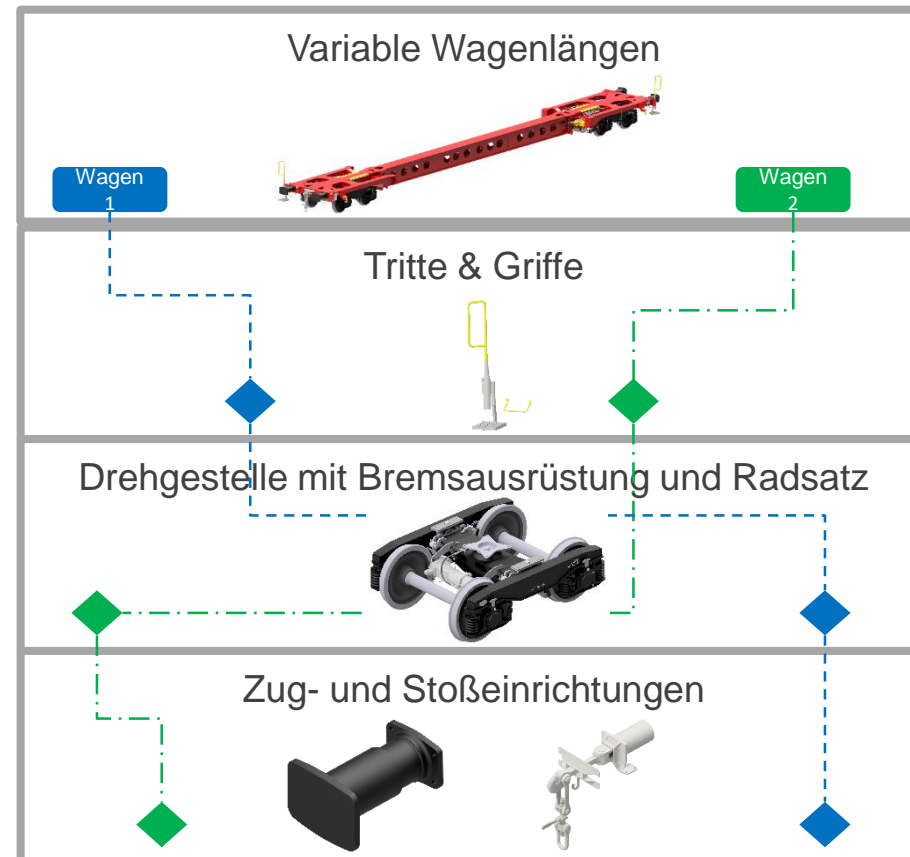


- ⊗ Ladungssicherung vertikal
- oben:
 - Kräfte in F_x , F_y und F_z
 - Momente um M_x , M_y und M_z
- unten:
 - Kräfte in F_x , F_y und F_z
 - Momente um M_x , M_y und M_z
- Untergurt
 - F_y

→ Horizontale Kräfte bis zu 3000kN pro Fahrzeugseite (gesamte Kraft auf beide Zahnleisten)

3. Industriebaukasten

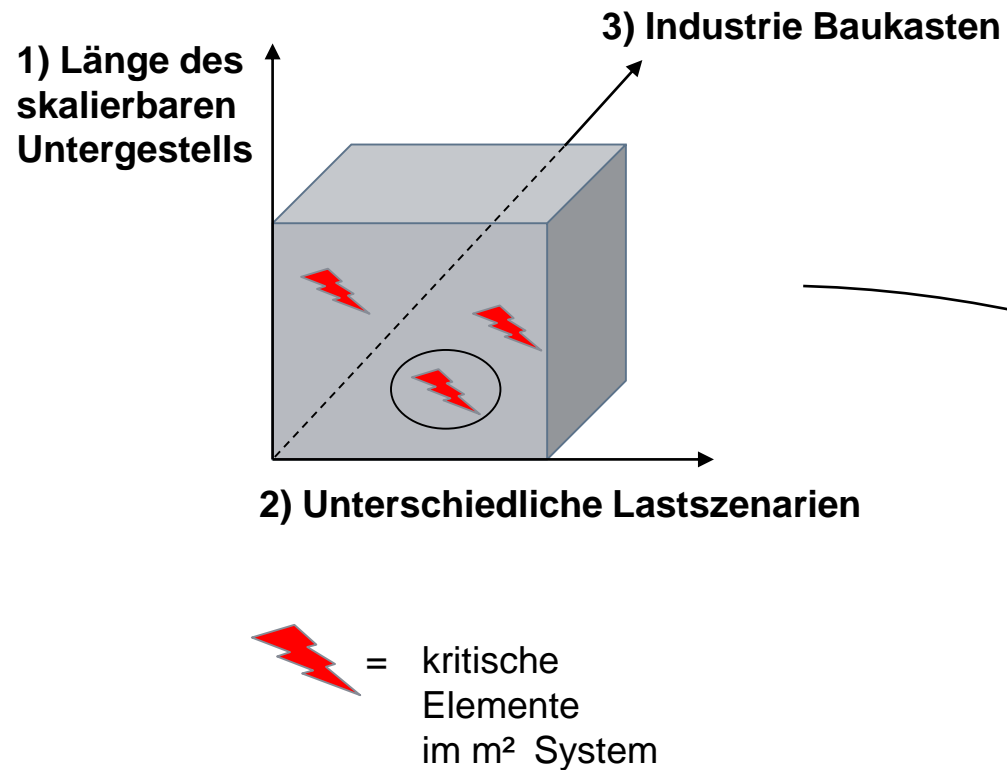
Der erweiterbare Industriebaukasten enthält Standardkomponenten und ermöglicht eine flexible Konfiguration des Wagens.



Zulassung

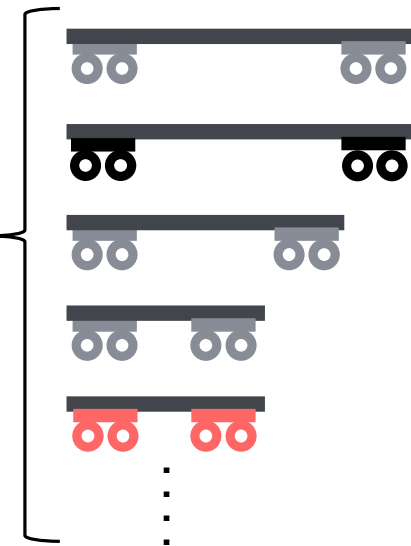
Die Zulassung erfolgt nach dem 4. Eisenbahnpaket

m² System



Verifikationskonzept:
Identifizierung und Bewertung der kritischen Elemente innerhalb des m²-Systems. Darauf aufbauend wird die Zulassung für die Familie durchgeführt

Resultat:
m² Typzulassung als Wagenfamilie



Zulassung

- Prototypen mit unterschiedlichen Längen wurden mit Prüfladegestellen für die Zulassungsversuche ausgerüstet.



Erste Konzepte befinden sich bereits im Betrieb und in der Erprobung

Zielsetzung: Entwicklung eines neuen Aufbaus in 3 Monaten



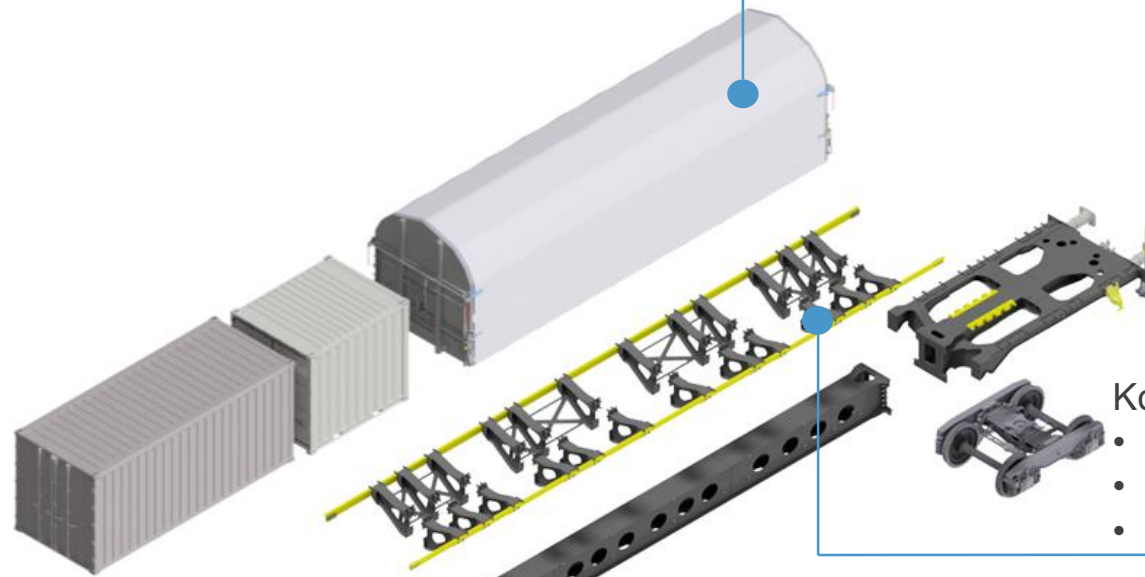
m² next generation

Kosten- und Gewichtsreduktion durch:

- Automatisierungsgerechte Konstruktion und Fertigungsfolge
- Vereinfachung von Blechzuschnitten
- Reduzierung Blechstärken

Gewichtsreduktion durch:

- Abstimmung auf den Tragwagen
- Aluminium Leichtbau



Kosten- und Gewichtsreduktion durch:

- Ausnutzung der Zeitfestigkeit
- Abstimmung auf spezielles Behälterkonzept
- Standardisierung

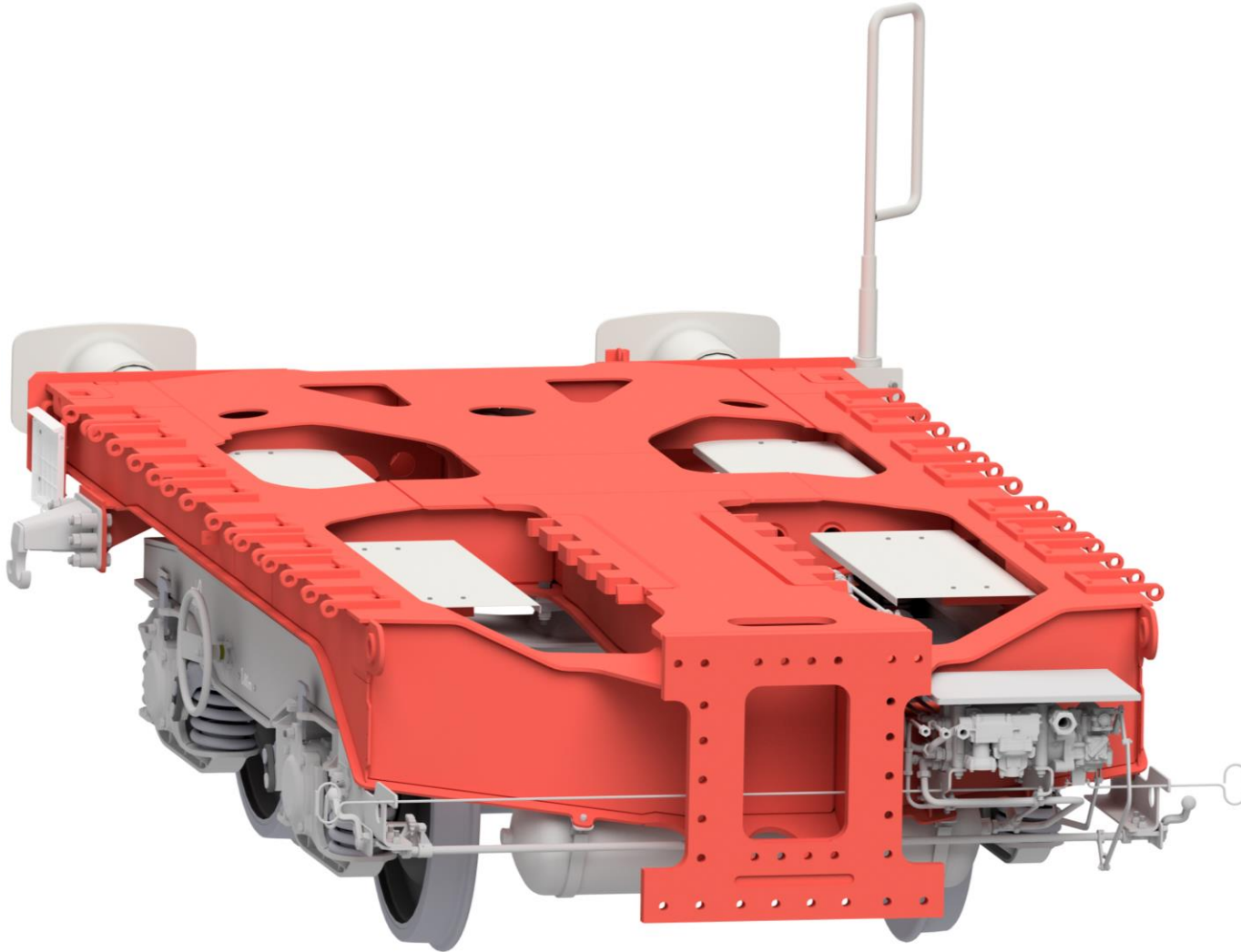
Kosten- und Gewichtsreduktion, Funktionserweiterung, Vereinfachung der Fertigung und Instandhaltung durch:

- Verzicht auf Schweißen
- Hochfesten Stahl
- Optimierung der Krafteinleitung

Kosten- und Gewichtsreduktion durch:

- Erweiterung des Baukastens für Komponenten
- Entwicklung einer Beschaffungsstrategie
- Erhöhung der Wertschöpfungstiefe

Das Fahrwerksmodul 2.0



Hauptveränderungen

ggü 1.0:

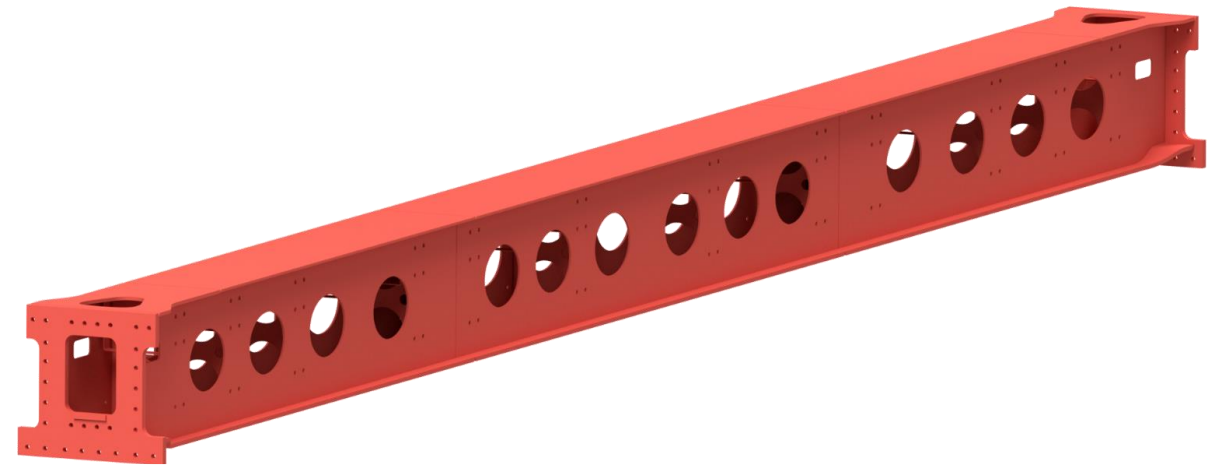
- Vereinfachung von Schweißkonstruktionen und Blechzuschnitten
- Ertüchtigt für eine automatisierte Fertigung (Roboterzugänglichkeit, Montagereifolge, Robotergerichte Schweißnähte)

Vorteile:

- Leichter
- Preiswerter
- Funktionserweiterung

Weiterentwicklung des Mittellangträgers

- Massereduktion des Mittellangträgers
- Kraftfluss- und anforderungsgerechte Auslegung
- Reduzierter Fertigungsaufwand, sowie hoher Automatisierungsanteil
- Kompatibel zu bestehenden Fahrwerksmodulen
- In bestehendes Zulassungskonzept integrierbar nach DVO 545 Artikel 15 (1) b)
- Erweiterung der Auslegungslasten
- Freie Längenvariabilität
- Keine Berechnung des Gesamtfahrzeuges



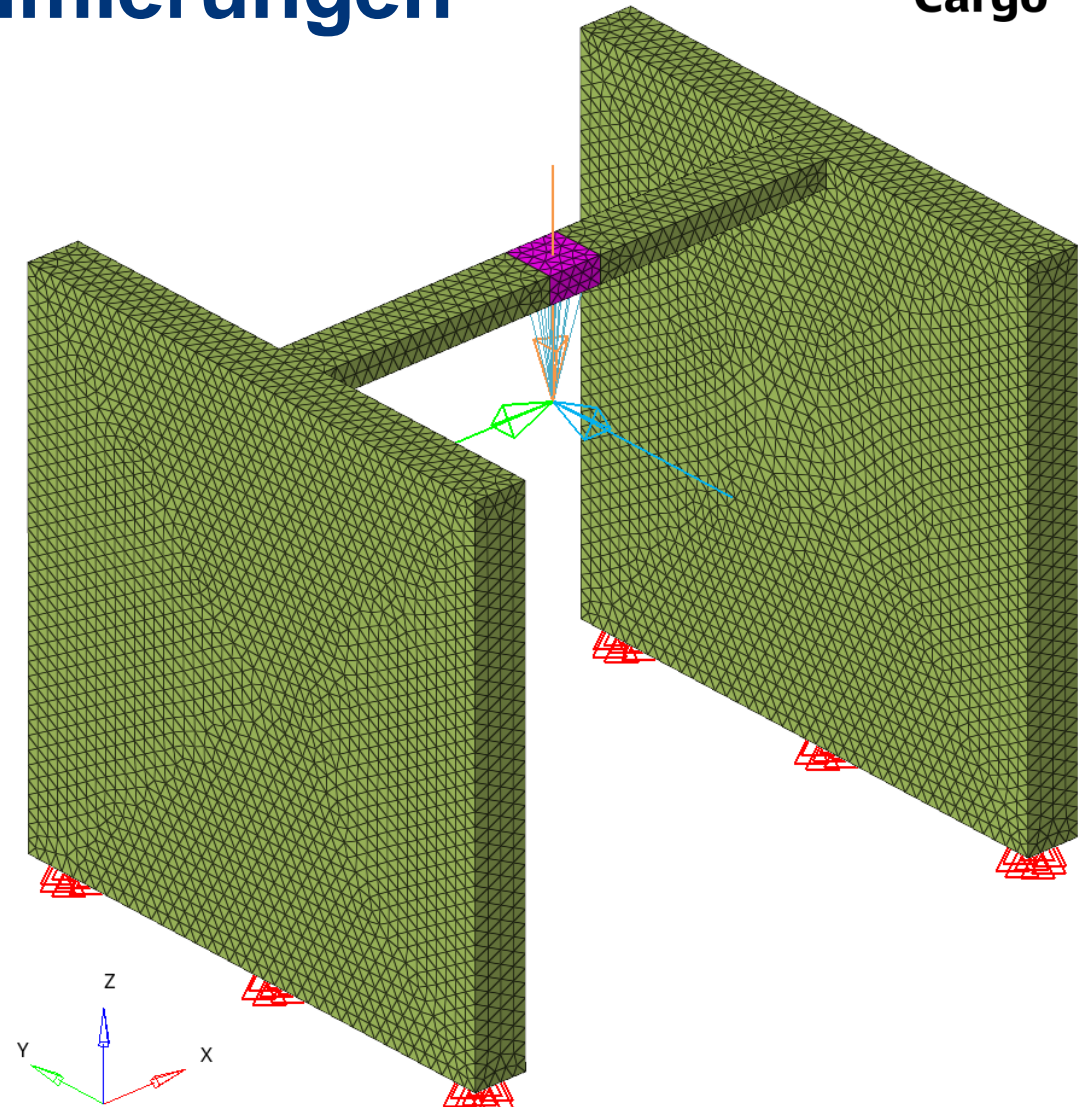
Hintergrund: Topologieoptimierungen

Ziel:

- Optimale Materialverteilung im vorgegebenen Bauraum

Setup

- Bauraum aus finite Elementen
- Kräfte und Lagerungen
- Optimierungseinstellungen
(Ziel, Randbedingungen)



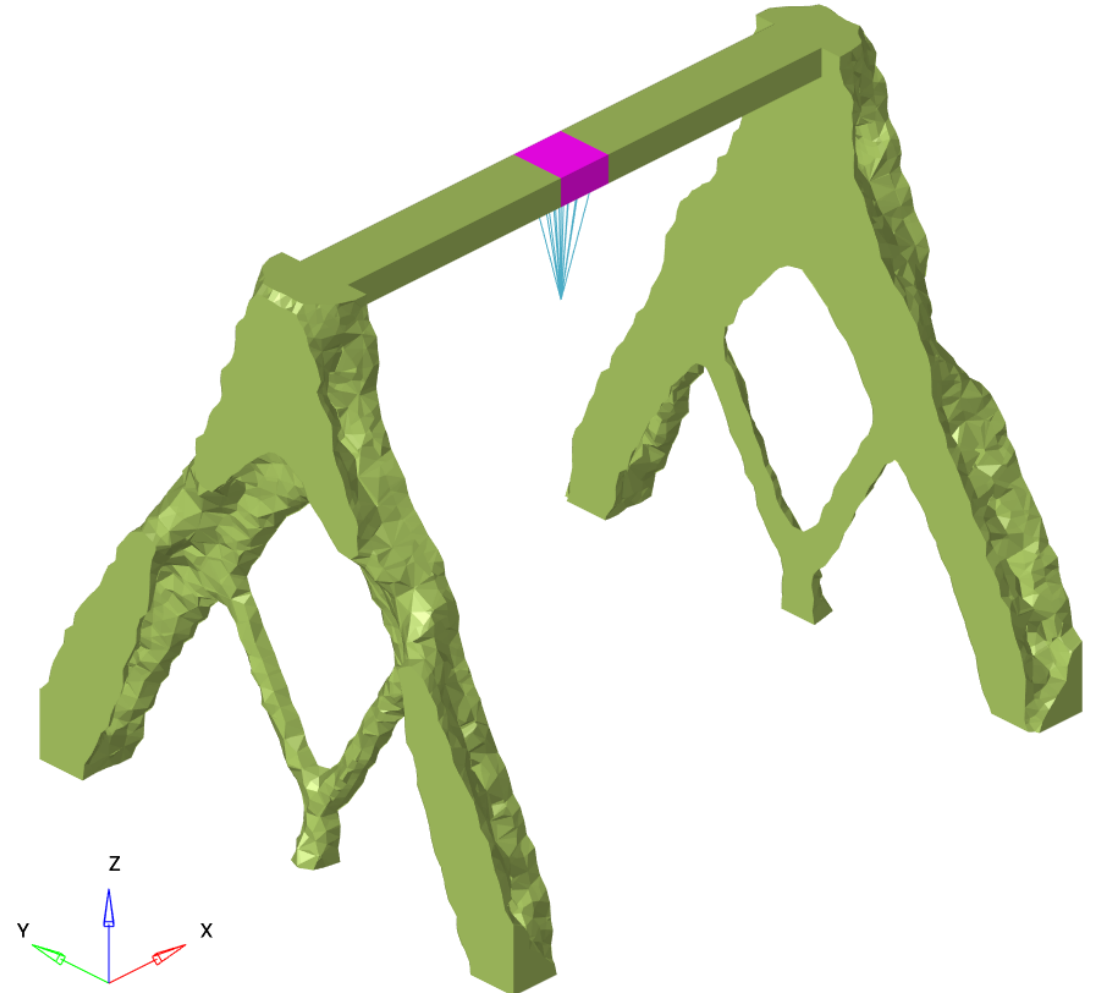
Hintergrund: Topologieoptimierungen

Prozess:

- Veränderung der (relativen) Elementdichte eines jeden finiten Elements, um das Optimierungsziel unter definierten Randbedingungen zu erreichen

Ergebnis

- Dichteverteilung im Bauraum ergibt Lastpfade
- Masseabschätzung möglich



Iterative Optimierungsuntersuchungen mit Topologieoptimierungen

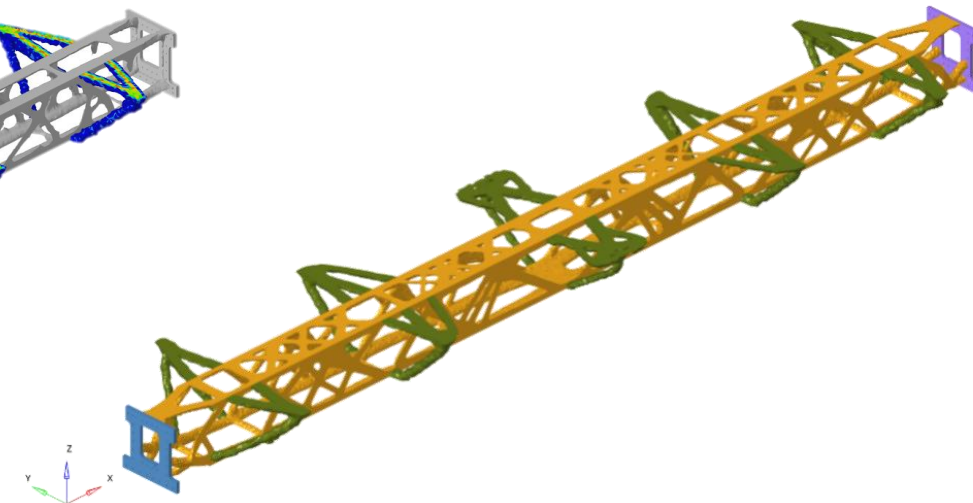
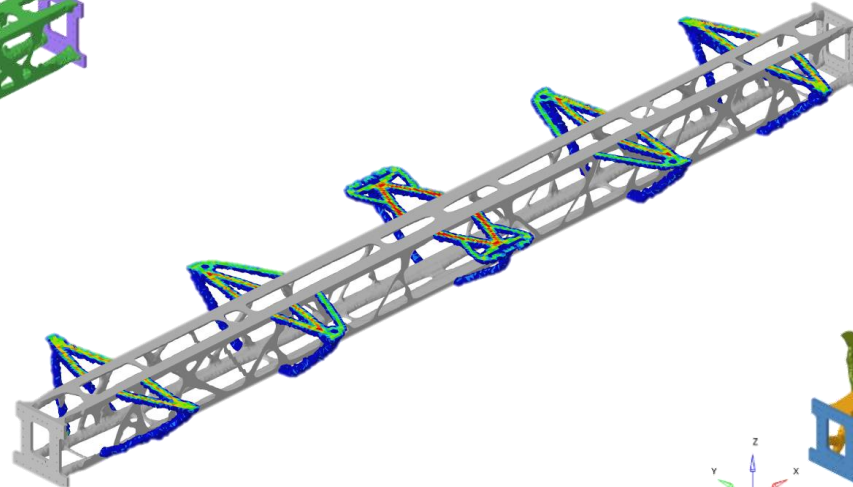
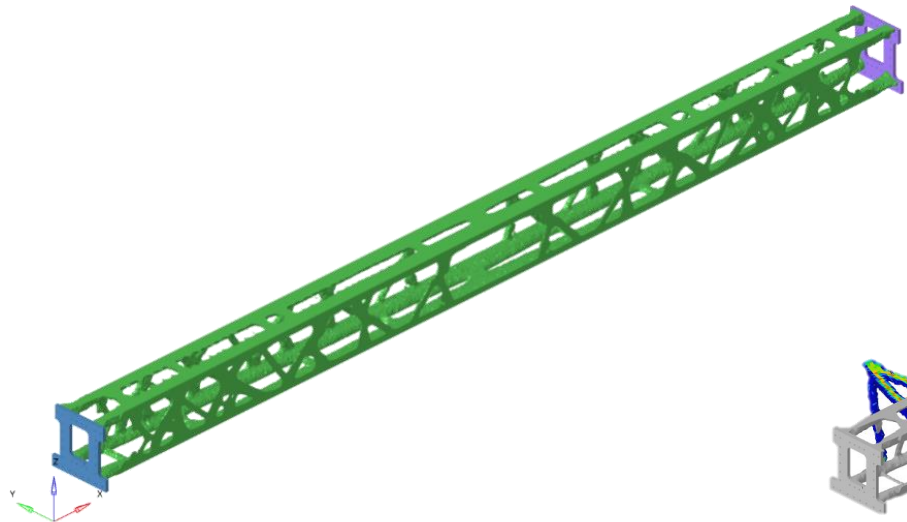
1. Topo:
Mittellangträger



2. Topo:
Querträger



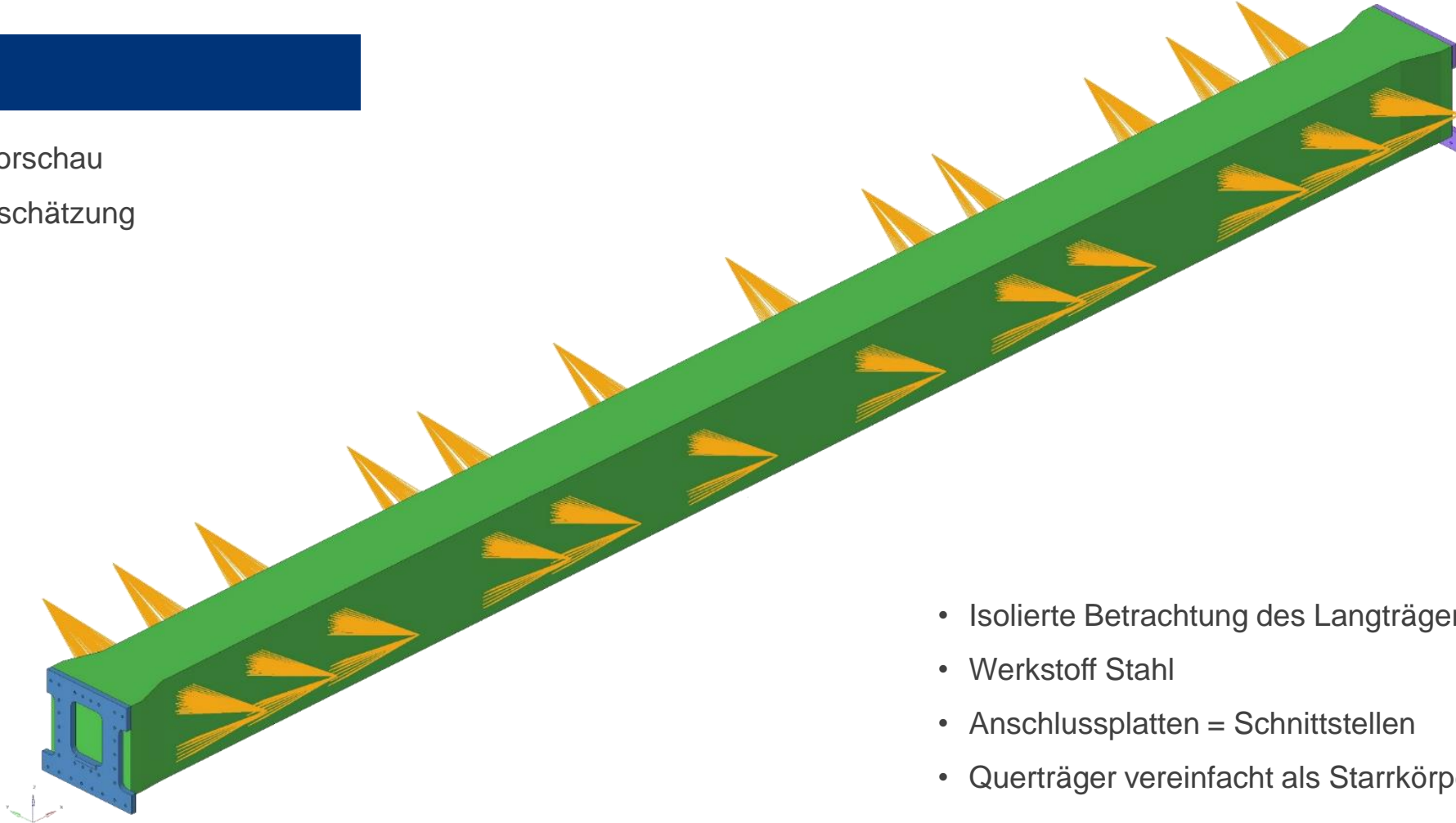
3. Topo:
Mittellangträger
+ Querträger



1. Topologieoptimierung: Mittellangträger

Setup

- Erste Strukturvorschau
- Erste Masseabschätzung

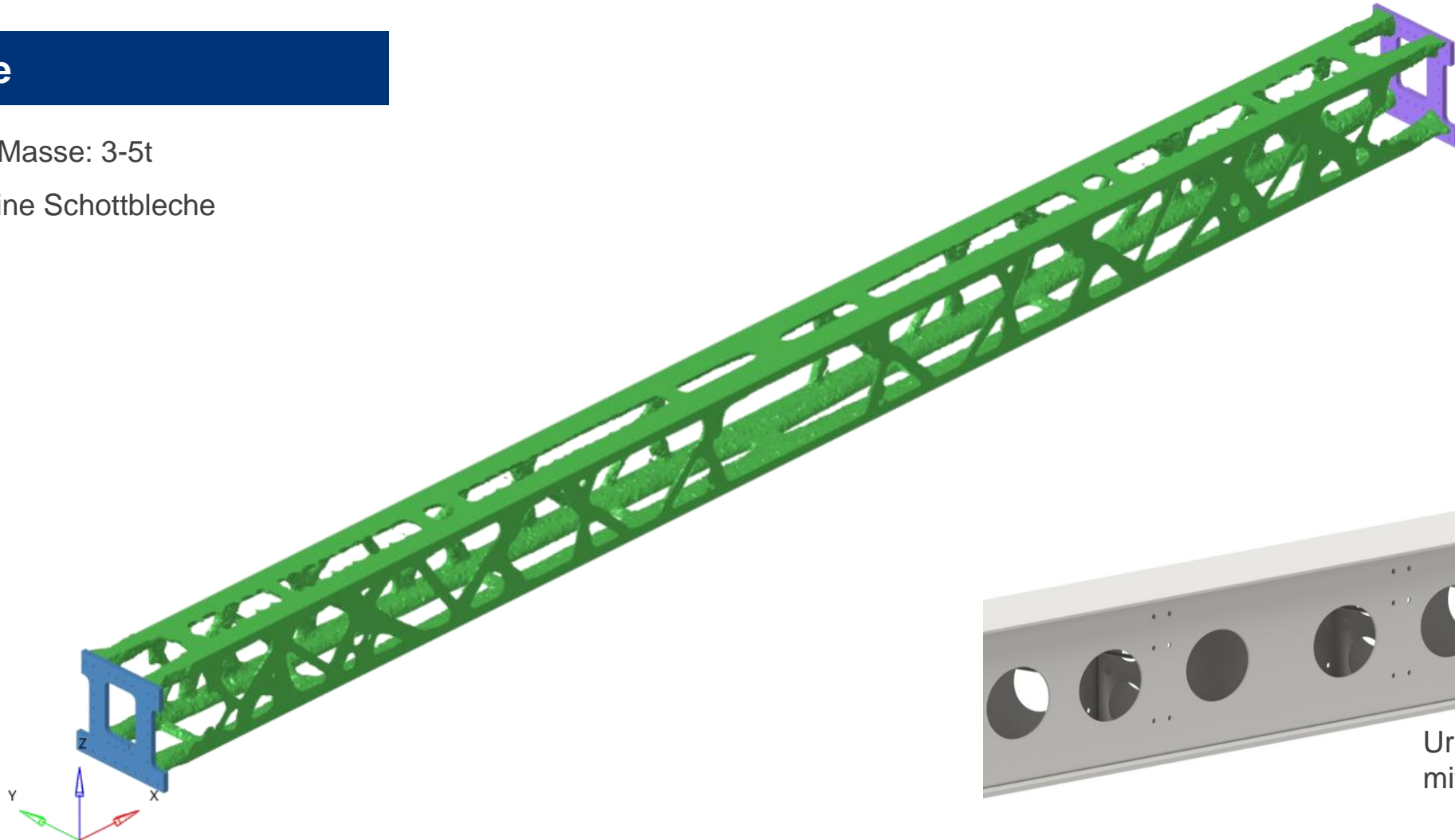


- Isolierte Betrachtung des Langträgers
- Werkstoff Stahl
- Anschlussplatten = Schnittstellen
- Querträger vereinfacht als Starrkörper

1. Topologieoptimierung: Mittellangträger

Ergebnisse

- Erreichbare Masse: 3-5t
- Markant: Keine Schottbleche

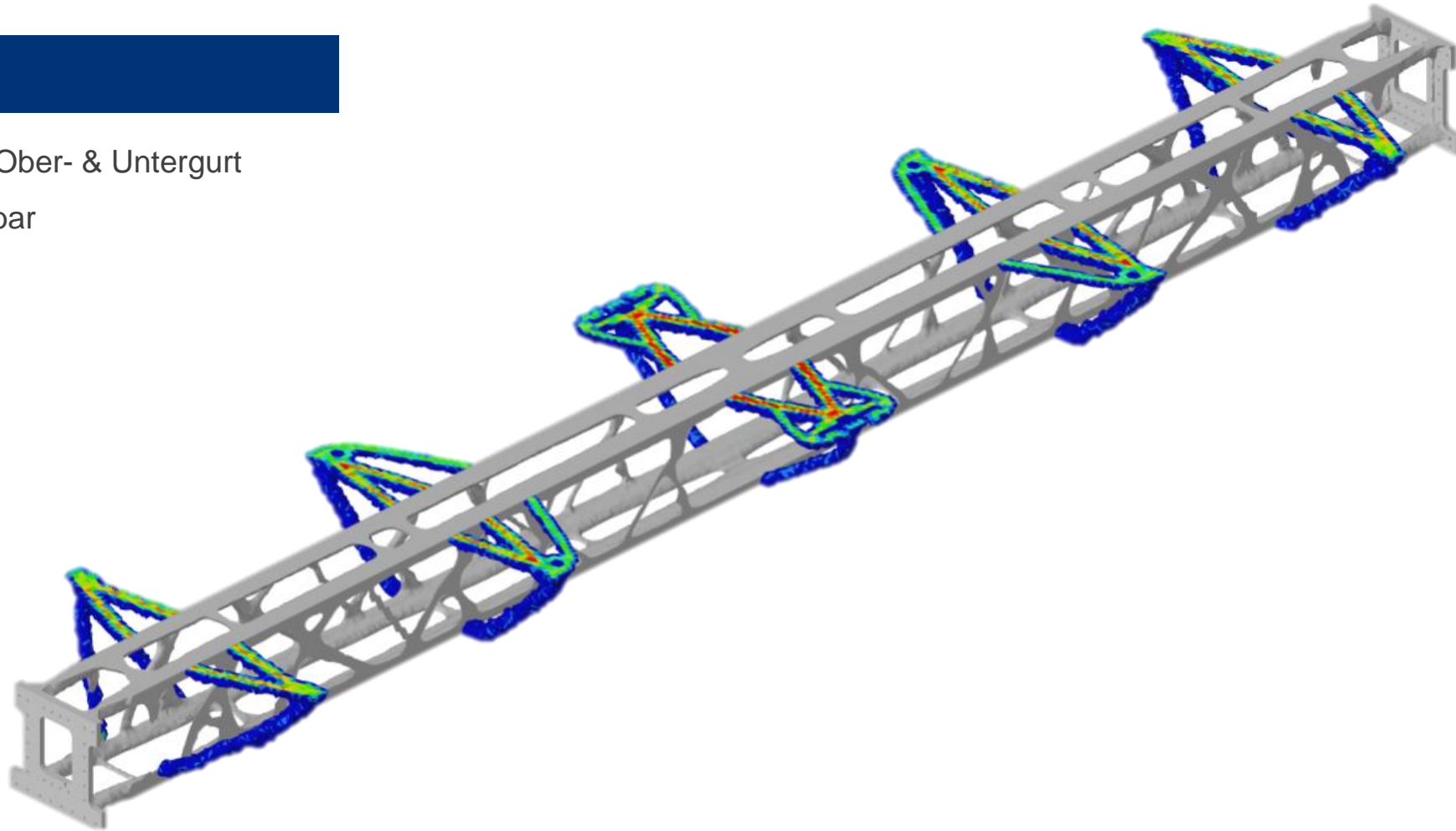


Ursprünglicher MLT
mit Schottblechen

2. Topologieoptimierung: Querträger

Ergebnisse

- Anbindungen an Ober- & Untergurt
- Symmetrie ableitbar



3. Topologieoptimierung: Mittellangträger + Querträger

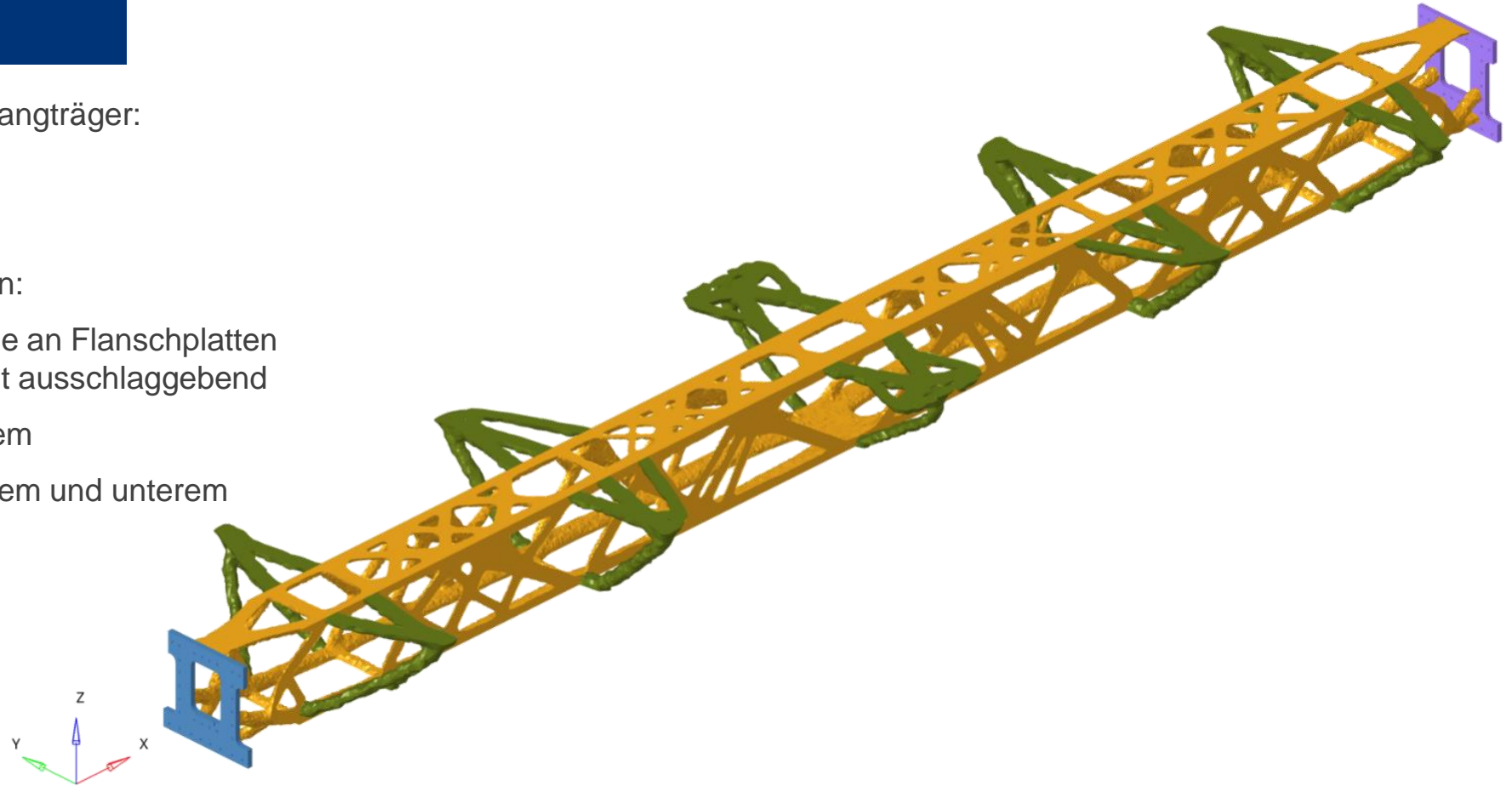
Ergebnisse

Potential für Massereduktion Mittellangträger:

- 4,3 t → 3,4 t möglich

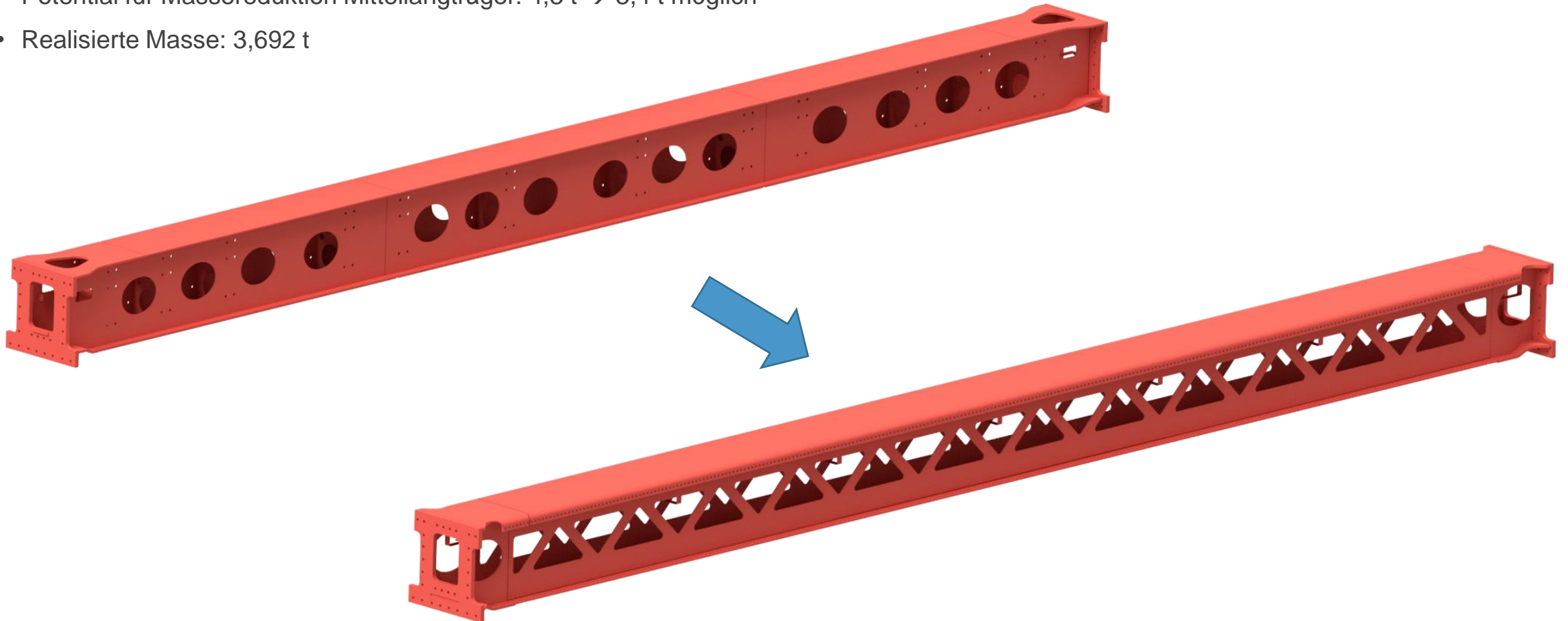
Hauptansatzpunkte Neukonstruktion:

- Obere/untere Anbindungsbereiche an Flanschplatten maßgebend; Seitenbereiche nicht ausschlaggebend
- keine Schottbleche in MLT-Innerem
- Querträger hauptsächlich in oberem und unterem Bereich an MLT anbinden



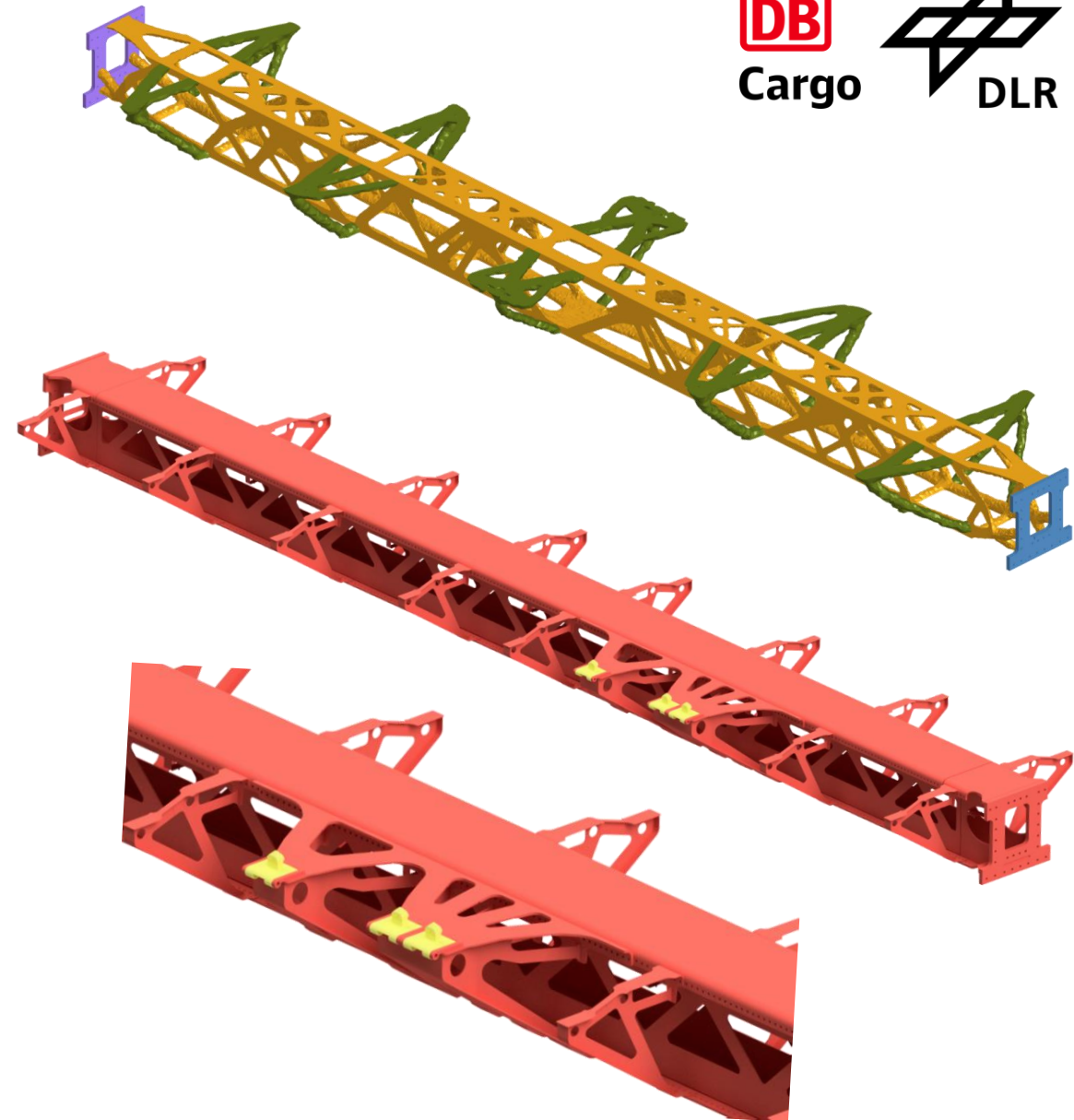
Neuer Mittellangträger

- Potential für Massereduktion Mittellangträger: 4,3 t → 3,4 t möglich
- Realisierte Masse: 3,692 t



Fazit

- Masse MLT ohne Flanschplatten: 3,692 t
Nur 10% höher als Masseschätzung aus Topo
- Masseeinsparung zum urspr. MLT: 600 kg (13%)
- Verbesserungen Fertigbarkeit:
 - 36% weniger Schweißnähte
 - fertigungsgerechte Schweißnähte reduzieren die Schweißkosten um 50% bei manueller Fertigung
- Geringe Teilevielfalt: sieben Blechzuschnitte
- Schweißprozess zu 100 % automatisierbar (Zugänglichkeit etc.)
- Weitere Kosteneinsparungen durch weniger Materialeinsatz



Neukonstruktion & Prototyp

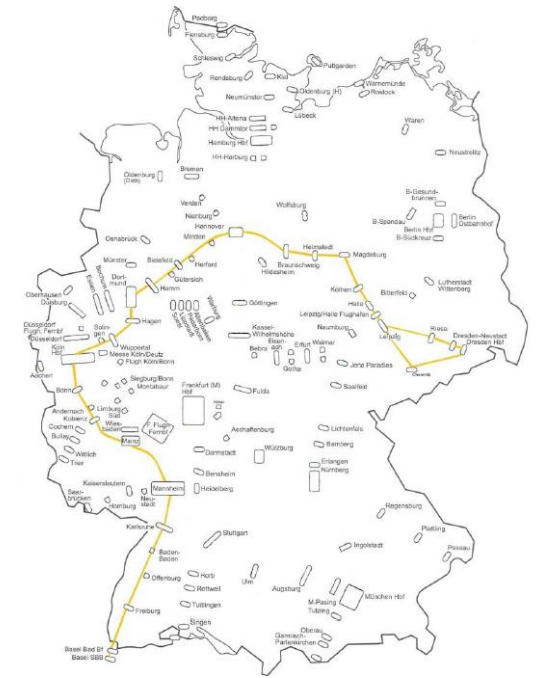
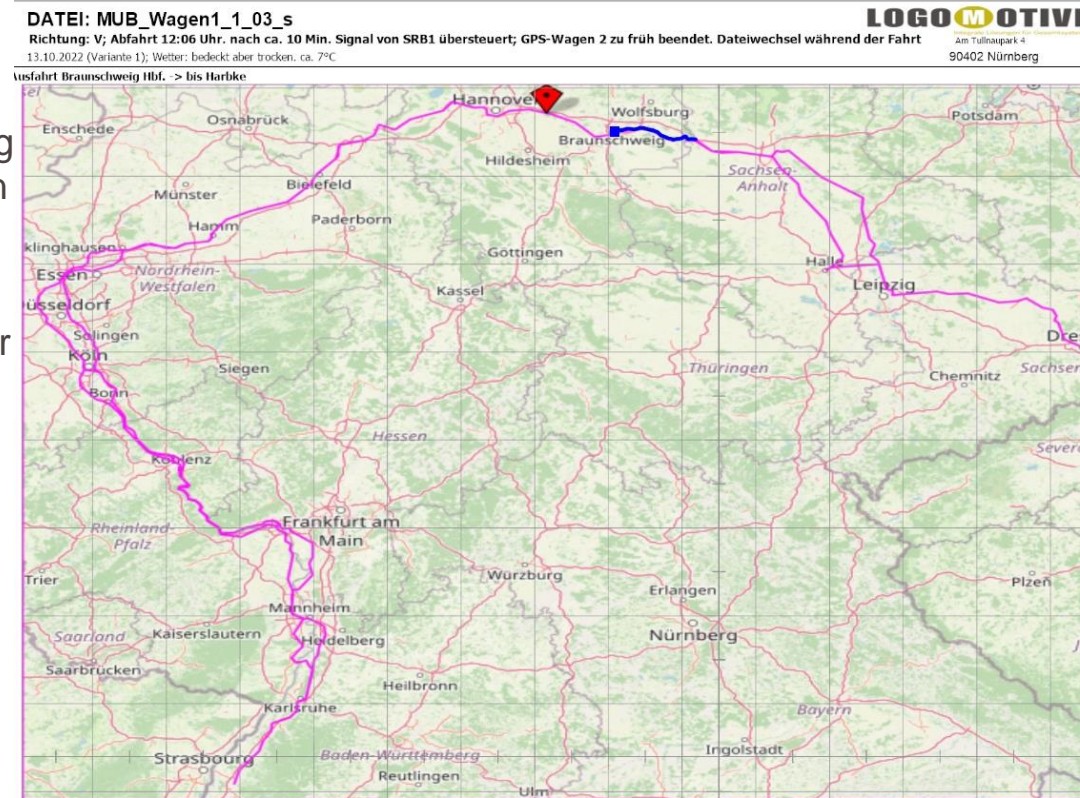
- Seitenbleche übernehmen stützende Funktion → große Ausschnitte möglich (Masseeinsparung)
- Querträgerschnittstellen direkt an Ober-/Untergurt in Linienanordnung - Anbindung mit Schrauben oder Schließringbolzen
- direkter Kraftfluss aus Querträgern in tragenden Ober-/Untergurt
 - keine Schottbleche
 - Flexiblere Positionierung der Querträger (Lochraster ca. 50 mm)
 - Hohe Modularität



Validierung m²: Streckenversuche und Absicherung des Systems

- Verbesserung des Systems
- Präzisierung der getroffenen konservativen Annahmen bei der Auslegung
- Ableitung eines Modells zur Bestimmung der Wechselwirkungen zwischen Wagen und Aufbau, um weitere Versuche zu vermeiden
- Versuche nach: Anwendungsrichtlinie für Streckenversuche nach DIN EN 13749

A1.1.4 Messstrecke für Güterlokomotiven:
Streckenverlauf für Güterverkehr (ca. 1384 km)



Validierung m²: Korrelation von Quer- und Vertikalbeschleunigungen

- gefilterten Signale die Häufigkeit gleichzeitig auftretender Werte grafisch dargestellt
- Aus den Korrelationsverteilungen lässt sich ableiten in welchem Maße sich Quer- und Vertikalbeschleunigungen überlagern, d.h. mit welcher Häufigkeit sie korreliert bzw. unkorreliert auftreten.

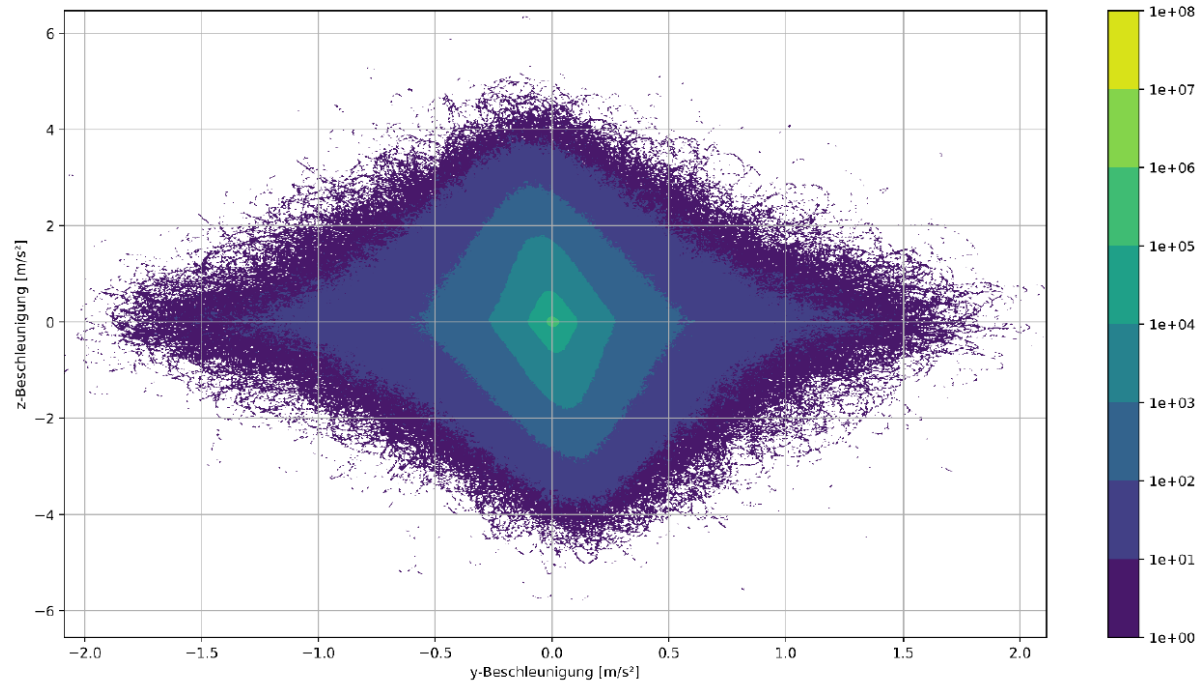


Abbildung 1: Häufigkeitsverteilung gleichzeitig auftretender Quer- (y) und Vertikalbeschleunigungen (z) in der Wagenmitte

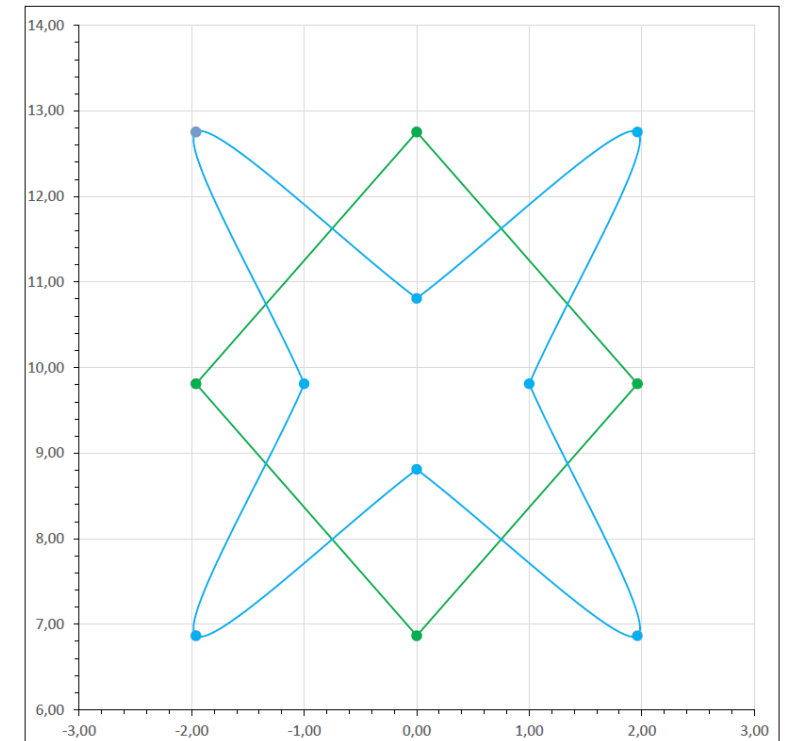
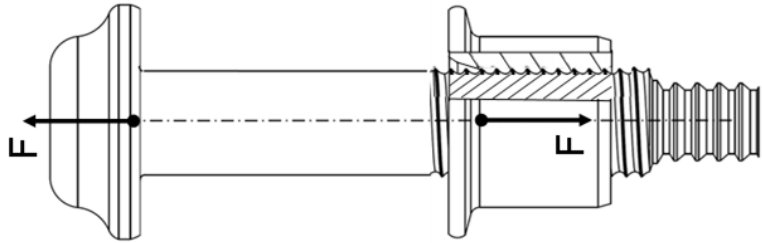


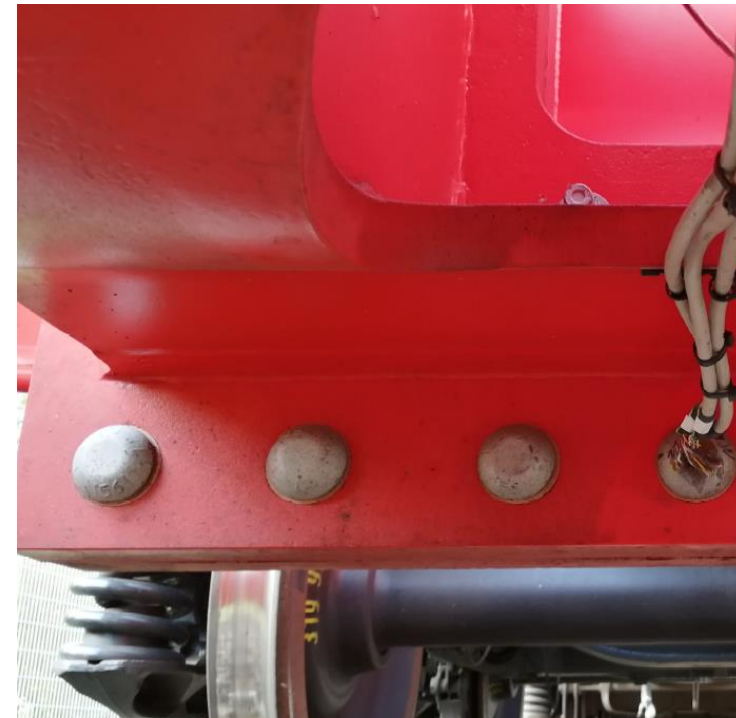
Abbildung 3: Modellierter Überlagerung von Vertikal- und Querbeschleunigung (exemplarisch als Referenz). Der Fall ohne Überlagerung ist in grün, der Fall mit 100%iger Überlagerung ist in blau dargestellt.

Untersuchungen zur Dauerfestigkeit von Schließringbolzen am m²-Tragwagen



Anforderungen an die Verbindungstechnik

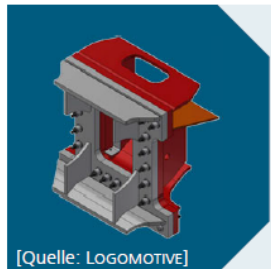
- Lösbarkeit
- Losdrehsicherheit
- Ermüdungssicherheit
- (nahezu) bedienerunabhängiger Montageprozess



Schwingfestigkeitsnachweis von Schließringbolzenverbindungen

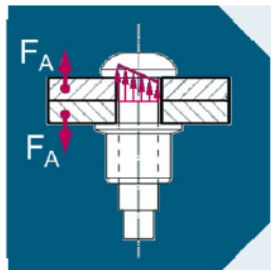
Ansatzpunkte zur Optimierung

Beanspruchung



Berechnungsmodell

- FE-Modell des Tragwagens



SRB-Beanspruchung

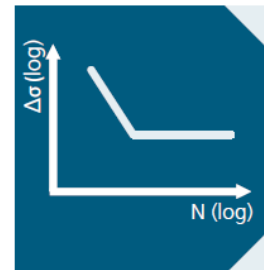
- SRB-Normalkraft ΔF_S
- SRB-Biegemoment ΔM_S

Beanspruchbarkeit



Schwingfestigkeitsuntersuchungen im Zeitfestigkeitsbereich

- Bei zentrischer Belastung



Kerbfall $\Delta\sigma_c$ in Anlehnung an Stahlbau

- Extrapolation aus dem Zeitfestigkeitsbereich auf die Dauerfestigkeit

$$\sigma_a = \left(\frac{\Delta F_S}{A_S} + \frac{\Delta M_S}{W_S} \right)$$

≤

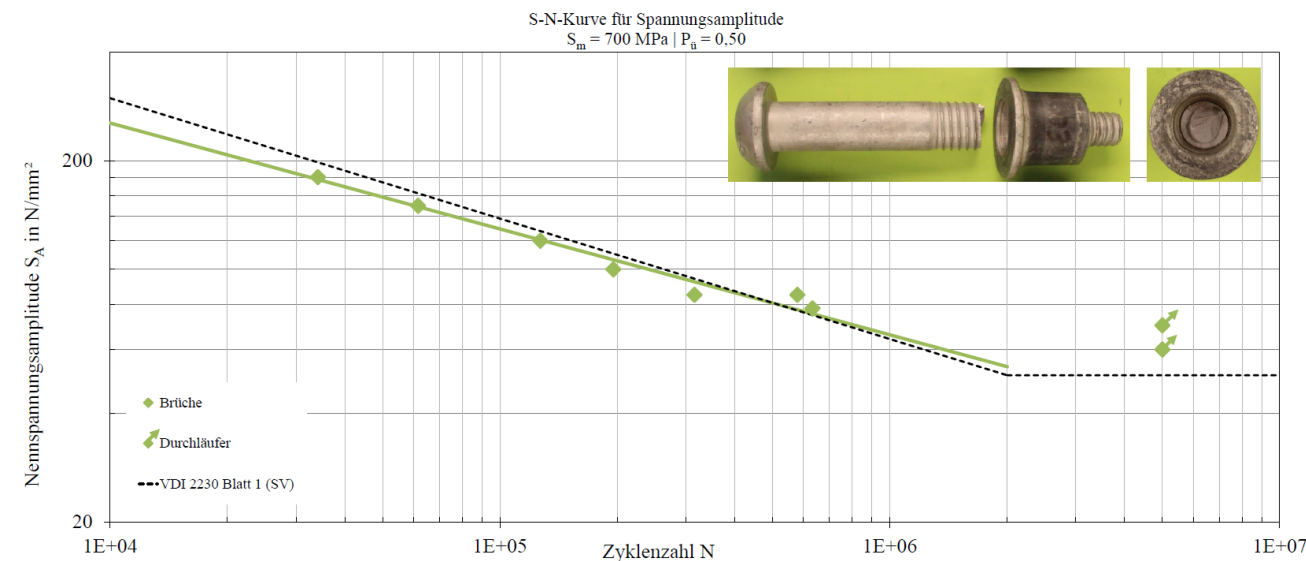
$$\sigma_A = \frac{\Delta\sigma_c}{2}$$

Schwingfestigkeitsnachweis von Schließringbolzenverbindungen

Vorversuche im Zeitfestigkeitsbereich - Vorläufige Zwischenergebnisse

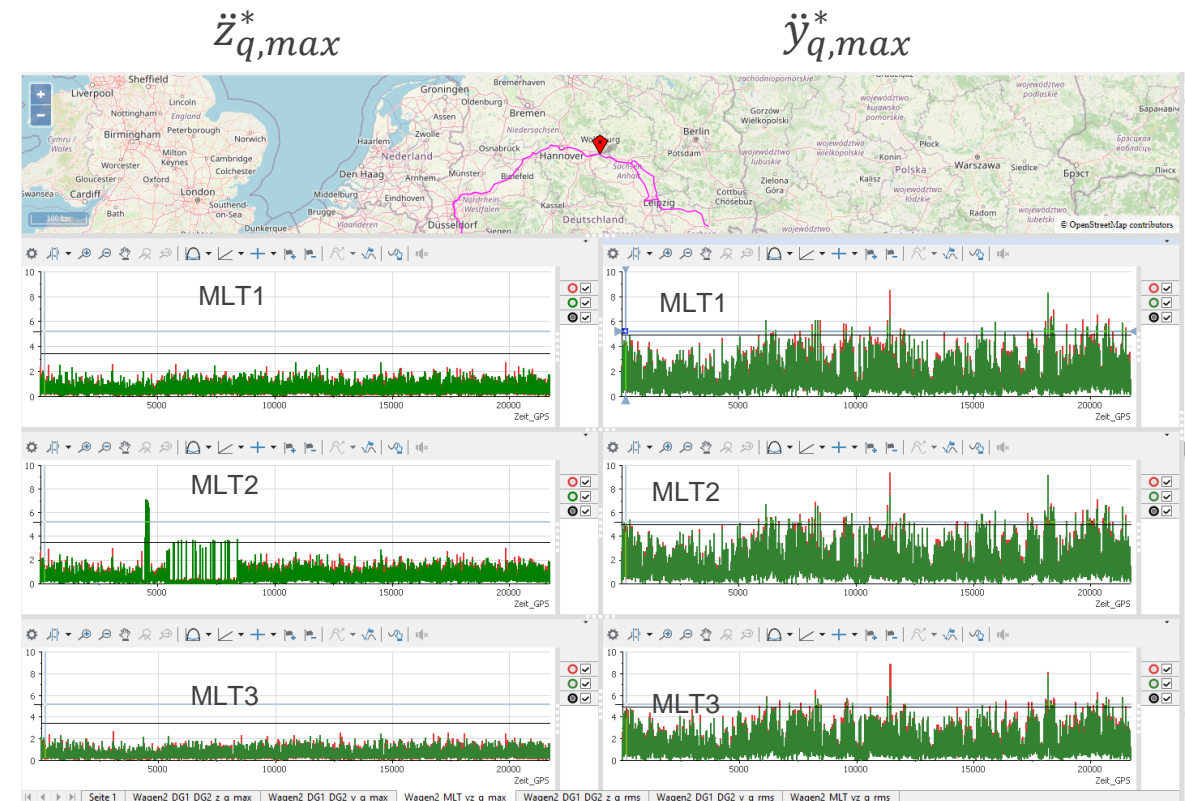
- Versuchsdurchführung mit 2 MN Hochfrequenzpulsator wirtschaftlich möglich
- Weitere Untersuchungen im Übergangsbereich

Nr.	Schließringbolzen Typ BOBTAIL, d = 1 inch (25,4 mm)	$S_{a,PÜ=50\%}$ ($N_D=2E^6$) [MPa]	$k_{PÜ=50\%}$	$S_{a,PÜ=97,5\%}$ ($N_D=2E^6$) [MPa]	$k_{PÜ=97,5\%}$	Z-14.4-591 [1]		3435-2 [3]
						$\Delta\sigma_c$ [MPa]	σ_c [MPa]	σ_A [MPa]
1	DB12126-52DL_P1 + DB12026BL2X_C1	52,44	4,08	45,24	3,64	63,00	31,50	32,00
2	DB12126-52G2_P1 + DB12026BLX_C1	38,19	3,03	31,20	2,62	50,40	25,20	
3	DB12126-52J45_P2 + DB12026J46_C2	46,49	3,26	42,30	3,42	63,00	31,50	
4	DB12126-52J45_P3 + DB12026J46_C3							

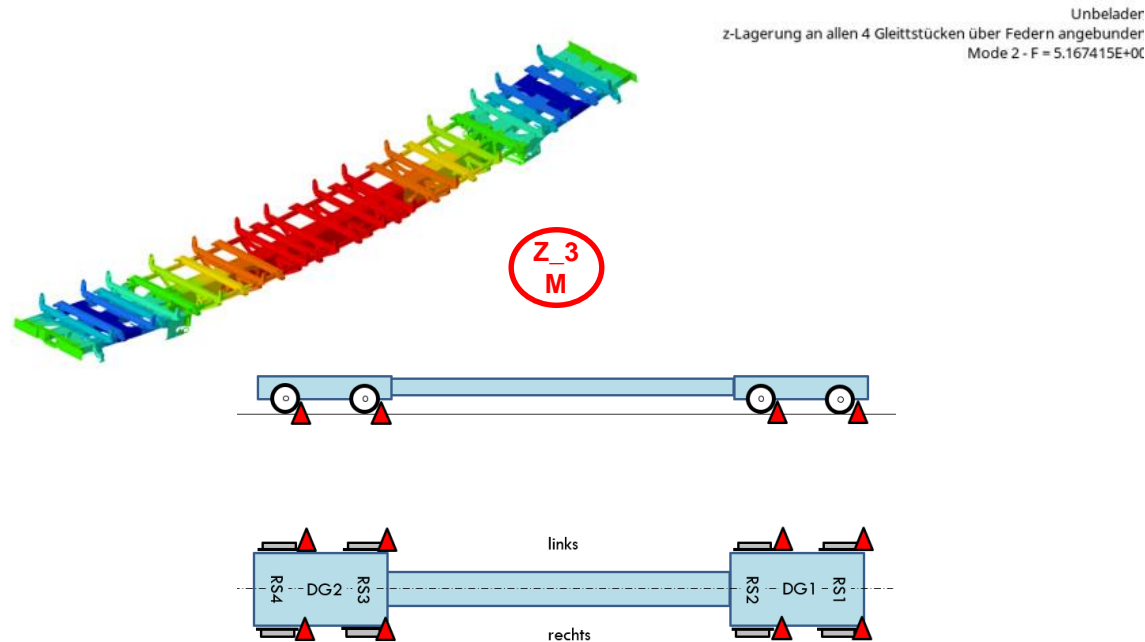


Bewertung der Ergebnisse aus der Messfahrt

- Bewertung der Beschleunigung in Anlehnung an DIN EN 14363 (typische maximale Schätzwerte des Schwingverhaltens)
- Gemessene Ergebnisse im MKS-Modell reproduziert zur Validierung des Modells, um weitere Einsatzfälle abdecken zu können
- z.B. Untersuchungen von Radunrundheiten wie Flachstellen oder Polygone möglich → Lärmreduktion

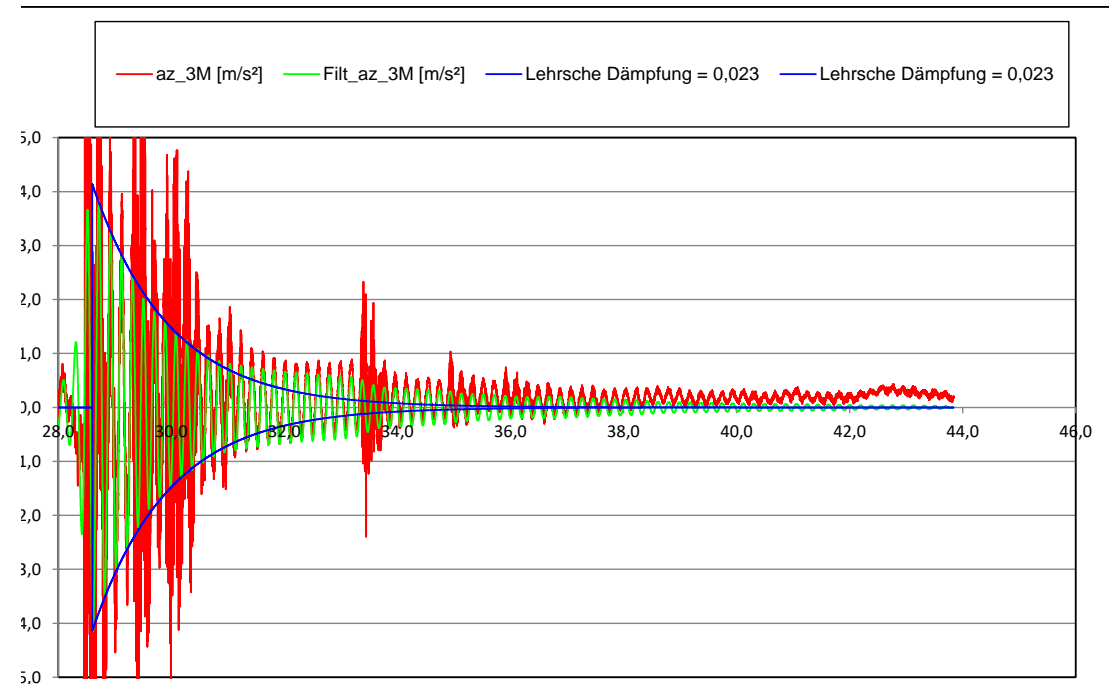


Bewertung der Ergebnisse aus der Messfahrt



- Lehrsche Dämpfung 0,023
- Frequenz 5,1 Hz

Beschleunigung
Bandpassgefiltertes Signal
Dämpfung

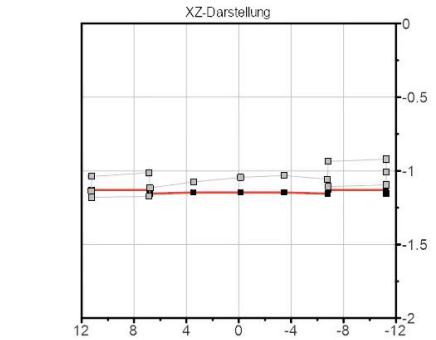
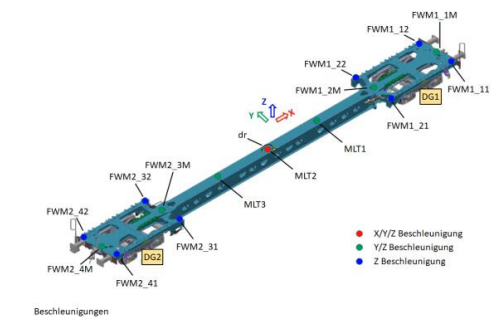
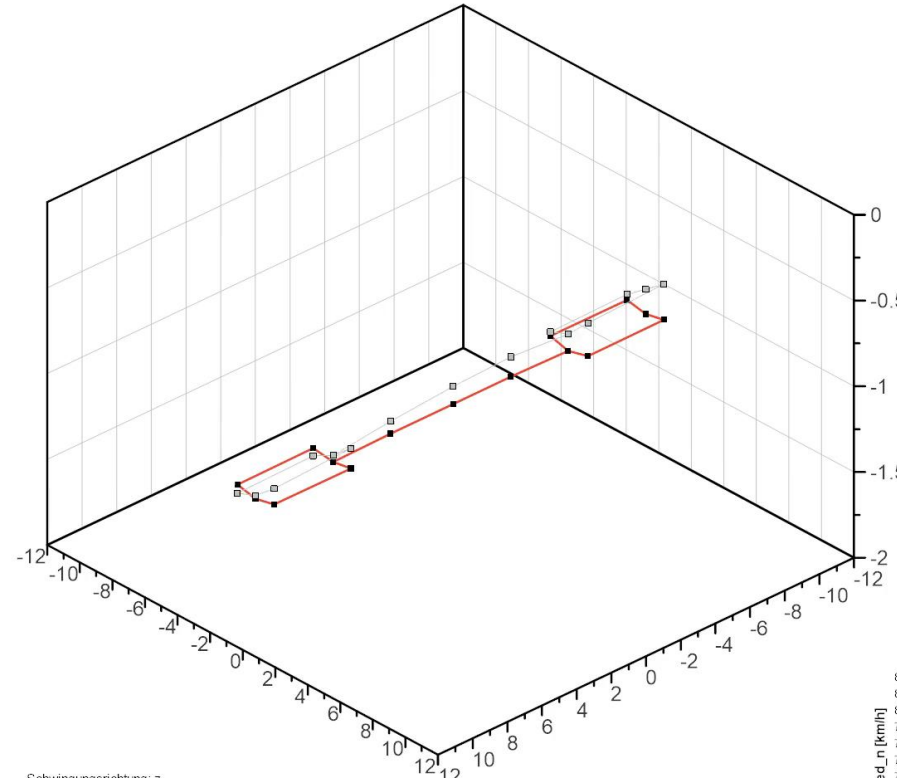


Betriebsschwinganalyse

- Wechselwirkungen zwischen Wagen und Aufbau

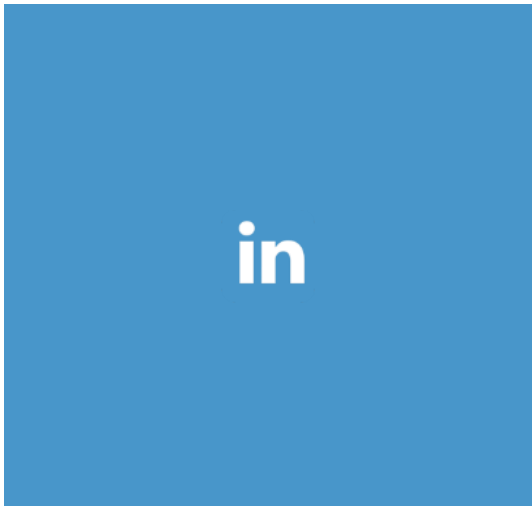
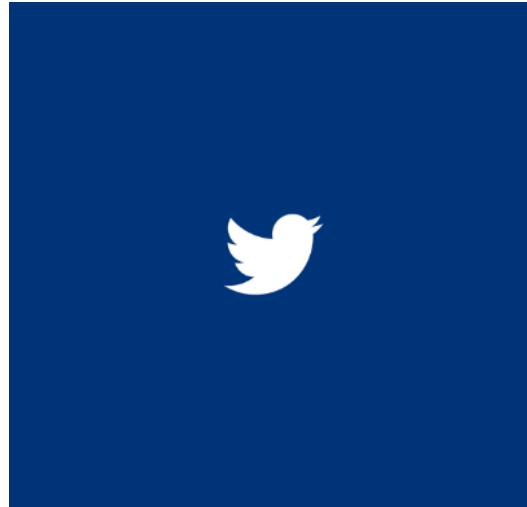
DATEI: MUB_Wagen2_1_09_s
 Richtung: V; Start 14:11
 13.10.2022 (Variante 1); Wetter: bedeckt aber trocken. ca. 7°C

LOGO MOTIVE.
 Am Tullnaupark 4
 90402 Nürnberg



Schwingungsrichtung: z
 Filterung: 3Hz - 7Hz
 Zeitschrittweite: 0.01sek
 Skalierfaktor: 500 []

- Bogenfahrt mit beladenem Wagen
- Filterung: Bandpassfilter 3Hz – 7Hz



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!
Gibt es Fragen?**

Kontakt

Kai Röbbcke
Projekt Manager - Technical Innovations
VTG GmbH
Nagelsweg 34
20097 Hamburg

 +49 40 2354-2731

 kai.roebbecke@vtg.com

 www.vtg.com