

Batterieträger E-Dumper

Mathias Schön

Institut für Entwicklung Mechatronischer
Systeme EMS

Prof. Dr. Max Stöck

Institut für Entwicklung Mechatronischer
Systeme EMS



**Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs**

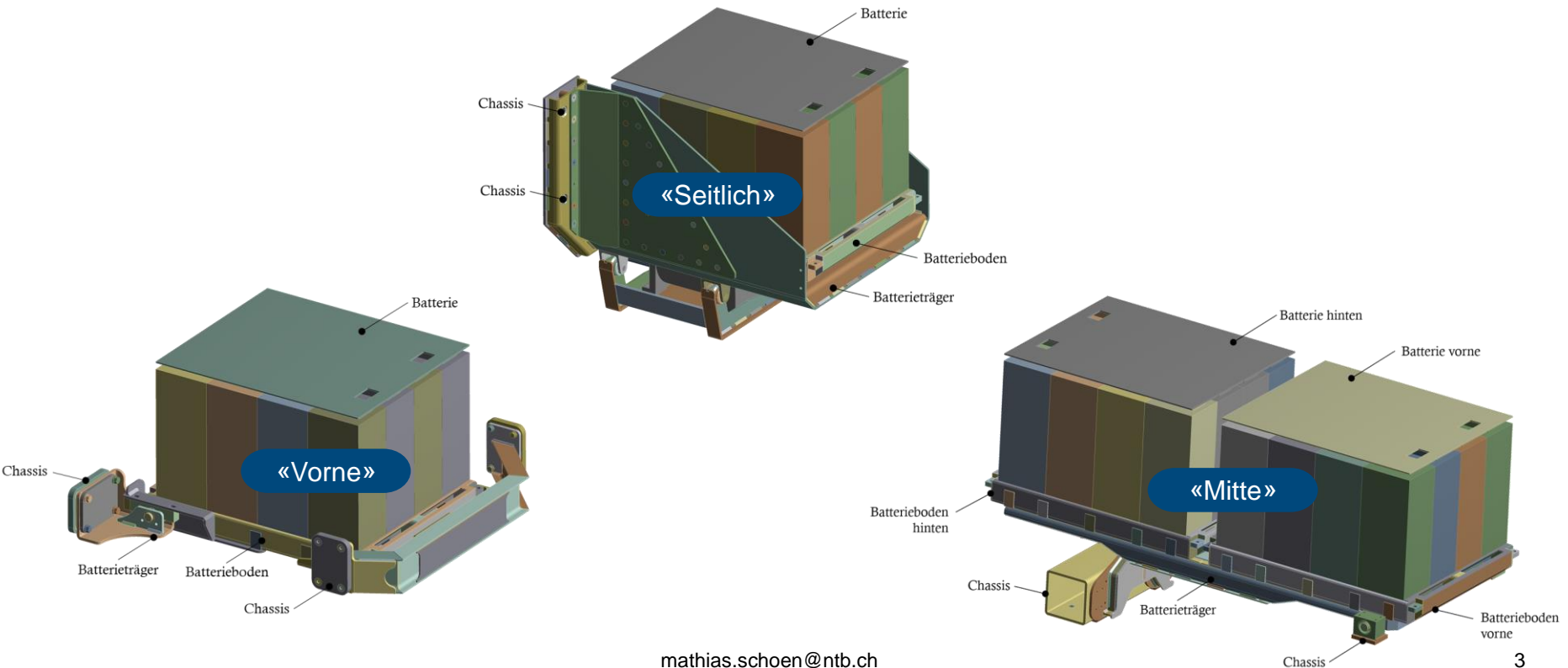
FHO Fachhochschule Ostschweiz

- **Aufgabenstellung**
- **Aufgabenabgrenzung**
- **Relevante Lastfälle**
- **Informationen zum Berechnungsmodell**
- **Softwareunterstützter FKM-Nachweis**
- **Ausnutzung von plastischer Stützwirkung**
- **Optimierung am Beispiel Batterieträger „seitlich“**
- **Aktueller Stand und Nächste Schritte**

Batterien «Mitte», «Vorne» und «Seitlich»

- Aufgabenstellung**

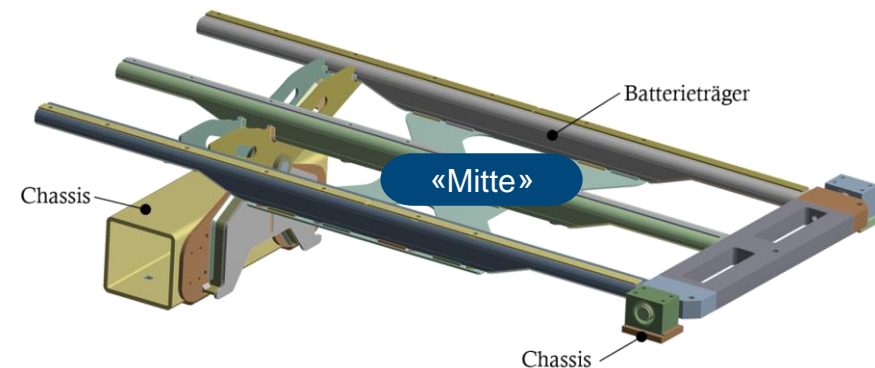
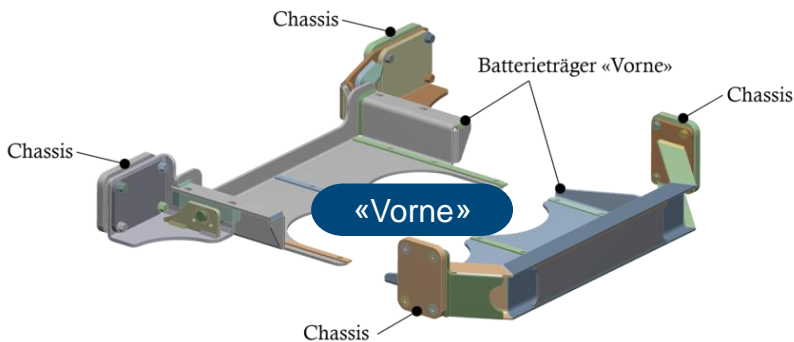
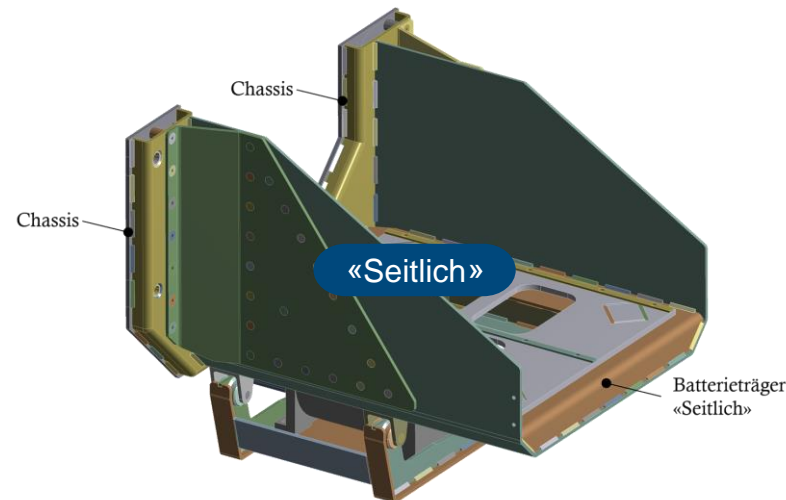
Die vier je 1'300kg schweren Batterien des E-Dumpers müssen zuverlässig am Chassis des Fahrzeugs befestigt werden und dabei Belastungen bis zu 10g Beschleunigung standhalten. Die für diese Funktion vorgesehenen Batterieträger sollen dimensioniert und für vier Lastfälle Festigkeitsnachweise nach FKM-Richtlinie erbracht werden.



Batterieträger «Mitte», «Vorne» und «Seitlich»

- Systemgrenzen**

Chassis und Batterieboden sind jeweils Systemgrenze zum Batterieträger. Chassis, Batterieboden sowie darauf aufgebaute Batterie sind explizit nicht Teil der Betrachtung.



Die Berechnungen berücksichtigen 4 Lastfälle

- **Lastfall I – Frontalcrash**

Lastfall I bildet den Frontalcrash des Fahrzeugs ab. Neben dem **Eigengewicht** wirkt **10g Beschleunigung in Fahrtrichtung**. Für diesen Lastfall soll später ein statischer Festigkeitsnachweis nach FKM-Richtlinie erbracht werden.

- **Lastfall II – Täglicher Betrieb**

Lastfall II widerspiegelt den Alltagsbetrieb. Er wird in drei Unterlastfälle aufgeteilt von welchen angenommen wird dass diese nicht in Kombination auftreten. Es muss wiederum ein statischer Festigkeitsnachweis erbracht sowie die Haltbarkeit der Konstruktion (Ermüdung) betrachtet werden.

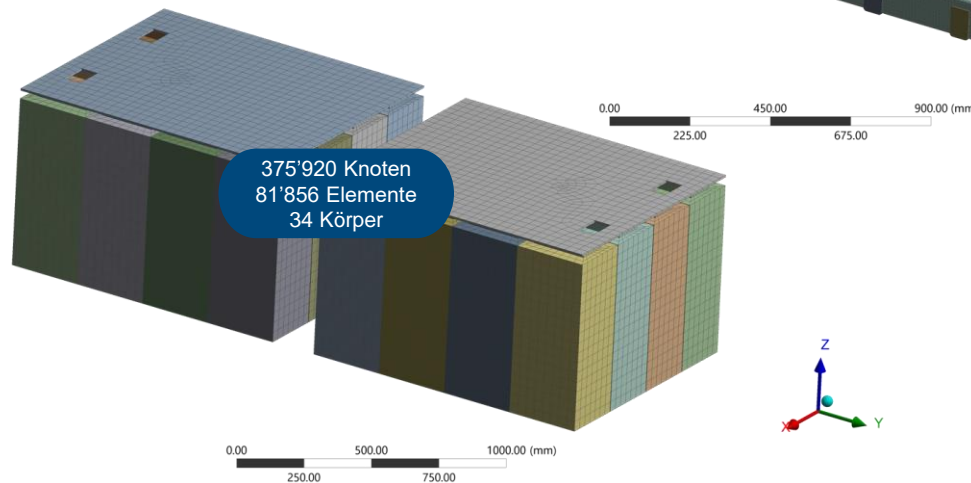
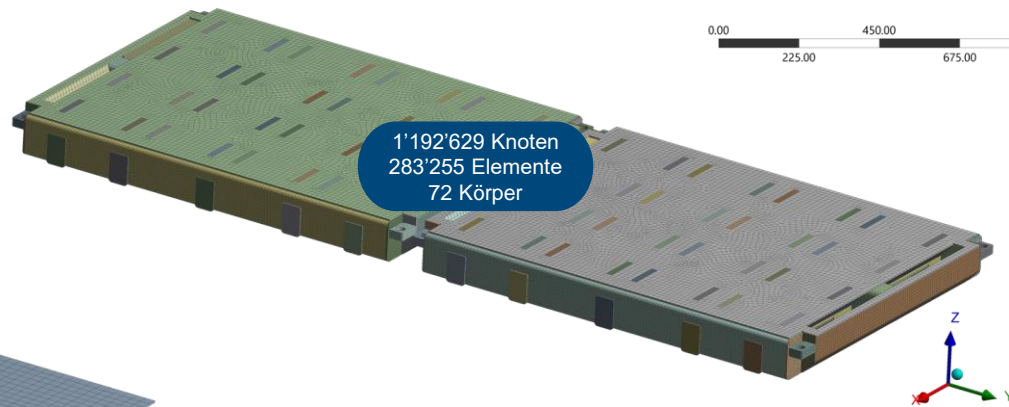
Lastfall II-a. Es wirken das **Eigengewicht + 3g Beschleunigung in Fahrtrichtung** (hartes Bremsmanöver).

Lastfall II-b. Hier greifen das **Eigengewicht + 3g Beschleunigung quer zur Fahrtrichtung** an.

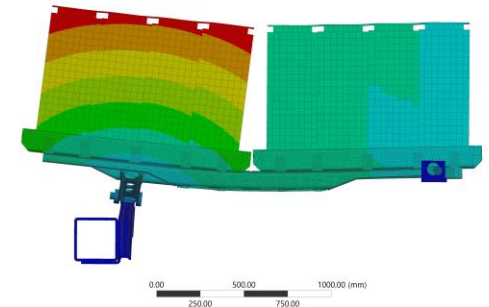
Lastfall II-c. Die Konstruktion wird mit dem **Eigengewicht + 5g Beschleunigung Richtung Boden** belastet (Hindernis überfahren).

Beispiel Batterieträger «Mitte»

- **Berechnungszeit mit 12 CPUs**
ca. 20h pro Lastfall
- **Schweissnähte als Volumenkörper**
Nachweis anhand Kerbspannungen



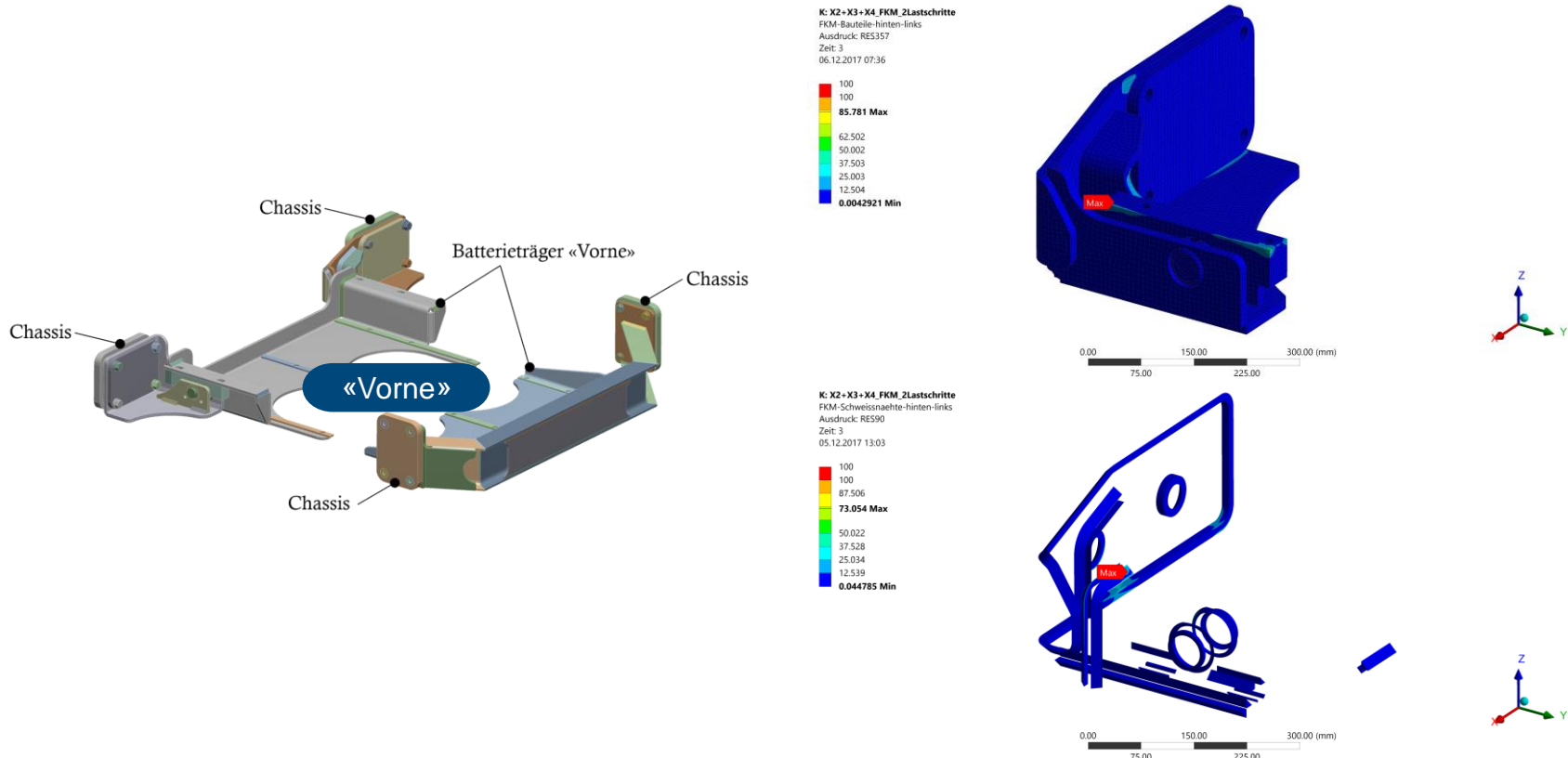
G: X1+X2+X3, Materialien, linearelastisch
Typ: Gesamtverformung
Einheit: mm
Zeit: 1
27.09.2017 06:45



Beispiel Träger «Vorne»

- Softwareunterstützter anstelle manueller Nachweis**

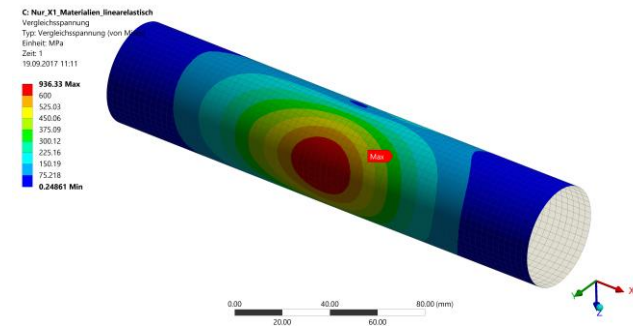
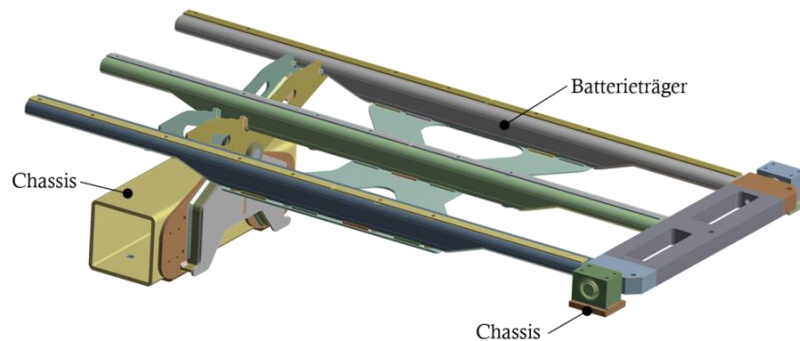
Manuelle Nachweise können nur für einzelne Stellen der Geometrie erstellt werden. Der softwareunterstützte Nachweis ermöglicht hingegen eine grösstenteils automatisierte Berechnung des Auslastungsgrades für alle Bauteilbereiche.



Beispiel Achse

- Funktionsweise**

Mit Hilfe der plastischen Stützwirkung können in extremen Belastungssituationen Tragreserven aufgrund plastischer Deformation erschlossen werden. Dazu sind rechenintensive nichtlineare FEM-Analysen zur Bestimmung der vollplastischen Traglast erforderlich.

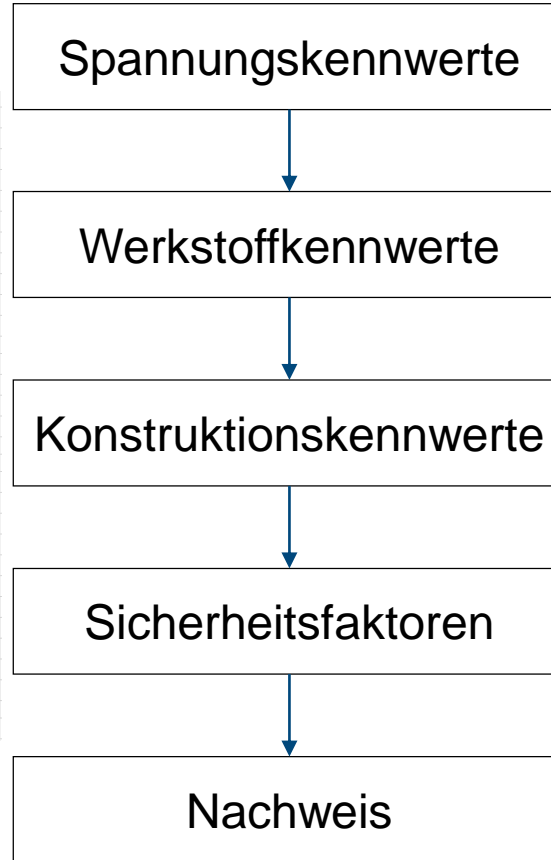


- Beispiel Achse während Frontalcrash**

Der Auslastungsgrad beträgt auf Basis von linear-elastischen Berechnungen 151% und ist damit unzulässig hoch. Durch Ausnutzung der plastischen Stützwirkung sinkt der Auslastungsgrad auf 63% und der Nachweis kann doch noch erbracht werden.

Berechnungsgang am Beispielbauteil Achse

Bauteil Achse (42CrMo4 +QT)			
Normflussgrenze	$R_{p,N}$	MPa	900.000
Normzugfestigkeit	$R_{m,N}$	MPa	1100.000
Effektiver Durchmesser	d_{eff}	mm	45.000
Werkstoffkonstante	$d_{eff,N,m}$	mm	16.000
Werkstoffkonstante	$\alpha_{d,p}$	-	0.430
Werkstoffkonstante	$\alpha_{d,m}$	-	0.320
Technologischer Grössenfaktor	$K_{d,p}$	-	0.833
Technologischer Grössenfaktor	$K_{d,m}$	-	0.880
Minimal ertragbare Gesamtdehnung	ϵ_0	-	0.050
Referenzdehnung einachsiger Spannungszustand	ϵ_{ref}	-	0.100
Ertragbare Dehnung bei gegebener Mehrachsigkeit	ϵ_{etr}	-	0.100
Elastizitätsmodul	E	MPa	210000.000
Anisotropiefaktor	K_A	-	0.800
Bauteil Fließgrenze	R_p	MPa	600.094
Bauteil Zugfestigkeit	R_m	MPa	774.240
Verhältnis R_p/R_m	-	-	0.775
Plastische Stützzahl (aufgrund zulässiger Dehnung)	-	-	5.916
Plastische Stützzahl (aufgrund Belastungsreserve)	-	-	2.450
Plastische Stützzahl	n_{pl}	-	2.410
Statische Bauteilfestigkeit	σ_{sk}	MPa	1446.228
Lastfaktor	j_s	-	1.000
Grund-Sicherheitsfaktor	j_p	-	1.250
Temperaturfaktor	$K_{T,p}$	-	1.000
Gesamt-Sicherheitsfaktor	j_{ges}	-	0.970
Vergleichsspannung aus FEM	σ_v	MPa	936.000
Max. Hauptspannung	σ_1	MPa	82.000
Mittlere Hauptspannung	σ_2	MPa	-190.000
Minimale Hauptspannung	σ_3	MPa	-960.000
Hydrostatische Spannung	σ_H	MPa	-356.000
Mehrachsigkeit	h	-	-0.380
Auslastungsgrad	α_{sk}	-	0.628



$$\sigma_v = 936 \text{ MPa}, h = -0.38$$

Spannungen aus FEM-Modell
Bestimmen der Mehrachsigkeit

$$R_{p,N} = 900 \text{ MPa}$$

Anisotropie des Materials,
Abmessungen des Bauteils

$$R_p = 600 \text{ MPa}$$

Plastische Stützwirkung

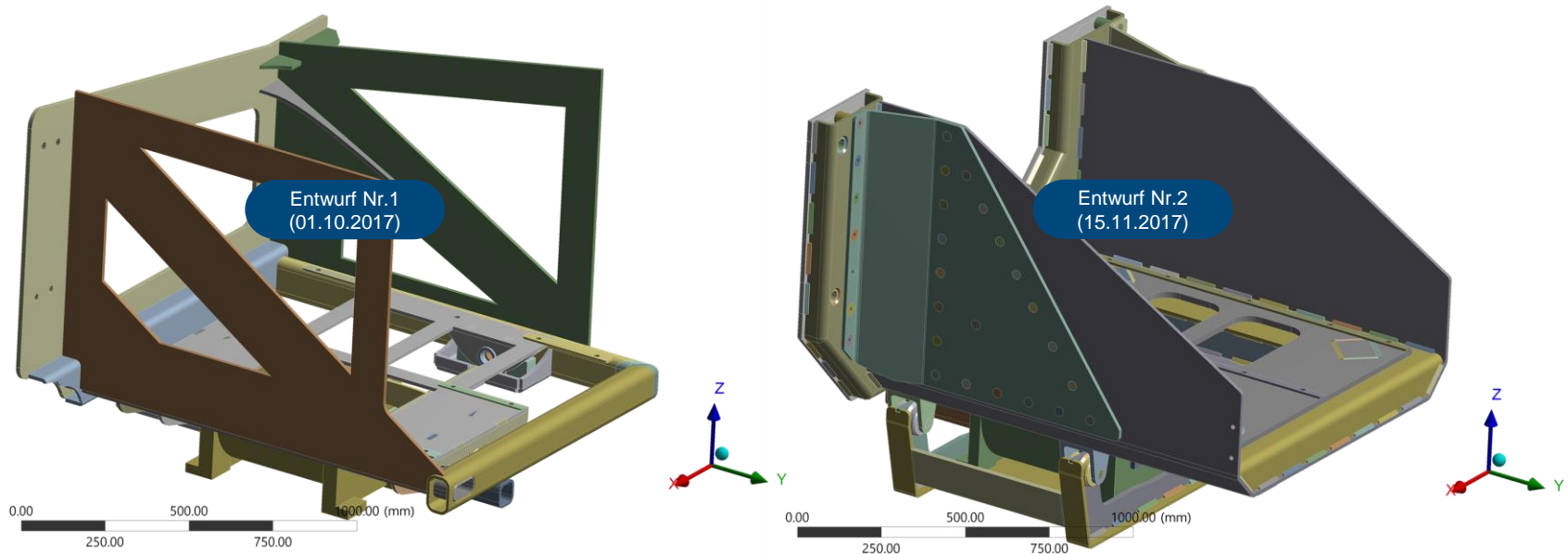
$$\sigma_{sk} = 1446 \text{ MPa}$$

Sicherheitsfaktoren

$$\frac{\sigma_{sk}}{j_{ges}} = 1490 \text{ MPa}$$

$$a = 0.63$$

Beispiel Träger «seitlich»



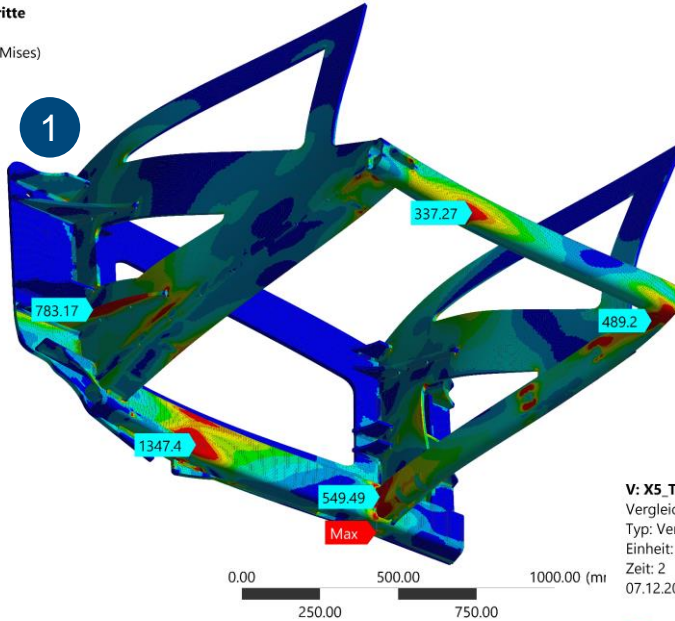
- **Smartes Design durch Simulation**

Die Simulationsergebnisse von Entwurf 1 zeigen die Notwendigkeit einer vollständigen Überarbeitung der Konstruktion. Gleichzeitig wird klar ersichtlich, dass Optimierungen im «kleinen Stil» im vorliegenden Fall nicht zielführend sind. Die Lastpfade müssen grundlegend überdacht und ein neuer mechanischer Aufbau konzipiert werden. Dies ist im Entwurf 2 umgesetzt.

Beispiel Träger «Seitlich»

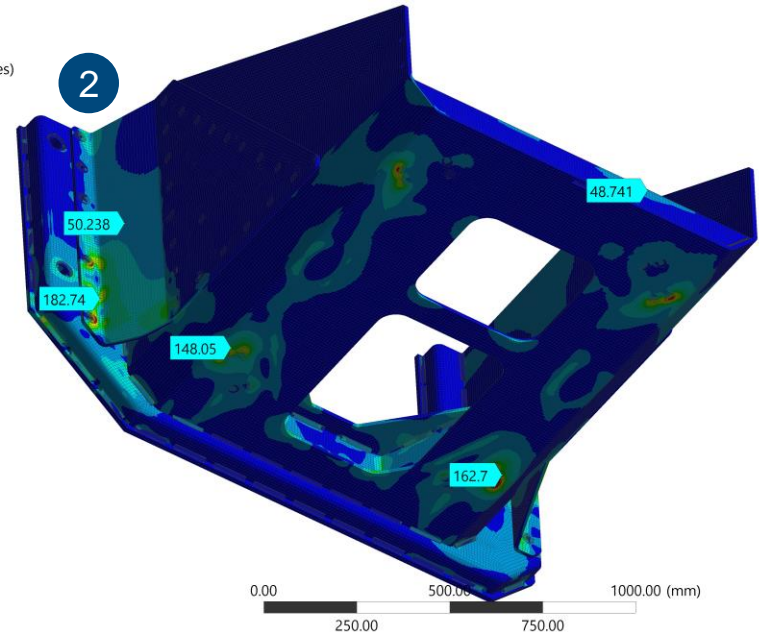
K: X2+X3+X5_FKM_2Lastschritte
Vergleichsspannung
Typ: Vergleichsspannung (von Mises)
Einheit: MPa
Zeit: 2
24.10.2017 06:28

10595 Max
250
218.75
187.5
156.25
125
93.751
62.501
31.251
0.00091334 Min



V: X5_Traeger_V3
Vergleichsspannung
Typ: Vergleichsspannung (von Mises)
Einheit: MPa
Zeit: 2
07.12.2017 18:37

1325.6 Max
250
218.75
187.5
156.25
125
93.75
62.5
31.25
0.0004785 Min



- Entwurf Nr. 2 (opt.)** 2

Alle kritischen Stellen können in einer einzigen Entwicklungsiteration eliminiert werden.

- Entwurf Nr. 1** 1
Die Berechnung visualisiert die kritischen Bereiche und liefert damit die Voraussetzung für eine zielgerichtete Optimierung der Geometrie

Die Arbeiten sind grösstenteils abgeschlossen

- Übersicht der offenen und erledigte Aufgaben

	Lastfall I	Lastfall II-a	Lastfall II-b	Lastfall II-c
FEM-Modellaufbau	✓	n.a.	✓	n.a.
FEM-Simulation	✓	✓	✓	✓
Statischer Festigkeitsnachweis	✓ positiv	✓ positiv	✓ positiv	✓ positiv
Kritische Stellen Inspektion	offen	offen	offen	offen
Schraubenberechnung	✓ positiv	✓ positiv	✓ positiv	✓ positiv
Bericht	75%	75%	75%	75%

- Nächste Schritte – Inspektion**

Die Schweissnähte mit erhöhtem Risiko bezüglich Materialermüdung müssen identifiziert werden.

- Nächste Schritte – Bericht**

Der umfassende Berechnungsbericht (aktuell 48 Seiten) muss um das Kapitel «Inspektion» ergänzt und die abschliessende Prüfung durchgeführt werden.

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!