

VOLKSWAGEN

AKTIENGESELLSCHAFT

KONZERNFORSCHUNG



STRATEGISCHES ENTWICKELN DURCH EIN TRIZ-BASIERTES VORGEHENSMODELL

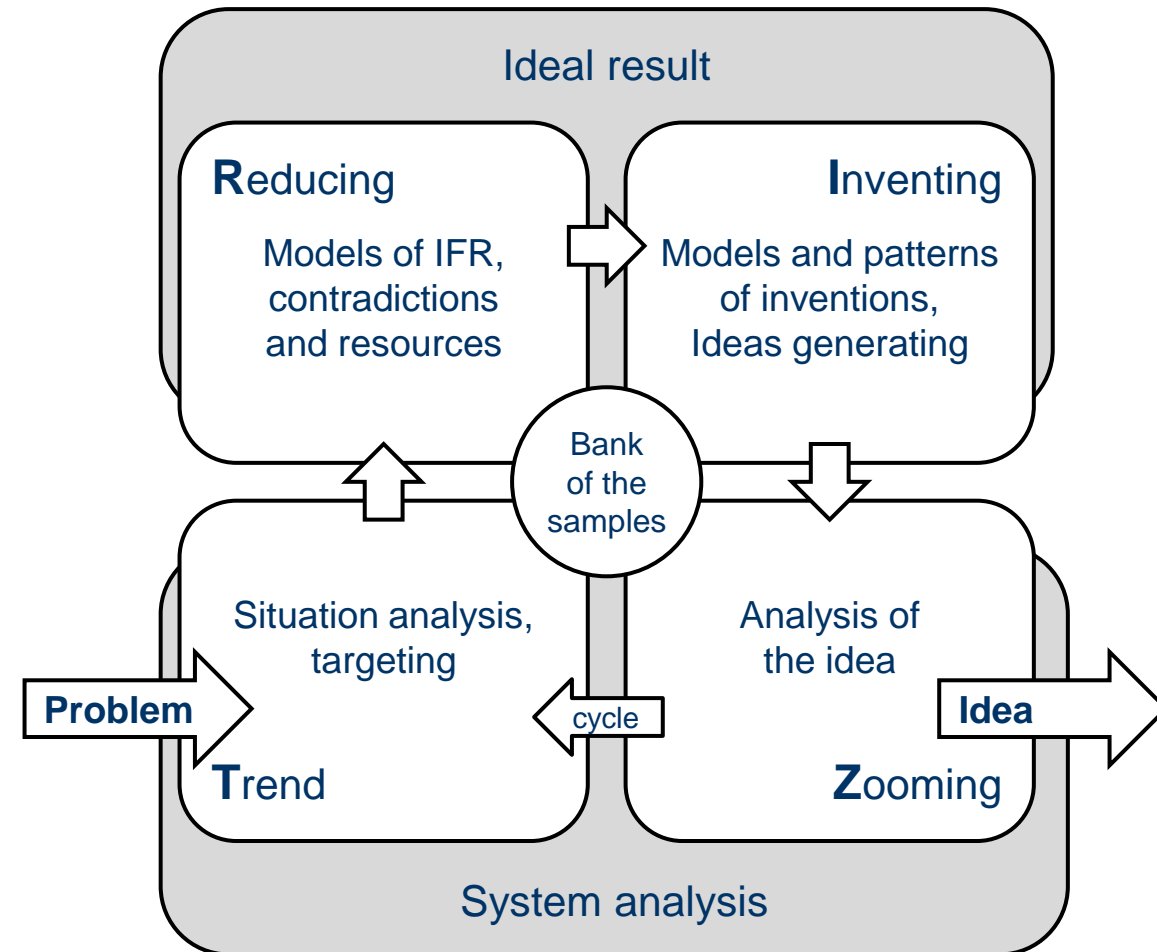
DIPL.-ING. REINHARD SCHMID

PROF. DR.-ING. THOMAS VIETOR

21. LEIBNIZ-CONFERENCE OF ADVANCED SCIENCE | SCHLOSS LICHTERWALDE | 24.11.2016

AGENDA

- Problemstellung und Herausforderung Batterieintegration
- Situationsanalyse und Zieldefinition
– Herausforderung Strategisches Entwickeln
- Modellbildung und Vorgehensmodell zum strategischen Entwickeln
- Generation von Lösungsprinzipien
- Bewertung der Batterieintegrationskonzepte
- Exemplarische Vorstellung Lösungsidee

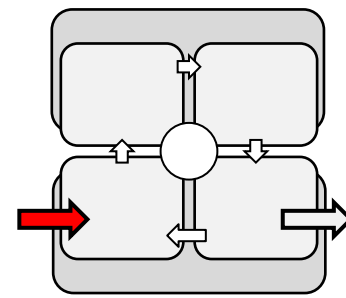


Meta-Algorithm of Invention (MAI) T-R-I-Z
Quelle: Orloff, 2012, Modern TRIZ, S.58

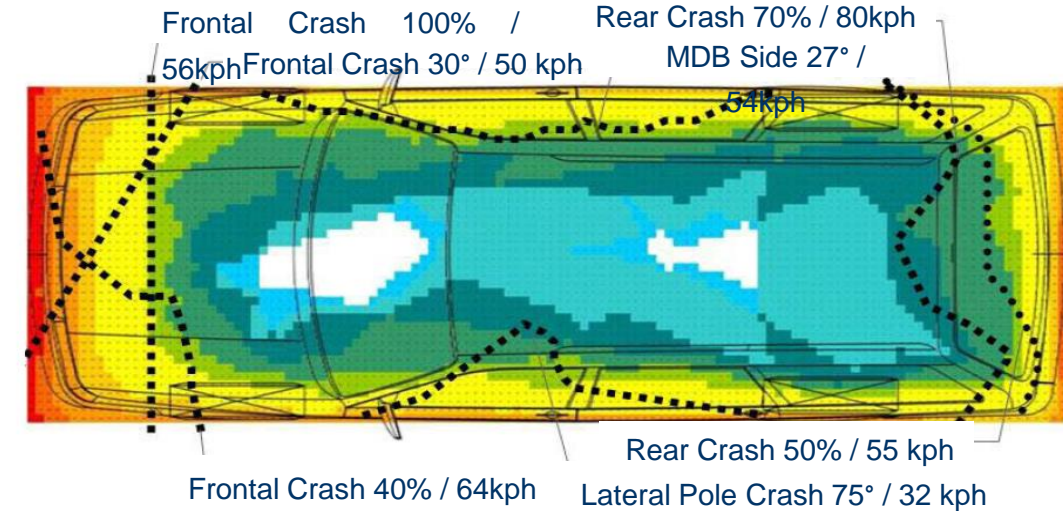


PROBLEMSTELLUNG UND HERAUSFORDERUNG BATTERIEINTEGRATION

ENERGIEDICHTE UND CRASHSICHERHEIT



- Besondere Herausforderung
 - Vergleich Traktionsbatterie zu Kraftstofftank:
~ 500% Masse und ~ 600% Volumen
bei $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ der Reichweite (Marktstudie Serienfahrzeuge)
 - Erweiterte mechanische Beschädigungsformen:
 - Intrusion, Deformation, Beschleunigung
- Zielkonflikt Reichweite vs. Crashesicherheit
 - Reichweite:
 - Maximierung Energiedichte und **Volumen** von Traktionsbatterien
 - Minimierung Verbrauch (d.h. **Massereduzierung**, ..)
 - Sicherheit:
 - Maximierung Schutz **Deformationszonen** erforderlich => **Massezuwachs**

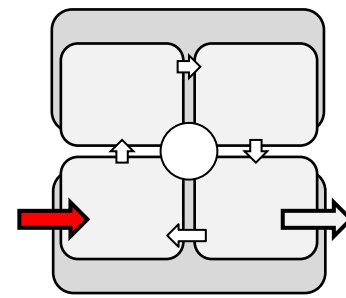


> %	0	0	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	1	5	10	20	30	50
<= %		0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	1	5	10	20	30	50	100
Colour													

Quelle: Justen et al. 'Crash safety of hybrid- and battery electric vehicle'

→ **Neue Batterieschutzkonzepte!**





PROBLEMSTELLUNG UND HERAUSFORDERUNG BATTERIEINTEGRATION

RASANTE BATTERIEENTWICKLUNG

- Besondere Herausforderung:
 - Ca. alle 18 Monate neue Zellen
 → **schneller als Karosserieentwicklung**
 - Künftige Zellen mit größerer Energiedichte (NMC811)



- Zeitspanne Batterieentwicklung vs. Zeitspanne Karosserieentwicklung
 - **Laufend neue Batterien im Fahrzeug (Fortschritt bei Energiedichte, Zellsicherheit, Alterung,...)**
 - Modellpflege: neue Batterie bei „Facelift“
 - Anpassung an neue Eigenschaften und Grenzwerte?

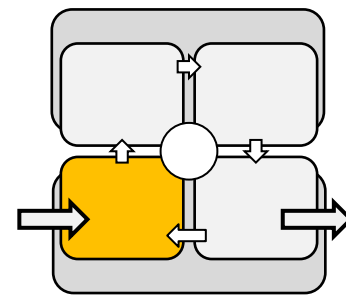
→ Integrationsoptimierung: Schnittstelle zwischen Batterie und Karosserie als Schlüssel!

Li-Ionen-Batterie: Roadmap Hochenergiebatterien



Quelle: K-EFA „Herausforderungen E-Mobilität“
 2. Mobilitätsforum der Landesinitiative Mobilität Niedersachsen;
 Dr. Tobias Lösche-ter Horst; 2015-06-10





HERAUSFORDERUNG STRATEGISCHES ENTWICKELN

SYSTEMKOMPLEXITÄT UND INTEGRATION VON TEILSYSTEMEN

Abstraktionsphase

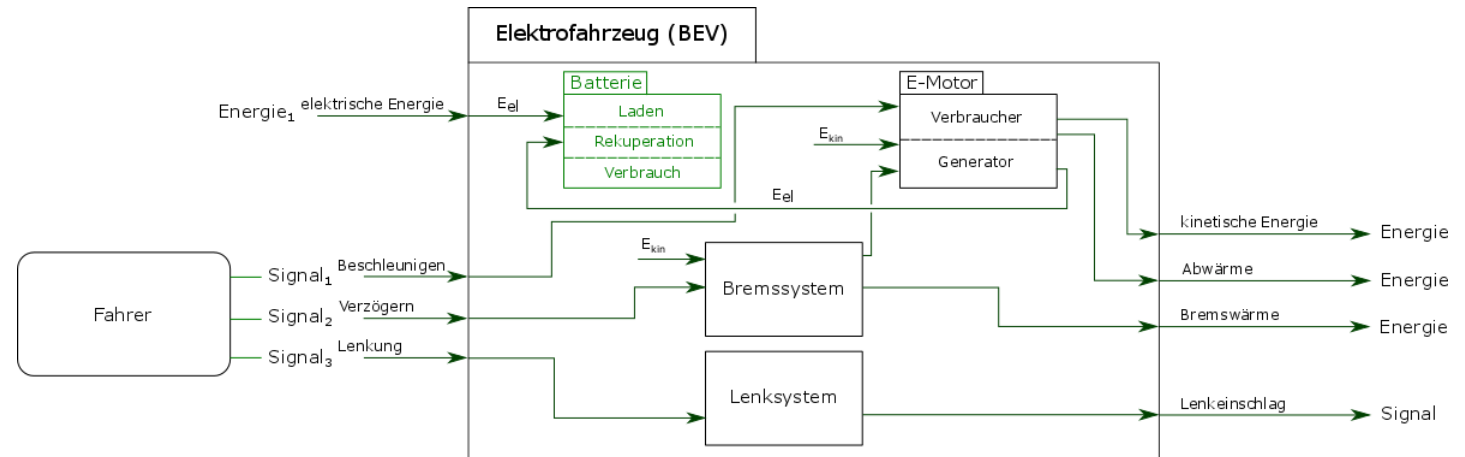
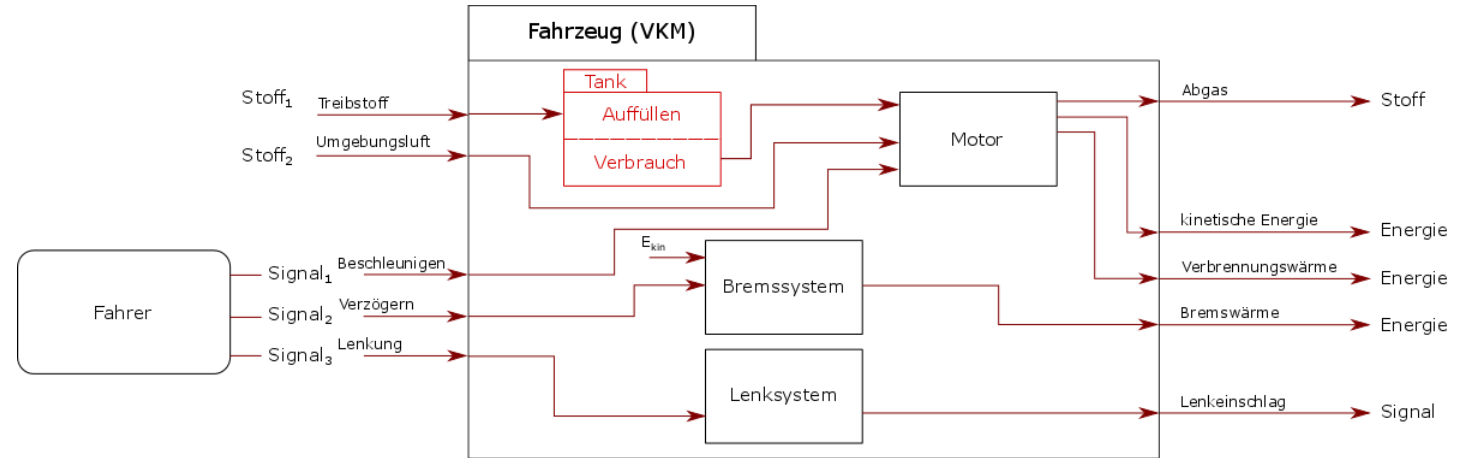
Herausforderung Teilsystemrevolution

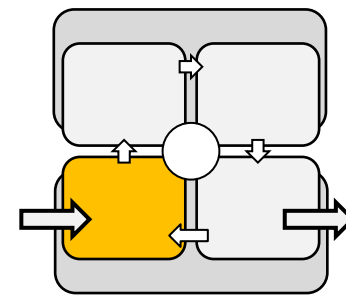
→ Generelle Herausforderung von Entwicklungssprüngen und inkrementellen Innovationen

Funktionale Betrachtung der Basisfunktionen mit Blackbox nach VDI 2222

Unterschiedliche Größen

	Fuel tank	Traction battery
Illustration		
Mass	50-100 [kg] ~100 [%]	250-500 [kg] ~500 [%]
Volume	0.05-0.1 [m³] ~100 [%]	0.3-0.6 [m³] ~600 [%]





HERAUSFORDERUNG STRATEGISCHES ENTWICKELN

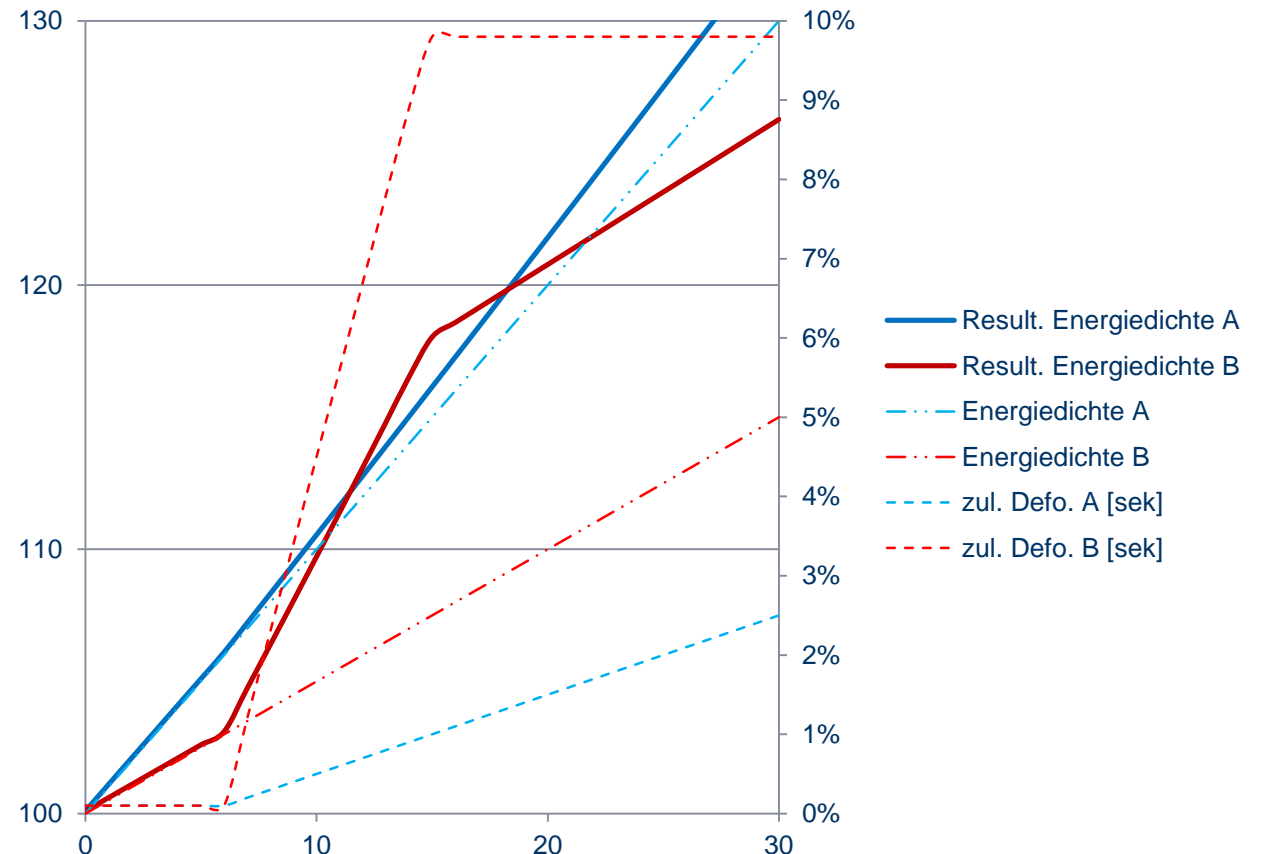
ERFINDEN FÜR UNTERSCHIEDLICHE ZUKUNFTSHORIZONTE

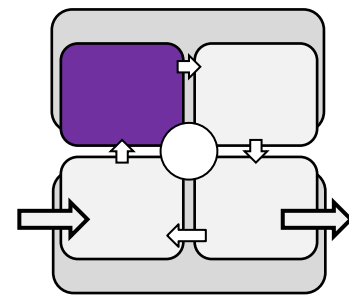
Weiterentwicklung von:

- Anforderungen
- Reichweite
- Sicherheitskriterien
- Eigenschaften
- Energiedichte Traktionsbatterie
- Grenzwerte mechanische Beschädigungswerte
- Intrusion
- Deformation
- Beschleunigung

Unterschiedliche Batterietechnologien benötigen unterschiedliche Integrationskonzepte

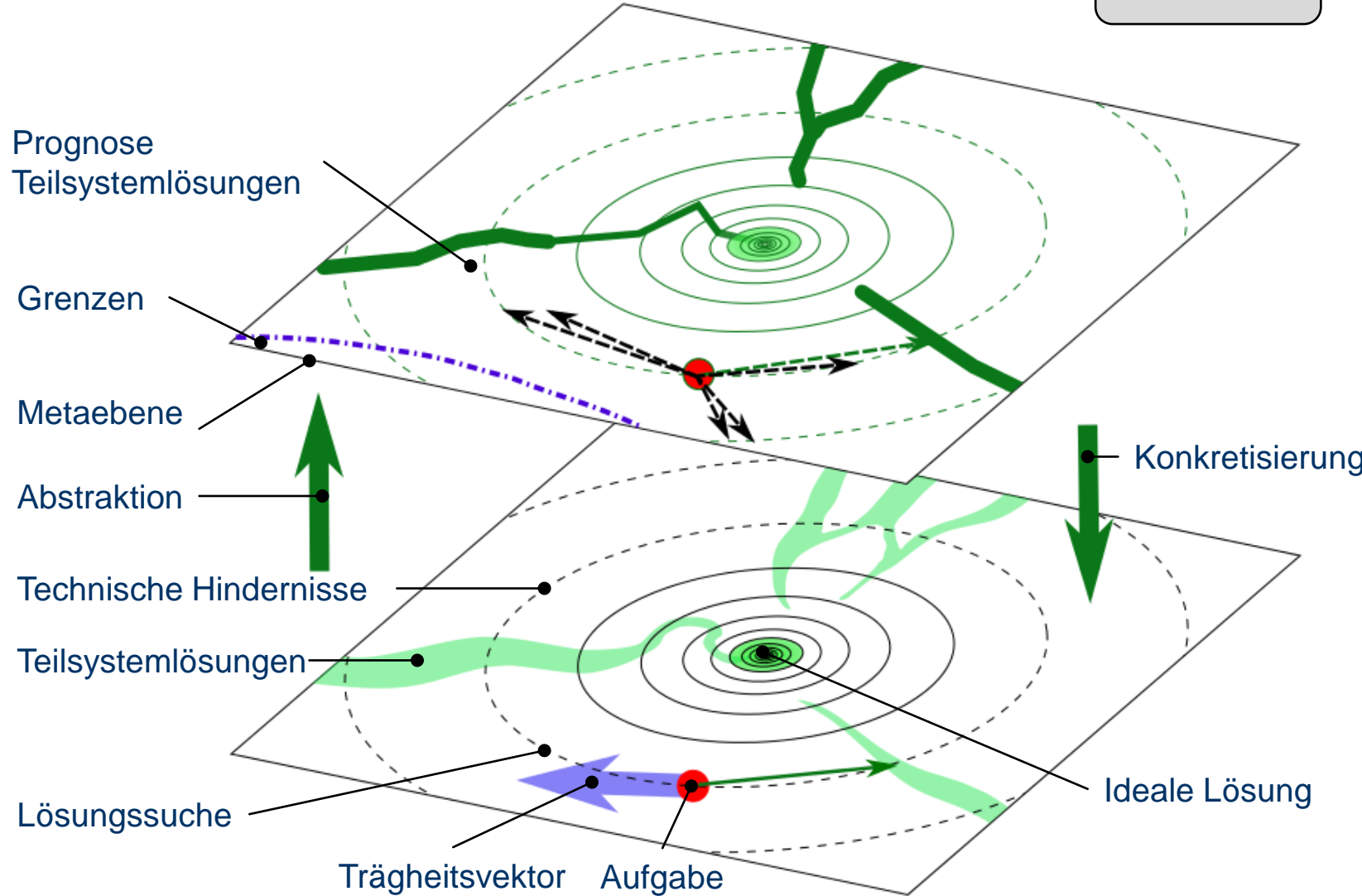
Schematische Darstellung resultierender Energiedichten basierend auf zulässigen Deformationen



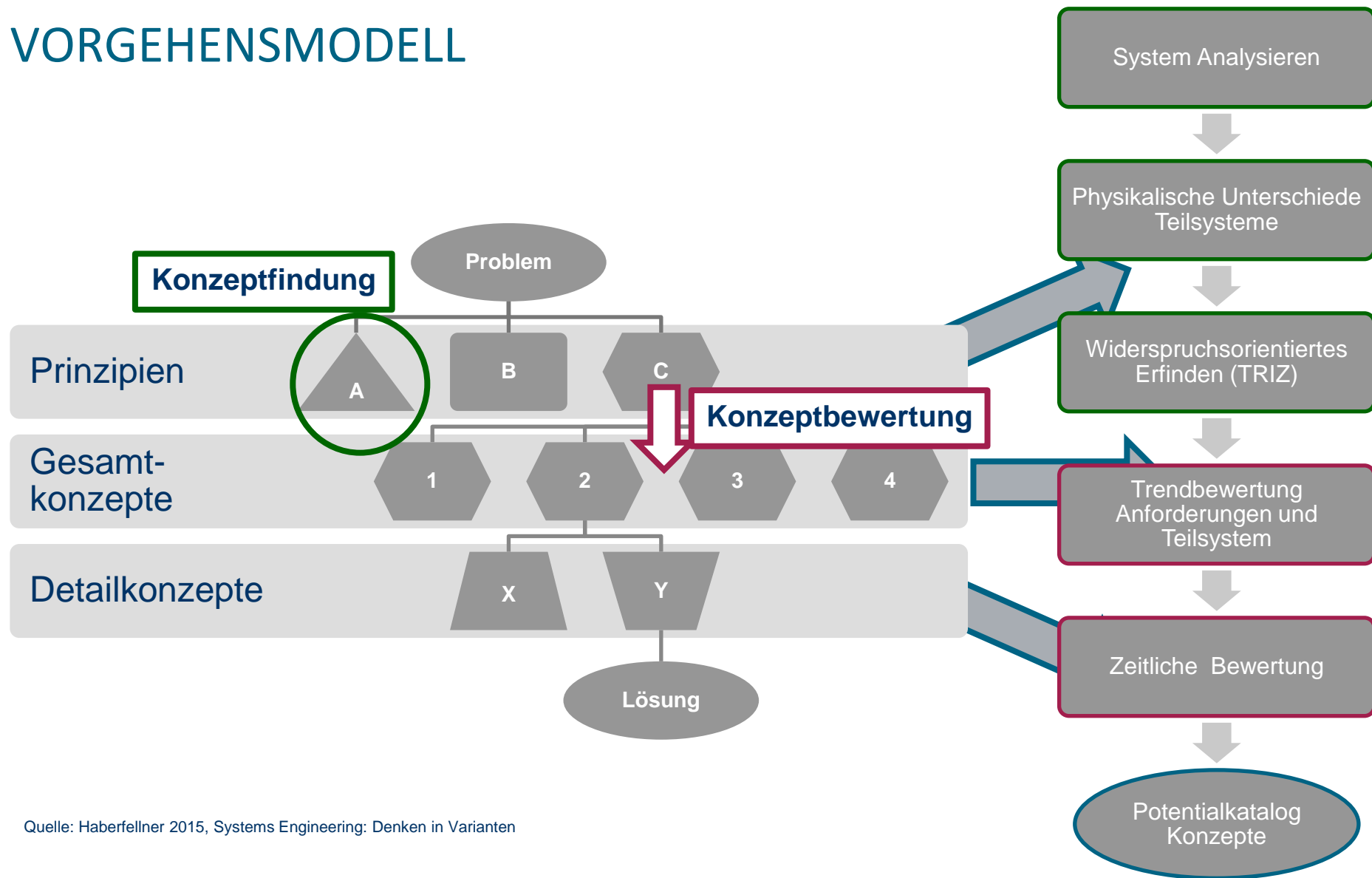


PROBLEMLÖSUNGSSUCHE

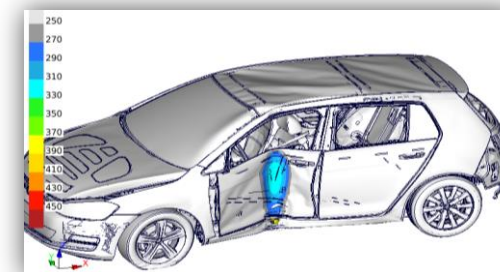
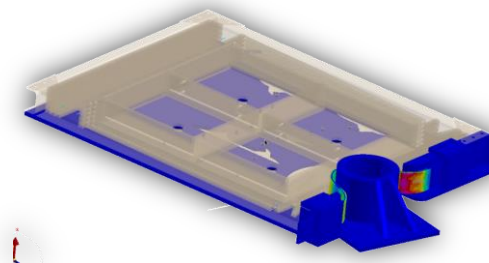
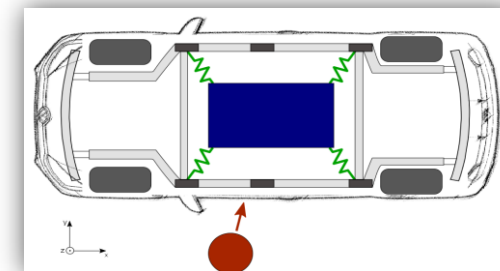
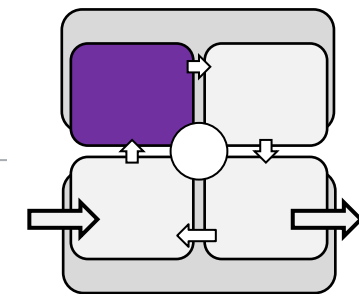
- Versuch und Irrtum
 - Zufällig und Richtung TV
- Brainstorming
 - Weitere Anknüpfungen
- TRIZ
 - Metaebene
 - Lösungsprinzipien bewirken Richtungssprünge
- Erweiterung mit Prognosefunktion
 - Verschieben von Grenzen
 - Zukünftige Entwicklungen
 - Denken in Varianten aus Systems Engineering

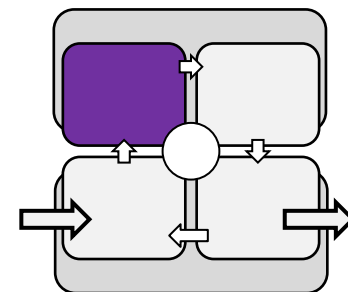


VORGEHENSMODELL



Quelle: Haberfellner 2015, Systems Engineering: Denken in Varianten





ABGELEITETES VORGEHENSMODELL

Eingangsfunktionen analysieren

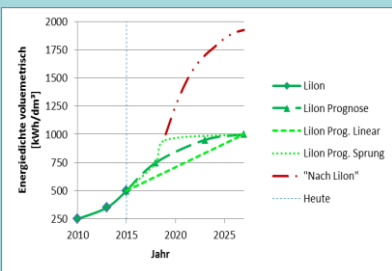
Entwicklung von Batterie Schutzprinzipien

Bewertung durch vergleichende Analyse

Ausgabe Konzeptempfehlung

Batterien Zukunftsszenario

- Energiedichte
- mechanische Grenzwerte

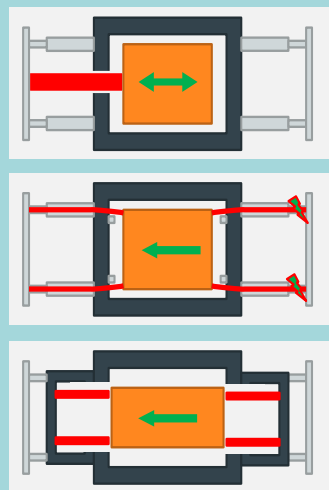


Fahrzeug Zukunftsszenario

- Karosserieart
- Craschanforderungen

Sicherheitskonzepte Batterieintegration

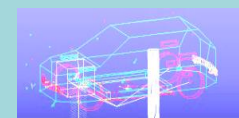
- Einzelkonzepte



- Kombinationen

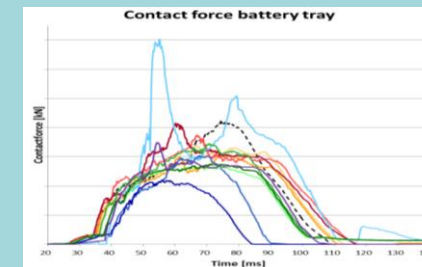
Konzeptbewertung

- Mehrkörpersimulation (MKS) Modell-Ebene
- Mehrkörpersimulation (MKS) Fahrzeug-Ebene
- FEM Simulation Batterie unter Sitzen
- FEM Simulation Unterflurbatterie



Konzeptempfehlung

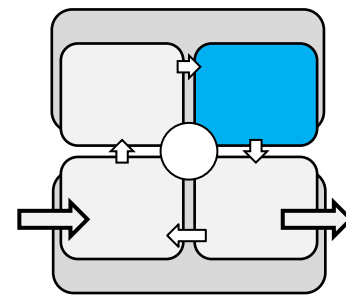
- Kraft, Intrusion, Beschl.



- Zusammenfassung

Integrationsvariante	Icon/Bild	Kontaktkraft Batterietrog	Beschleunigung Batterietrog	Fahrzeugintrusion
Brechbolzen in Elastomer Lager		+ Reduktion bis -26%	-- Erhöhung 15-45%	~ Nahezu konstant
Deformationselemente + verschiebbar		+ Reduktion bis 35%	- Erhöhung Var A 12%	+ Reduktion bis 8%
Federelemente + verschiebbar		++ Reduktion bis 49%	- Erhöhung bis 13%	++ Reduktion bis 33%
Gefälle Batterie + verschiebbar (nur 1 Variante bewert.)		+ Reduktion 19%	- Erhöhung 4%	- Erhöhung 6%

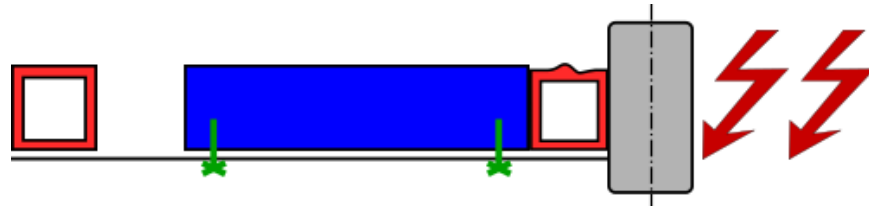




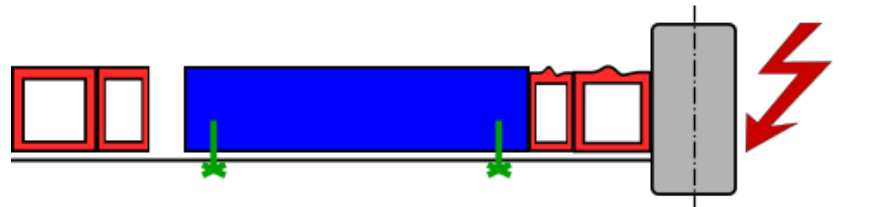
KONKRETISIERUNG BATTERIEINTEGRATION

BATTERIEVERSCHIEBUNG – DEFORMATIONSRAUM BEIDSEITIG NUTZEN – VOLUMEN MAXIMIEREN

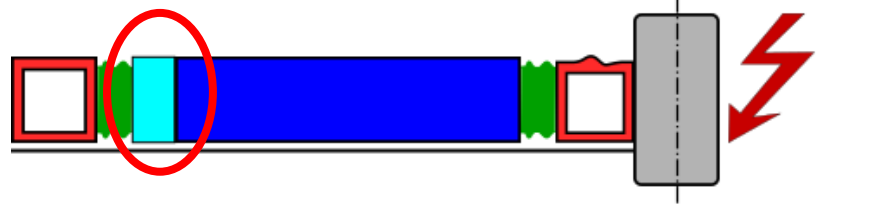
Auslegungsgrenze – Volumengewinn durch Anbindungsvariation



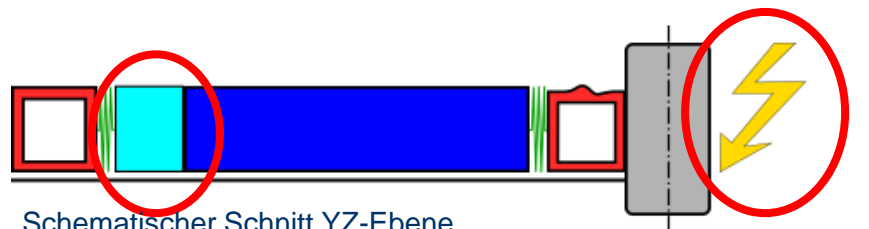
Blockbildung
Belastungspeak



Blockbildung
Belastungspeak



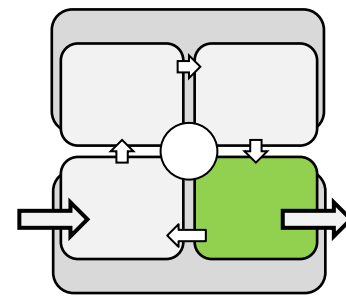
Zusätzliches Batterievolumen
Blockbildung + Belastungspeak



Zusätzliches Batterievolumen
Blockbildung + Progressiver Anstieg vor Belastungspeak

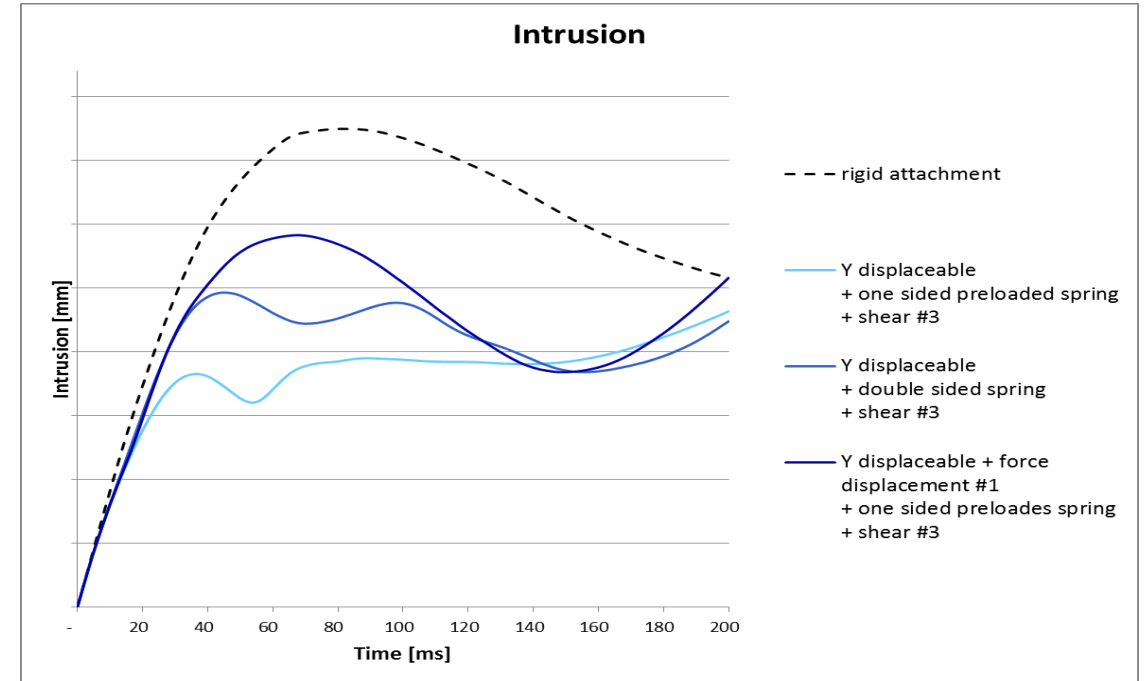
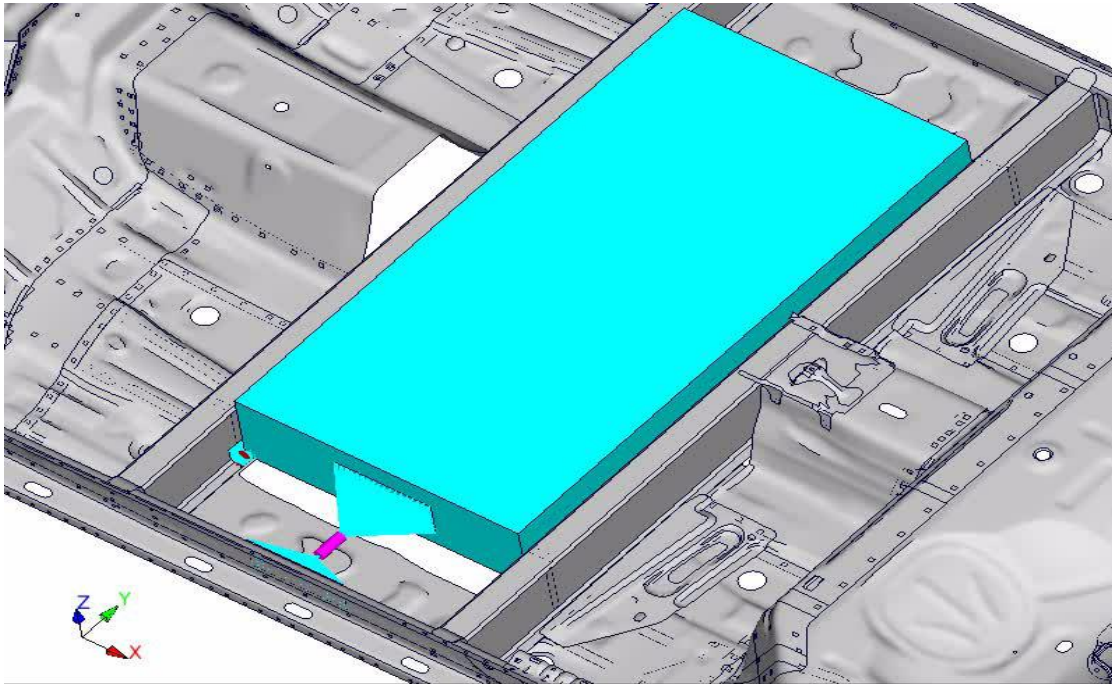
Schematischer Schnitt YZ-Ebene

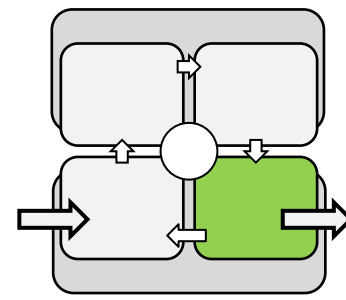




VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNG - Y VERSCHIEBUNG KOMBINIERT MIT (VORGESPANNTEN) FEDERELEMENTEN

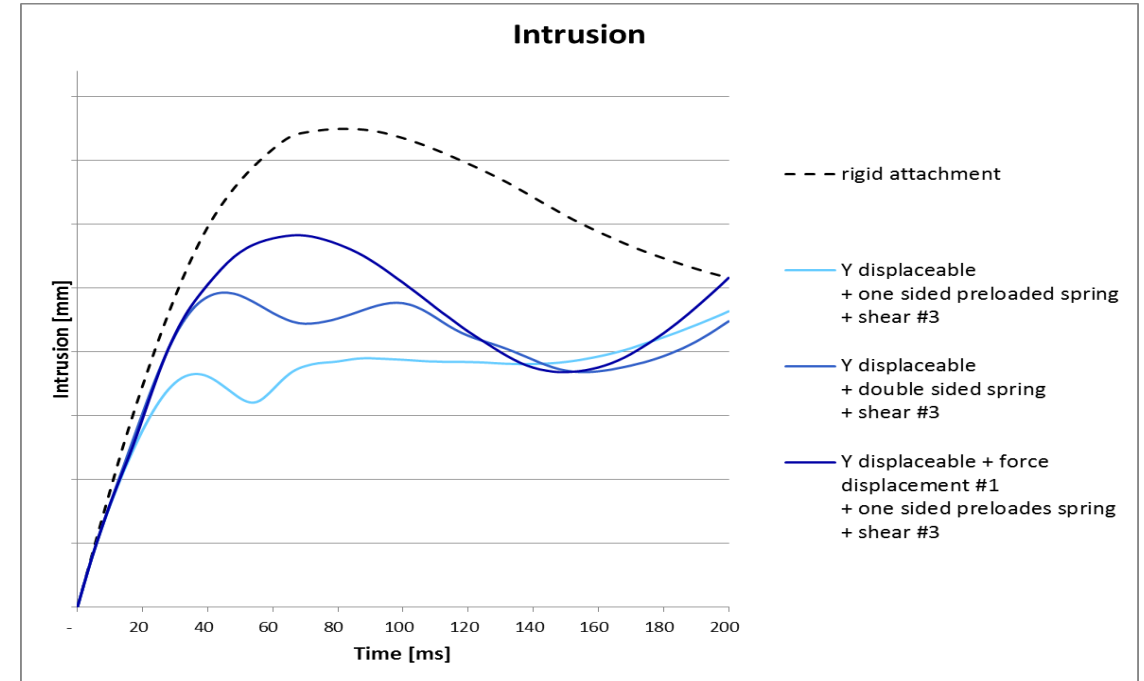
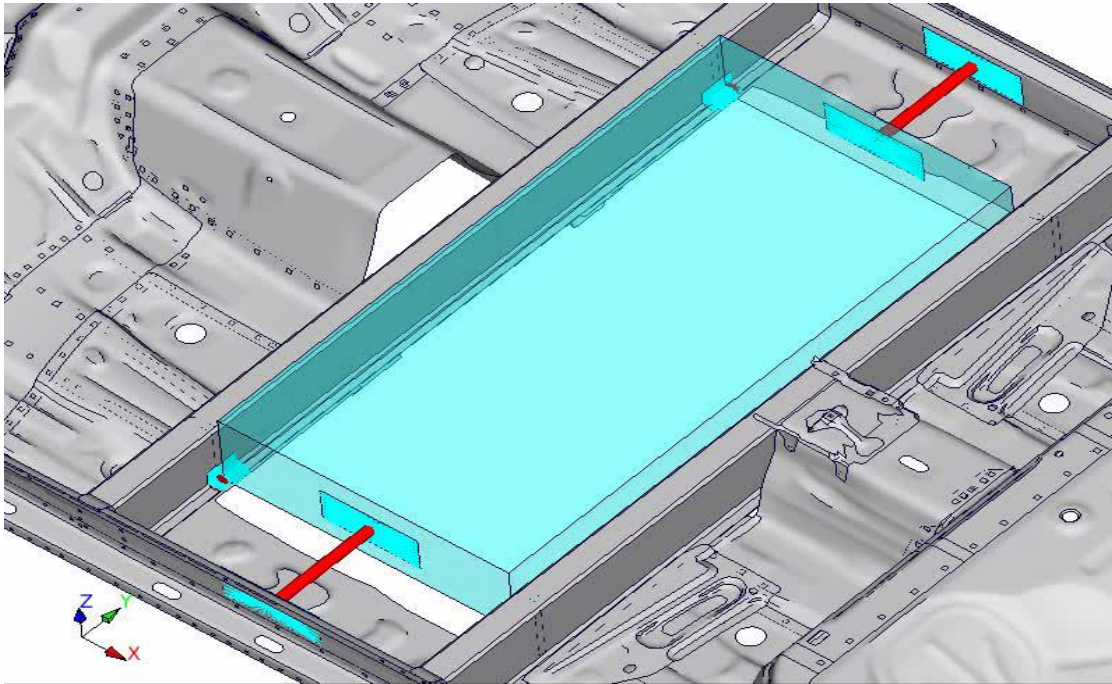
- Kurzzeitiger Energiespeicherung in Federelementen um Kraftverläufe zu glätten
- Zusätzlich Lastpfad über Batterietrog

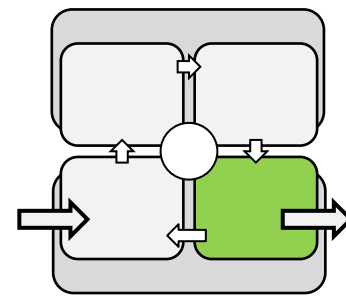




VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNG - Y VERSCHIEBUNG KOMBINIERT MIT (VORGESPANNTEN) FEDERELEMENTEN

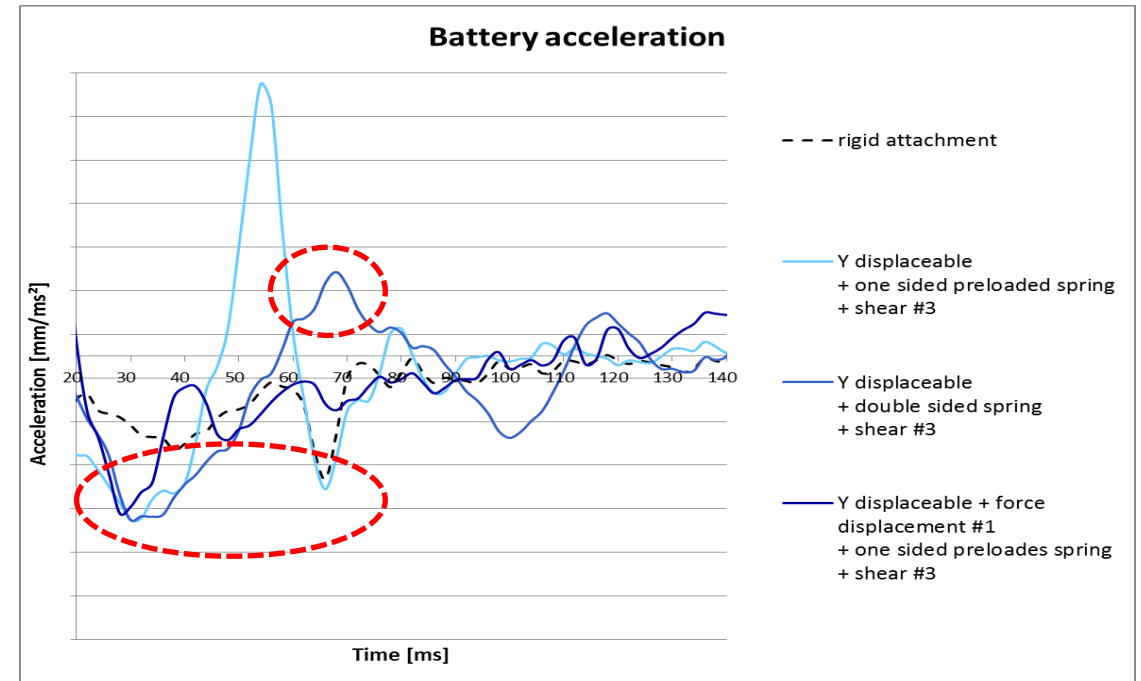
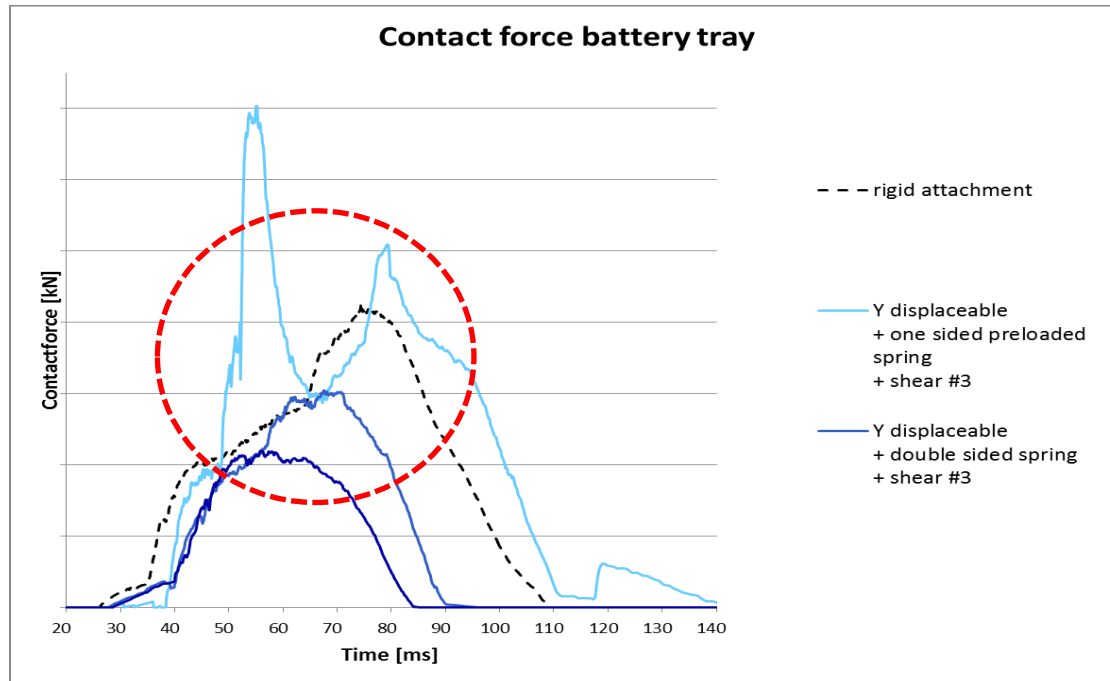
- Kurzzeitiger Energiespeicherung in Federelementen um Kraftverläufe zu glätten
- Zusätzlich Lastpfad über Batterietrog

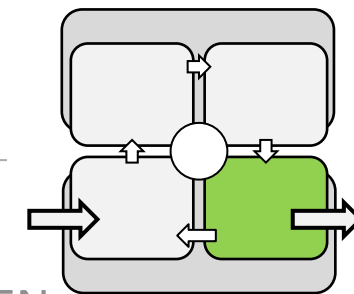




VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNG - Y VERSCHIEBUNG KOMBINIERT MIT (VORGESPANNTEN) FEDERELEMENTEN

- Reduktion der Kontaktkraft um bis zu 49%
 - Erhöhung der Batteriebeschleunigung um 13% jedoch unter 60g und anderer Zeitpunkt
 - Fahrzeugintrusion sinkt um bis zu 33%
- Sekundäre Beschleunigungsspitze ist bedeutsam für die Optimierung



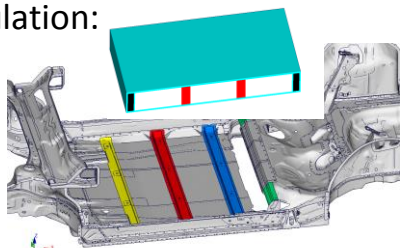


KONKRETISIERUNG BATTERIEINTEGRATION

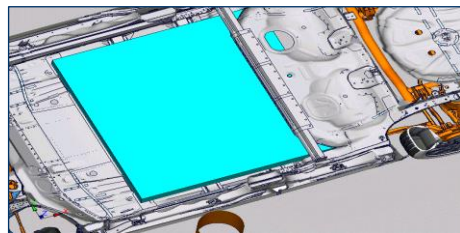
BATTERIEVERSCHIEBUNG – DEFORMATIONENRAUM BEIDSEITIG NUTZEN – VOLUMEN MAXIMIEREN

Variante:

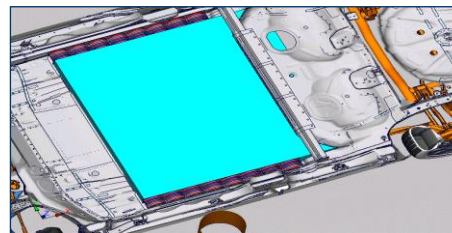
Simulation:



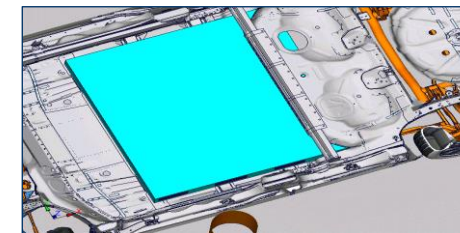
Starre Anbindung



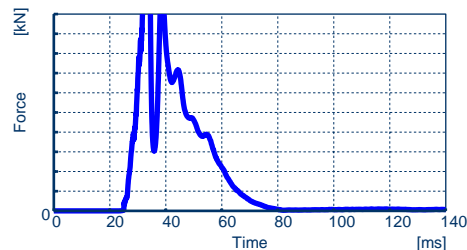
Deformationselemente



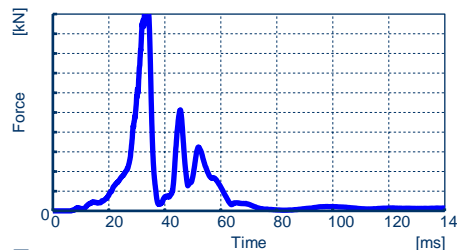
Federanbindung



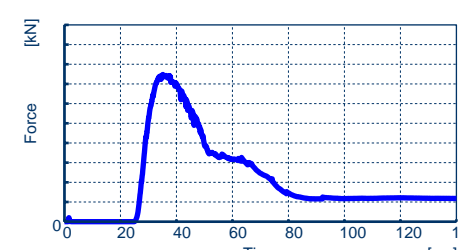
Kraft auf Batterietrog:



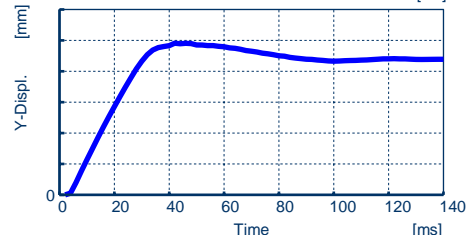
++



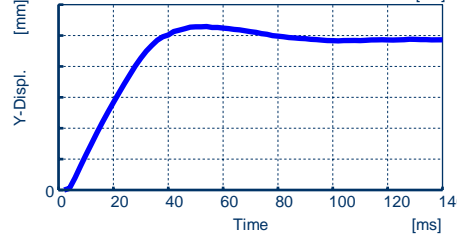
++



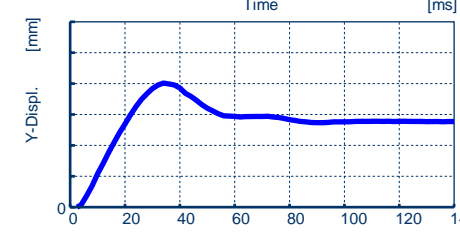
Fahrzeugintrusion:



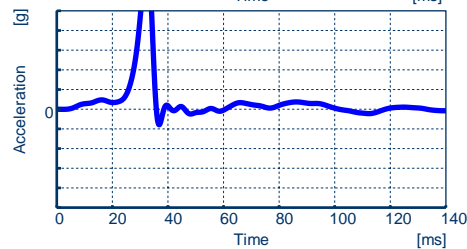
-



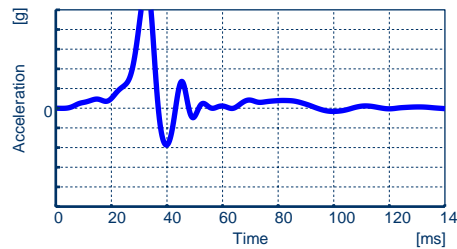
+



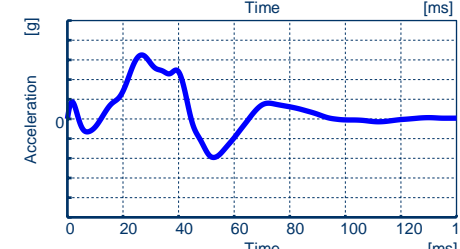
Batteriebeschleunigung:

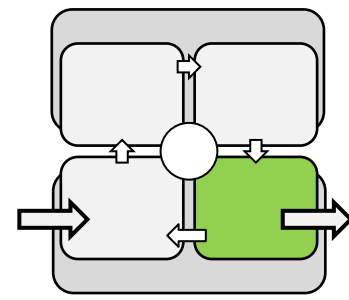


+



++

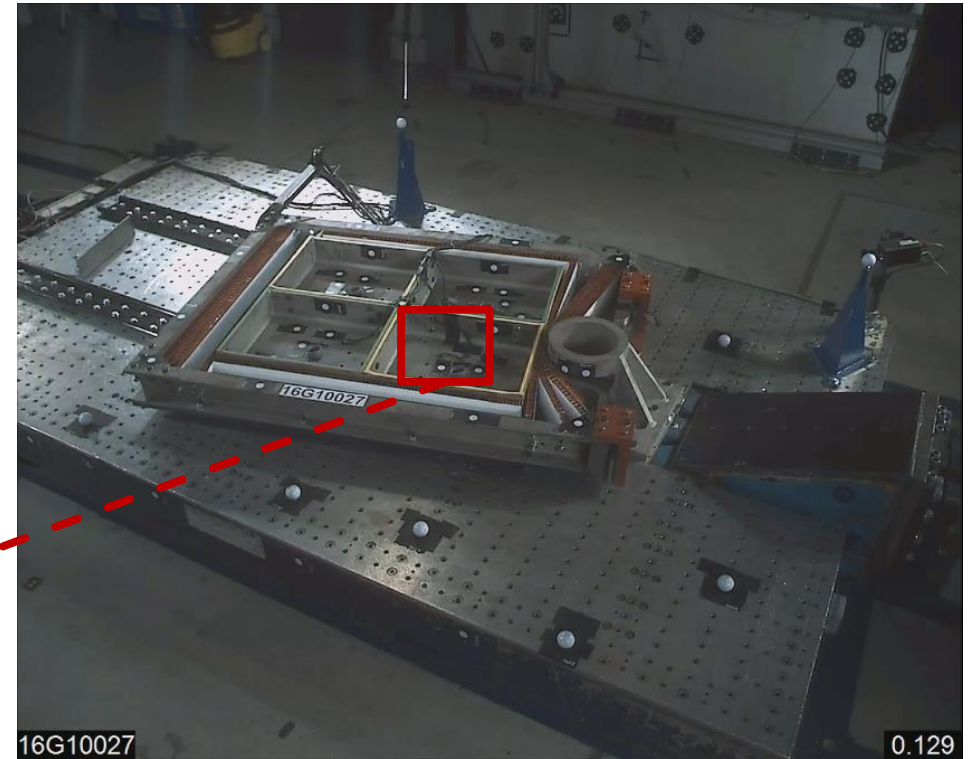
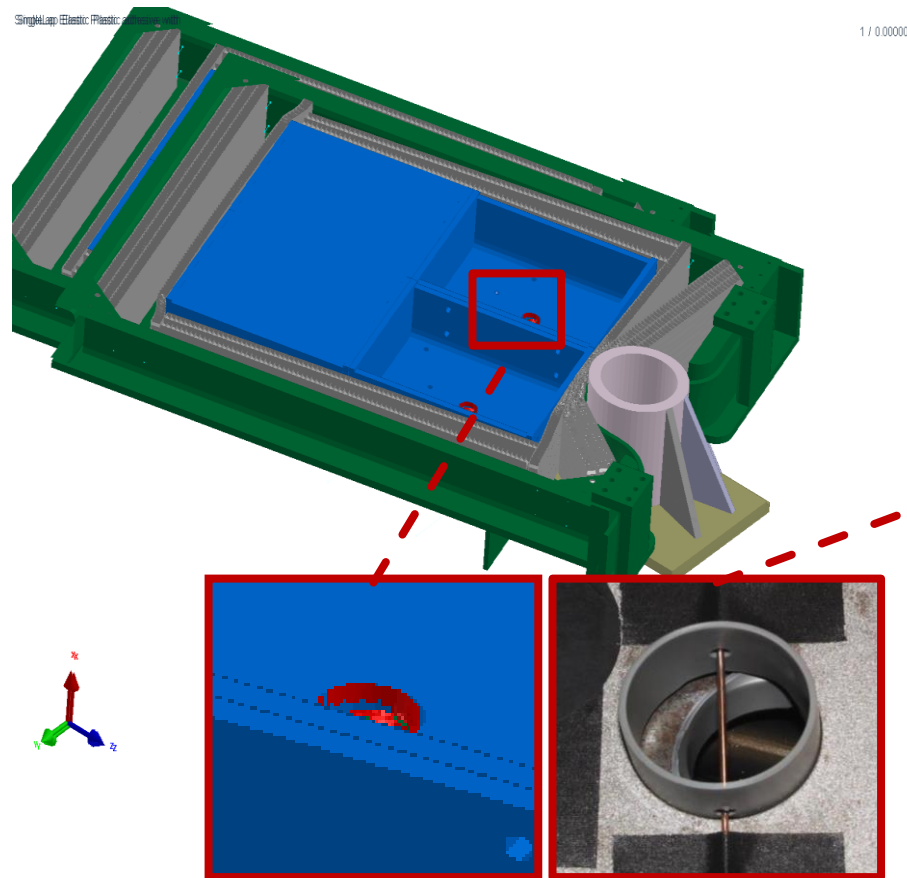


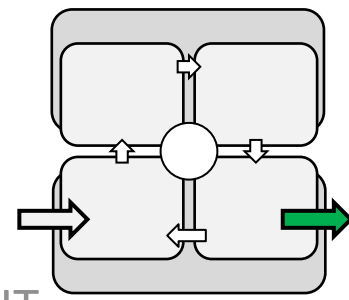


KONKRETISIERUNG BATTERIEINTEGRATION

ÜBERLASTSCHUTZ DURCH SOLLBRUCHSTELLE

Reduktion des Kraftpeaks
durch Verschiebbarkeit
In Y-Richtung



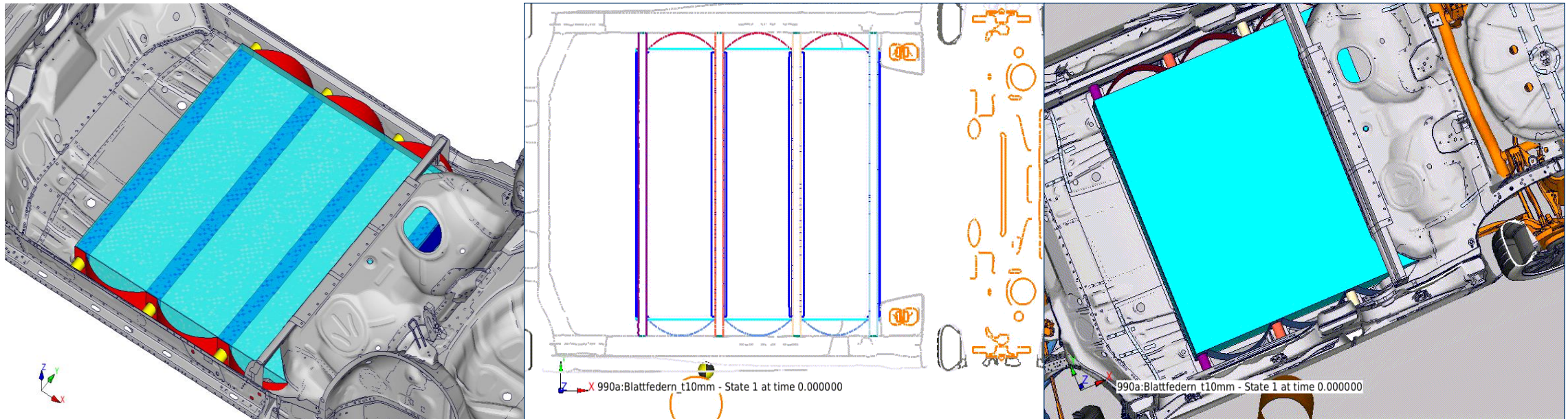


KONKRETISIERUNG BATTERIEINTEGRATION

WIDERSPRUCH: BATTERIETROG VERSCHIEBBAR + BEITRAG ZUR BIEGE- UND TORSIONSSTEIFIGKEIT

Deformationsraummaximierung in Y → Verschiebbar in Y

Verschiebung entlang rohbaufeste Querträger durch Querträger des Batterietrogs



ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Anwendungsebene

- Strategisches Erfinden liefert Konzepte mit Potential zur Volumenmaximierung der Traktionsbatterie und folglich Reichweitensteigerung
- Integrationsansatz ermöglicht austauschbare Traktionsbatterien

Metaebene

- Vorgehensweise zur Teilsystemrevolution adressiert steigende Systemkomplexität
- Kombination von TRIZ und Systems Engineering eröffnet systematisches Erfinden im Produktentwicklungsprozess
- Trendfunktionen ermöglichen zusätzliche Dimension für Konzeptauswahl



VOLKSWAGEN

AKTIENGESELLSCHAFT

KONZERNFORSCHUNG

**FRAGEN, ANREGUNGEN
UND DISKUSSION**



**STRATEGISCHES ENTWICKELN DURCH EIN
TRIZ-BASIERTES VORGEHENSMODELL**

DIPL.-ING. REINHARD SCHMID

PROF. DR.-ING. THOMAS VIETOR

21. LEIBNIZ-CONFERENCE OF ADVANCED SCIENCE | SCHLOSS LICHTERWALDE | 24.11.2016