



Unimog-Geräteträger:

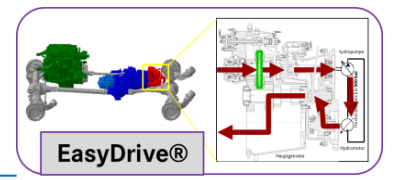
Leistungssteigerung Hydrostatischer Fahrtrieb

UNIMOG durch Anhebung Systemdruck auf 500 bar

Lutz Heidrich, UNIMOG-Gesamtfahrzeugentwicklung ,
TE/ORV-G, Karlsruhe, 15. Februar 2017

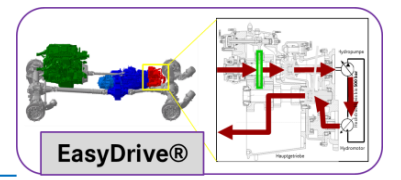
Mercedes-Benz
Trucks you can trust





1. Der Unimog Geräteträger
2. Effizienter Antriebsstrang durch zu- und abschaltbaren stufenlosen Fahrtrieb EasyDrive®
3. Gewichtsneutrale und platzsparende Leistungssteigerung durch Systemdruckerhöhung
4. Herausforderung Schwingbelastungen, Analysen und erste Lösungsansätze
5. Ausschluss von Resonanzschwingungen
6. Bewährung
7. Zusammenfassung

1. Der UNIMOG Geräteträger

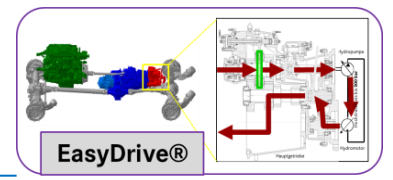


Die Wörther Produktpalette



2. Effizienter Antriebsstrang

Wirkungsgradbetrachtungen



Mechanisches Getriebe



$$\eta_1 = 98 - 99 \%$$

$$\eta_{\text{(ges)}} = 0,98 \times 0,98 \times 0,98 \times 0,98$$

(vier Rädereingriffe)

$$\eta_{\text{(ges)}} = 0,94 \Rightarrow (6\% \text{ Verluste})$$

bei 220kW Nennleistung => **13 kW**

Nachteil: **Schaltstufen**

Hydrostatisches Getriebe

$$\eta_1 = 86 \%$$

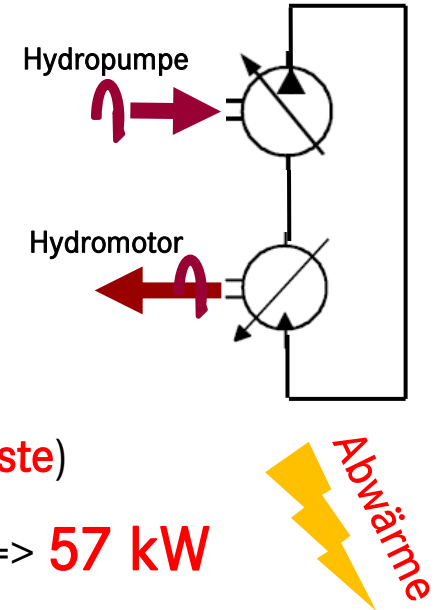
$$\eta_2 = 86 \%$$

$$\eta_{\text{(ges)}} = 0,86 \times 0,86$$

$$\eta_{\text{(ges)}} = 0,74 \Rightarrow (26\% \text{ Verluste})$$

bei 220 kW Nennleistung => **57 kW**

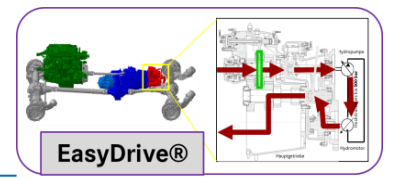
Vorteil: **Stufenloser Antrieb**



Ziel:

Kombination beider Vorteile in einem Fahrzeug und Ausgleich der Verlustleistungen zur Kraftstoffeffizienz.

2. Effizienter Antriebsstrang Leistungsbedarfe



Sparsam und stark



Quelle: **traction**
Das Landtechnikmagazin für Profis

Das DLG Testzentrum hat den U 530 zunächst auf den Prüfstand gestellt. Bei Nenn- und Maximalleistung von 191,6 kW verbrauchte der Sechsender günstige 234 g/kWh. Der AdBlue-Verbrauch war dabei mit nur 7,6 g/kWh äußerst gering. Im Bereich des maximalen Drehmoments wurden rund 212 g/kWh gemessen – auch das ist ein super Wert.

Fazit:

1. Beim Geräteträger ist aus Effizienzgründen ein leistungsverzweigtes Getriebe nicht zwingend erforderlich!
2. Wichtiger ist eine bedarfsgerechte Zu- bzw. Abschaltung der hydrostatischen Kraftübertragung während der Fahrt!

TEST

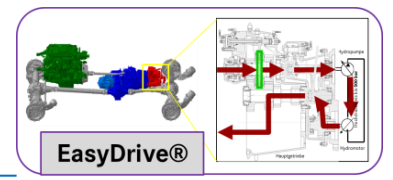
Sparsamer Sprinter: Das verbraucht der Unimog im DLG PowerMix-Test

Im DLG PowerMix unterstreicht der Unimog U 530 sein Profil als absoluter Transportprofi mit geringem Dieserverbrauch. Das sind die Ergebnisse.

Quelle: **traction**
Das Landtechnikmagazin für Profis

2. Effizienter Antriebsstrang UNIMOG

Ausbaufähiges 8-Gang-Schaltgetriebe mit hydrost. Antrieb

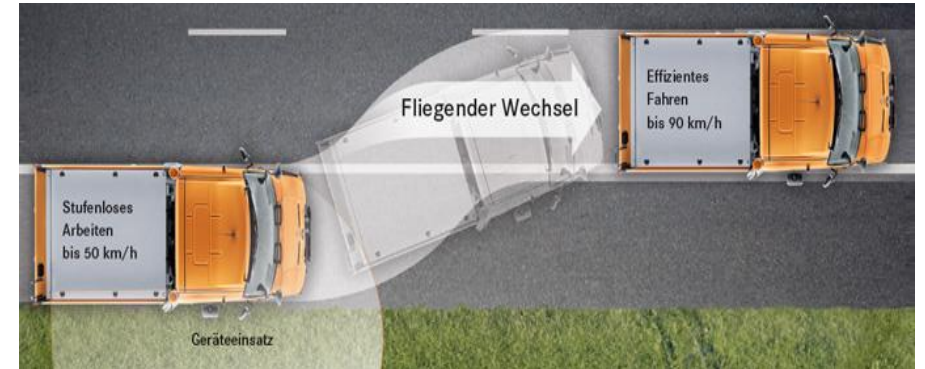


H drive

Automatischer Wechsel von Gängen und zwischen Hydrostat / Getriebe

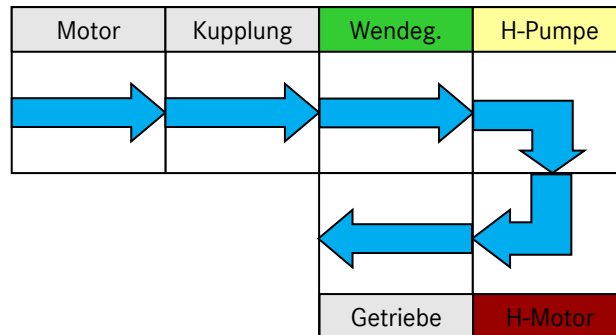


Volle ABS Funktion

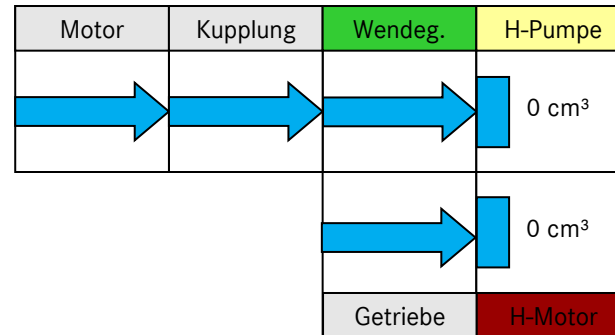


... > 50km/h nach autom. Umschaltung in den mechanischen Getriebemodus

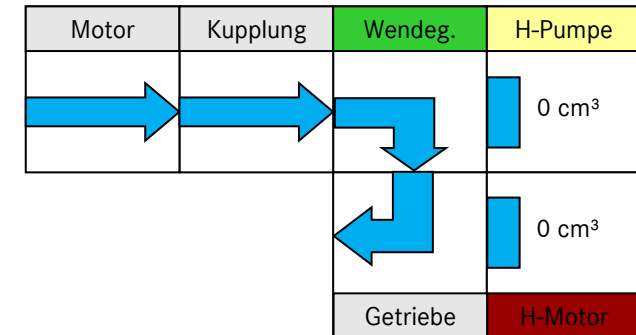
Vollhydrostatisches Fahren



Schalten ohne Kupplung im Hydrostatbetrieb

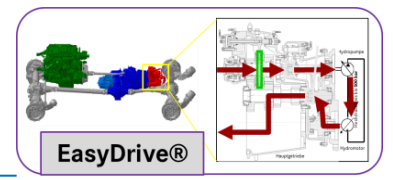


Hydrostat Standby, Fahren über Getriebe



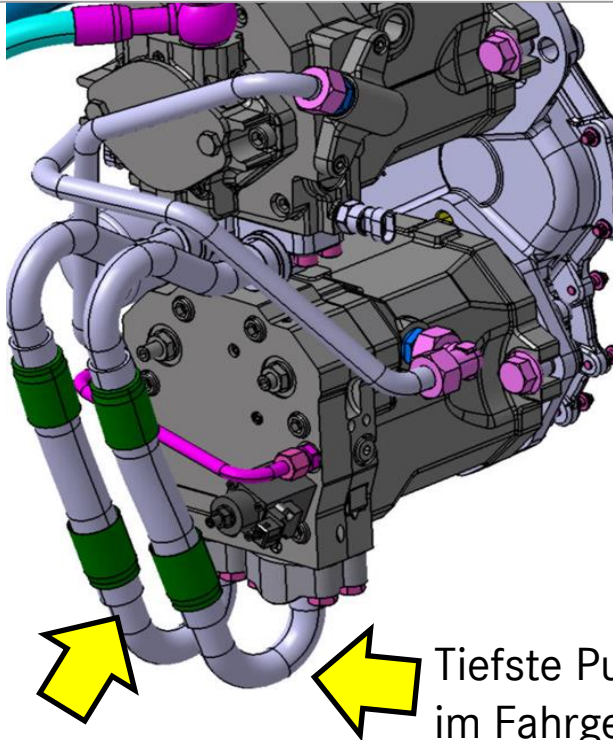
EasyDrive® ermöglicht Fahren von 0 bis 90 km/h ohne anzuhalten!

3. Gewichtsneutrale und platzsparende Leistungssteigerung durch Systemdruckerhöhung



Leistung 1. Stufe:

=> 430 bar 73kW
(08/2013-05/2015)



Schläuche bauen
hinter dem
Aggregaten auf
=> Bauraumkonflikt zu anderen Sonderausstattungen

Bisherige Anordnung
Hydropumpe: HPV55
Hydromotor: HVM75

Ansatz zur Leistungssteigerung

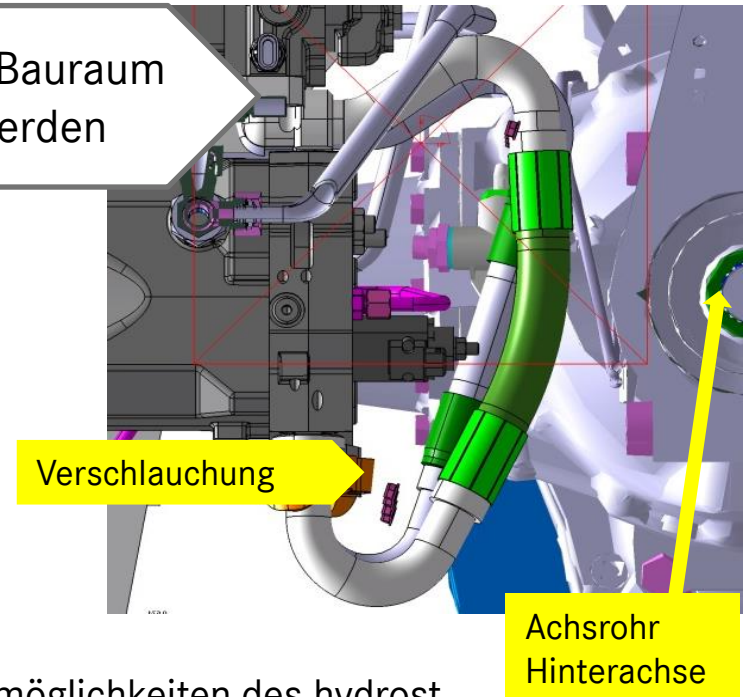
Nächste Größe: HPV75 + 5kg +20mm
HVM105 +10kg +31mm

Bisher mussten bereits aufgrund von beengten Bauraum
Ausstattungskombinationen ausgeschlossen werden

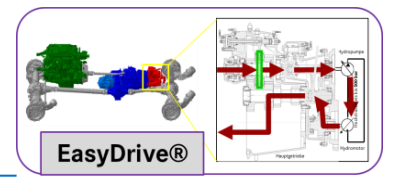
Die Leistungssteigerung durch
eine Systemdruckerhöhung war
schnell plausibel und als Lösungs-
weg vorbestimmt/gesetzt!

Zusätzliche Anforderungen:

1. Vertrieb:
 - Keine Mehrgewicht
 - Keine Mehrkosten
 - Erweiterung der Kombinationsmöglichkeiten des hydrost. Fahrantriebs mit Reifendruckregelanlage u. Hinterachszusatzlenkg.
2. Service:
 - Wartungsposition Hochdruckschläuche vermeiden
 - Erhöhung Bodenfreiheit



4. Herausforderung Schwingbelastungen, Analysen und erste Lösungsansätze



Die bisherigen Hydroaggregate waren für einen Spitzendruck von 500bar geeignet und wurden nach dem Beschluss in die Fahrzeugerprobung mit der unveränderten Schläuchen gegeben.

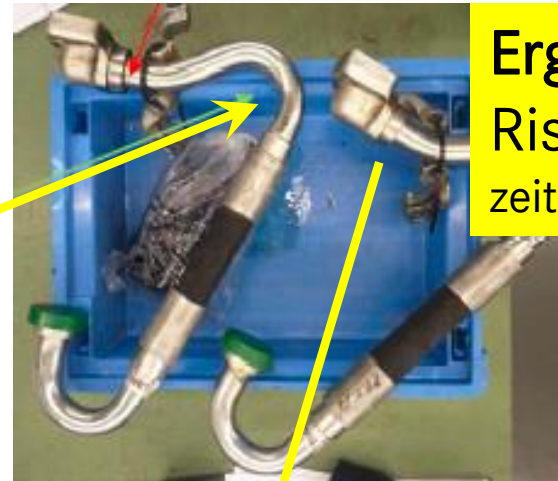
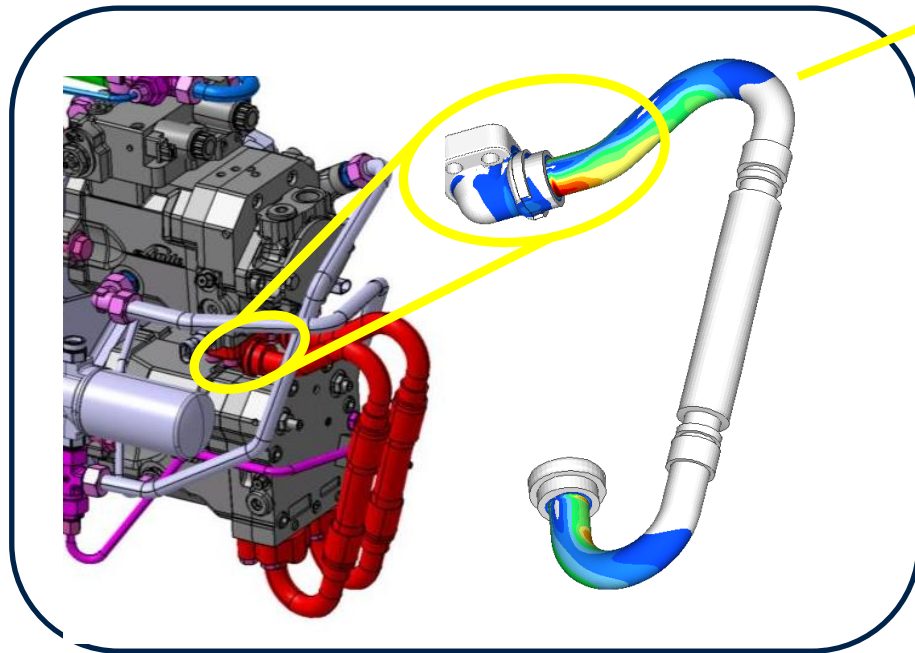


Bild 1: Bauteile im Anlieferungszustand

Ergebnis:

Risse mit Ölverlust nach kurzer Laufzeit mit 500bar an den Übergängen Lötstellen.

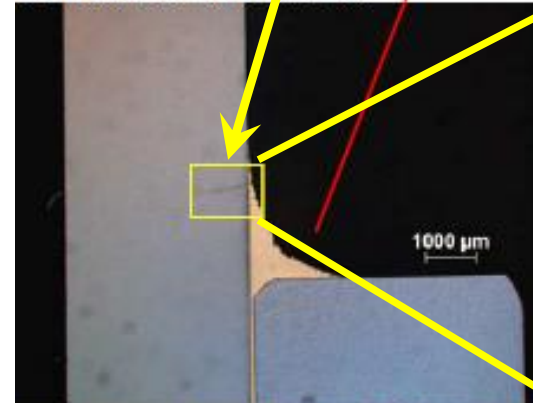


Bild 2: Links: Längsschliff durch die Lötverbindung

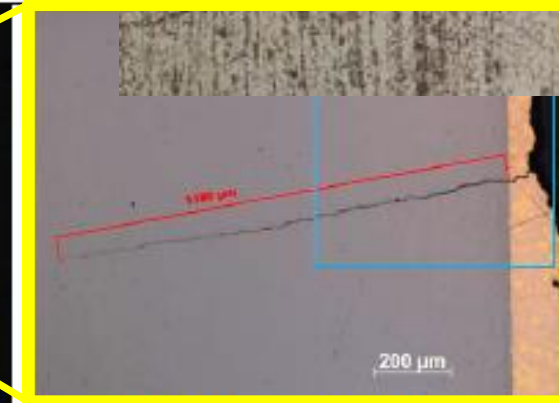
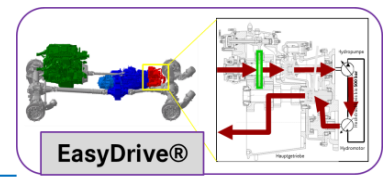


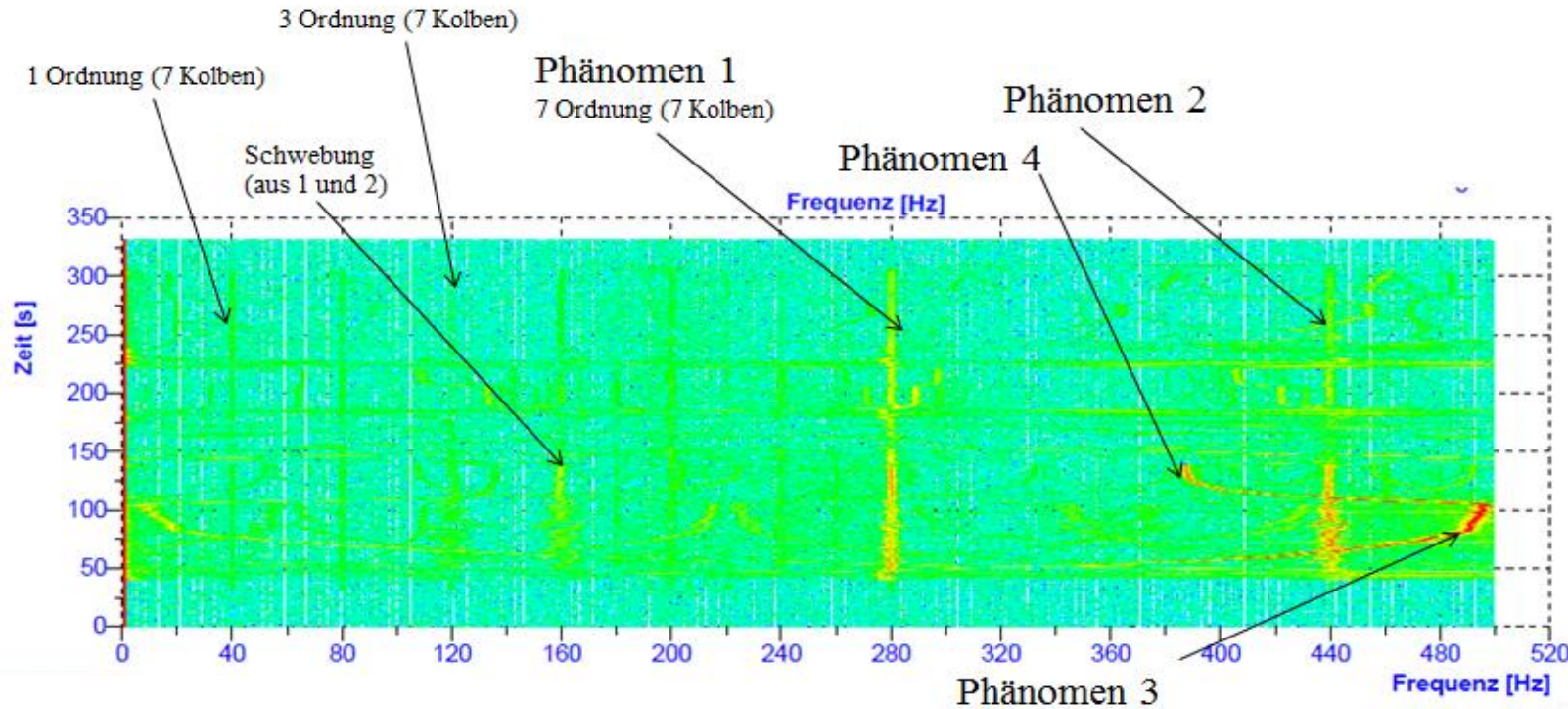
Bild 3: Anriss im Rohr. ca. 1200 µm tief

4. Herausforderung Schwingbelastungen, Analysen und erste Lösungsansätze

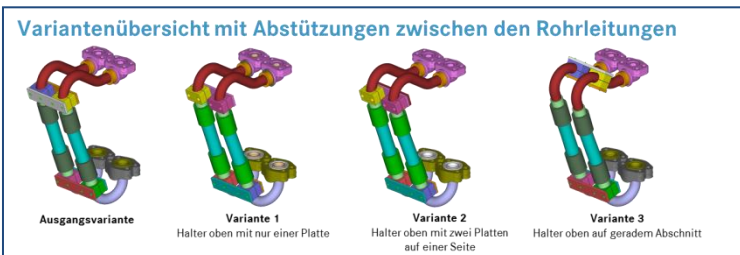


Anregungsfrequenz durch die 7-Stempel-Hydroaggregate:

Motordrehzahl: 700min^{-1} bis $2.400\text{min}^{-1} \times 7$ (Stempel) \Rightarrow Anregungsfrequenzbereich 82 Hz bis 280 Hz

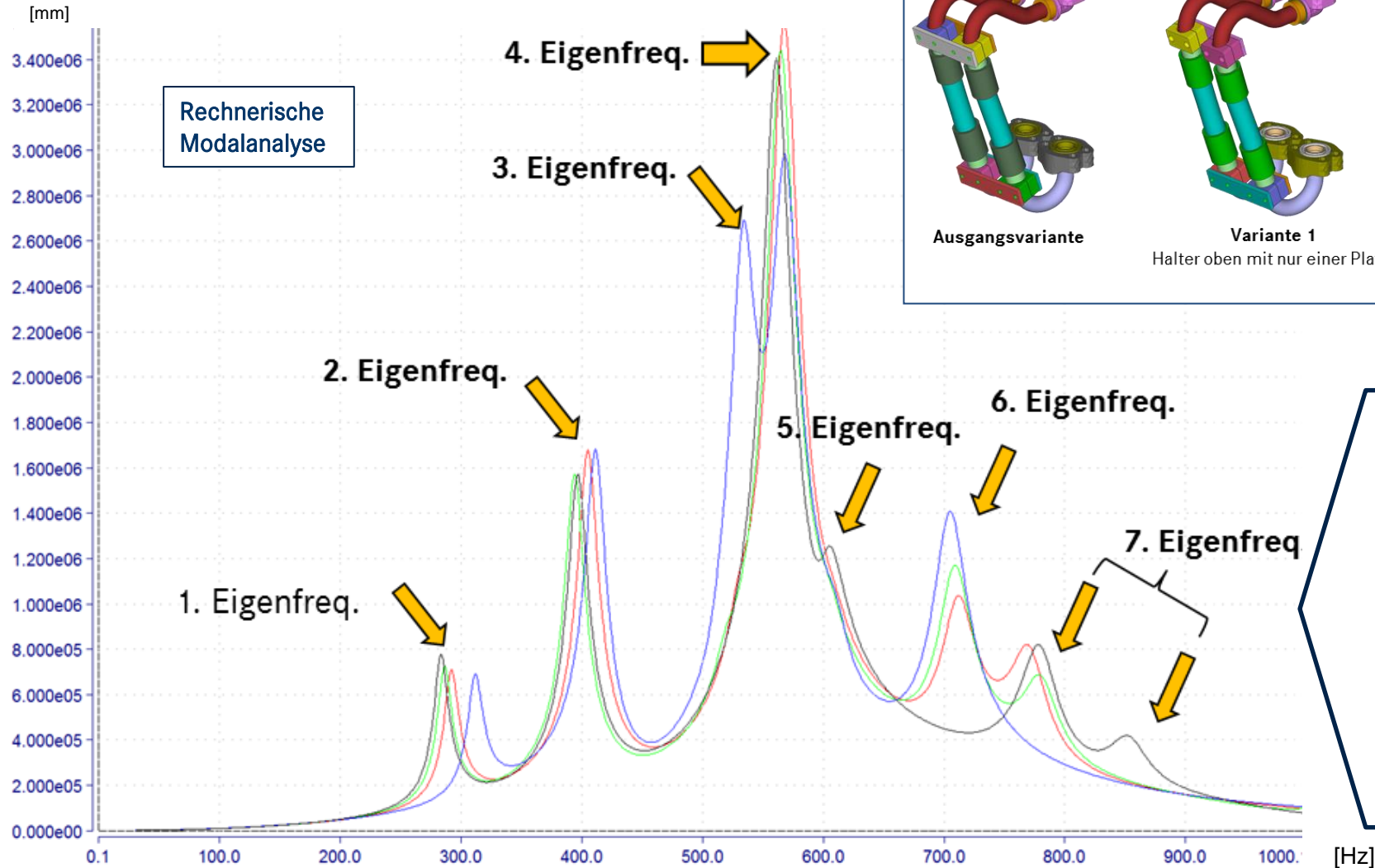
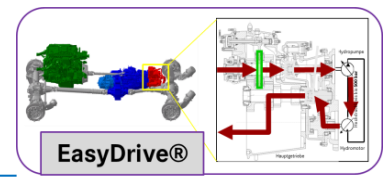


Bei Betrachtung höherer Anregungsordnungen ergibt sich ein komplexes Schwingungsbild. Spätere Untersuchungen zeigen Schwingungsanregungen bis ca. 1.000 Hz

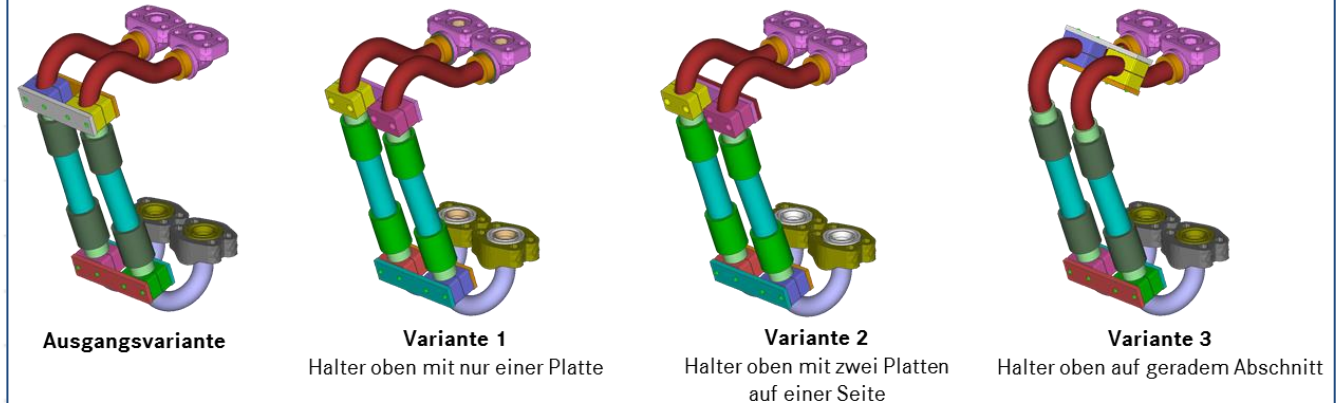


Nächster Schritt: Eigenschwingungsuntersuchung (Modalanalyse) der Schläuche

4. Herausforderung Schwingbelastungen, Analysen und erste Lösungsansätze



Variantenübersicht: Abstützungen zwischen den Schläuchen



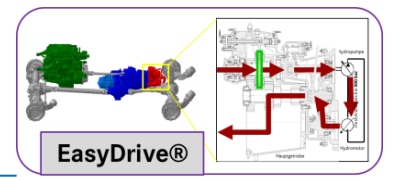
Fazit:

Eine Versteifung der Schläuche ist nicht zielführend, da sie kaum einen Effekt auf die Anhebung der Eigenfrequenz hat!

Ziel:

1. Eigenfrequenz > 1.000Hz

4. Herausforderung Schwingbelastungen, Analysen und erste Lösungsansätze



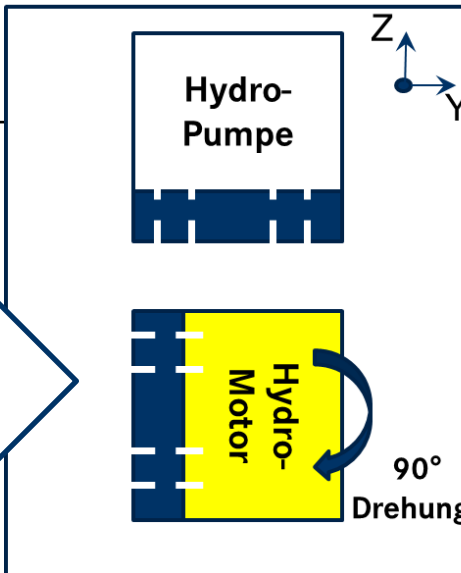
Starre Verrohrungen haben gegenüber Schläuchen folgende Unterschiede:

Vorteile:	Nachteile:
<ul style="list-style-type: none">+ Höhere Festigkeit gegenüber von Schläuchen+ Höhere Eigenfrequenz aufgrund höherer Steifigkeit+ keine Wartungsposition+ keine Übergangstellen im Schlauch+ geringere Strömungsverluste durch homogener Übergängen im Rohrrinnen+ Preisgünstig+ Homogener Werkstoff => präzisere FEM-Berechnung/Schwingungsberechnung möglich+ geringer Bauraumbedarf	<ul style="list-style-type: none">- Verspannung aufgrund von Bauteiltoleranzen möglich- keine Erfahrungen im Einsatzfeld hydrostatischen Fahrtrieb- Erprobungsstandart nicht vorhanden

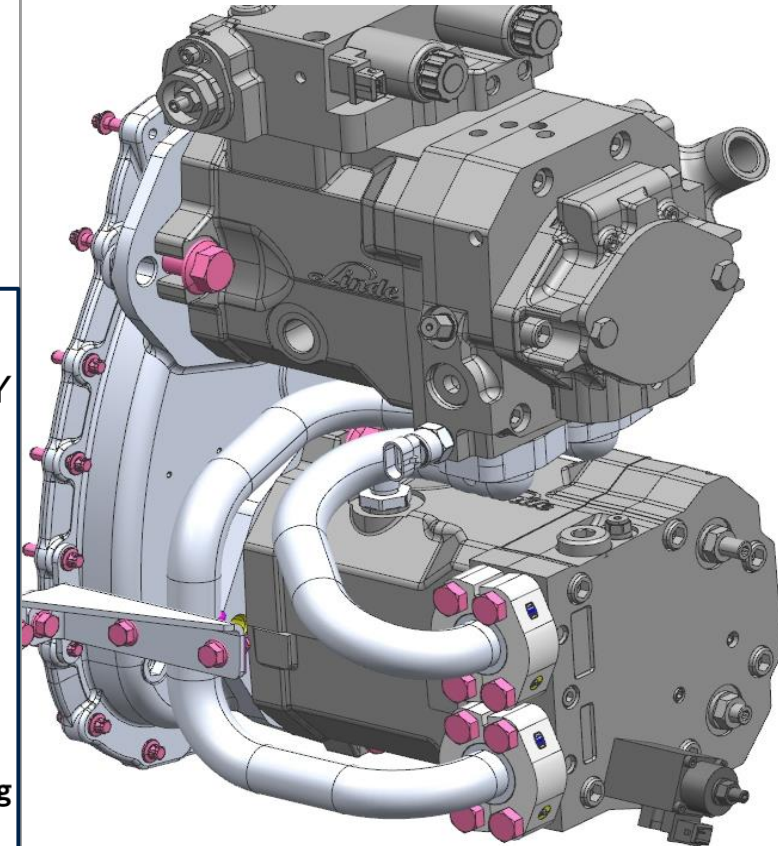
Bei rechtwinkliger Flanschlage:

Toleranzausgleich über die Verschraubung in x, y, und z-Richtung möglich!

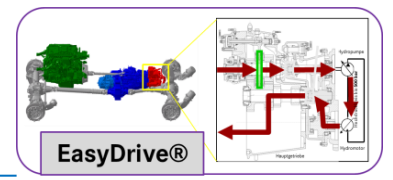
Damit können die Vorteile von starren Hochdruckverrohrung genutzt werden.



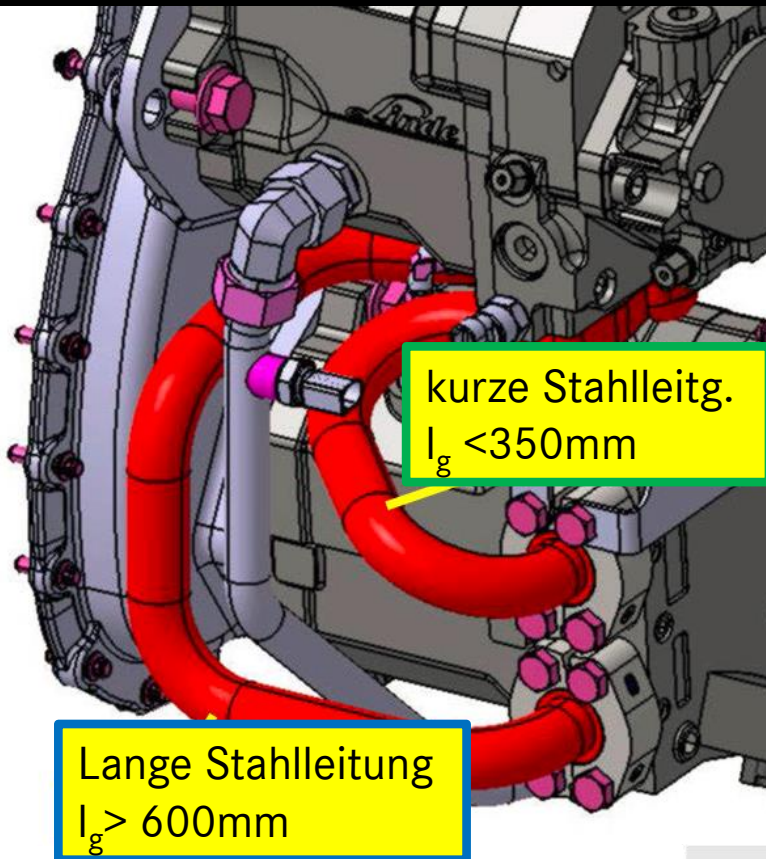
Layout Stufe 2 (500bar)



4. Herausforderung Schwingbelastungen, Analysen und erste Lösungsansätze



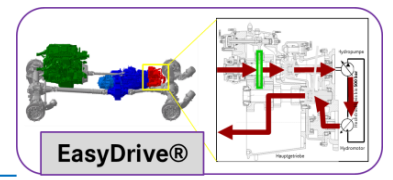
Modalanalyse mittels FEM



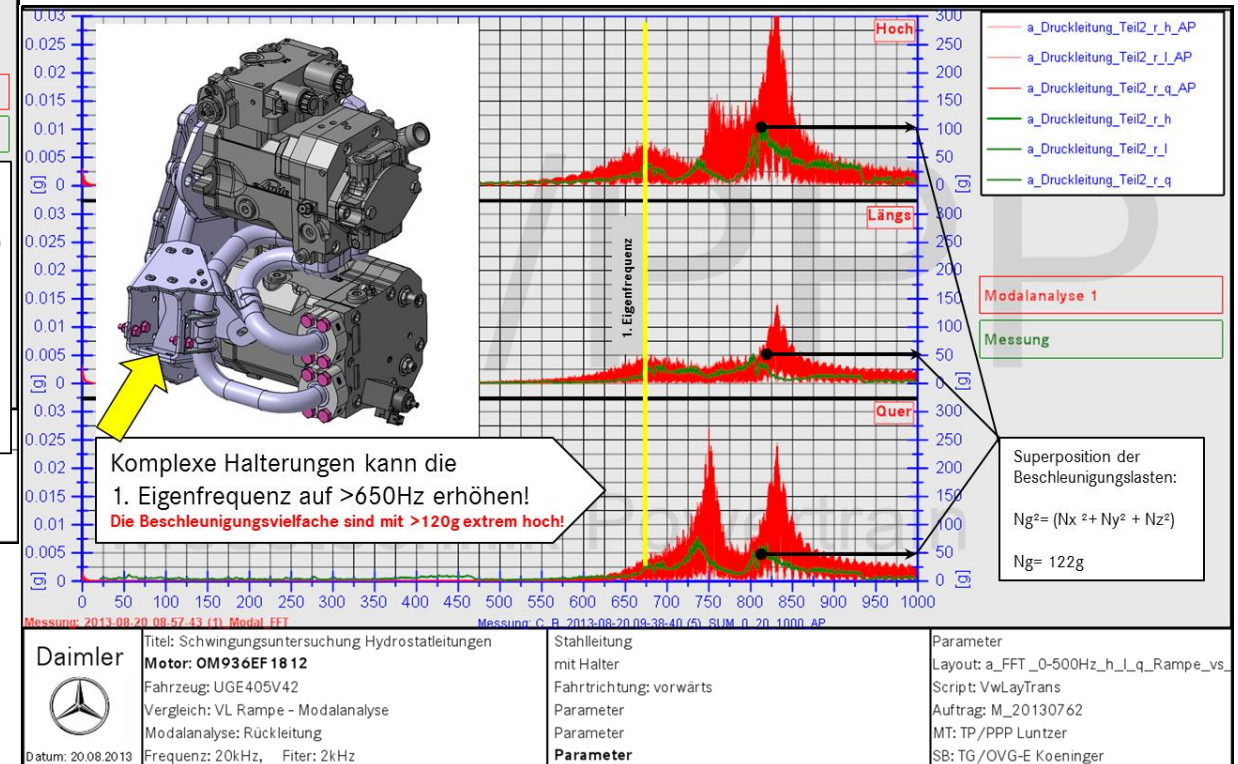
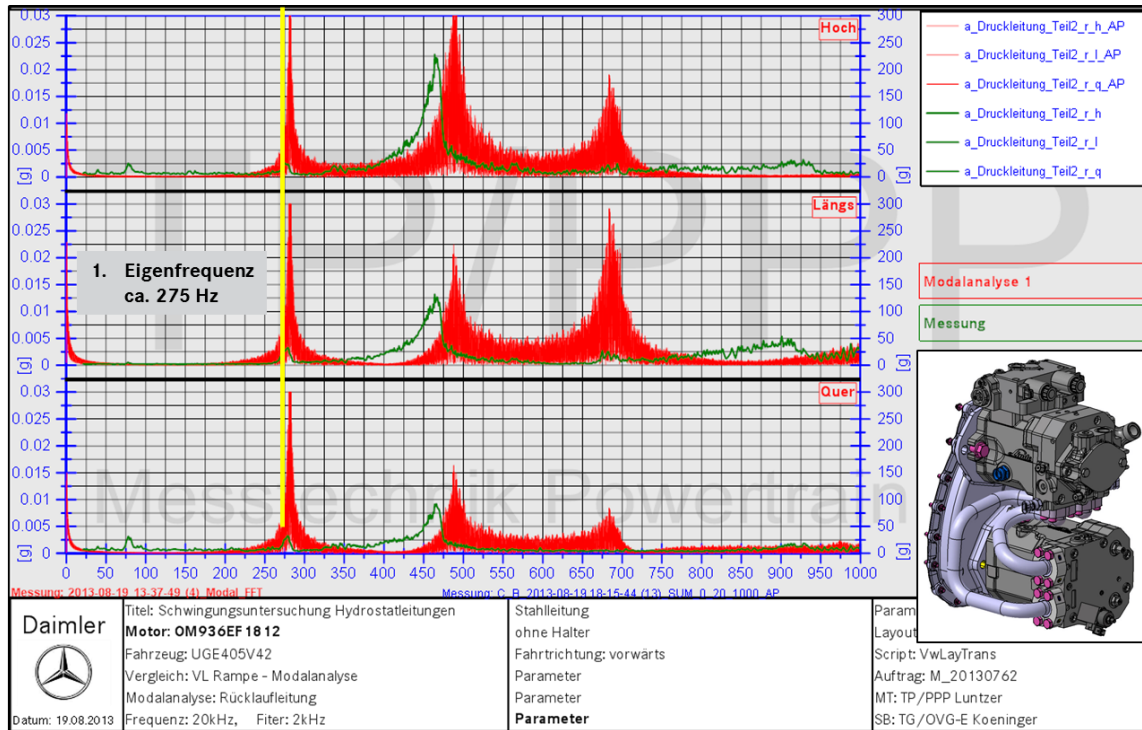
	Eigenfrequenz [Hz] Lange Stahlleitung		Eigenmoden
	Ohne Ölfüllung	Mit Ölfüllung	
1	284	256	
2	503	453	
3	705	634	
4	1069	962	
5	..	1014	

Ziel: 1. Eigenfrequenz > 1.000 Hz nicht erreicht!

4. Herausforderung Schwingbelastungen, Analysen und erste Lösungsansätze



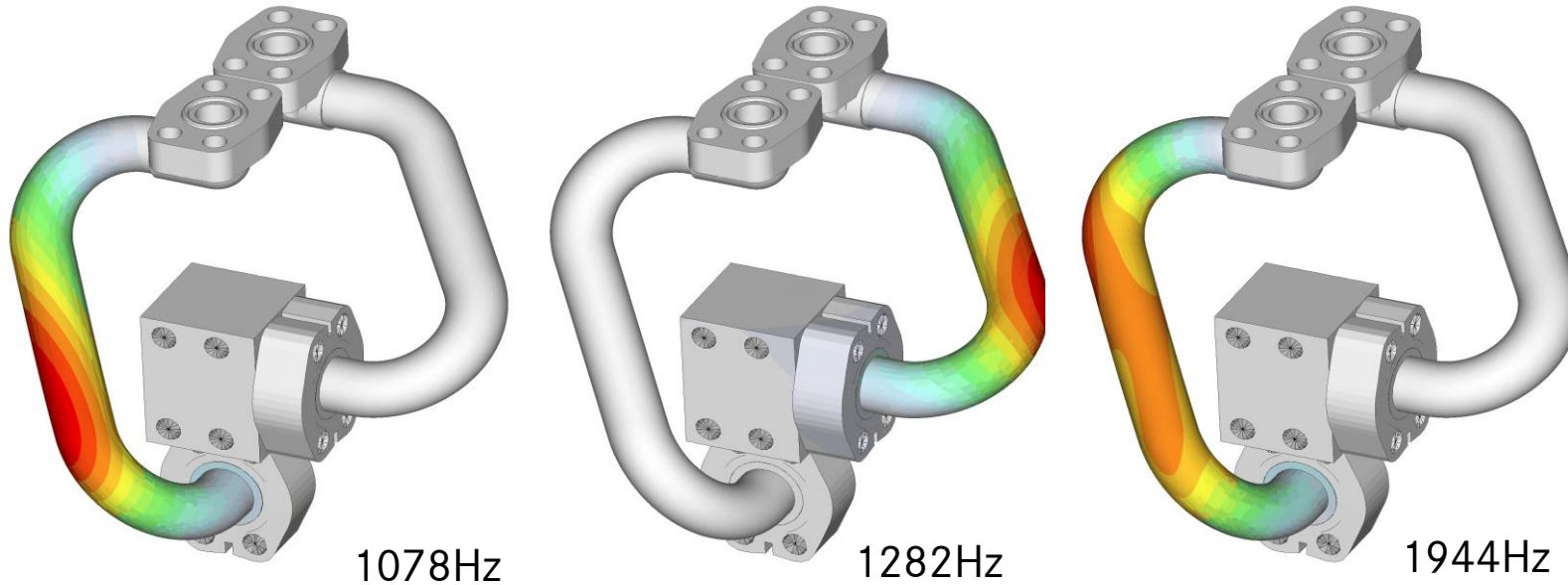
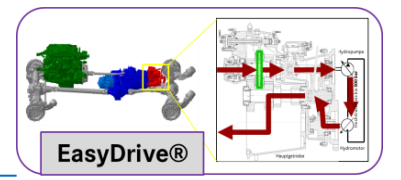
Schwingungsmessung und weitere Lösungsansätze durch massive Halterung



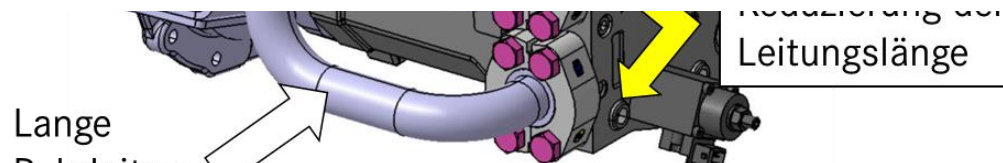
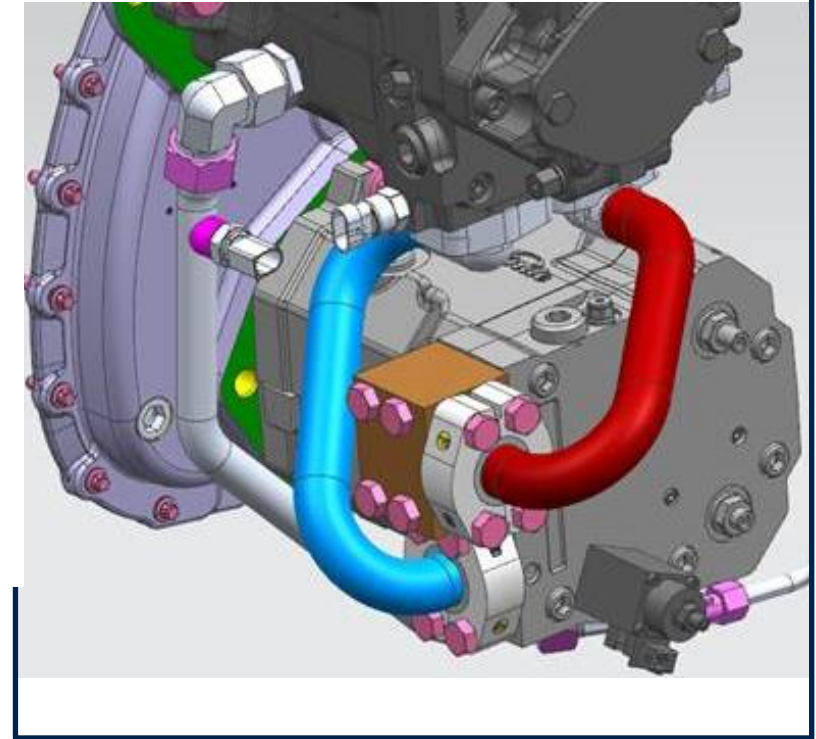
Fazit:

- Schwingungsmessung mittels „Hammerschlagmethode“ bestätigen FEM-Berechnungen
- Halterung nicht zielführend da zu hohe Beschleunigungslasten >120g

5. Ausschluss von Resonanzschwingungen



Länge 1: $L1 = 203\text{mm}$
Länge 2: $L2 = 251\text{mm}$



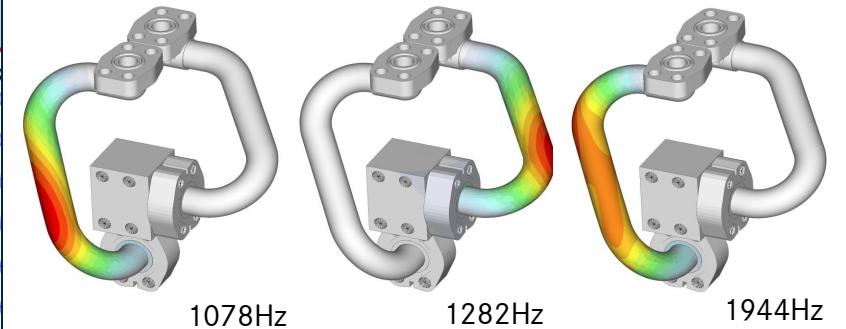
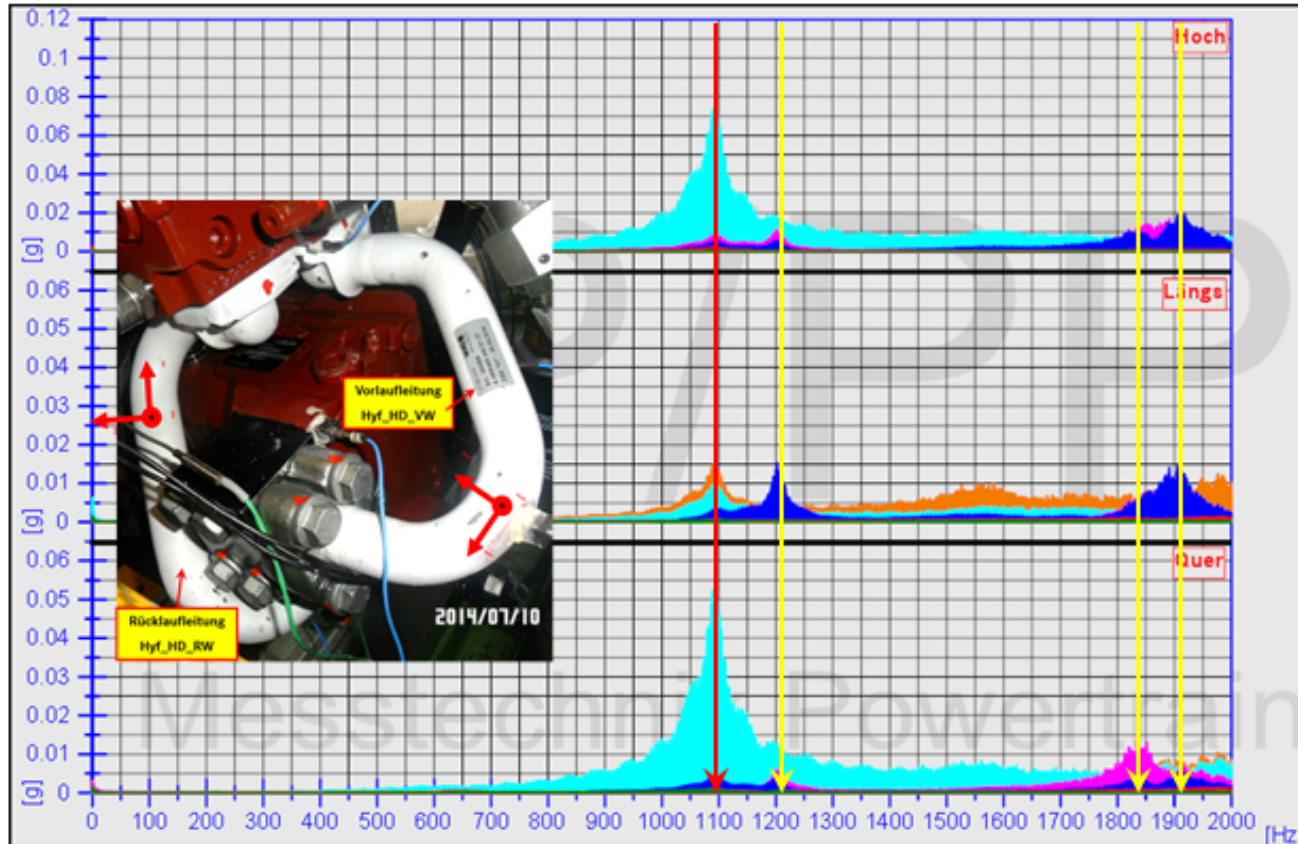
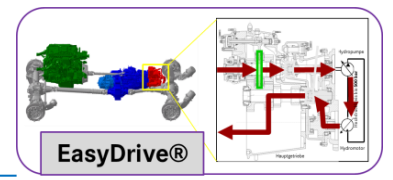
Fazit:

- Durch Tausch der Anschlüsse am Hydromotor können sehr kurze Hochdruckrohre konstruiert werden.
- Erhöhung der Eigenfrequenz ohne weitere Halterung auf $> 1.000\text{ Hz}$

5. Ausschluss von Resonanzschwingungen

Eigenfrequenzen bei 1090 Hz.

Bei 1215 / 1840 Hz kommt vermutlich die Rücklaufleitung durch.



Eigenformen

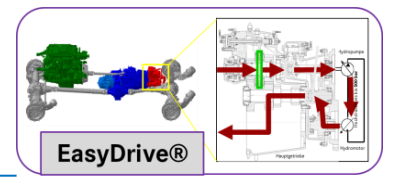
- a_V...
- a_V...
- a_R...
- a_R...
- a_R...
- a_R...
- a_V...
- a_V...
- a_R...
- a_Rücklaufleitung_bo_I_FFT
- a_Ref_Motor_I_FFT
- a_Ref_Pumpe_I_FFT
- a_Vorlaufleitung_mi_q_FFT
- a_Vorlaufleitung_bo_q_FFT
- a_Rücklaufleitung_mi_q_FFT
- a_Rücklaufleitung_bo_q_FFT
- a_Ref_Motor_q_FFT
- a_Ref_Pumpe_q_FFT

Daimler
Titel: Hydraulikleitungen Serienstand 10.07.2014
Ort: Rollenprüfstand Wörth
Messobjekt: Stahlleitungen Serienstand
Betriebspunkt: Hammerschlag Vorlaufleitung
Abtastrate: 20 kHz
Datum: 25.07.2014
Filterfrequenz: TP 2 kHz

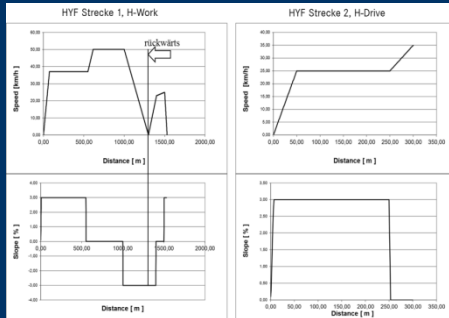
Fazit:

Schwingungsmessung bestätigen FEM-Berechnung vollumfänglich

6. Bewährung



Lastkollektiv



Lastlauf



Erfolgreicher Abschluss der Erprobung

Hier und da Kompromisse



© Foto: Mumme/traction

Beim Straßentransport ist der leichte U 530 nahezu unschlagbar sparsam und zudem sehr komfortabel.

aufbringen, wobei in den hohen Gängen maximal 50 km/h erreicht werden. Der EasyDrive passt damit nicht nur gut in den Kommunalsektor, sondern lässt sich auch vor Mulcher, Rundballen- und Quaderballenpresse nutzen.

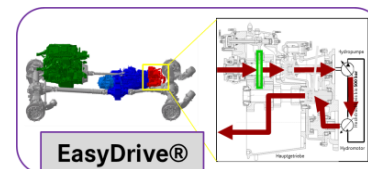
Quelle: **traction**
das Landtechnikmagazin für Profis

In anderen Bereichen gelingt dem U 530 der Spagat zwischen **Standardtraktor** und Transportprofi einigermaßen. Das in zwei Gruppen unterteilte 16-Gang-**Schaltgetriebe** ist zwar effizient, aber vergleichsweise schlecht abgestuft. Auch die optionale Automatisierung bringt zwar einen Komfortgewinn, die Kraftunterbrechung beim Gangwechsel bleibt aber deutlich spürbar. Mehr Komfort bringt der **Hydrostat**, der gemeinsam mit dem Getriebe den synergetischen Fahr-antrieb EasyDrive bildet. Damit lassen sich stufenlos bis zu 85 kW Zugleistung

Mehr Komfort bringt der **Hydrostat**, der gemeinsam mit dem Getriebe den synergetischen Fahr-antrieb EasyDrive bildet. Damit lassen sich stufenlos bis zu 85 kW Zugleistung aufbringen, wobei in den hohen Gängen maximal 50 km/h erreicht werden. Der EasyDrive passt damit nicht nur gut in den Kommunalsektor, sondern lässt sich auch vor Mulcher, Rundballen- und Quaderballenpresse nutzen.

durch: Leistungssteigerung mit 500bar Technik

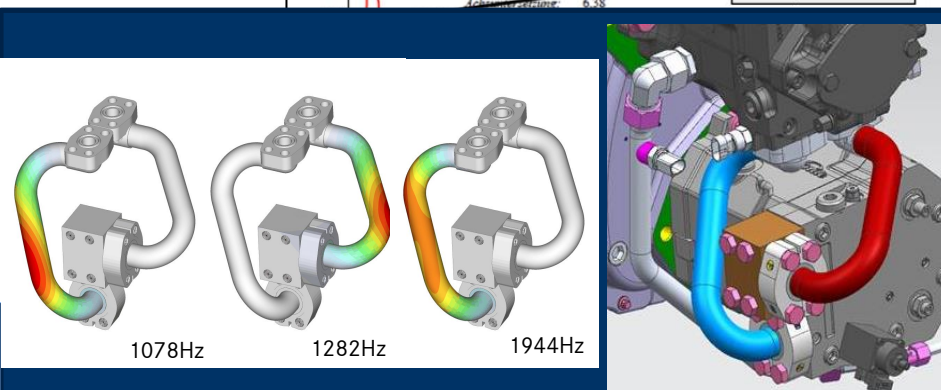
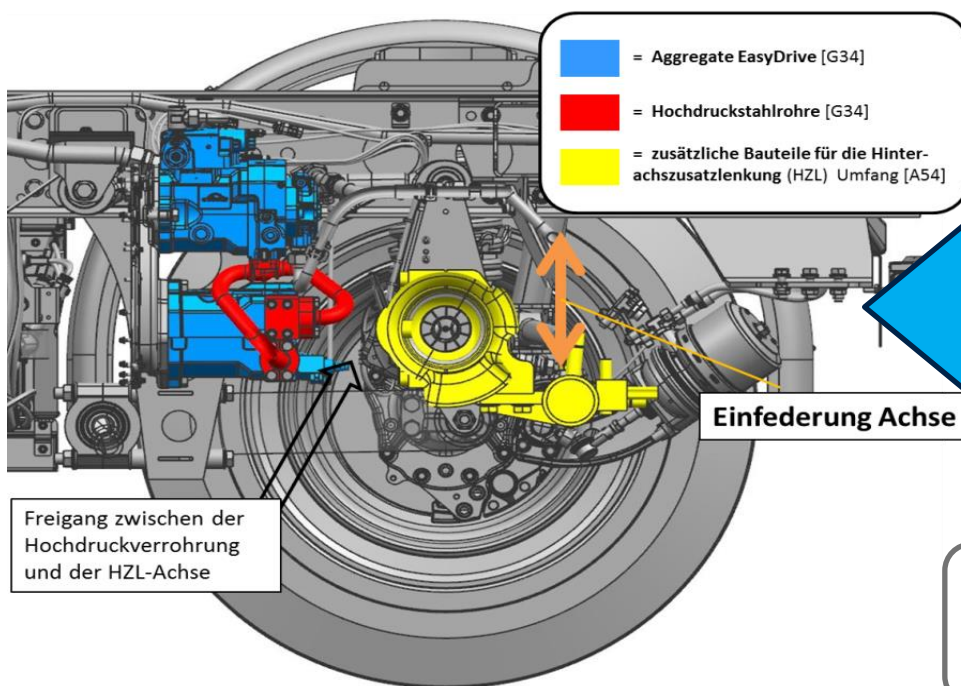
7. Zusammenfassung



Leistungssteigerung durch Druckerhöhung auf 500bar bei hydrostatischen Antrieben sind machbar.

+18%

Hohe technische Herausforderung bei der Auslegung des Gesamtsystems (Schwingbelastungen)



UNIMOG-Lösung:

=> kurze Hochdruckrohre mit Toleranzausgleich

Vorteile der Hochdrucktechnik:

- + keine Leergewichtserhöhung
- + geringere Bauteilkosten
- + Wartungsfrei

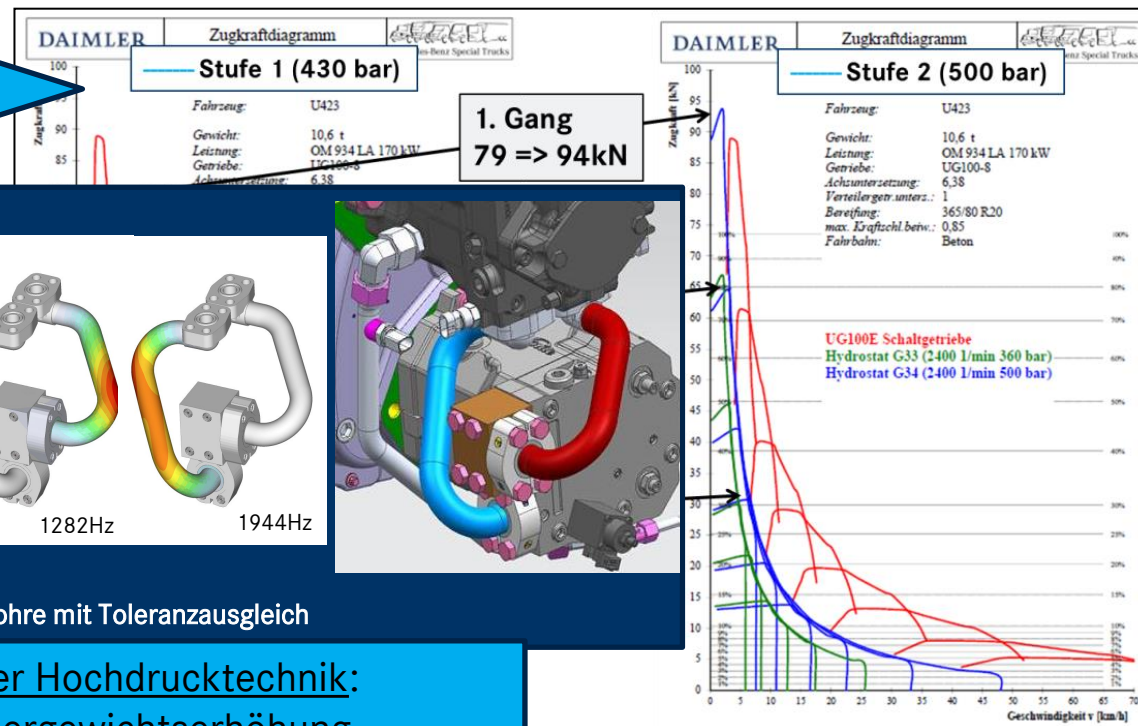
+ platzsparende Technik

Verbesserung der Fahrzeugeigenschaften :

größere Auswahl / Kombination möglich
Hinterachszusatzlenkung und
Reifendruckanlage



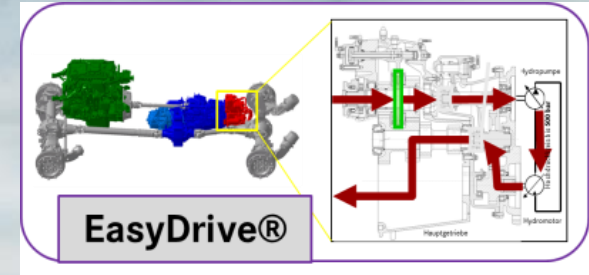
Vergrößerung der Bodenfreiheit des Fahrzeuges



Ihre Fragen



UNIMOG



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit