

Anwendung von MSCDPS, einer integrierten, ganzheitlichen Entwicklungsmethode am Beispiel der Hybridisierung von nichtangetriebenen Achsaggregaten von Nutzfahrzeugen

Dr. Ing. Jörg Ebert, Ebertconsulting GmbH, Köln

Inhalt

- Summary
- Der Visionär FRIGOBLOCK Großkopf GmbH
- Ebertconsulting GmbH
- Die Methode MSCDPS
 1. Vision
 2. Strategie
 3. Konstruktionssystematik
- Die Aufgabe: leiser, energieoptimierter Kühltransport
- Stand der Technik: es ist möglich aber nicht praktikabel
- Anforderungen: nachrüstbar, integriert, kostengünstig
- Entwicklungsphase
- Validierung Absicherung der Ergebnisse
- Ausblick
- Literatur

1. Summary

Es wird die systematische Entwicklung eines neuen Produktes und Vorbereitung eines Geschäftsfeldes für ein mittelständisches Unternehmen aus der Nutzfahrzeugzulieferindustrie mit Hilfe eines ganzheitlichen Entwicklungsansatzes, der MSCDPS Methode dargestellt.

In einem konsequenten Top Down Vorgehen verbindet die MSCDPS Methode die japanische Entwicklungsphilosophie der kontinuierlichen Verbesserung mit der klassischen Konstruktionsmethodik. Dies ermöglicht eine kontinuierliche Prozessoptimierung und die revolutionären Entwicklungssprüngen, die notwendig sind, um Alleinstellungen zu bewahren bzw. zu erringen.

Die DIN 16258 „Methode zur Berechnung und Deklaration des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen“ gibt Methoden zur Bewertung der Energieeffizienz des Warengütertransportes. So wird neben den möglichen Kosteneinsparungen durch reduzierten Energieeinsatz auch die Umweltverträglichkeit zu einem Auswahlkriterium für den Transportbetrieb.

Der Kühltransport bietet erhebliche Potentiale zur Reduktion der Abgas- und Geräuschemissionen.

FRIGOBLOCK hat eine Machbarkeitsstudie in Auftrag gegeben, die die technischen Randbedingungen eruieren, mögliche Partner und Wettbewerber identifizieren und die Wirtschaftlichkeit einer solchen Lösung untersuchen soll.

Die Studie liefert einen sog. 360°-Blick aus den Perspektiven:

- Markt
- Produkt
- Partner
- Potentiale und Risiken

Durch einen direkt vom drehenden Rad angetriebenen Generator kann Energie mit hohem Wirkungsgrad erzeugt und Bremsenergie rekuperiert werden. Mit einem Satz handelsüblicher Bleiakkumulatoren kann genügend Energie zwischengespeichert werden, um die Kühlmaschine eines Kühlsattelanhängers ohne zusätzlichen Verbrennungsmotor zu betreiben.

Durch konsequente Systemintegration und Wahl von Großserienkomponenten wird das Kostentarget: „Amortisation der Anschaffungskosten innerhalb eines Jahres“ erreicht.

Auf Komponentenebene ist ein Entwicklungsziel Skalen Effekte zu erzielen, um das Kostentarget zu erreichen. So wird ein identisches Planetengetriebe für die Trailerachse und für den Transporter GenSet gewählt. Durch den Einsatz von links und rechts zwei identischen Antriebseinheiten können kleinere, kostengünstigere Komponenten eingesetzt werden und das teure Differential kann entfallen. Für die Trailerachse mit 9 t Achslast gelingt es, Getriebe und Generator in ein Achsrohr zu integrieren. Für leichte Triebköpfe bzw. frontgetriebene Fahrzeuge mit einer Achslast von 2,4 t kann die Generatorgetriebeeinheit in den vorhandenen Bauraum zwischen den Radköpfen der Hinterachse integriert werden. Somit sind beide Lösungen ohne Änderungen am Rahmen des Fahrzeuges bzw. der Luftfederung nachrüstbar.

Die abschließende Validierung der kritischen Komponente zeigt die Umsetzbarkeit für eine Serienproduktion.

2. Der Visionär: FRIGOBLOCK Großkopf GmbH

Der Auftraggeber FRIGOBLOCK Großkopf GmbH ist ein klassischer Hidden Champion, der durch permanente kundenorientierte Innovation in einem Oligopol, das durch zwei internationale Großkonzerne aufgeteilt ist, wächst.

Dem Thema Energieeffizienz hat man sich schon seit langem angenommen.



Abb.1: City-Kühlsattelaufleger mit FRIGOBLOCK Kälteanlage

Die Firma FRIGOBLOCK ist weltweiter Technologieführer für mobile Kühlanlagen und entwickelt kontinuierlich Lösungen zur Effizienzsteigerung des temperaturgeführten Transports. FRIGOBLOCK liefert sehr leistungsfähige Generatoren und Inverter und übertrifft mit ihren mobilen Kälteanlagen, bei denen der Verdichter rein elektrisch angetrieben wird, die Leistungsdaten der Wettbewerber deutlich.

FRIGOBLOCK hat sich auf diesem Gebiet einen deutlichen Technologievorsprung erarbeitet, so werden im Vergleich zum Wettbewerb 50 % Kraftstoff eingespart, 90 % weniger Abgas erzeugt und 90 % geringere Lärmwerte erzielt. Die Kunden sind bereit diesen Nutzen zu honorieren.



Abb.2: Produktportfolio Firma FRIGOBLOCK. Mobile Kälteanlagen zum Einbau in Anhänger und Motorwagen, Hochleistungsgeneratoren und Leistungselektronik

3. Ebertconsulting GmbH

Ebertconsulting GmbH bietet Unternehmen aus dem Nutzfahrzeugumfeld Strategieberatung sowie Begleitung und Umsetzung von Change Management Projekten, Innovations- und Technologieberatung, und Technologieeinführung bis hin zum Prototyping für Komponenten, Beschaffung der Teile, Organisation der notwendigen Versuche, Auswahl und Qualifikation von Lieferanten.

Die Ebertconsulting GmbH begleitet den Produktentstehungsprozess ihrer Kunden von der ersten Projektidee bis in die Serienfertigung und setzt dafür nur erfahrene, hochqualifizierte Führungskräfte aus Entwicklung, Produktion, Qualitätssicherung aus dem Nutzfahrzeugbereich ein. Unterstützt wird diese Sachkenntnis durch sozialwissenschaftliche Kompetenz. Die Projekte werden kontinuierlich evaluiert. Die Projektteilnehmenden erhalten bei Bedarf ein qualifiziertes, zielorientiertes Coaching.

Ebertconsulting GmbH Portfolio

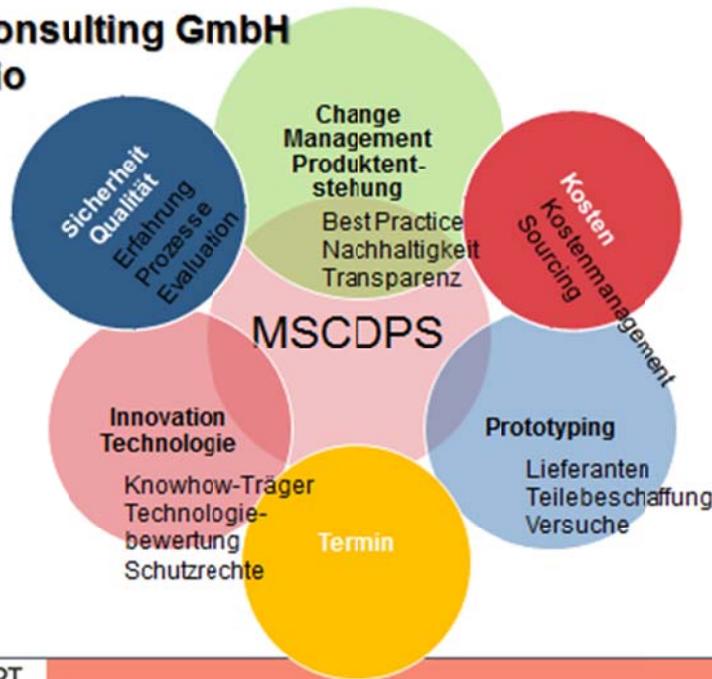


Abb.3: Produktportfolio Firma Ebertconsulting GmbH

Der Ansatz von Ebertconsulting GmbH ist ein ganzheitlicher.

Mit einem sog. 360°-Blick aus den Perspektiven:

- Markt
- Produkt
- Partner
- Potentiale und Risiken

wird das Umfeld der Aufgabenstellung untersucht.

Ebertconsulting GmbH hat einen strategischen Ansatz – zu Beginn eines Projektes wird die Unternehmensvision und die Motivation für das Projekt erarbeitet sowie eine fundierte Zielklärung durchgeführt.

4. Die Methode MSCDPS

- a. Vision
- b. Strategie
- c. Konstruktionssystematik

In einem konsequenten Top Down Vorgehen verbindet die MSCDPS Methode die japanische Entwicklungsphilosophie der kontinuierlichen Verbesserung mit der klassischen Konstruktionsmethodik. Dies ermöglicht eine kontinuierliche

Prozessoptimierung und die revolutionären Entwicklungssprünge, die notwendig sind, um Alleinstellungen zu bewahren bzw. zu erringen.



Abb.4: konsequentes Top Down Vorgehen – ohne Vision und Strategie ist kein Erfolg möglich



Abb.5: End to end Ansatz und leaner Entwicklungsprozeß - Abb. aus | 11 |.

Für Ebertconsulting GmbH ist GEMBA ein wichtiges Grundprinzip der Implementierung neuer Produkte und Prozesse. Der unterschiedliche Erfolg von Organisationen erklärt sich durch den Einsatz und die Qualifikation der Mitarbeiter, der Mensch will sich und sein Umfeld weiterentwickeln, lernen. Eine lernende Organisation wird nachhaltig innovativ sein.

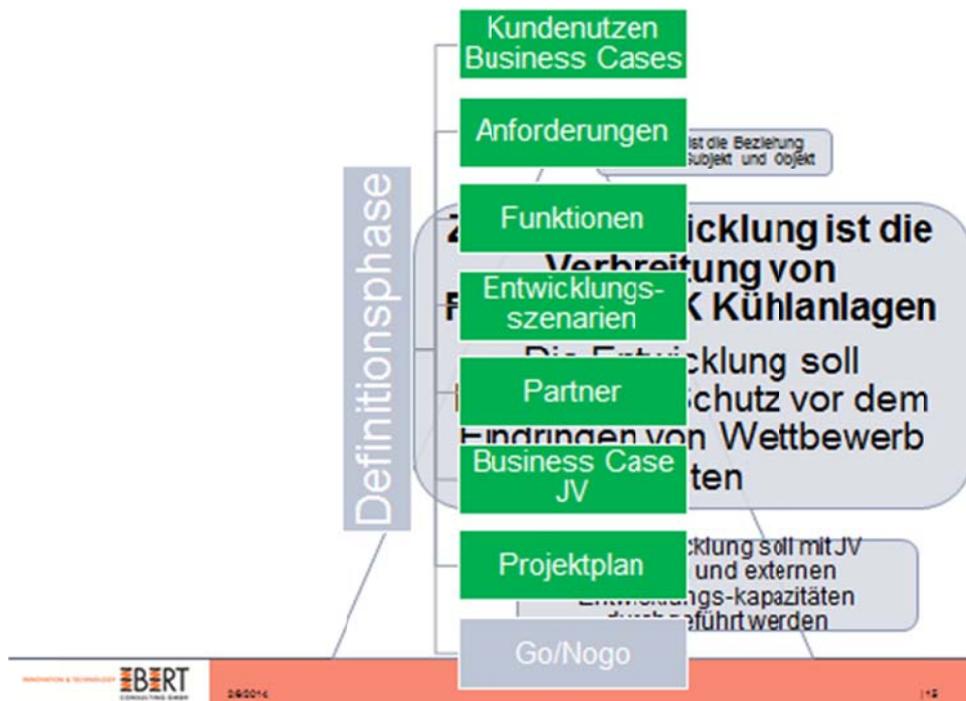


Abb.6: systematisches Vorgehen – zu Beginn wird der Kundennutzen ermittelt

5. Stand der Technik: es ist möglich aber nicht praktikabel

In Europa werden jährlich ca. 40.000 Kühltelaufleger mit größer 18 t zulässigem Gesamtgewicht produziert. Kühlaufleger werden aufgrund der teuren Kühlanlage bis zu 15 Jahre eingesetzt, so dass von einer Population von ca. 400.000 Fahrzeugen in Europa ausgegangen werden kann. Aufgrund der langen Einsatzdauer der Fahrzeuge kann von einem erheblichen Nachrüstbedarf gerechnet werden.

Der Gesamtmarkt der in Europa produzierten 3,5 t Kühlfahrzeuge beträgt 10.000 - 12.000 Stck. geschätzt. Deutschland repräsentiert mit ca. 2.400 produzierten / zugelassenen Fahrzeugen ca. 18 % - 20 % des Marktes in Europa. Tiefkühlfahrzeuge in der Klasse bis 3,5 t werden max. 8 Jahre genutzt, so dass von einem Fahrzeugbestand von ca. 100.000

Fahrzeugen in Europa ausgegangen werden kann. Aufgrund der geringen Laufzeit der Fahrzeuge ist ein Nachrüsten auf eine generatorische Achse eher unwahrscheinlich.

Verschiedene elektrisch betriebene Hybrid-Nutzfahrzeuge haben die Eignung dieses Antriebes auch unter schwierigen Bedingungen nachgewiesen. So hat die Firma RIGI Trac aus der Schweiz einen Hybridadackerschlepper mit Radnabenmotoren vorgestellt und Ziehl-ABEGG produziert mit einem Partner Radnabenmotoren für HybridStadtbusse. Ein Hybridstadtbuskonzept wird auch von ZF Passau erprobt, allerdings mit einem achsnahen Generator mit Getriebe.

Die genannten Lösungen sind technisch aufwändig und werden nur in begrenzten Stückzahlen produziert, so dass die weitere Verbreitung in Märkte mit geringerem Einsparpotential und politischem Handlungsdruck durch die hohen Kosten erschwert ist.

Was sind die Grenzkosten für ein Hybridachssystem ?

In einer Recherche werden Einsparpotentiale durch den Betrieb rekuperierender Achssysteme ermittelt. Langheim | 2 | nennt in seiner Dissertation mit dem Gegenstand eines elektrischen Einzelradantriebes Energieeinsparpotentiale für Motorfahrzeuge durch Rekuperation, die in den Bereich von optimal 20 % für Stadtbusse erreichen. Für den Langstreckenverkehr sind Energieeinsparungen von 3 – 5 % akzeptiert - Maierhofer | 3 |



Abb.7: Studie Firma KRONE Fahrzeugtechnik – zwei Achsen mit wassergekühltem Generator und Differential und 40 kWh Batteriekapazität erlauben rein rekuperativen Betrieb der Kältemaschine | 1 |

Eine Studie der Firma KRONE, die mit einem Achshersteller und einem Forschungspartner durchgeführt wurde, zeigt für einen schweren Dreiachskühlsattelaufleger mit Hilfe einer Simulation aus gemessenen Einsparpotentialen verschiedener Streckenabschnitte und Beladungsvorgängen und des Energieverbrauchs des Kühlaggregates im Stand ohne Berücksichtigung des Einflusses der Kühlluftanströmung: „Es kann gezeigt werden, dass mit der Konfiguration des Forschungsfahrzeuges selbst für die ungünstigeren Streckenabschnitte zu großen bis sehr großen Anteilen ein rein elektrischer Betrieb des Kühlaggregates möglich ist.“ | 1 | Bild xx zeigt einen gemischten, typischen Einsatz aus verschiedenen Topologieprofilen und Strassen für einen mit 15 t beladenen Kühlaufleger, der zu Beginn der Fahrt auf – 20°C gekühlt wurde, bei einer Außentemperatur von 20°C – die Energiebilanz ist positiv.

Die von der Firma KRONE | 1 | unterstützte Untersuchung zeigt, dass ein Tiefkühlsattelaufleger mit einer Batteriekapazität von 40 kWh ausschließlich mit aus dem Bremsbetrieb rekuperierter Energie ohne den Einsatz chemischer Zusatzenergie betrieben werden kann.

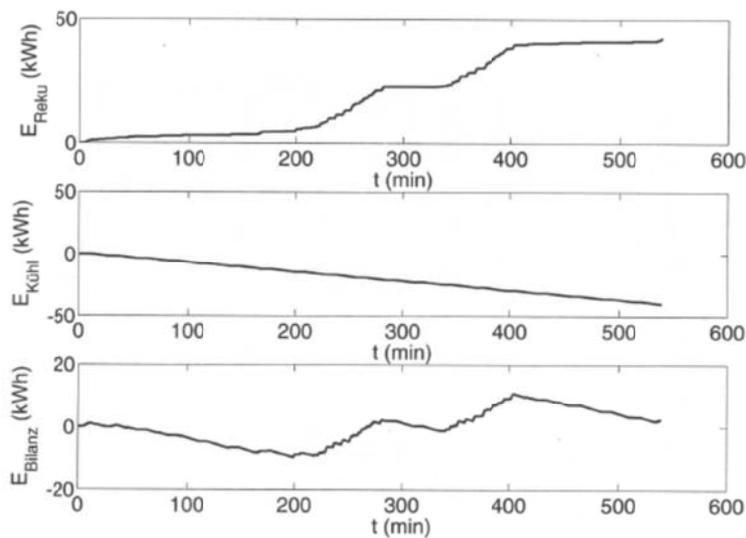


Abb. 7: Simulierter Verlauf der rekuperierten und verbrauchten Energiemenge sowie der abgeleiteten Energie Bilanz für das Einsatzprofil Fernverkehr aus | 1 |

6. Anforderungen: nachrüstbar, integriert, kostengünstig

Die Anforderungen an das Fahrzeug und die zu entwickelnde Generatoreinheit werden in einem Abstimmungsprozess verdichtet und in einer Anforderungsliste dokumentiert.

Eine Forderung für die schwere Achse ist, bereits im Schritttempo bei $v = 10 \text{ km/h}$ eine elektrische Leistung $P = 10 \text{ kW}$ zu erzeugen. Die maximale Leistung soll 60 kW betragen.

Der Businesscase muss sich für den Spediteur in weniger als einem Jahr amortisieren und es ist eine Nachrüstlösung anzustreben, um attraktive Produktionsmengen zu produzieren.

Die Möglichkeit der Nachrüstung erfordert die Beibehaltung der heutigen Schnittstellen zwischen Fahrwerk und Luftfederung und somit eine hohe Integration möglichst in das bestehende Achsrohr der eingesetzten Starrachsen. Es soll der Tausch einer Achse pro Fahrzeug ausreichend sein.

Ein geringer Schleppbetriebanteil ist zulässig, so können handelsübliche Bleiakkumulatoren mit vertretbarem Mehrgewicht eingesetzt werden.

Die Entwicklung soll eine Plattform sein, um später auch eine Generatoreinheit für leichte Kühlfahrzeuge bis 5 t zul. Gesamtgewicht anbieten zu können.

7. Entwicklung

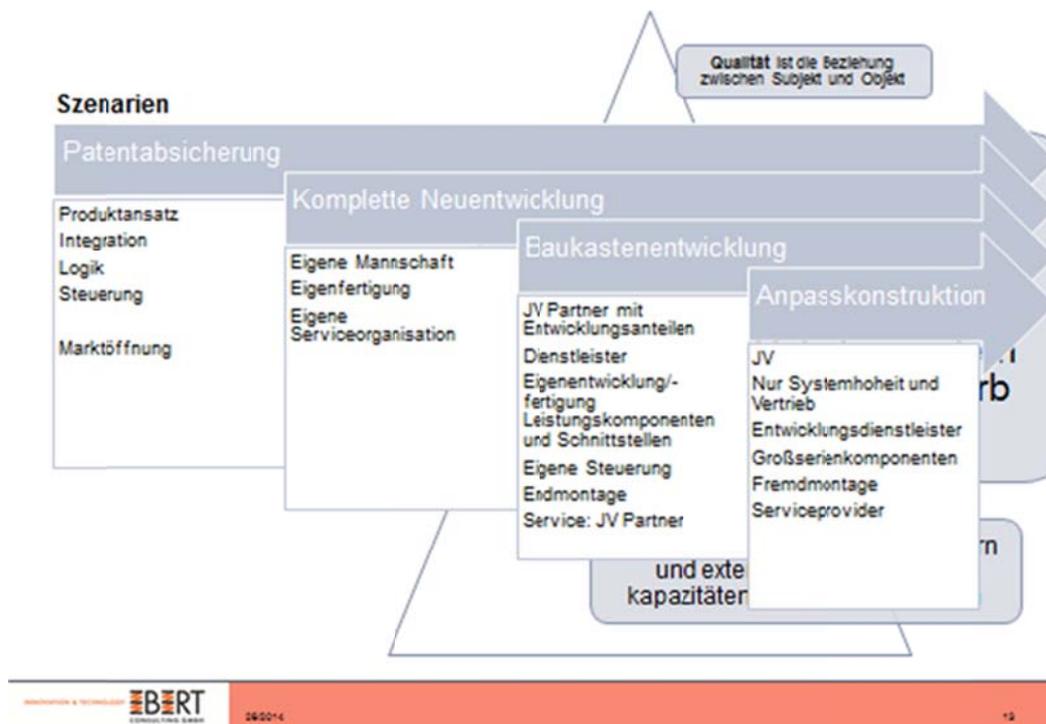


Abb. 8: Auswahl der der Entwicklungstiefe

Für eine schwere Starrachse für Trailer mit 9 t Achslast gelingt es, Getriebe und Generator in ein Achsrohr zu integrieren, für leichte Triebköpfe bzw. frontgetriebene Fahrzeuge mit einer

Achslast von 2,4t wird eine Generatortriebseinheit ausgearbeitet. Beide Lösungen sind mit geringem Aufwand – ohne Änderungen am Rahmen des Fahrzeuges – nachrüstbar.

Für die linke und rechte Fahrzeugseite werden zwei identische Motor-/Getriebeeinheiten entwickelt, so dass ein aufwändiges Differentialgetriebe überflüssig ist. Die Getriebe für die schwere und leichte Achse sind identisch. Die Einheiten sind für Wartungsarbeiten zugänglich innerhalb des Rahmens eines schweren Trailers in die Starrachse integriert bzw. zwischen den Radköpfen des leichten Fahrzeugs angeordnet.

Die Forderung für die schwere Achse $P = 10 \text{ kW}$ bei $v = 10 \text{ km/h}$ wird nicht ganz erreicht. Für die schwere Achse werden mit dem gewählten wassergekühlten FRIGOBLOCK-Generator 22.5/18 bei $v = 10 \text{ km/h}$ für eine 385/65R 22.5 Bereifung im Neuzustand $P = 7,7 \text{ kW}$ Leistung erzeugt.

Mit einem neu zu entwickelnden luftgekühlten Generator $\square 162 \times 160 \text{ 8/22}$ können bei identischen Randbedingungen maximal $P = 6 \text{ kW}$ erzeugt werden.

Für die schwere und die leichte Achse – Achslast 9 t bzw. 2,4 t - wird ein Baukasten aus zwei Motor-/Generatoren und einem einstufigen Planetengetriebe vorgeschlagen.

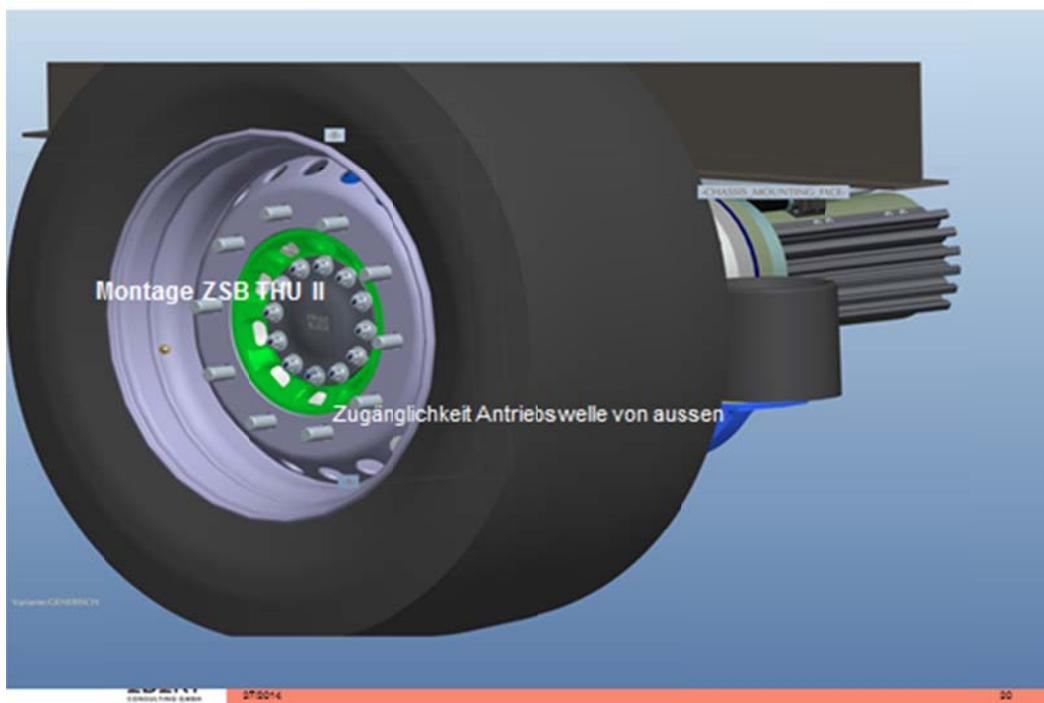


Abb. 9: 9 t Trailerachse - Einbau in Standardtrailerrahmen FM 1300 und Luftfederung mit wassergekühltem in den Achskörper integriertem GenSet

Plattform
ZSB Drehstabfederachse „Kopernikus“
WK146
Versetzter Einbau mit Originalkardanwelle

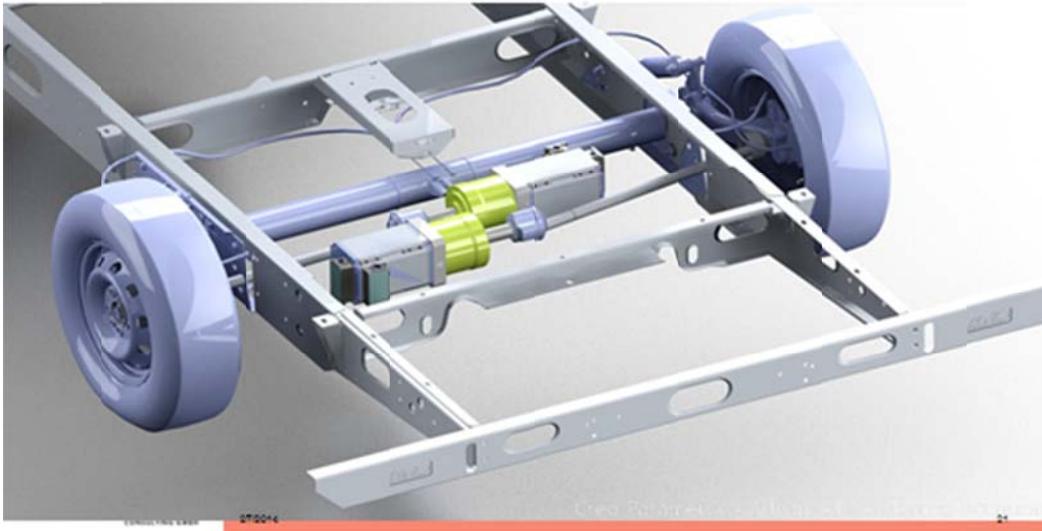


Abb. 10: 2,4 t Drehstabfederachse für Triebköpfe bzw. frontgetriebene leichte Nutzfahrzeuge.

Der Businesscase für die schwere Trailerachse zeigt, dass ein Abgabepreis von € 5.000 für eine Generatortauschachse bzw. von € 7.500 für eine fahrbereite Neuachse mit Bremsanlage möglich sind.

Aus Kundensicht ergibt sich eine Amortisation der Kosten innerhalb eines Jahres - für einen Langstreckeneinsatz eines vollausgeladenen Tiefkühlaufliegers, ohne Effekte aus reduzierten Wartungsaufwänden aufgrund des Entfalls des Dieselmotors zu berücksichtigen.

8. Validierung Absicherung der Ergebnisse

Die funktionskritischen Planetengetriebe werden mit einem synthetischen Prüfkollektiv, das einen kritischen Tiefkühleinsatz abbilden soll, von der Herstellerfirma getestet - beide Getriebe halten dem Test zunächst nicht Stand - aussichtsreiche Abhilfemaßnahmen, um das Getriebe zu ertüchtigen, werden überprüft.

Potentielle Partner für ein Joint Venture bzw. für eine vertiefte Zusammenarbeit sind identifiziert.

Ein Gebrauchsmuster und ein europäisches Patent wurden zum Schutz der eigenen Entwicklungsaufwände angemeldet.

9. Ausblick

Bedrohungen durch Wettbewerb sind nicht von den direkten Wettbewerbern den Kühlgeräteherstellern erkennbar, sondern scheinbar ausschließlich durch die vertikal integrierenden Trailer und Achsenhersteller.

So wird von Schmitz Cargobull zusammen mit VOLVO, BOSCH, DAF, DAIMLERL, LBF, van Eck ein EU-gefördertes € 8,4 Mio. Projekt namens „TRANSFORMERS“ | 6 | durchgeführt.

Aufgrund der Ergebnisse dieser Untersuchung, des bestehenden Programms an Generatoren und Umrichtern, des know hows und des Marktzugangs besteht für FRIGOBLOCK eine hervorragende Ausgangsposition, im Rahmen eines Joint Ventures mit einem der als potentielle Partner identifizierten Unternehmen oder mit einem Start Up Unternehmen in räumlicher Nähe des FRIGOBLOCK Standortes eine Generatorachsmontage aufzubauen und die Produkte erfolgreich zu vermarkten. Diese Aktivitäten werden nachhaltig den Absatz von mobilen FRIGOBLOCK Kühlanlagen befördern.

Eine Bedrohung der Entwicklung stellen langfristig der Ausbau der HYBRID-Technik in der Zugmaschine und die Möglichkeit der Energieübertragung in den Anhänger durch eine verbesserte Schnittstelle zwischen Zugmaschine und Auflieger, deren Machbarkeit in dem EUREKA Projekt SPARC „secure propulsion using advanced redundant control“ gezeigt wurde | 10 |, dar.

10. Literatur

- | 1 | Dopichay, T.; Untch, J.; Lang, T.:
Energierückgewinnung am Beispiel eines Kühlsattelauflegers
Proceedings 12. Int. Fachtagung Nutzfahrzeuge 2013
ISBN 978-3-18-092186-0
VDI-Berichte Nr. 2186, VDI-Verlag, ISBN 978-3-18-092186-0 2013

- | 2 | Langheim, Jochen
Einzelradantrieb für Elektrostraßenfahrzeuge
Diss. ISEA RWTH ISBN 3-86073-123-8
1. Auflage Aachen Verlag der Augustinus-Buchhandlung - Aachener Beiträge des ISEA; Bd. 7

- | 4 | EN 16258
Methode zur Berechnung und Deklaration des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen (Güter- und Personenverkehr);
Deutsche Fassung prEN 16258:2011
Ausgabe
2011-04

Erscheinungsdatum

2011-03-28

- | 5 | Maierhofer, Bernd
Plenarvortrag begleitender VDA-Kongress, IAA-Nutzfahrzeuge, Hannover, 2012.

- | 6 | TRANSFORMERS
CONFIGURABLE AND ADAPTABLE TRUCKS AND TRAILERS FOR OPTIMAL TRANSPORT
EFFICIENCY

WWW.TRANSFORMERS.PROJECT.EU

Marcus Elmer Technical coordinator
Volvo Technology AB - Gothenburg, Sweden
Marcus.elmer@volvo.co

- | 7 | Ebert, Jörg
Pkw-Technologie als Vorbild
Vision Transport 2031 - Sonderausgabe: 20 Jahre Transport
HUSS-VERLAG GmbH, 2011.
www.huss-verlag.de

- | 8 | Ebert, Jörg
Innovative Vehicle Concepts for Optimising the Total Cost of Ownership
8th International CTI Conference „Nutzfahrzeuge“, Mannheim, 2011

- | 9 | Beelmann, R.; Ebert J.; Wildhagen, M.
Möglichkeiten der Verbrauchsoptimierung durch Aerodynamik und weitere
Maßnahmen am Trailer
11. Internationale VDI-Fachtagung Nutzfahrzeuge, Steyr, 2011
VDI-Berichte 2128

- | 10 | Ebert, Jörg
raussuchen
Steering committee Workinggroup Trailer
EUREKA-Projekt SPARC „secure propulsion using advanced redundant control“
Turin, 2005

- | 11 | Stephan U.; Schittny; Lenders, M.
Mehr Innovation weniger Verschwendung
Complexity Journal 1/2010 ISSN 1613-8155