

# Nebenaggregate in Mobilen Arbeitsmaschinen - Numerische 1D-Simulation zur Potentialabschätzung der Effizienzsteigerung durch bedarfsgerechte Drehzahlregelung

Projekt „ENA“

Institut für Fahrzeugsystemtechnik (FAST), Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen (Mobima)  
Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Marcus Geimer



Vortragender:

**Dipl.-Ing. Frank C. Otto, Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen (Mobima)**

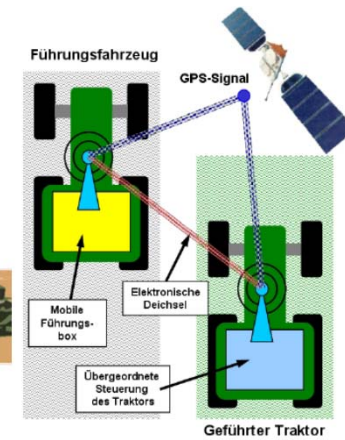
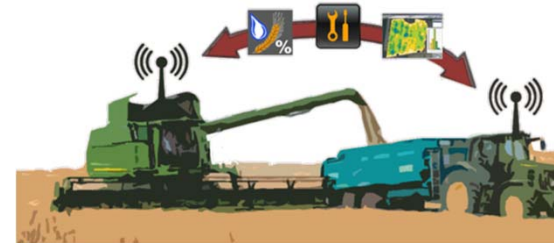
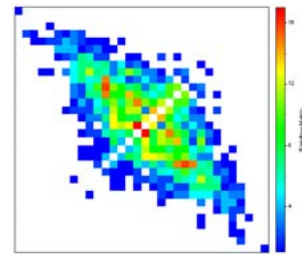
Fördergeber:

 **DFG** Deutsche  
Forschungsgemeinschaft

Institut für Fahrzeugsystemtechnik (FAST), Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen (Mobima)  
Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Marcus Geimer



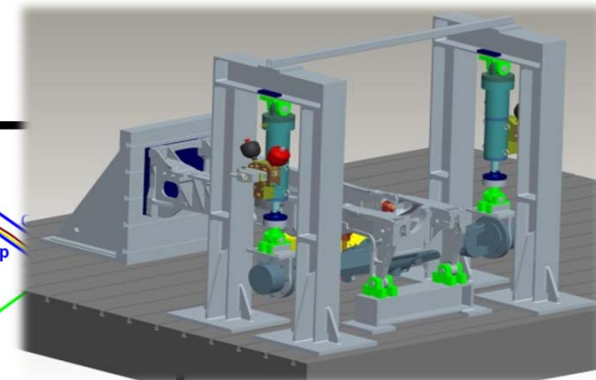
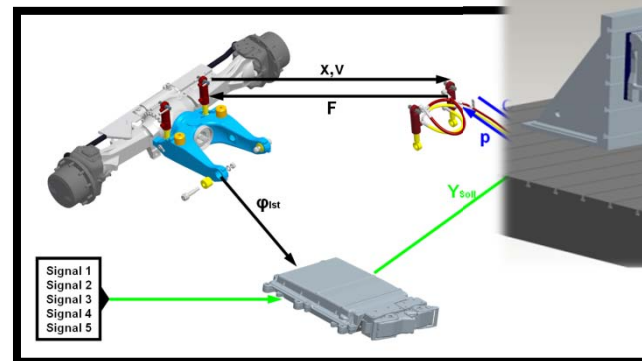
# Vorstellung Forschungsschwerpunkte Mobima



Antriebstechnik

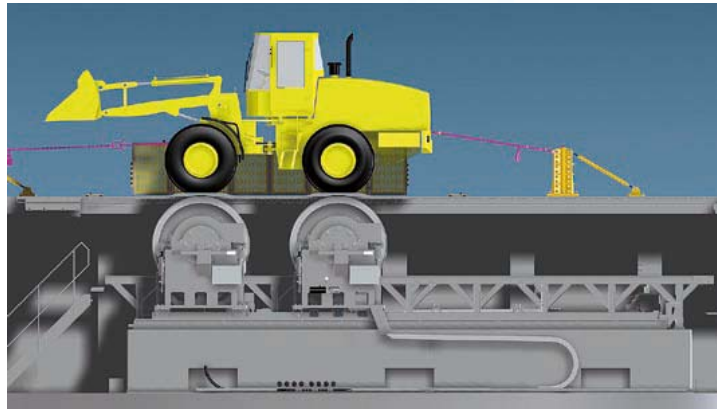
Steuerungskonzepte

Simulation



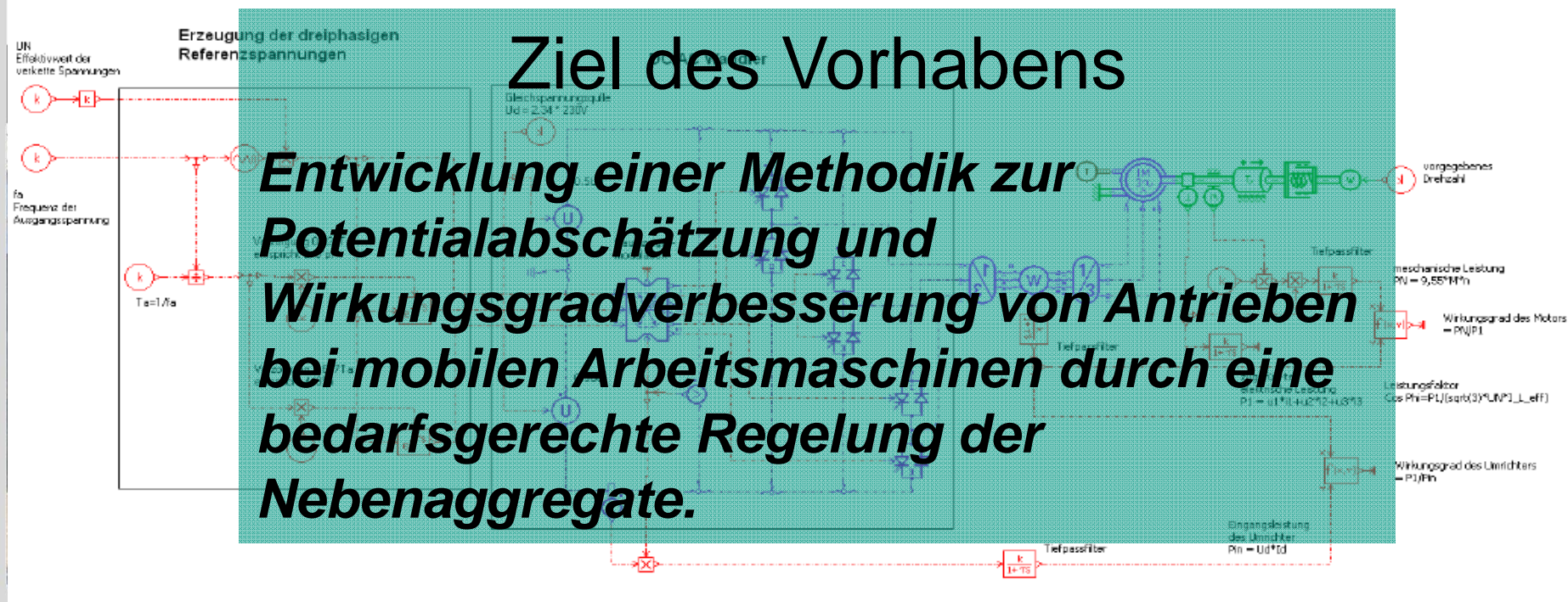
## Vorstellung

### Spektrum der Prüfeinrichtungen (nur Mobima)



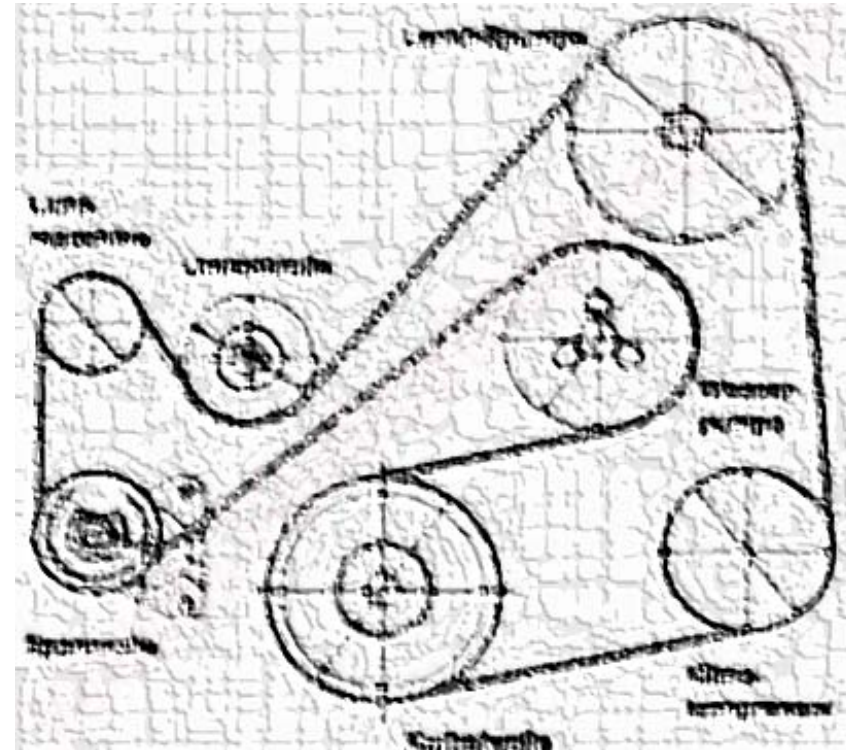
- Allrad-Akustik-Rollenprüfstand mit 4 einzeln getriebenen Rollen mit je 400 kW
- Hydraulik-Komponentenprüfstand mit 180 kW hydraulischer Leistung
- Aggregate-Prüfstand für Nebenaggregate und Elektromotoren
- Prüffeld für Schwingungs-Prüfungen
- Im Bau: 3-Maschinen Antriebsstrangprüfstand für hybride Topologien
- In Beschaffung: neue Hydraulik Zentrale mit über 700 kW Antriebsleistung

# Wieviel Kraftstoff kann ich mit der Entkopplung von Nebenaggregaten von der festen Drehzahlübersetzung zum Diesel eigentlich sparen?



# Gliederung

1. Ausgangslage
2. Motivation
3. Projektziele
4. Inhalte der Bearbeitung
5. Zwischenergebnisse
6. Zusammenfassung
7. Ausblick



## 1. Ausgangslage

Mobile Arbeitsmaschinen in Offroad-Anwendungen  
verbrauchten 2009 etwa 15,7% des gesamten  
Dieselkraftstoffes in D, rund 1,6 Mio. Tonnen

/Kun10/

Kraftstoffverbrauch entspricht bei größeren mobilen  
Arbeitsmaschinen bereits 50 % der Life Cycle Cost  
und stellt damit ein bedeutendes Kaufkriterium dar

Forderung der EU bis 2020 auch bei mobilen  
Arbeitsmaschinen 20 % CO<sub>2</sub> einzusparen

Hybridisierung mobiler Arbeitsmaschinen ist im vollen  
Gange. Zu mechanischen und hydraulischen  
Komponenten für Hybride liegen bereits validierte  
Simulationsmodelle vor (Projekt ANSKO seit 2006)

/Projekt ANSKO/

# 1. Ausgangslage

## Spektrum der Maschinen



- Kraftstoffverbrauch bis über 1400 Liter am Tag
- Dieselleistung bis über 1000 kW in einem Fahrzeug für Fahr- und Arbeitsantriebe
- Fahrzeug-Gesamtgewicht bis 56 t (auf Strasse transportiert)
- End-Geschwindigkeit bis über 80 km/h (Autobahnzulassung)
- Haken-Zugkraft bis über 400 kN



## 2. Motivation

Steigerung der Effizienz besitzt insbesondere bei mobilen Arbeitsmaschinen eine große Hebelwirkung aufgrund des prinzipbedingten hohen Kraftstoffverbrauchs.

Nebenaggregate mit starrer Drehzahlkopplung laufen oft unnötig mit oder in ungünstigen Drehzahlbereichen, auch wenn keine oder nur geringe Aggregateleistung abgefordert wird. Ihre Auslegung kann aufgrund des großen Drehzahlbereiches nicht optimal sein.

Die numerische 1D-Simulation verspricht die schnelle Bewertbarkeit neuer Antriebs-Topologien und Betriebsstrategien unter Berücksichtigung der Einsatzzyklen auf die Gesamteffizienz

### 3. Projektziele

## Problem

Bei einer Literaturrecherche wurden keine verlässlichen Angaben zum Verbrauch (Leistung) der Nebenaggregate bei Motoren > 200 kW gefunden.

## Haupttreiber

Auslegung von elektrisch angetriebenen Nebenverbrauchern beim Diesel für eine bedarfsgerechte Regelung der Nebenverbraucher

## Ziel des Vorhabens

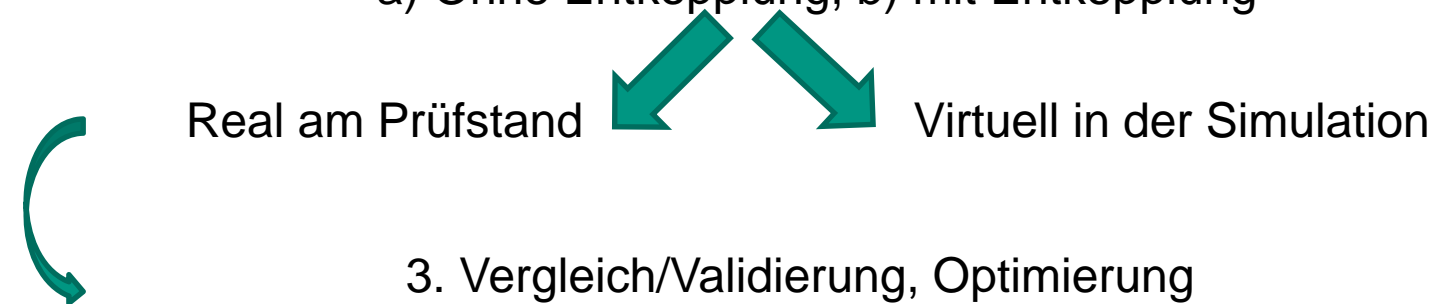
***Entwicklung einer Methodik zur Potentialabschätzung und Wirkungsgradverbesserung von Antrieben bei mobilen Arbeitsmaschinen durch eine bedarfsgerechte Regelung der Nebenaggregate.***

## 4. Überblick über das Vorgehen

1. Vermessungen Verbrennungskraftmaschine (VKM)
  - a) Mit und b) ohne Nebenaggregate, c) mit entkoppelten Nebenaggregaten



2. Vermessungen der Nebenaggregate (NA)
  - a) Ohne Entkopplung, b) mit Entkopplung



3. Vergleich/Validierung, Optimierung

Methodenentwicklung

## 4. Inhalte der Bearbeitung

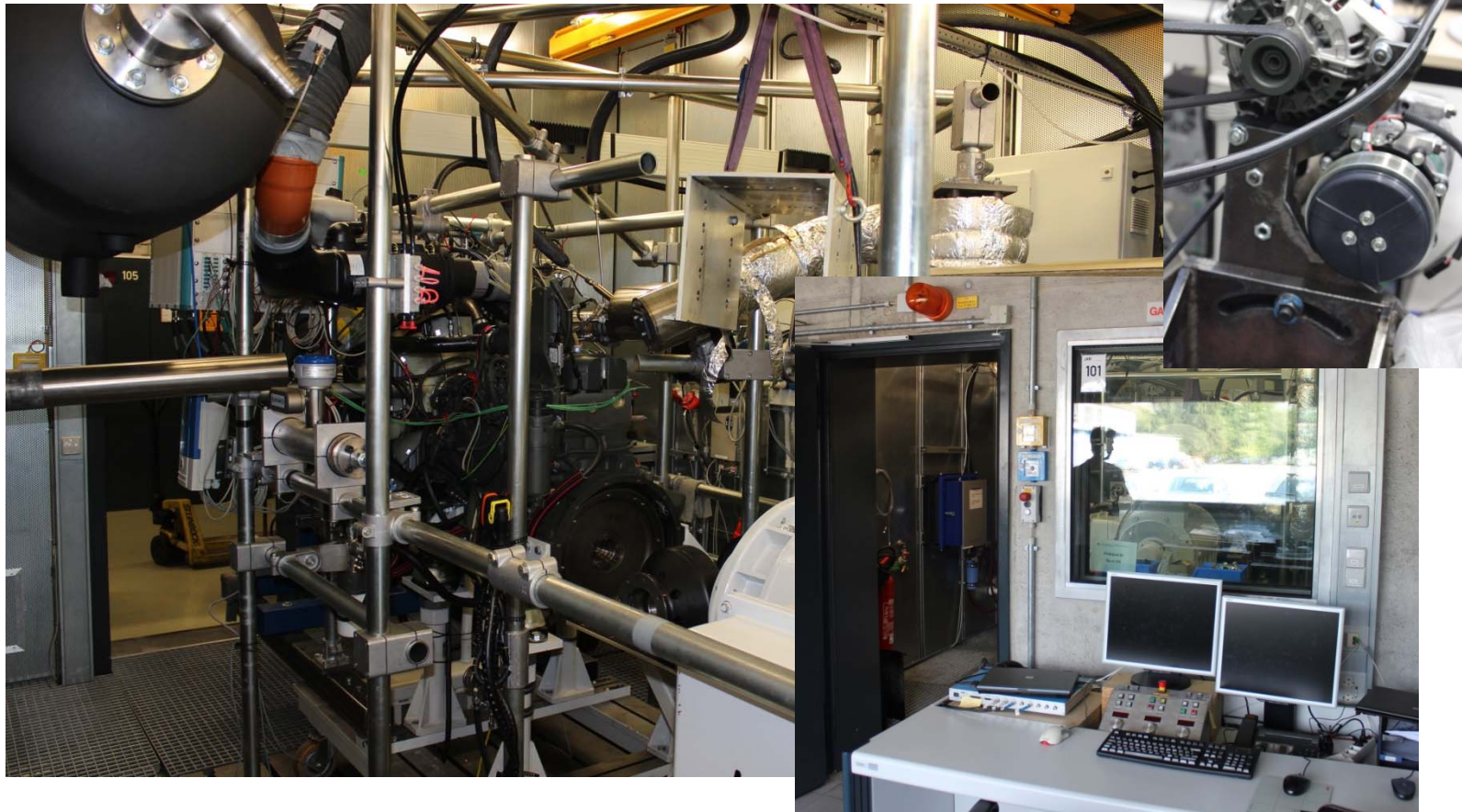
- Definieren eines Testlaufs
  - Leerlauf-, Teillast- und Volllastanteile (Traktor mit Anbaugeräten) auch die der Nebenaggregate (NA)
  - Grundlage sind bestehende DFG Prüfzyklen
- Aufbau eines realen Versuchsträgers mit Nebenaggregaten und Vermessung des Verbrauchs auf dem Prüfstand
  - Gesamtkennlinie des Diesels unter Annahme von Lastfällen der NA
  - Verbrauch beim Fahren der DFG Prüfzyklen
- Erstellen von 1D Simulationsmodellen der Nebenaggregate und der Arbeitsprozesse
- Vermessen der Modelle in der Simulation und Vergleich mit der Prüfstandsmessung **ohne** bedarfsgerechte Regelung der NA
- Vermessen Simu & Prfst. **mit** bedarfsgerechter Regelung der NA
- Auswertung des Testlaufs
  - Vergleich der beiden Versuchsreihen je von Prüfstand und Simulation
  - Abschätzen des Energieeinsparungspotentials

## 4. Inhalte der Bearbeitung

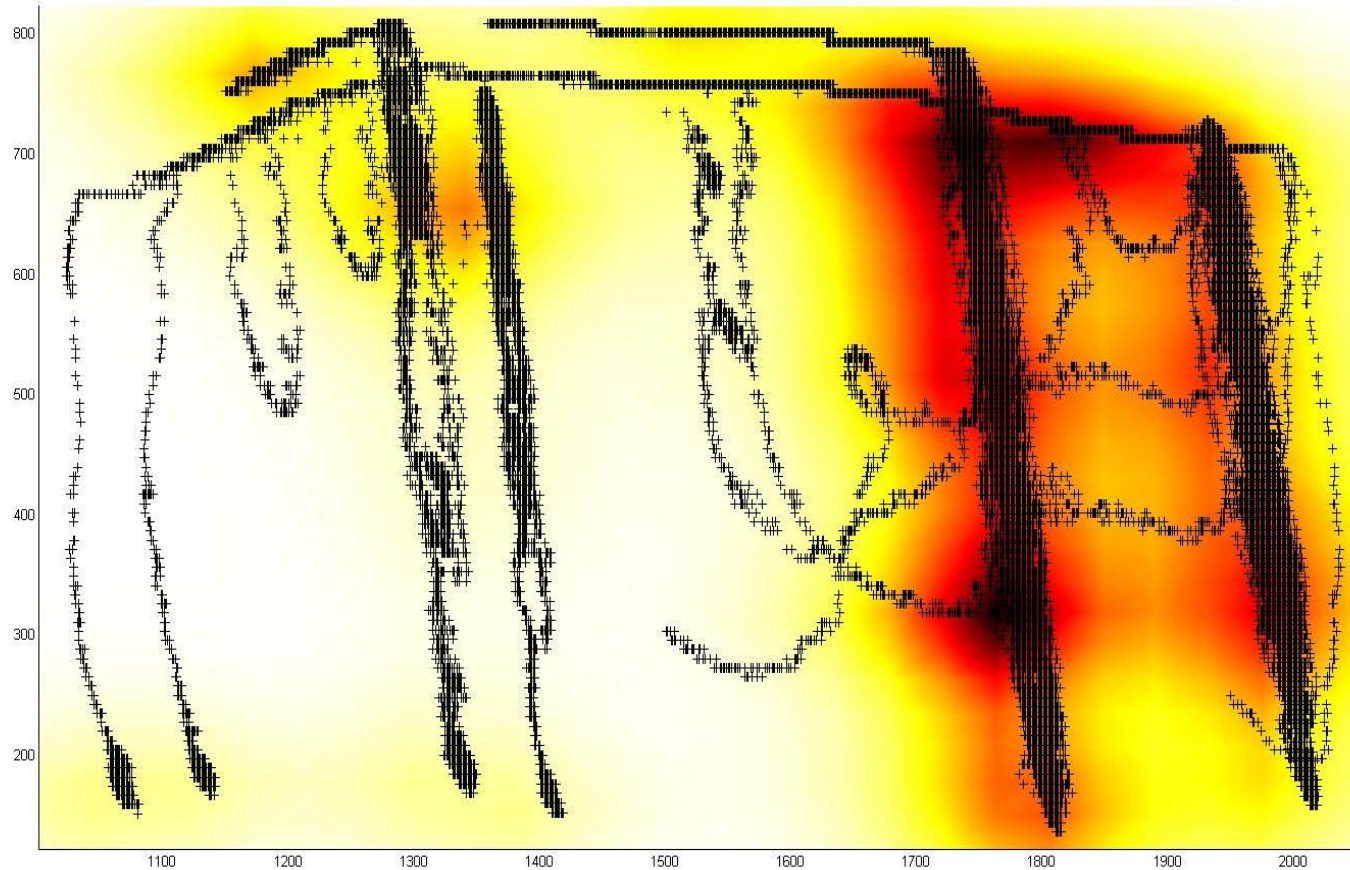
### Vorgesehene Nebenaggregate:

- An einem Dieselmotor aus einem Traktor mit etwa 150 kW Schwungradleistung (nach ECE R24) werden vermessen
  
- Nebenaggregate (mit jeweiligem Arbeitskreis)
  - Kühlmittelpumpe
  - Lüfter (mit seriennahen Kühlerpaketen)
  - Luftpresser (mit simulierter Bremsanlage)
  - Motorölpumpe (ohne Berücksichtigung der Gewährleistung bei der Serie)
  - Klimakompressor
  - Lenkhilfspumpe (mit simulierter Lenkung)
  - Lichtmaschine
  - Hydraulik Komfortpumpen

## 4. Inhalte der Bearbeitung Prüfstandsarbeiten

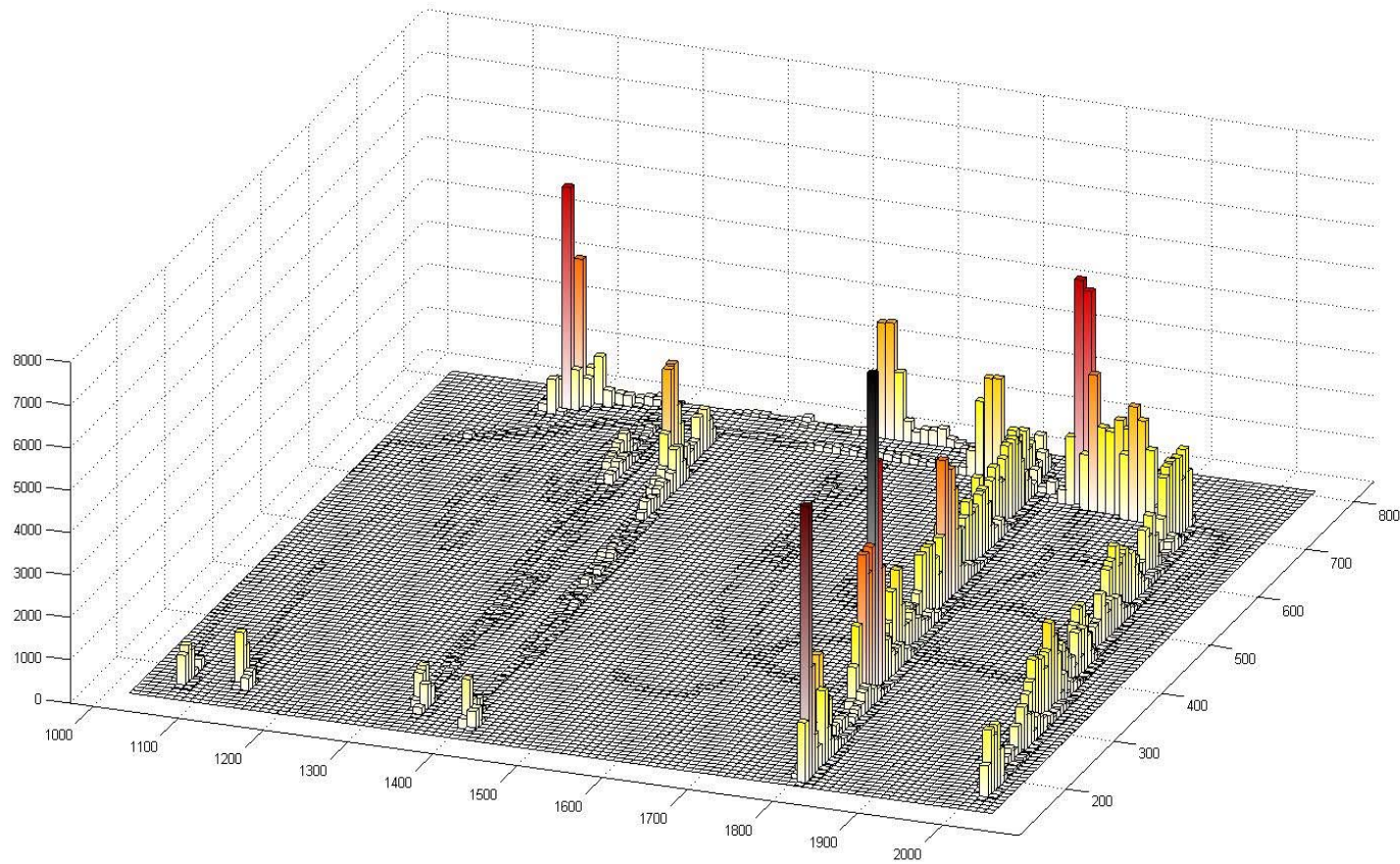


## 4. Inhalte der Bearbeitung Betriebspunktermittlung



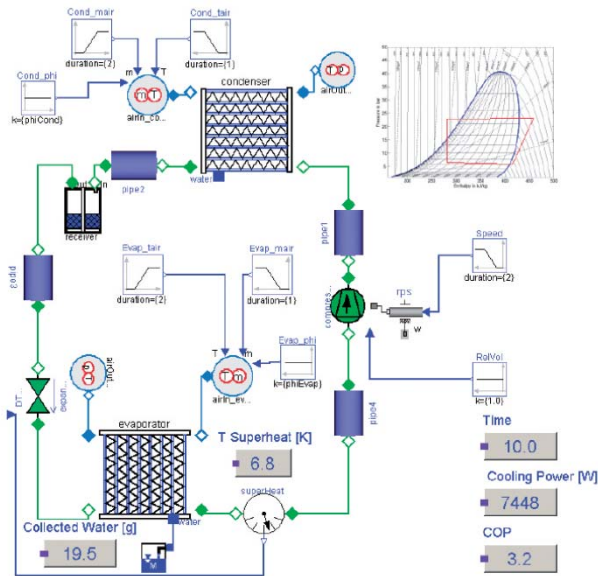
# 4. Inhalte der Bearbeitung

## Betriebspunktermittlung

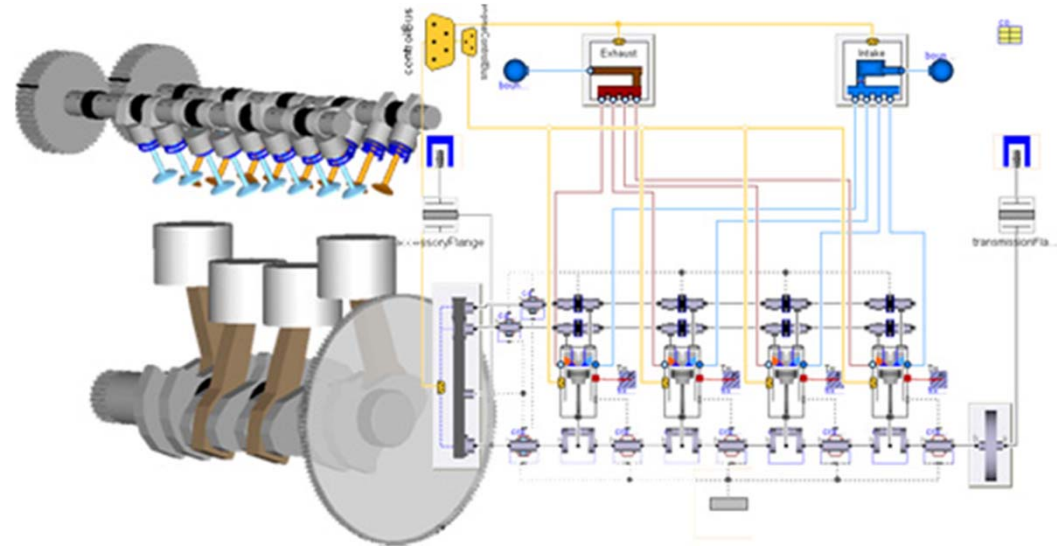




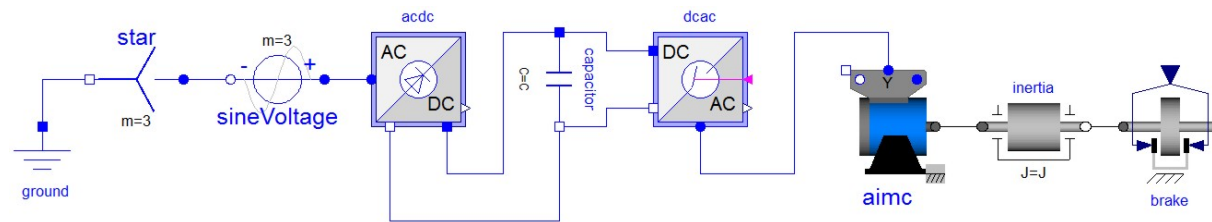
# 4. Inhalte der Bearbeitung Modellierung Nebenaggregate...



Fahrzeug-Klimaanlage



Dynamisches Dieselmotormodell (Dr. M. Bliesener)



Elektrische Antriebe und Generator

## 5. Zwischenergebnis

### Antrieb der NA mit variabler Drehzahl

#### Fahrzeug-Klimaanlage

Wir gehen derzeit von bis zu 50 % Verminderung der Antriebsleistung also einer Reduzierung um bis zu 0,8 l Diesel pro Stunde aus

#### Lüfterantrieb

Hier erhoffen wir bis 4 % der Motorleistung dafür einsparen zu können

#### Dieselmotor

Für die Gewinnung der Verbrauchsdaten ist ein dynamisches Modell der VKM unabdingbar

#### Antriebsart

Nicht alle NA sollten zur Entkopplung elektrisch angetrieben werden. Schwarz-Weiss Lösungen mit mechanischen Kupplungen und regelbare NA (z.B. Taumelscheibenkompr. mit var. Hub), Stufenlos-Riementriebe erscheinen gute Ergebnisse zu liefern

## 5. Zwischenergebnis Methodenentwicklung

1. Erstellung des Belastungsprofils bzw. parametrieren des DLG-Power-Mix Zyklus bei Traktoren
2. Parametrierung & Vermessung virtuelle Verbrennungskraftmaschine (VKM)
  - a) Mit herkömmlichen Nebenaggregaten b) mit entkoppelten Nebenaggregaten



3. Vermessungen der virtuellen Nebenaggregate (NA)
  - a) Ohne Entkopplung, b) mit Entkopplung



4. Vergleich der Kraftstoffverbräuche

## 6. Ausblick

### Erwartetes Projektergebnis Mitte 2013

Ständig wechselnde Betriebspunkte bei mobilen Arbeitsmaschinen erfordern eine Lupe auf die Verlust-Abbildung von dynamischen Belastungsänderungen in den Modellen

- Die in Entwicklung befindliche Methode wird allgemein anwendbar sein und den Entwickler in die Lage versetzen, frühzeitig seine neuen Konzepte auf Effizienzsteigerungspotentiale hin zu überblicken

#### Modelle um zusätzliche Verlustanteile ergänzen:

- **Thermischen Einfluss auf die Verluste** der elektrischen Maschinen berechnen und zurück führen und somit Veränderung der Daten mit der Temperatur einführen. Dazu auch einfache thermische Modelle der Maschinen erstellen und validieren und eine Methode zur Gewinnung der Parameter validieren

## 6. Offene Punkte u. Diskussion

### Methodenentwicklung und Simulation E-Maschinen

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

**Noch Fragen bitte?**

Kontaktadresse für Fragen:

KIT, Karlsruhe Institute of Technology

Mobima, Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen

Frank C. OTTO

[www.fast.kit.edu/mobima](http://www.fast.kit.edu/mobima)

Mail: Otto(at)kit.edu

Fon: 0721 608-45178



## Fahrzeugsystemtechnik

Sicherheit

Energieeffizienz

Benutzerfreundlichkeit

Kostenersparung

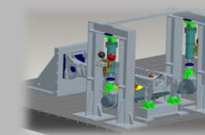
Pkw & Nutzfahrzeuge

Prof. Dr. rer. nat. Frank Gauterin



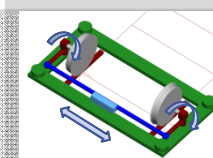
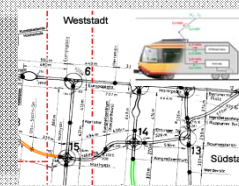
Mobile Arbeitsmaschinen

Prof. Dr.-Ing. Marcus Geimer



Schienerfahrzeuge

Prof. Dr.-Ing. Peter Gratzfeld



Leichtbau

Prof. Dr.-Ing. Frank Henning

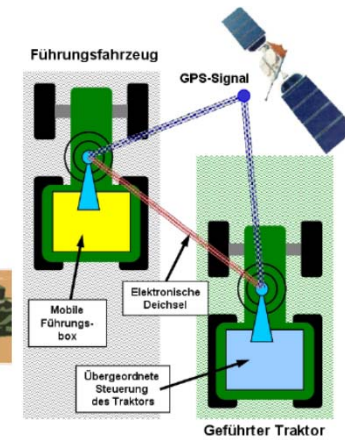
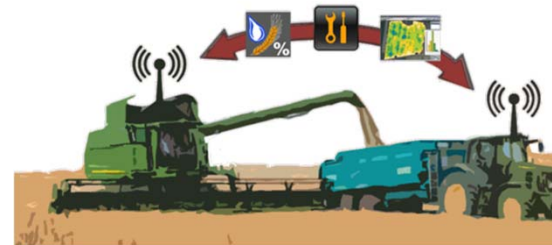
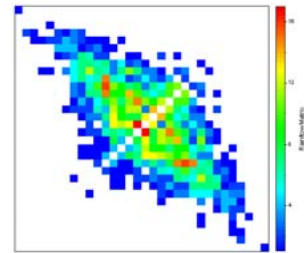
Fahrer-Fahrzeug-Interaktion

N.N.

# Forschungsschwerpunkte Mobima



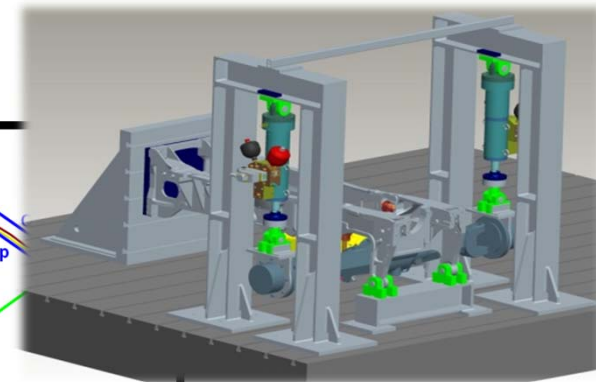
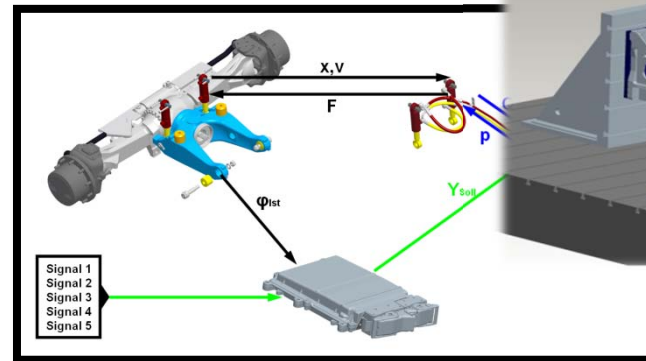
⇒



Antriebstechnik

Steuerungskonzepte

Simulation



# Infrastruktur

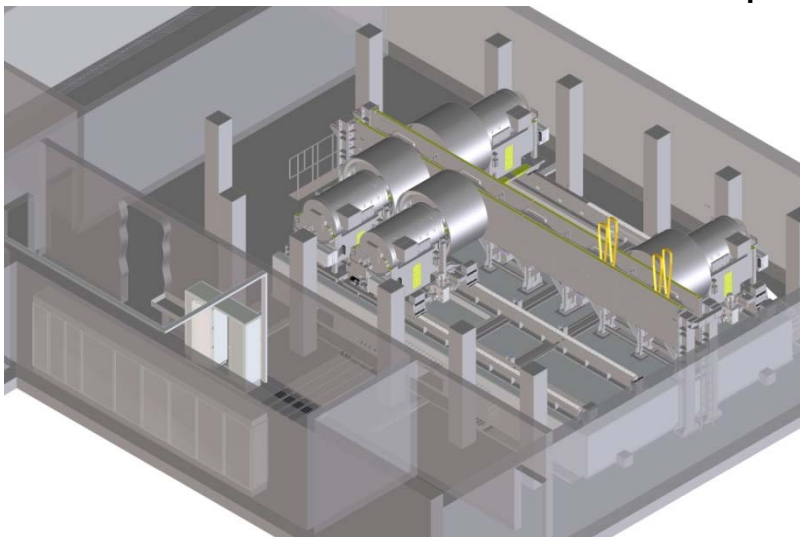


Fasanengarten



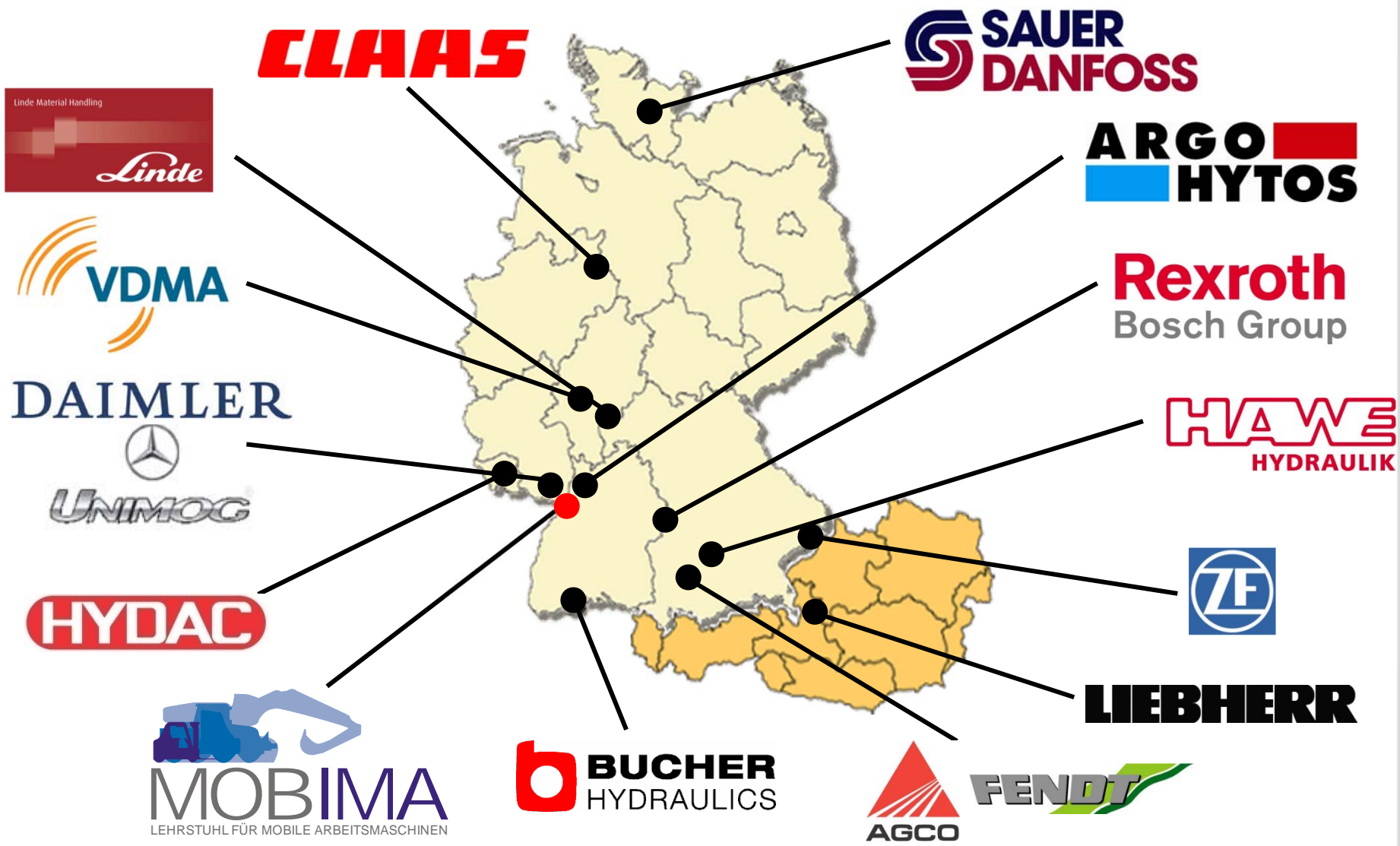
Versuchsgelände in Hochstetten (TMB)

Campus Ost





# Stiftungsverein MOBIMA e.V.



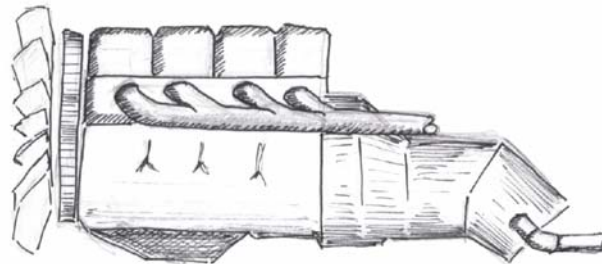
- Hard- und Software zur Implementierung von Bus Steuerungen für Mobile Arbeitsmaschinen, z.B. CAN, ISOBUS
- Simulationsprogramme für Mechanik, Hydraulik, Elektrotechnik und Steuerungsaufgaben  
z.B. ProE, Simpack, DSH+, Matlab/Simulink, AMESim, Dymola
- A-ARP Allrad-Akustik-Rollenprüfstand für mobile Arbeitsmaschinen und Nutzfahrzeuge mit bis zu 1400 kW Antriebsleistung und 440 kN Zugkraft an 4 einzelnen direkt und hochdynamisch getriebenen Rollen
- Spanntisch mit 100 m<sup>2</sup> Versuchsfläche und zentraler Druckversorgung
- Vorderachsfederung zur Verifikation von Simulationsmodellen
- Versuchsfahrzeuge:
  - Versuchstraktoren ausgerüstet mit Messtechnik
  - Teleskoplader zur Aufnahme von Lastkollektiven
  - Radlader mit telemetrischer Messtechnik

**Kolloquium  
Mobilhydraulik**

**Braunschweig /  
Karlsruhe**



**Fachtagung  
Hybridantriebe  
für mobile  
Arbeitsmaschinen**



**MobileMachines  
Sicherheit und  
Fahrerassistenz  
für  
Arbeitsmaschinen**





The screenshot shows a web browser window titled "Mobile Arbeitsmaschinen - Windows Internet Explorer". The address bar contains "http://www.fast.kit.edu/mobima/index.php". The page content includes a navigation menu with "HOME | IMPRESSUM | SITEMAP | FAKULTÄT MASCHINENBAU | KIT" and a main menu with "BAHNSYSTEMTECHNIK", "FAHRZEUGTECHNIK", "LEICHTBAUTECHNOLOGIE", and "MOBILE ARBEITSMASCHINEN". The left sidebar contains a search bar and a list of links: "Unser Profil", "Mitarbeiter", "Forschung", "Studium und Lehre", "Prüfungen", "Tagungen", "Studien- / Diplomarbeiten Bachelor- / Masterarbeiten", "Stellenangebote", "Aktuelles", "Mechanische Werkstatt und Elektrotechnisches Labor", and "So finden Sie uns!". The main content area features a banner for the "3. Fachtagung 'Hybridantriebe für mobile Arbeitsmaschinen'" with a technical drawing of a hybrid engine and the text "Hier online anmelden!". Below this is a welcome message: "Willkommen am Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen". The text describes the "Stiftungs-Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen 'Mobima'" and its international recognition. A photograph of a green and white tractor is shown. On the right, there is a logo for "MOBIMA LEHRSTUHL FÜR MOBILE ARBEITSMASCHINEN" and contact information for the "Institut für Fahrzeugsystemtechnik FAST".