

FRAUNHOFER INSTITUT FÜR TECHNO- UND WIRTSCHAFTSMATHEMATIK (ITWM)

Bereich Mathematik für die Fahrzeugentwicklung (MF)

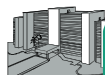
Dr. Klaus Dreßler

Kaiserslautern, Februar 2021

Fraunhofer-Gesellschaft Profil



28 000
Mitarbeiter



74 Institute
Forschung
in Deutschland



2,8 Mrd. €
Budget

- Mikroelektronik
- Produktion
- Informations- und Kommunikationstechnik
- Werkstoffe und Bauteile
- Life Sciences
- Oberflächentechnik und Photonik
- Verteidigungsforschung u. Wehrtechnik

Fraunhofer Leistungszentrum für Simulations- und Software basierte Innovation
 - Fraunhofer ITWM (industrial mathematics)
 - Fraunhofer IESE (software engineering)

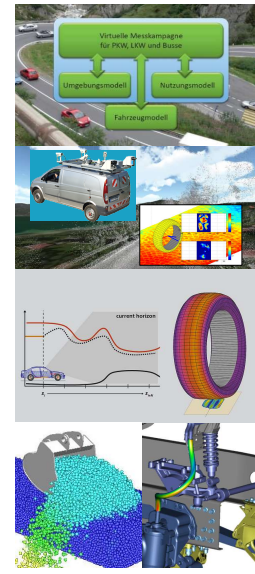


Fraunhofer ITWM – Mathematik ist Technologie

■ Aktivitäten

- Strömung und Transportvorgänge
- Materialmodelle, Mehrskalensimulation
- **Mathematik für die Fahrzeugentwicklung**
 - **Mathematik für die digitale Fabrik**
 - **Dynamik, Lasten und digitale Umgebungsdaten**
 - **Reifen- und Fahrzeugsimulation**
 - **Simulatorlabor RODOS / Straßenmessfahrzeug REDAR**
- Bildverarbeitung und Materialcharakterisierung
- Optimierung
- High Performance Computing

- **Betriebshaushalt: 33 Mio €**
- **330 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter**

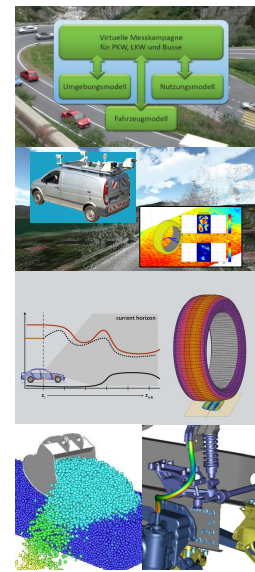


Fraunhofer ITWM / Bereich MF

■ System- und Struktursimulation

■ ‚big data‘ und maschinelles Lernen in der Fahrzeugentwicklung

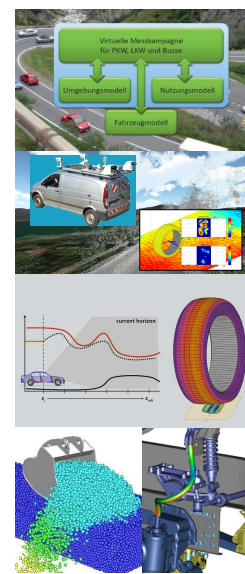
■ Nutzungsvervielfältigung & Umgebungsdaten → Absicherung



Fraunhofer ITWM / Bereich MF

■ **System- und Struktursimulation**

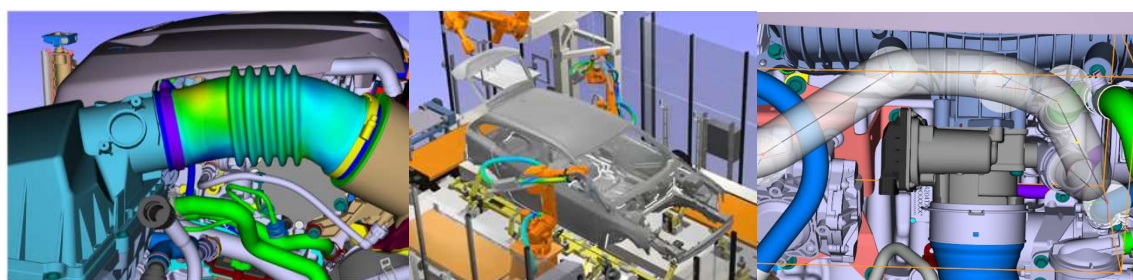
- Kabel und Schläuche / **IPS Cable Simulation**
- Fahrzeug- und Reifensimulation / **CDTire**
- Boden- und Materialsimulation / **GRAPE**
- Fahrzeug-Umwelt-Mensch Interaktion / **RODOS®**
- Human modelling → **IMMA / EMMA-CC**



© Fraunhofer ITWM
6



**IPS Cable Simulation
...and related IPS Modules**



- **Fraunhofer (ITWM & FCC)** - Kaiserslautern and Gothenburg - **technology and SW development**
- **IPS AB** - Gothenburg - **SW development and packaging**, sales, support and service for Scandinavia
- **flexstructures** - Kaiserslautern, Munich, Torino (Italy), Ann Arbor (USA) - **global sales, marketing, support, process integration technology and services**

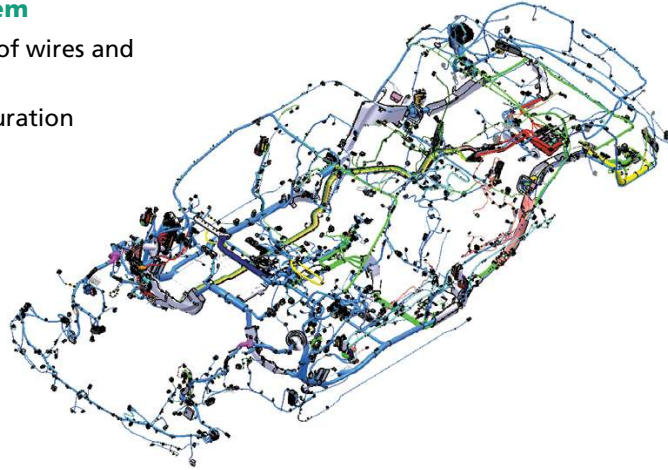
© Fraunhofer ITWM
7



IPS Cable Simulation - Simulation based design, assembly and validation of cables, hoses and wiring harness

Flexible parts in cars / Electrical System

- between 1 and 3.5 km different types of wires and wiring harnesses
- 60 kg and more depending on configuration
- even more for electric drivelines and hybrid cars

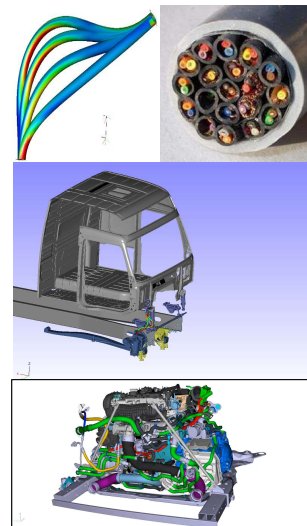


© Fraunhofer ITWM
8



Simulation von Kabeln und Schläuchen IPS Cable Simulation

- Schnelle und physikalisch korrekte Simulation großer nichtlinearer Deformationen
- Anwendungsfokus: Interaktive Simulation von Konstruktion, Montage und Betrieb von Kabeln und Schläuchen
- Produktivität: Software in CAD/DMU/CAE Kontext mit vielen Modellierungsfeatures (Verbindungen, Verzweigungen, Clips, Kontaktmodellierung,...)
- Forschung / Methodenentwicklung: Dynamik, Plastizität, Betriebsfestigkeit, flächige Strukturen,...



© Fraunhofer ITWM
9

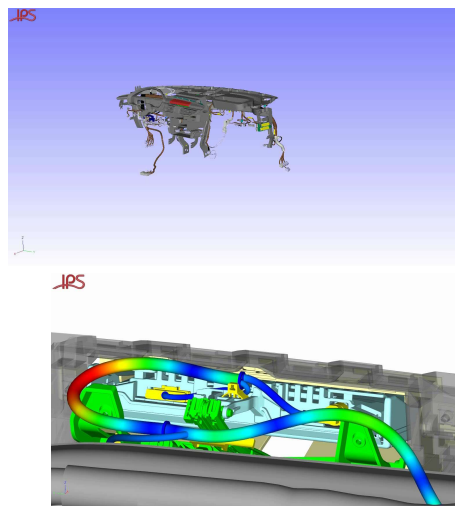


IPS Cable Simulation

IPS Cable Simulation - *Since 2004 technology and software development at Fraunhofer (ITWM+FCC), since 2012 global sales and marketing by flexStructures*

Features

- Physically correct simulation of motion and deformation of hoses, cables and wiring harness
- IPS Cable Simulation supports design, optimization and digital validation of
 - CAD / geometry
 - digital assembly and
 - performance in operation.
- IPS Cable Simulation is easy to use and highly performant – enabling interactive simulation



© Fraunhofer ITWM
10



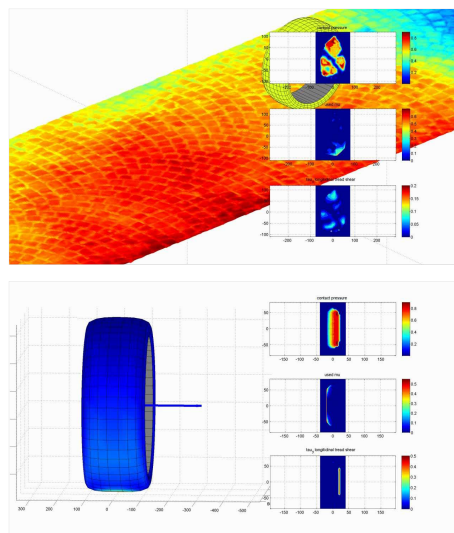
flex
structures

Fraunhofer
ITWM

Fahrzeug-Umwelt-Mensch Interaktion CDTire

CDTire/3D

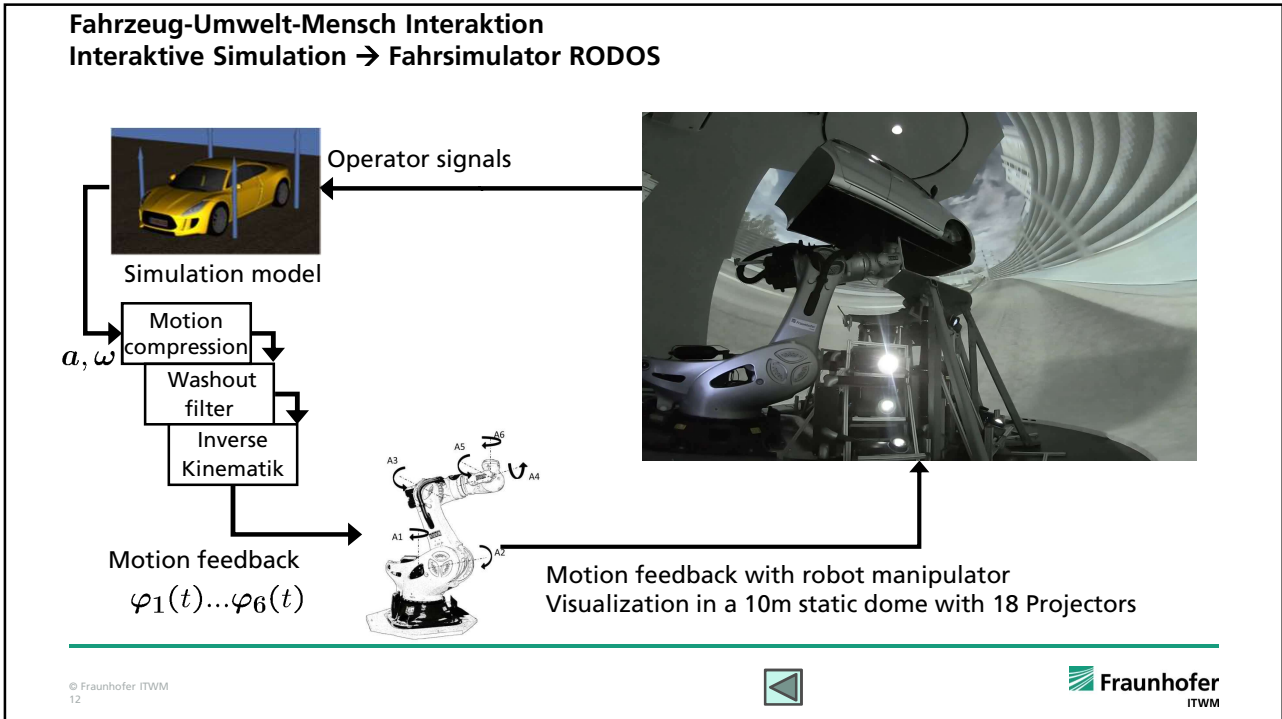
- Anwendungen
 - Handling, auch dynamisch temperaturabhängig
 - Komfort, NVH & Betriebsfestigkeit
 - Rollwiderstand
 - Abrieb
 - Missbrauch
 - Zustandsänderungen: z.B. plötzlicher Druckverlust
- Straßenoberfläche
 - Beliebige 3D Profile



© Fraunhofer ITWM
11



Fraunhofer
ITWM



Fraunhofer ITWM / Bereich MF

- **System- und Struktursimulation**
 - Kabel und Schläuche / **IPS Cable Simulation**
 - Fahrzeug- und Reifensimulation / **CDTire**
 - Boden- und Materialsimulation / **GRAPE**
 - Fahrzeug-Umwelt-Mensch Interaktion / **RODOS®**
 - Human modelling → **IMMA / EMMA-CC**
- **Datenanalyse und maschinelles Lernen in der Fahrzeugentwicklung**
 - ML zur Applikationserkennung; Identifikation dynamischer Systeme
 - Statistische Methoden zum Nachweis der Bauteilzuverlässigkeit / **JUROJIN**

© Fraunhofer ITWM 14

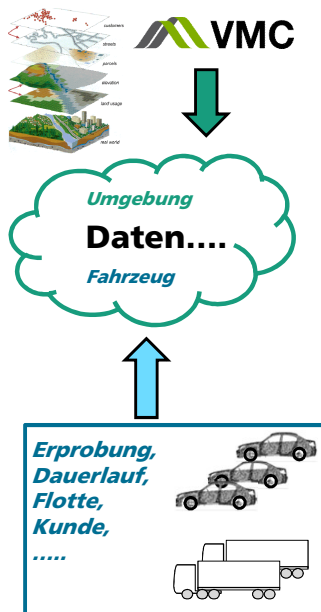
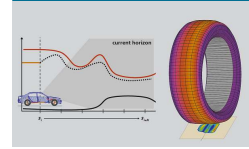
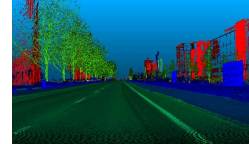
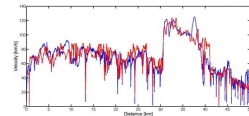
Fraunhofer ITWM

Daten....

Die Verfügbarkeit an Datensätzen nimmt seit Jahren stark zu.

- **In der Fahrzeugentwicklung:** Mehr und mehr Daten werden gesammelt und sind verfügbar in **Konstruktion, Entwicklung, Absicherung, Produktion, Erprobung** und **Betrieb**.
- **In der Betriebsfestigkeit:** Daten zur **Produktnutzung**, zur **Beanspruchung** und zu **Bauteil- und Materialeigenschaften**, zu **Erprobung und Absicherung**
- **In der Beschreibung der äußeren Umgebung / Umgebungsdaten:** digitale Karten, Klimadaten, sozio-ökonomische und topographische Daten etc.

→ **Wie können wir möglichst viel Nutzen aus diesen Daten ziehen?**

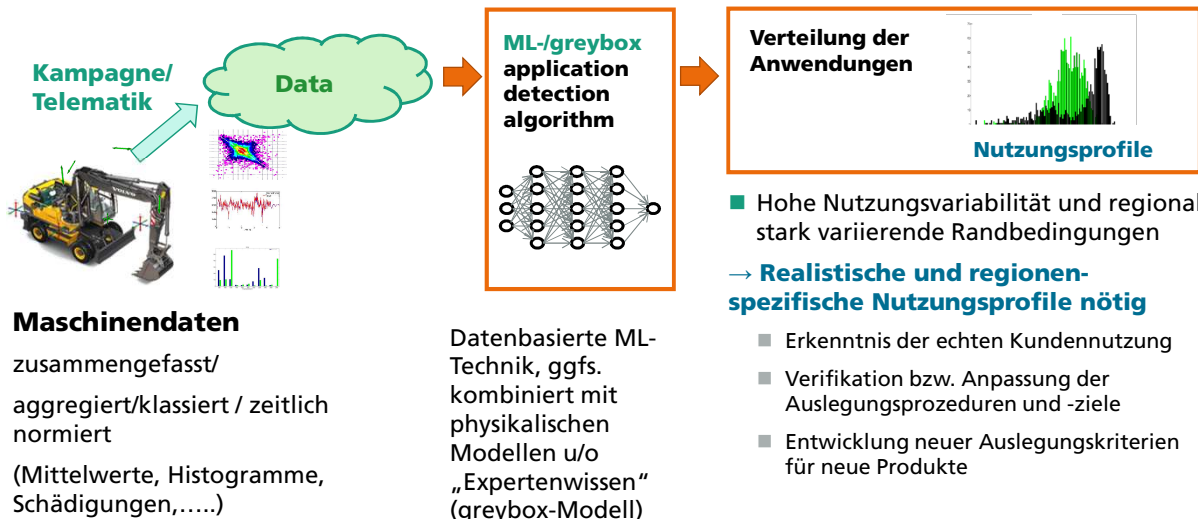


Beispiele / Aktivitäten am ITWM

- ML-Modelle zur Applikationsklassifikation und Erkennung
- Approximation dynamischer Fahrzeugsysteme
- Datenbasierte Ersatzmodelle zur Effizienzsteigerung
- Bayes'sche Modellierung zur Nutzung von Vorerfahrung in der Erprobung / Absicherung
- ...



Identifikation von Applikationen basierend auf Maschinendaten



© Fraunhofer ITWM
17



Fraunhofer ITWM / Bereich MF

■ System- und Struktursimulation

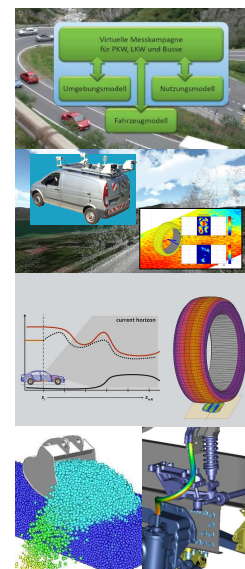
- Kabel und Schläuche / **IPS Cable Simulation**
- Fahrzeug- und Reifensimulation / **CDTire**
- Boden- und Materialsimulation / **GRAPE**
- Fahrzeug-Umwelt-Mensch Interaktion / **RODOS®**
- Human modelling → **IMMA / EMMA-CC**

■ Datenanalyse und maschinelles Lernen in der Fahrzeugentwicklung

- ML zur Applikationserkennung; Identifikation dynamischer Systeme
- Statistische Methoden zum Nachweis der Bauteilzuverlässigkeit / **JUROJIN**

■ Nutzungsveränderlichkeit & Umgebungsdaten

- Geo-referenzierte Daten - **VMC®, USIM**
- Detaildaten / **REDAR**
- Lasten und Betriebsfestigkeit
- Energieeffizienz / 'real-driving-emission'
- ADAS (assistiertes und autonomes Fahren)



© Fraunhofer ITWM
19

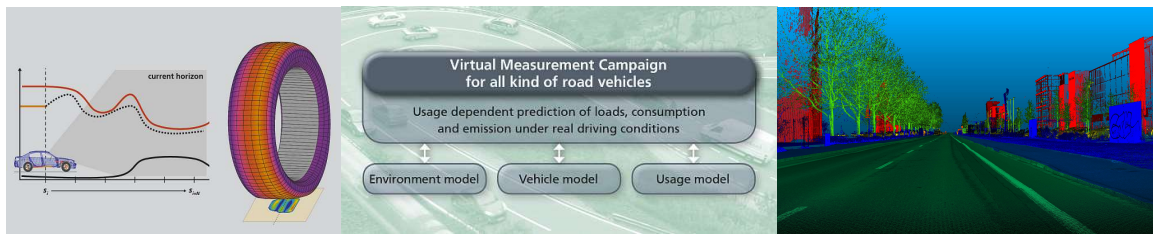


NUTZUNGSVARIABILITÄT UND DIGITALE UMGEBUNGSDATEN FÜR DIE FAHRZEUGENTWICKLUNG

Fraunhofer-Institute for Industrial Mathematics ITWM

Mathematics for Vehicle Engineering (MF) | Dynamics, Loads and Environmental Data (DLU)

Kaiserslautern 2021



© Fraunhofer ITWM
20

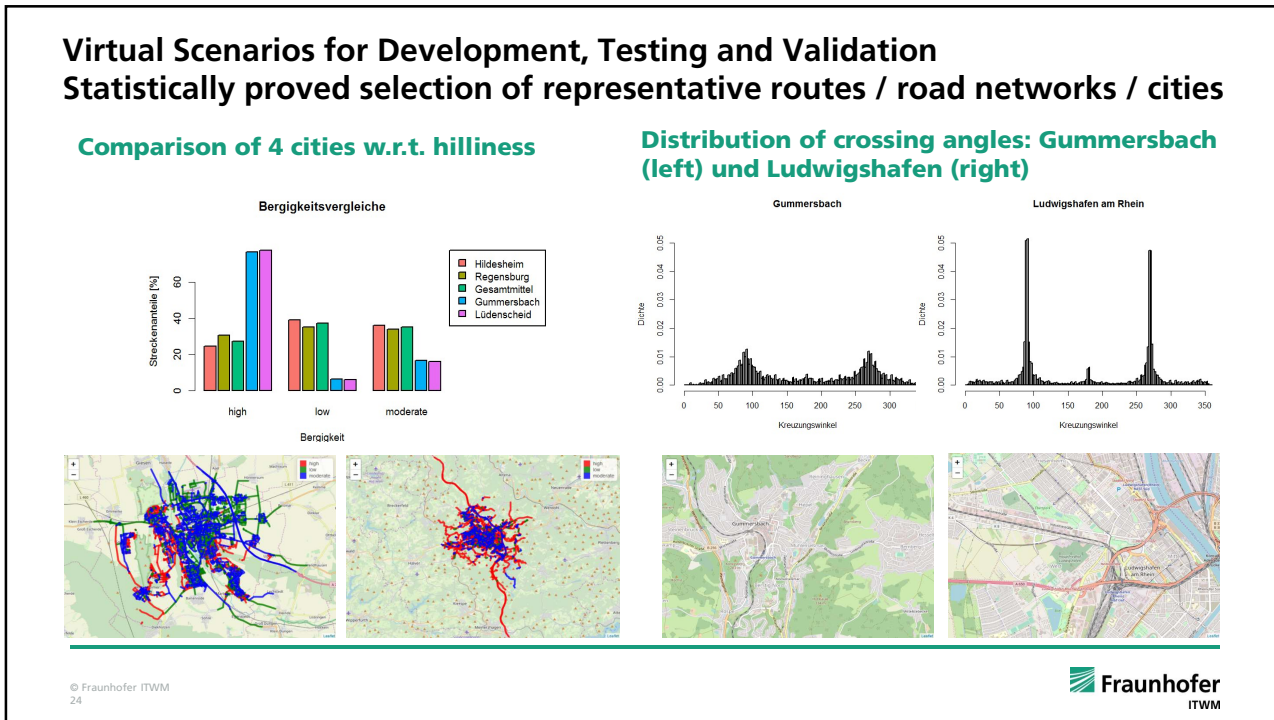
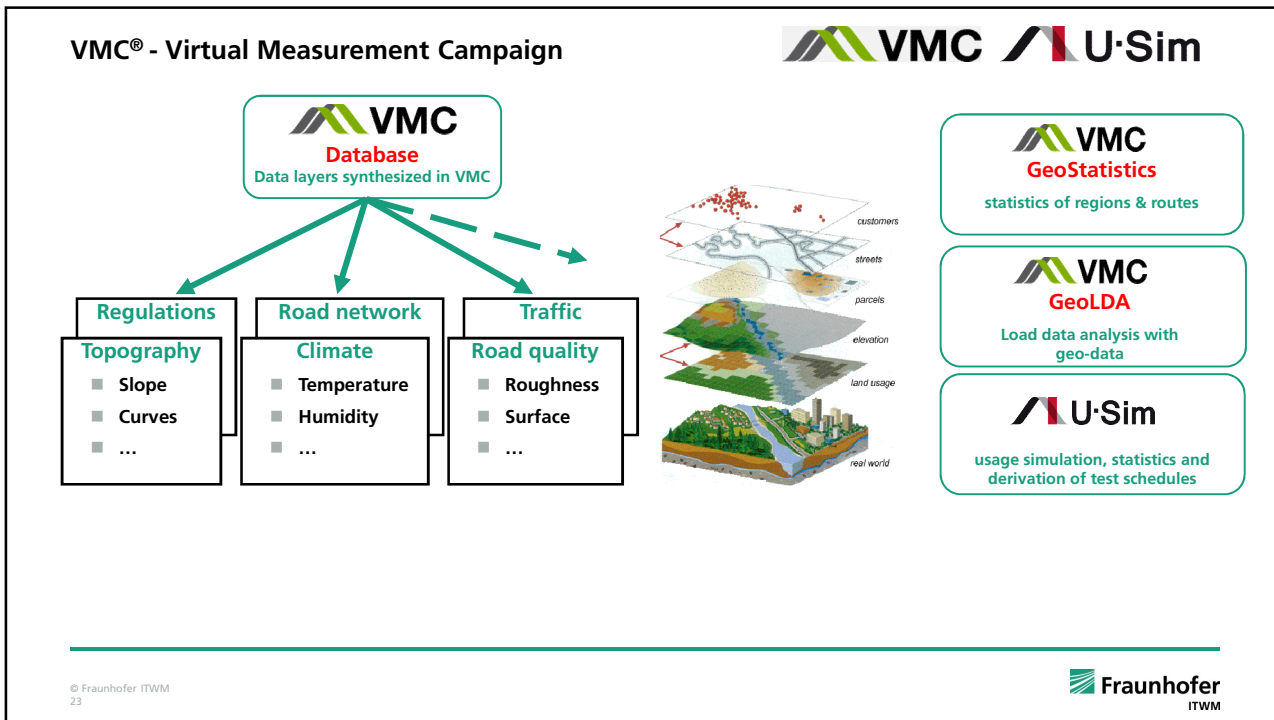


Nutzungsvariabilität und Digitale Umgebungsdaten für die Fahrzeugentwicklung

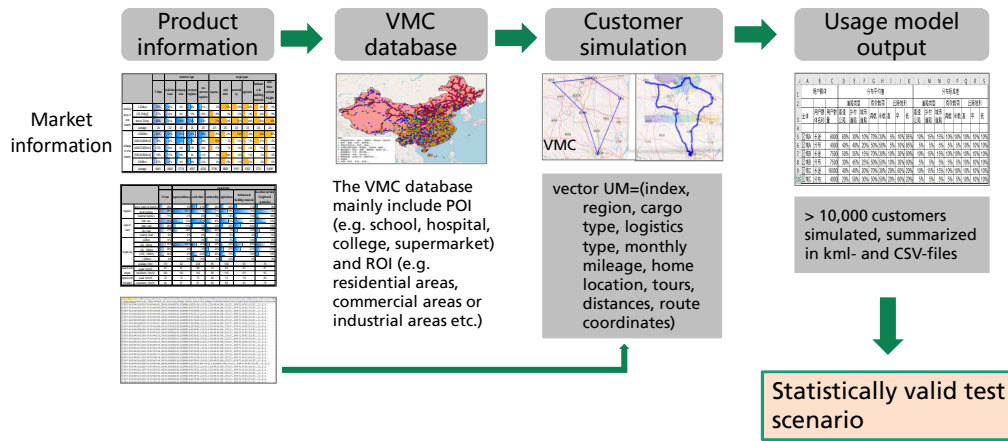


© Fraunhofer ITWM
21





Statistically valid derivation of test scenarios (example: light truck for Chinese market)



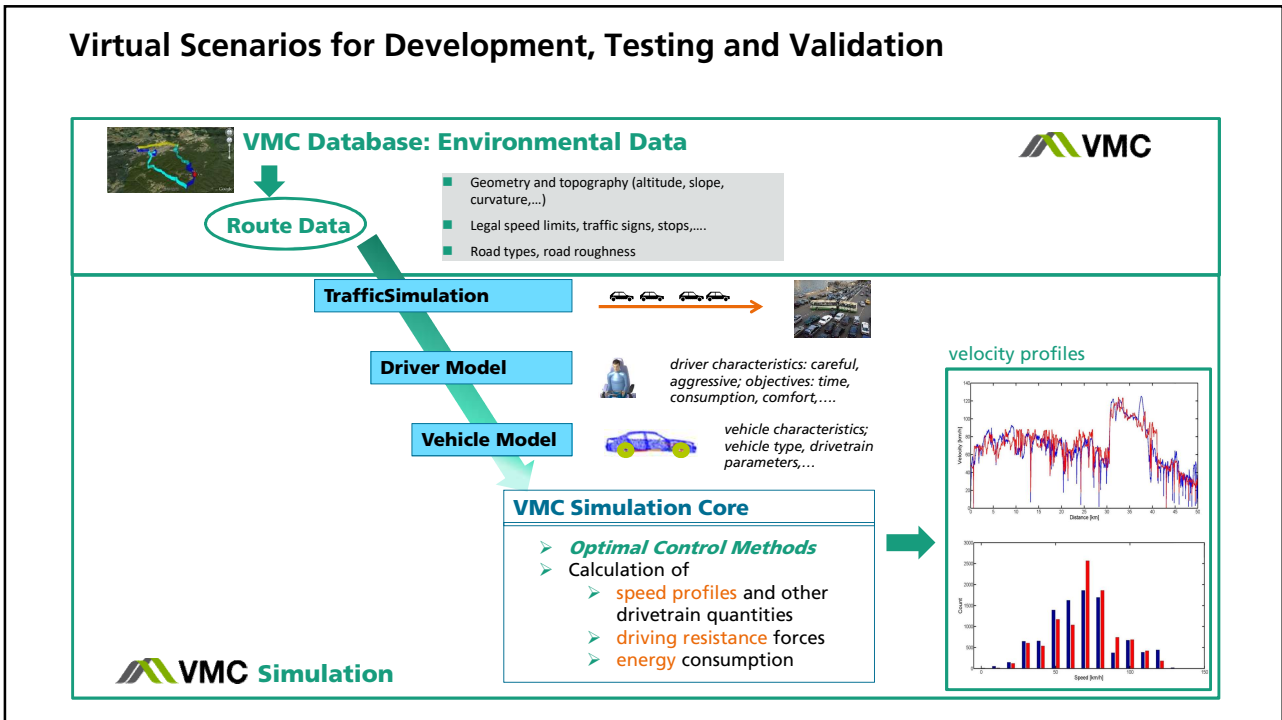
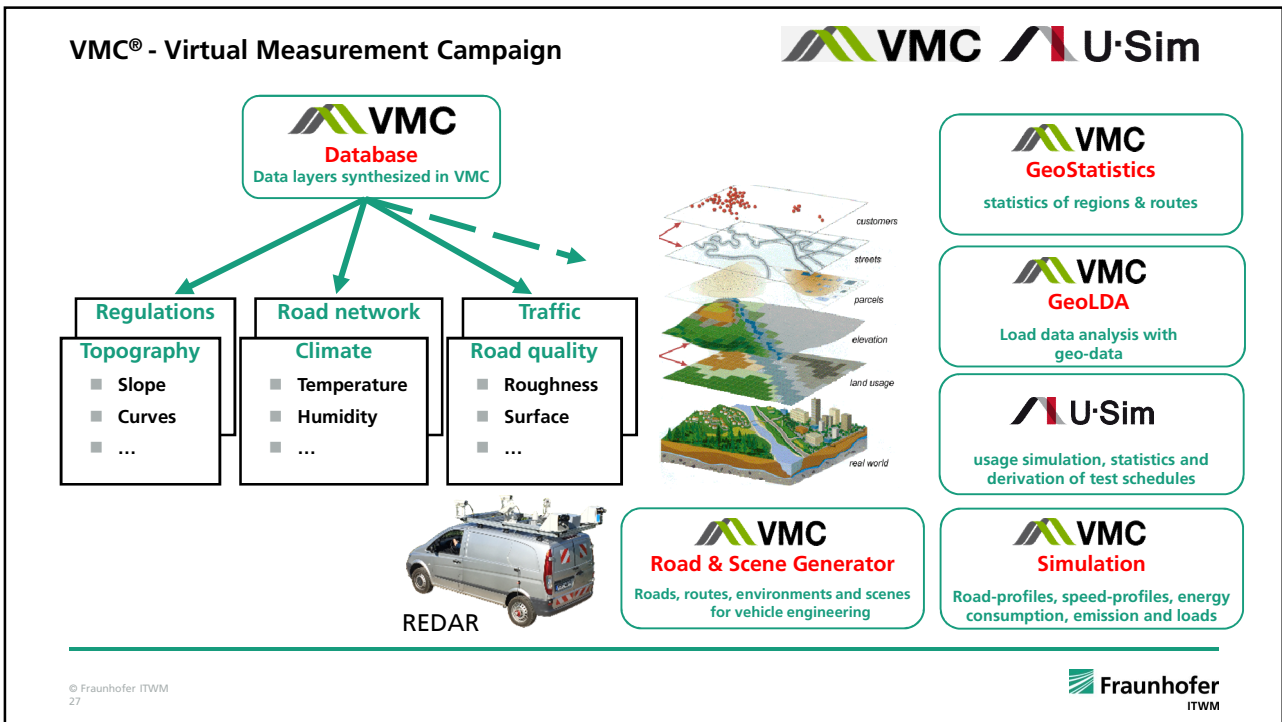
VIRTUELLE SZENARIEN ZUR OPTIMIERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ UND ABSICHERUNG VON ADAS/AD-FUNKTIONEN

Fraunhofer-Institute for Industrial Mathematics ITWM

Mathematics for Vehicle Engineering (MF) | Dynamics, Loads and Environmental Data (DLU)

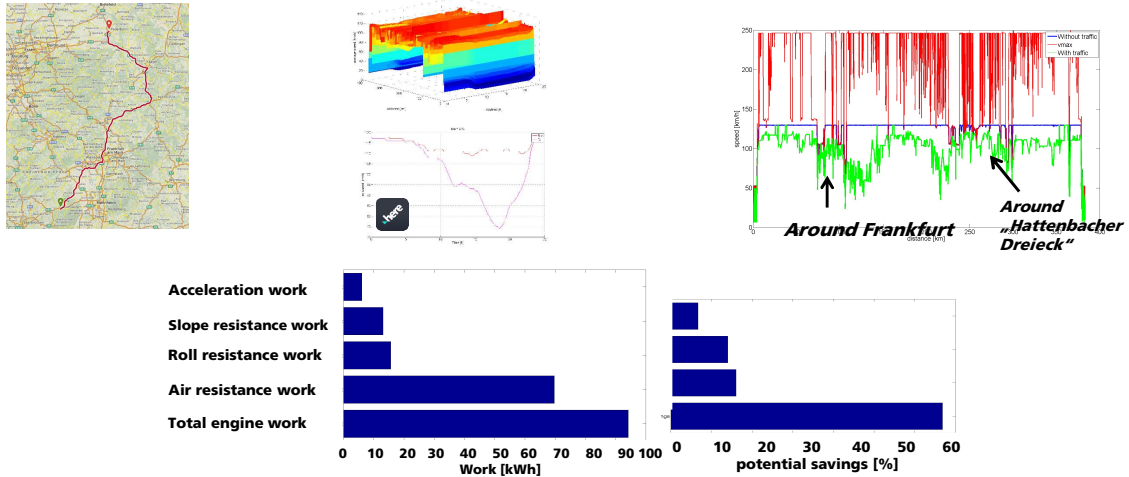
Kaiserslautern 2021





Route- and traffic-specific prediction of energy demands and drivetrain loads

VMC Simulation **Passenger Car Model** Kaiserslautern – Paderborn (383km)



© Fraunhofer ITWM
29

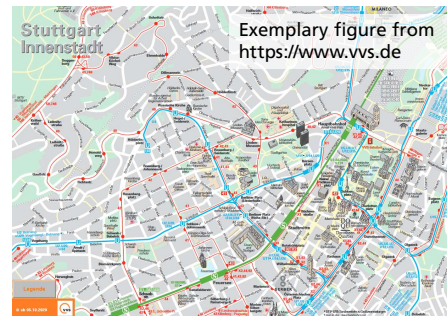


Fraunhofer
ITWM

Challenge: Establishing E-drives in operation of busses on line networks

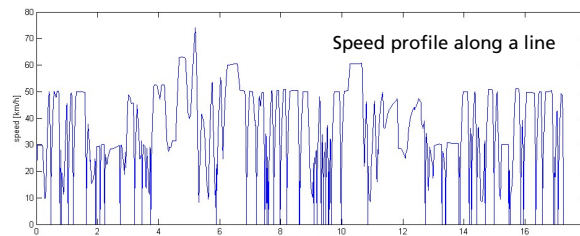
goal

- Reduce emissions of combustion engines.
- Qualify alternatives like E-Busses
- Bus manufacturers and operators need to check the capabilities of alternative driveline concepts against the requirements of the local line network.



Analysis of energy demand due to driving

- Positive driving force work: 2.31 [kWh/km]
- Negative driving force work: 1.90 [kWh/km]
- Total air resistance losses: 0.10 [kWh/km]
- Total roll resistance losses: 0.37 [kWh/km]
- Positive slope resistance losses: 0.61 [kWh/km]
- Positive acceleration work: 1.82 [kWh/km]



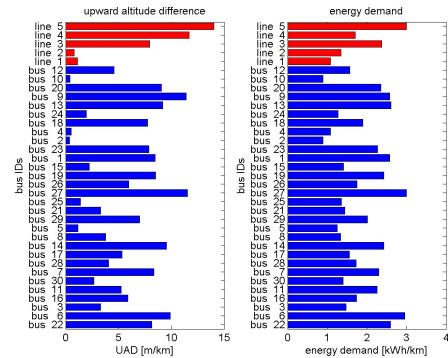
© Fraunhofer ITWM
30



Fraunhofer
ITWM

Results

- Distributions of key quantities for bus fleets in different networks
- Network-specific optimization (development) and configuration (sales) of the drivetrain of a fleet
- Average as well as maximum demands for busses belonging to a fleet
- Selection of reference lines for further development and optimization
 - Validation via simulation
 - Validation via real driving

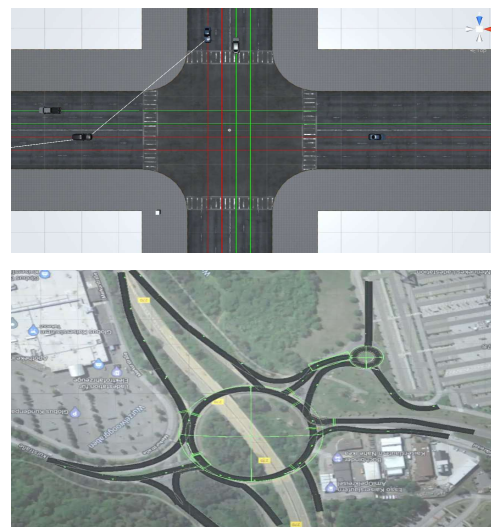


Upward altitude difference (left) and energy demand (right) for all busses of a network fleet (blue) and some selected lines of the network (red)



VMC Traffic

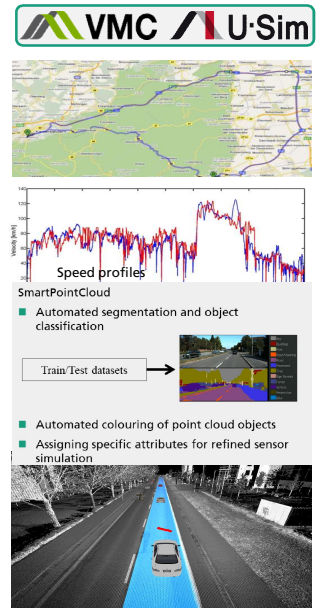
- Traffic Rules, Traffic Signs
 - Stochastic Modelling of different Driver Types
 - Simulation of Different Scenarios
 - Coupling to
 - Interactive driving simulators,
 - SiL-/HiL-Scenarios,
 - Scenario-based offline simulations
- Allows scenario-based development, testing and validation of ADAS/AD functionalities!



visualization with unity

Virtual Scenarios for Digital Validation and Testing Summary

- **Geo-referenced data & usage variability - VMC®, USIM**
 - statistical analysis of regions and routes – **what happens and how often**
 - Sensitivities w.r.t. usage and geography / market specific targets
 - Design and analysis of test scenarios and loads for **durability**
 - Design of reference routes for **energy efficiency** and real-driving-emission
- **VMC® Simulation**
 - **speed profiles** and road profiles
 - Simulation of **energy efficiency** and **vehicle loads**
- **VMC® Road & Scene Generator**
 - Virtual scenarios – for **digital validation of reliability, vehicle functions and ADAS / autonomous driving** - using data, simulation and statistics on geography, usage types and traffic
 - Ground truth environment for **ADAS / AD** engineering / Export to open formats (e.g. OpenDRIVE and CRG)



© Fraunhofer ITWM
34



Fraunhofer
ITWM

Nutzungsvariabilität und Digitale Umgebungsdaten für die Fahrzeugentwicklung



© Fraunhofer ITWM
35

Fraunhofer
ITWM