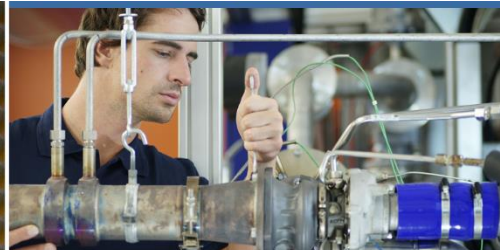


Thüringer Innovationszentrum Mobilität / ThIMo



Arbeitsstand 2021



Gefördert durch:



Ministerium
für Wirtschaft, Wissenschaft
und Digitale Gesellschaft



Thüringer Innovationszentrum
MOBILITÄT

th
TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Inhalt



Kernkompetenz Antriebstechnik

S. 4 Arbeitsfelder
S. 5 Prüfstände
S. 6 Mess- und Analysesysteme



Kernkompetenz Fahrzeugtechnik

S. 9 Arbeitsfelder
S. 10 Prüfstände
S. 17 Mess- und Analysesysteme
S. 38 Forschungsfahrzeuge
S. 40 Software und Lizenzen



Kernkompetenz Funk- und Informationstechnik

S. 43 Arbeitsfelder
S. 44 Prüfstände
S. 46 Mess- und Analysesysteme



Kernkompetenz Kunststofftechnik und Leichtbau

S. 56 Arbeitsfelder
S. 57 Kunststofftechnikum
S. 63 Mess- und Analysesysteme
S. 68 Software und Lizenzen



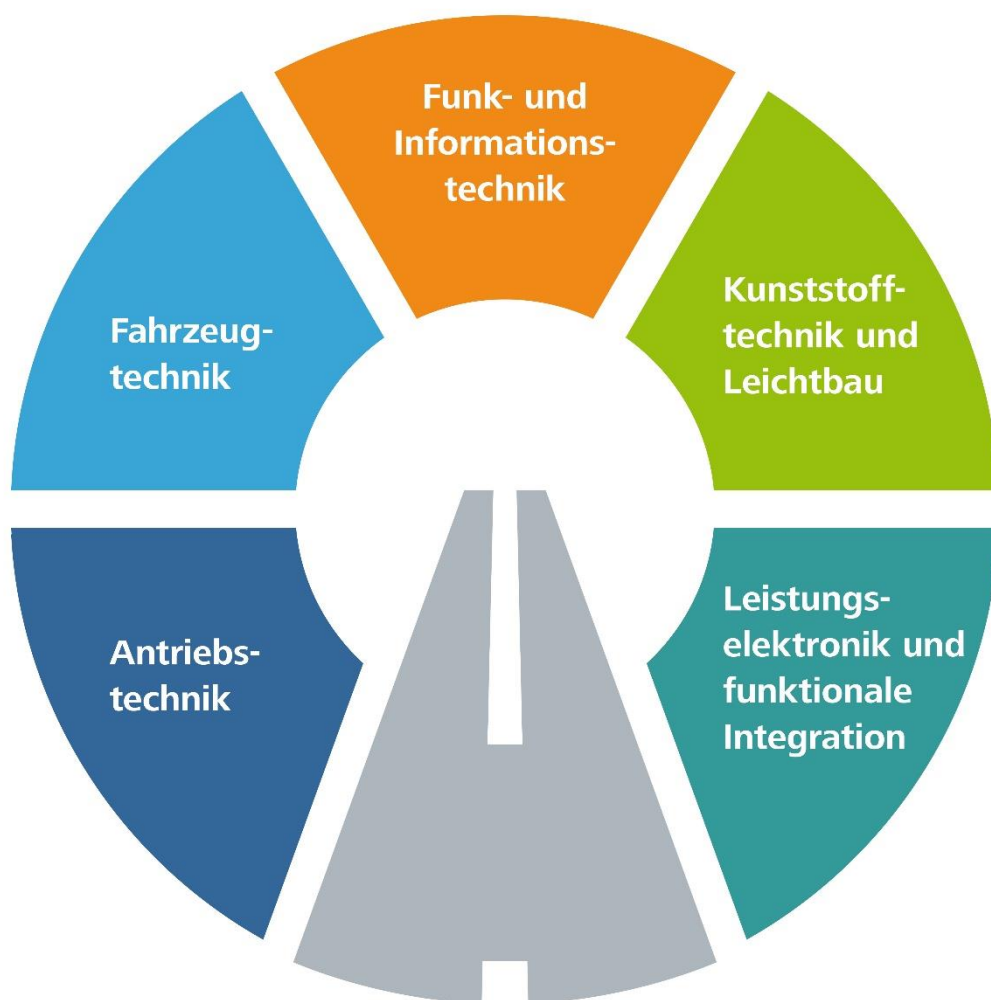
Kernkompetenz Leistungselektronik und funktionale Integration

S. 69 Arbeitsfelder
S. 70 Mess- und Analysesysteme

Kernkompetenzen

Das Thüringer Innovationszentrum Mobilität (ThIMo) verfolgt gemäß seiner strategischen Ausrichtung das Ziel, den Wandel der Industrie zu nachhaltigen Mobilitätstechnologien zu begleiten.

Hierfür werden wissenschaftlich herausragende Erkenntnisse mit dem Fokus auf industrietaugliche und wirtschaftlich verwertbare Lösungen erarbeitet.



Innerhalb dieser Kernkompetenzen erarbeiten Wissenschaftler des Innovationszentrums gemeinsam mit Ihren Partnern der TU Ilmenau und anderer Einrichtungen wissenschaftlich hochwertige und zugleich innovationsrelevante Lösungen für die Praxis.



- Hybride und adaptive Antriebskonzepte
- Alternative und gasförmige (Misch-) Kraftstoffe
- Abgasnachbehandlung
- Optimierung von Funktion und Robustheit von Turboladern



Ihr Ansprechpartner:

Dr. Valentin Ivanov

Leiter (k) des Fachgebiets Kraftfahrzeugtechnik

Tel.: +49 3677 69-3869

Mail: valentin.ivanov@tu-ilmenau.de





Prüfstände Verbrennungsmotoren

AVL Dynospirit 370/4,5-8

Modernster, hochdynamischer Motorprüfstand, an dem Untersuchungen insbesondere aufgeladener Verbrennungsmotoren möglich sind.

Spezifikationen:

- Drehmoment: MD=785 Nm
- Leistung: P=370 kW
- Drehzahl: n=8000 1/min
- Trägheit: $\Theta=0,273 \text{ kg m}^2$
- Messtechnik: p,T,P,M
- Indizierung: AVL Indimodul
- Abgasmessung: Gasförmige Emissionen mit AVL SESAM i60 FT
- Kraftstoffe: Benzin, Diesel



Heißgasprüfstände

Heißgasprüfstände für Kennfeldmessungen an Abgasturboladern, Thermomechanikuntersuchungen und Werkstoffprüfungen bei Gastemperaturen bis $T=1100 \text{ °C}$. An einem Prüfstand sind ATL-Untersuchungen im Verdichterkurzschlussbetrieb und Blow-By Messungen möglich.

Spezifikationen Prüfstand 1:

- Heizleistung: P=400 kW
- Massenstrom: m= 1500 kg/h
- Abgastemperatur: T=150-1100 °C
- Besonderheit: Thermoschockfähig

Spezifikationen Prüfstand 2:

- Heizleistung: P=200 kW
- Massenstrom: m=1000 kg/h
- Abgastemperatur: T=150-1100 °C
- Besonderheit: ClosedLoop Betrieb möglich



Antriebstechnik

2. Mess- und Analysesysteme



Stationäres Abgasmesssystem

Abgasmesssystem SESAM i60 FT

Mehrkomponentenabgasmesssystem zur Bestimmung der Abgaszusammensetzung von Verbrennungsmotoren.

Spezifikationen:

- Messverfahren: Infrarotspektroskopie
Auswertung mittels Fourier Analyse
- Messrate: 1Hz
- Ansprechzeit: 1Sek (t_{10} zu t_{90})
- Erfassbare Abgaskomponenten:
Stickoxide, Alkohole, Aldehyde,
Ammoniak, CO, CO₂, CH₄, SO₂,
Formaldehyde, Aromatische
Kohlenwasserstoffe, Pentane,
Oktane



Hochdynamische DC-Spannungsquelle VES2 Vehicle Energy System

DC Spannungsquelle für statische und dynamische Belastungsuntersuchungen von elektrischen Fahrzeugantrieben und DC Spannungssenke für Untersuchungen an Fahrzeugbatteriesystemen bzw. Hybridantriebssystemen.

Spezifikationen:

- Nennleistung: $P = 250 \text{ kW (340PS)}$
- Ausgangsspannung: $U = 40 - 800 \text{ V}$
- Ausgangsstrom: $I = +/- 0 - 700 \text{ A}$
- Spannungsanstiegszeit: $< 400 \mu\text{s}$
- Stromanstiegszeit: $< 400 \mu\text{s}$



Antriebstechnik

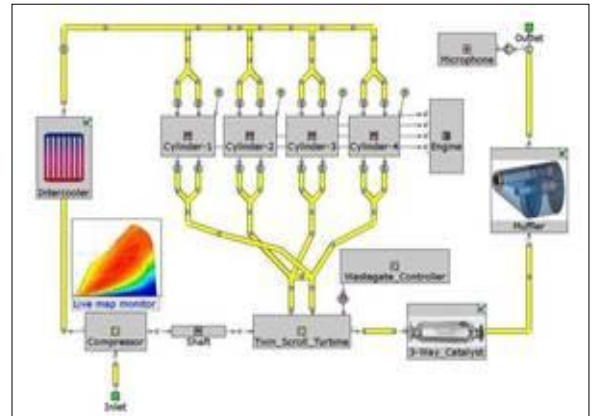
2. Mess- und Analysesysteme



Numerische Simulation

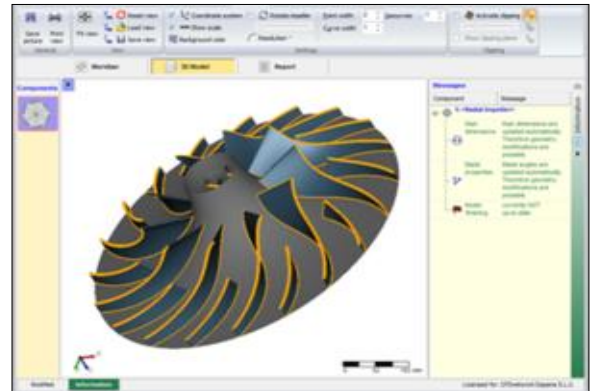
Motorprozesssimulation

Mit einem 1-D Motorprozesssimulationsprogramm werden in Lehre und Forschung Simulationen des Gesamtmotors durchgeführt.



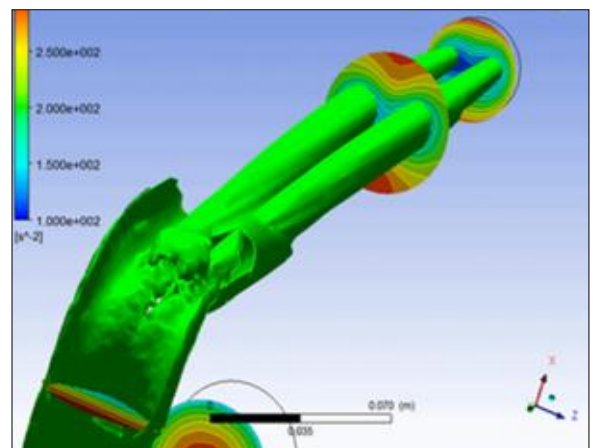
Turboladerauslegung

Für Lehr- und Forschungszwecke wird das Programm CFturbo zur Auslegung von Turboladerrädern (Verdichter- und Turbinenrad) sowie der zugehörigen Gehäuse verwendet



Strömungssimulation

Mit Programmen wie Ansys CFX und OpenFOAM können 3-D Strömungssimulationen für Motoren und Turbolader durchgeführt werden.



Antriebstechnik

2. Mess- und Analysesysteme

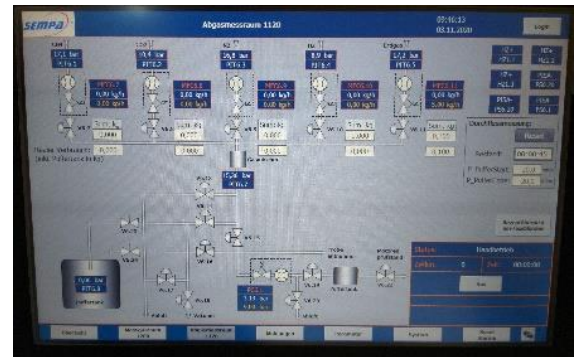


Gasmischanlage

- Versorgung eines Motorprüfstandes mit gasförmigen Kraftstoffen
- Erzeugung von Gasgemischen mit beliebiger Zusammensetzung

Spezifikationen:

- Gaskomponenten & maximale Massenströme
 - Methan (60 kg/h)
 - Kohlenstoffdioxid (15 kg/h)
 - Stickstoff (11 kg/h)
 - Wasserstoff (7 kg/h)
 - Erdgas (80 kg/h)
- Variabler Gasdruck am Prüfling bis zu 16 bar
- 500 Liter Puffertank zur Realisierung eines hochdynamischen Motorbetriebes





- X-in-the-loop Test- und Simulationsverfahren
- Assistenzsysteme zur Optimierung von Fahrsicherheit und Energieeffizienz
- Längs- und Querdynamikregelung autonomer Fahrzeuge, Fahrdynamikregelung
- Integrierte aktive Fahrwerkssysteme für multi- aktuierte und elektrische Kraftfahrzeuge
- Forschungs- und Testzentrum für antriebsstrangferne Emissionen



Ihr Ansprechpartner:

Dr. Valentin Ivanov

Leiter (k) des Fachgebiets Kraftfahrzeugtechnik

Tel.: +49 3677 69-3869

Mail: valentin.ivanov@tu-ilmenau.de



Fahrzeugtechnik

1. Prüfstände (System)



MASTER: Vier- Rollen- Leistungsprüfstand

Moderne Fahrzeuge werden mit steigendem Funktionsumfang ausgestattet, um die Sicherheit, den Komfort und die Performance zu erhöhen. Trotz der steigenden Komplexität erwarten Hersteller kurze Produktionsentwicklungszyklen bei gleichbleibender Zuverlässigkeit und einem ausgewogenen Preis-Leistungs-Verhältnis. Der Vier- Rollen- Leistungsprüfstand ist als MASTER-Knotenpunkt in einer echtzeitfähigen Prüf- und Entwicklungsumgebung eingebunden, die es erlaubt, Produkte aus unterschiedlichen Entwicklungszyklen miteinander zu testen. Dies ermöglicht eine schnellere und effektivere Entwicklung von Automobilen.



Fahrzeugtechnik

1. Prüfstände (System)



MASTER: Vier- Rollen- Leistungsprüfstand

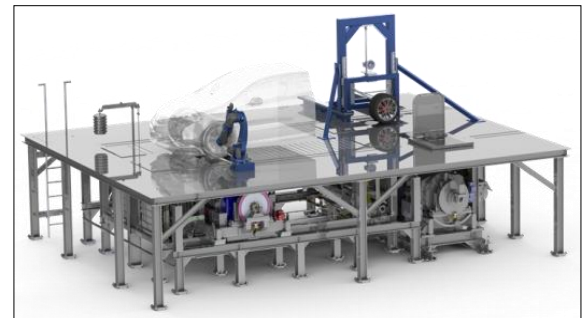
Technische Eckdaten

- Prüfkammer (LxBxH) 12x7, 5x4,5 m
- Klimatisierung -20 bis 45 °C
- Spitzenleistung 4x230 kW
- Rollendurchmesser vorn 48", hinten 75"
- Rad- und achslastselektiver Betrieb möglich



Cornermodul

- Untersuchung von längs-, quer- und vertikal-
- dynamischen Reifencharakteristiken
- Analyse von elektrischen Radantrieben bis zu 250 kW
- Experimentelle Analyse von Feder-, Dämpfer- und Fahrwerkeigenschaften



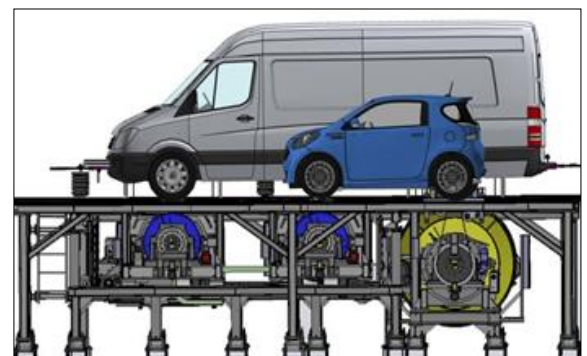
Umweltuntersuchungen

- Analyse von antriebsfernen Emissionen und Partikeln
- Automatisierte Messkopfpositionierung mithilfe eines Industrieroboters
- Effizienzoptimierung durch Reibungsminimierung an Teilsystemen für eine optimierte CO₂ - Bilanz des Fahrzeuges



Fahrzeugeigenschaften

- Geschwindigkeit bis 250 km/h
- Spurbreite 0,8 bis 2,3 m
- Radstand 2,1 bis 4,4 m
- Max. Radlast 1,25 t



Fahrzeugtechnik

1. Prüfstände (System)



Prüfzentrum für Fahrwerks- und Bremsentechnik

Mit Hilfe des Prüfzentrums werden interdisziplinäre Forschungsaufgaben mit Alleinstellungscharakter hinsichtlich Fahrsicherheit, Fahrkomfort und Umweltschonung wahrgenommen.

- Abbildung schwere Fahrzeuge (bis Transporter)
- Hochleistungsprüfungen und Komfortanalysen (NVH)
- Untersuchungen an Radbremssystemen und Analysen von Fahrwerkskomponenten bis hin zu Komplettachsen

Spezifikationen:

- Drehzahl: $n_{\max} = 2500 \text{ min}^{-1}$
- Geschwindigkeit: $v_{\max} = 310 \text{ km/h}$
- Antrieb: $M_{\max} = 2300 \text{ Nm}$ (bis ca. 1100 min^{-1})
- Trägheitsmoment: $I_{\max} = 191 \text{ kgm}^2$
- Kühlung/Klima: $Q_{\max} = 4200 \text{ m}^3/\text{h}$
-20 bis +50 °C; 15-85% rel. Feuchte



Experimentalplattform für Echtzeitkopplung

Modell Rollenprüfstand

Demonstrator für Echtzeitkopplung von Rollen-Prüfständen und Simulationsplattformen

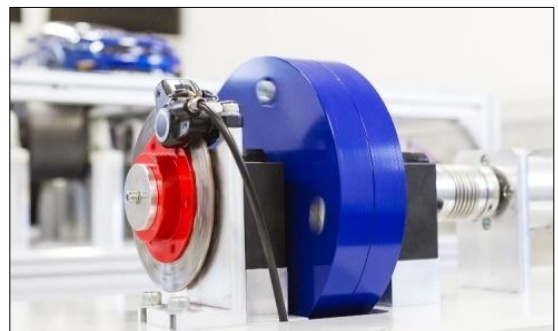
- Skalierte Abbildung von Prüfscenarien für Antriebs- und Fahrwerkstechnik
- Die Echtzeitkopplung ermöglicht eine reproduzierbare realitätsgetreue Prüfung
- Untersuchung komplexer physikalischer Phänomene



Modell Bremsenprüfstand

Demonstrator für Echtzeitkopplung von Bremsen-Prüfständen und Simulationsplattformen

- Skalierte Abbildung von Prüfscenarien für Bremsentechnik
- Die Echtzeitkopplung ermöglicht eine reproduzierbare realitätsgetreue Prüfung
- Berücksichtigung komplexer tribologischer Eigenschaften



Fahrzeugtechnik

1. Prüfstände (Komponenten)



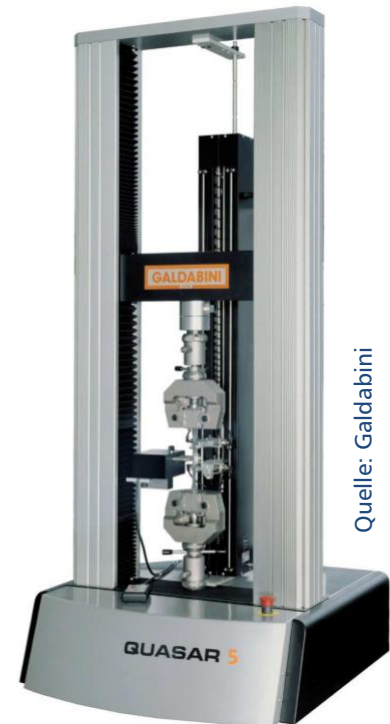
Materialprüfmaschine

Galdabini Quasar 5

Maschine für Zug-Druck-Untersuchungen zur Materialcharakterisierung von Elastomeren, die speziell für Reibungsmessungen in Automobil-Schwingungsdämpfern erweitert wurde.

Spezifikationen:

- Standard-Messmittel: Kraftsensor + Extensometer
- Zusätzliche Kraft-, Druck- und Differenzdrucksensoren
- Zusatzanbauten zum Einleiten von Lateralkräften in den Dämpfer

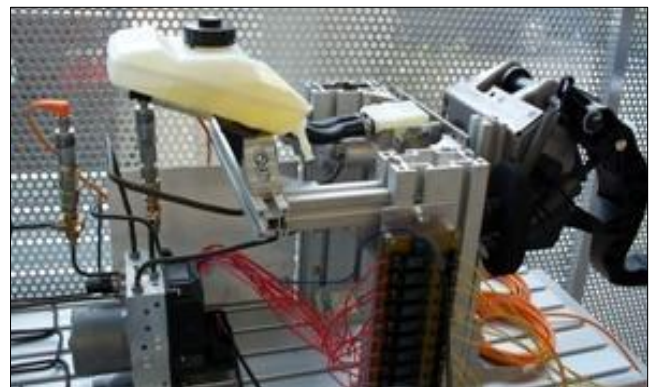


Quelle: Galdabini

Hardware in the Loop Prüfkomples

Prüfstand zur Untersuchungen der Algorithmen für Antiblockiersysteme (ABS), elektronische Stabilitätsprogramme (ESP) und anderer Fahrsicherheitssysteme.

- Hardware: Hauptbremszylinder, vier Radbremsen, hydraulische Steuerung
- Hydraulisches Steuergerät (HCU) folgt der in MATLAB / Simulink realisierten Regelungsstrategien mit Hilfe einer dSpace-Schnittstelle



Fahrzeugtechnik

1. Prüfstände (Komponenten)



Dynamischer Fahrsimulator

Simulator Mock-Up

Simulator Plattform zur Untersuchung von Nutzerakzeptanz verschiedener Assistenzsysteme und Mensch-Technik-Interaktionen (MTI oder HMI).

Aufbau:

- Umgebungsvisualisierung mittels 98" 4K Bildschirm
- aktives Lenkrad Fa. Sensodrive
- Pedale (Gas, Bremse) / aktive Pedale in Planung

Funktion:

- Realisierung einer detaillierten Gesamtfahrzeugsimulation mit beliebigen Software-Tools (IPG CarMaker / PreScan / AMESim)
- CAN-Kommunikation ermöglicht direkte Beeinflussung der Lenkraleigenschaften in Form von Steifigkeit, Dämpfung und Reibung
- Hardware-Kommunikation (dSpace / National Instruments): Echtzeitübertragung von Lenkwinkel und -moment an die Simulationsumgebung
- Rückgekoppelt aktive Verstellung des Lenkrades



Hexapod-Bewegungssystem

Erweiterung des Simulator Mock-Ups um ein elektrisches Hexapod-Bewegungssystem zur spürbaren und realitätsgetreuen Fahrdynamiksimulation.

Forschungsbereiche:

- Entwicklung neuartiger Fahrdynamikregel- und Fahrerassistenzsysteme
- Akzeptanzuntersuchungen neuer Fahrsysteme
- Komplexe und realistische Mischverkehrssimulationen
- Kooperatives Fahren unter „Human-in-the-Loop“



Spezifikationen Bewegungssystem:

Richtung	Auslenkung		Geschwindigkeit	Beschleunigung
Longitudinal	-0,499 m	+0,628 m	+/- 0,79 m/s	+/- 7,00 m/s ²
Lateral	-0,506 m	+0,506 m	+/- 0,81 m/s	+/- 7,00 m/s ²
Vertikal	-0,383 m	+0,372 m	+/- 0,55 m/s	+/- 10,00 m/s ²
Wanken	-24,01 deg	+24,01 deg	+/- 34,3 deg/s	+/- 250 deg/s ²
Nicken	-25,05 deg	+28,02 deg	+/- 37,4 deg/s	+/- 250 deg/s ²
Gieren	-27,25 deg	+27,25 deg	+/- 41,3 deg/s	+/- 500 deg/s ²



Fahrzeugtechnik

1. Prüfstände (Komponenten)



Schwingungsprüfanlage

TIRA TV 50350-120

Untersuchung von Bauteilschwingungen
und Dauerhaltbarkeit

Spezifikationen:

- Nennkraft: Sinus: 2700 N; Schock: 4000 N
- Schwingweg max. 25,4 mm
- Probengewicht bis 25 kg



Klimaprüfkammer

FEUTRON 3636/17

Klimatische Untersuchung von Bauteilen

Spezifikationen:

- Kammervolumen 600l
- (770x1020x745) mm
- Probengewicht 3x30 kg
- Temperaturbereich (-75...180) °C
- Feuchtebereich (10...95) %
- Änderungsgeschwindigkeit $\pm 5K$



Fahrzeugtechnik

1. Prüfstände (Komponenten)



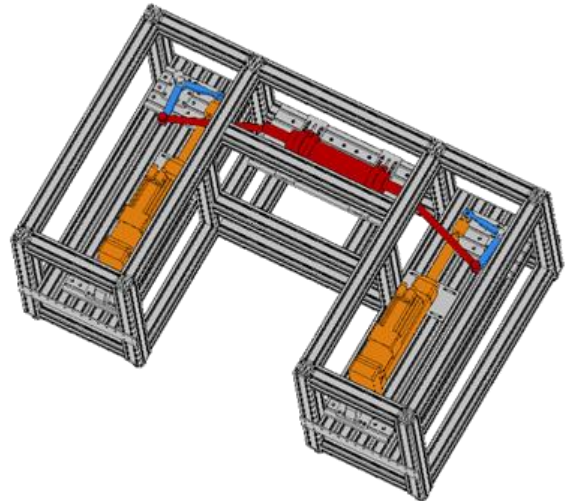
Lenkungsprüfstand

Forschungsbereiche

- Statistische und dynamische Belastungsszenarien für Lenkunterstützungs- und Aktuierungssystemen
- Leistungs- und Wirkungsgradmessungen

Spezifikationen

- Elektro-mechanische Aktuatoren mit max. 17,8 kN
- 300 mm Verfahrweg mit bis zu 267 mm/s
- Konstruktive Realisierung einer Lenkinematik
- Max. Einschlagwinkel: ca. 30°
- Spurbreiten und Spurhebellängen aller Fahrzeugklassen abdeckbar (Kleinwagen bis SUV)



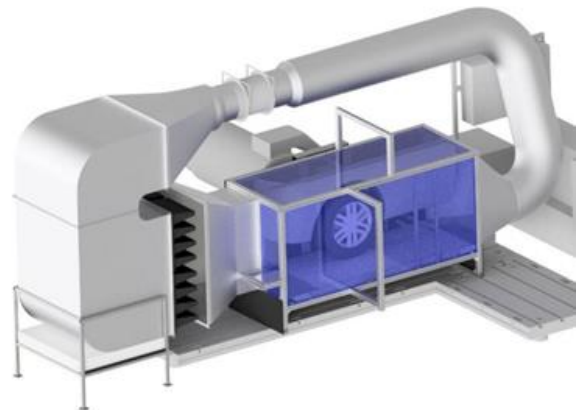
Strömungsprüfstand

Forschungsbereiche

- Validierung von Turbulenz-, und Partikelmodellen (CFD)
- Visualisierung und Validierung von Partikelprofilen (Partikelmesstechnik / PIV)
- Analyse von Partikelabscheidungsmechanismen

Spezifikationen

- Maximaler Volumenstrom: 7400 m³/h entspricht 5 m/s im Prüfplenum
- Antriebsmaschine:
P_{max} 135 kW / M_{max} 1740 Nm /
n_{max} 2600 1/min
- Festkörper- und Flüssigseeding



Fahrzeugtechnik

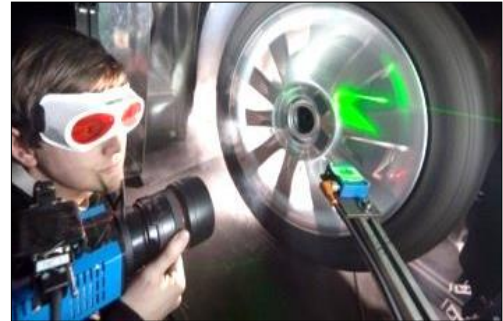
2. Mess- und Analysensysteme



Particle Image Velocimetry (PIV) - Strömungsmesstechnik

2D/3D – Strömungsvisualisierung für diverse fahrzeug-technische Anwendungen

Laser:	Doppelpuls laser Nd:YAG 200 mJ/Puls bei 532 nm, 15 Hz
Kamera:	2x 2048x2048 Pixel, 4 GB, 14 Bit, 15.56 fps, 400 ns Interframing-Zeit
Optik:	Beweglicher Spiegelarm, divergente Lichtschnittoptik, 35/50/85mm AF Objektive
Zubehör:	Partikel Generator, 1 μm 2x motorisierter Scheimpflug Tilt Adapter X-Z Traversierung
Rechentechnik:	Synchronisationseinheit, Workstation
Software:	VidPIV + Tecplot 360

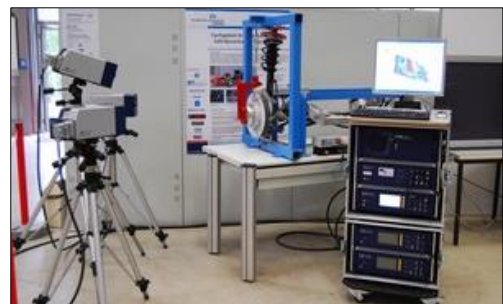


3D Laser Scanning Vibrometer

PSV 400 3D

Berührungslose 3D Schwingungsmesstechnik, anwendbar auch beim Kunden vor Ort

Frequenzbereich:	0 – 1 MHz
Datenerfassung:	4 Kanäle
Arbeitsabstand:	> 0,4 m
Objektgröße:	$\geq 1 \text{ mm}^2$
Geschwindigkeit:	10 m/s (max.), 2,5 MHz (max.) 0,5 m/s (max.), 350 kHz (max.)
Signalgenerator:	512 kHz (Bandbreite) 0 – 10V, $\pm 5 \text{ mA}$
Messfeld:	2x2 bis 512x512 Messpunkte
Auflösung:	6400 FFT Linien



Fahrzeugtechnik

2. Mess- und Analysesysteme



Real-Time-Systeme für Mess- und Regelaufgaben

PXI/Compact-PCI (Fa. National Instruments)

Autobox (Fa. dSpace):

- Prozessor-Board, DAQ-Board, HIL-Board
- 7 Steckplätze (AutoBox)
- Betrieb mit 12-V, 24-V und 48-V Bordnetzen

MicroLabBox (Pr. dSPACE):

- DS1202 Prozessor-Board
- A/D und D/A I/O Boards
- CAN Kommunikation

Hardware-in-the-Loop Prüfstand (Pr. dSPACE):

- DS1006 Prozessor-Board
- A/D und D/A I/O Boards
- CAN und FlexRay Kommunikation
- Integrierte Regelung von Fahrwerksystemen



Quelle: dSpace

Racelogic VB3i mit Video VBOX Pro

- Erfassung von Fahrzustandsgröße wie z.B. Geschwindigkeit, Quer- und Längsbeschleunigung sowie Position in Kombination mit einem 4 Kanal Kamerasystem zur Fahrdokumentation
- Zusätzliches Messequipment für hochdynamische Fahrzeugdaten und Fahrdynamikmessung
- Messrad - Correvit Datron



Quelle: Racelogic

Spezifikationen:

- 100 Hz DGPS
- 500 K Can-Bus-Anschluss
- Datenlogger
- 4xAI, 2xAO, 2xDI, 2xDO
- 4 Kameras
- 2 Mikrofone
- Video-Overlay

Fahrzeuganalyse

Fahrzeugtechnik

2. Mess- und Analysensysteme



Bidirektionales Telemetriesystem

System für die bidirektionale Datenübertragung zwischen Hauptstation und Testfahrzeug, das für Fahrdynamikentwicklung und Modellbildung (Analyse von Fahrverhalten) genutzt wird.

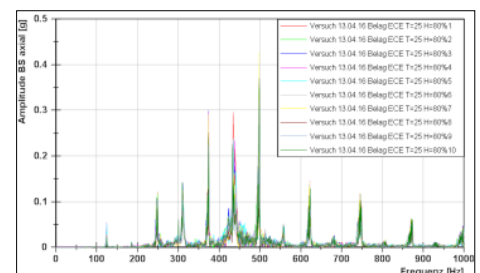
- 3km Reichweite (omnidirektional)
- Abtastrate:
48kSps (Stand-Alone-Mode)
24kSps (Module gekoppelt)
- Bandbreite pro Kanal
20kHz (Stand-Alone-Mode)
10kHz (Module gekoppelt)
- Schnittstellen: 8x Analog, 4x Digital,
8x ICP, 4x Thermocouple, 1x CAN



Schwingungs- und Akustikmesssystem

LMS SCADAS Mobile

- Mobile Testhardware für Geräusch-, Vibrations- und Lebensdauertests
- Kompakte Größe und geringes Gewicht
- Robustes Design für extreme Bedingungen und Temperaturen
- Sehr leise, Betrieb ohne Lüfter
- Bis zu 204,8 kHz Abtastrate pro Kanal
- 24-Bit-ADC-Technologie
- 150 dB dynamischer Bereich



Fahrzeugtechnik

2. Mess- und Analysensysteme



Kraftstoffverbrauchsmesssystem

Gregory Flowtronic Sensor Serie S8005

Präzise Messung des Kraftstoffverbrauchs von Verbrennungsmotoren mit hoher Messgenauigkeit

- Einsatz an Motoren mit Benzin-, Diesel-, Alkohol- und Biokraftstoffen
- Genaue und hochdynamische Messung von minimalen Durchflussraten (Leerlauf) und hohen Volumenströmen (Volllast)
- Einsatz im mobilen Fahrversuch sowie am Prüfstand

Spezifikationen:

- Messbereich: 0,1 bis 250 l/h
- Messgenauigkeit Volumen: +/- 0.5%
- Volumenauflösung: 0.004 ml



Quelle: Gregory

Fahrzeugtechnik

2. Mess- und Analysensysteme



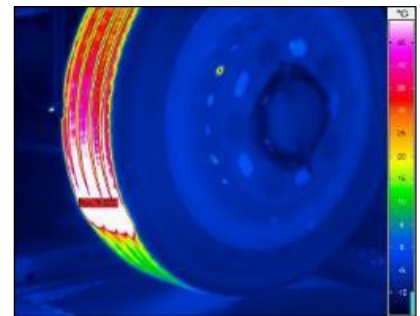
High- Speed- Thermografie

Thermografie Kamera InfraTec Imager 8300

Detektorformat:	(640 x 512) Infrarot-Pixel
Temperaturauflösung:	20 mK
Spektralbereich:	MWIR, (2,0 ... 5,7) μm
Bildfrequenz:	Vollbild: 355 Hz Halbbild: 670 Hz Viertelbild: 1.200 Hz Teilbild-Linien-Mode: 5.000 Hz
Messgenauigkeit:	+/- 1 K oder +/- 1 %
Kalibrierung:	10 bis 850 ° C



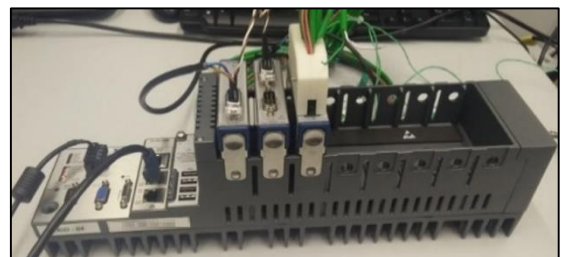
Quelle: InfraTec



Temperaturmesskarten

NI 9213 Hochgeschwindigkeitsmodul:

- 16 Messkanäle
- Maximale Sempelrate 75 S/s
- Unterstützt Standard Thermoelementtypen (J, K, S...)



NI 9214 Präzisionsmessmodul:

- 16 Messkanäle
- Messgenauigkeit von bis zu 0,45 °C
- Unterstützt Standard Thermoelementtypen (J, K, S...)



Quelle: National Instruments



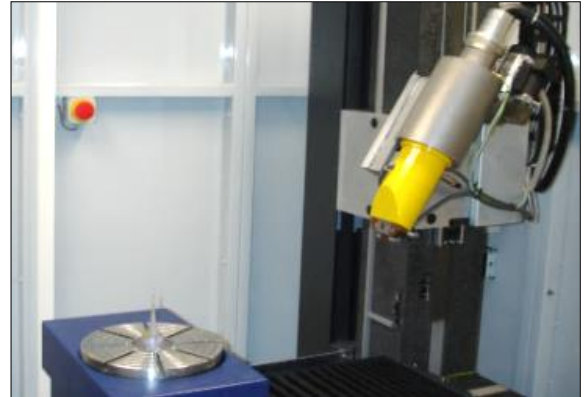
Computertomograph für Bauteilanalyse im μm -Bereich

Ray Scan 200

- 2D und 3D Material- und Gefügeanalysen
- Mikrostrukturanalyse
- Defektanalyse
- Messtechnische Aufgaben

Spezifikationen:

- Röntgenquelle: Mikrofokus 10-250 kV
- Brennfleck: 3-250 μm
- Objektmessungen $\varnothing$ / H: 1-600 mm/1-1500 mm
- max. Objektgewicht: 80 kg
- Aktive Fläche Detektor: 410 x 410 mm²
- Detektorpixel: 1024 x 1024 (2048 x 2048 optional)
- Digitalisierung: 16 bit
- Messzeit incl. Rekonstruktion: 2 - 30 Min.
- Detailerkennbarkeit: 1 μm
- Kontrast: < 1 %
- Betriebsmodi: 3D-CT und Radioskopie



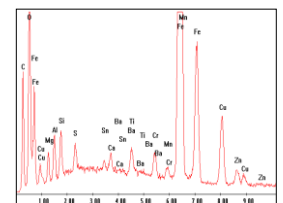
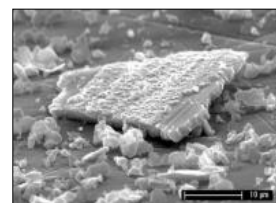
Rasterelektronenmikroskop mit Elementanalyse

JEOL JSM-6610 + EDX

Analyse von physikalischen und chemischen Eigenschaften im Nanobereich

Spezifikationen:

- Auflösung von 3 nm bei 30 kV
- Große Probenkammer (350x340x230)mm mit vollmotorisierter Probentisch und einem zulässigen Probengewicht von 5kg
- Proben mit einem Durchmesser bis 208mm können in jedem Oberflächenpunkt angefahren werden.
- Niederdruckbetrieb mit BSD ermöglicht hohe Auflösung auch bei ausgasenden Proben
- Integrierte Elementanalyse von Bor bis Americium
- 30 mm² aktive Detektorfläche
- Gold / Carbon Sputtersystem



Fahrzeugtechnik

2. Mess- und Analysesysteme



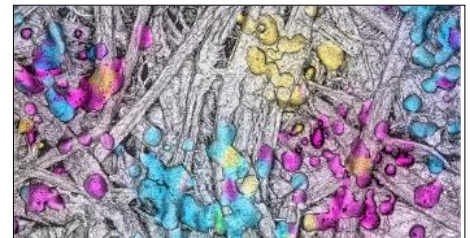
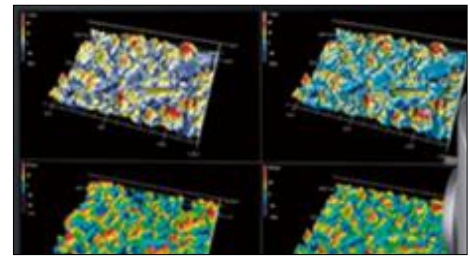
Laser Scanning Mikroskop

Keyence VK-X 3D-Laserscanning Farbmikroskop

Oberflächenanalyse tribologisch beanspruchter Flächen, Rauheits- und Welligkeitsbestimmung, 3D-Analyse von Dichtungen oder Reibbelägen und Partikelgrößenbestimmung

Spezifikationen:

- roter Halbleiterlaser mit 658 nm Wellenlänge
- Mehr als 3 Millionen Messpunkte in jeder Ebene
- 16 Bit PMT, Farb-CCD-Bildsensor (3072 x 2304)
- 5 nm Höhenauflösung
- 8x optischer Zoom (Lasermodus)
- Scangeschwindigkeit bis zu 120Hz
- XY-Bildzusammensetzungsmodul mit Software und Verfahrtsch (motorisch 100x100mm)
- Umfangreiche Auswerte- und Analysesoftware
- große Anzahl verschiedener Objektive



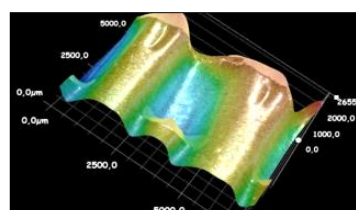
High Speed- und Digital- Mikroskop

Keyence VW 9000

- Analyse hochdynamischer Vorgänge im Mikrometerbereich
- 3D Vermessung von Oberflächen

Spezifikationen:

- 4000 fps bei 640x480 Pixel
- max. 230000 fps
- Mikroskopaufnahme bis 1920x1440 Pixel
- Vergrößerung bis 200-fach
- Makro-Zoom-Objektiv für Fernbereich



Quelle: Keyence



Messarm mit Taster und Laserscanner

FARO Fusion + Laser Line Probe

- 3D-Vermessung von Bauteilen, Interieur und Karosserie
- 3D-Modellierung und Reverse Engineering
- Positionieren und Kalibrieren im Raum
- Anthropometrie

Bauform: 2,4m / 7 Achsen

Genauigkeit taktil: 51µm

Genauigkeit optisch: 35µm



3D Midrange Laserscanner

FARO Focus 3D X 330

- Vermessung und Verifikation von Industrieanlagen und Installationen
- Prüfung großer Form- und Bauteile
- Architektur und Geländevermessung

Reichweite: 0.6m bis 330m

systematischer Distanzfehler: +/- 2mm

Besonderheiten:

- Integrierter GPS-Empfänger
- Scannen im direkten Sonnenlicht



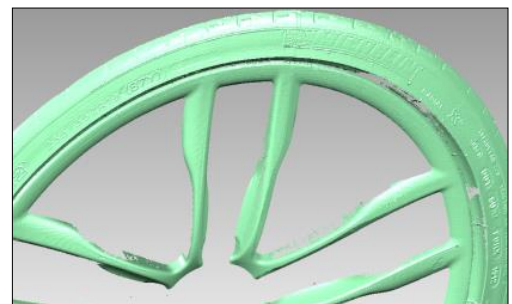
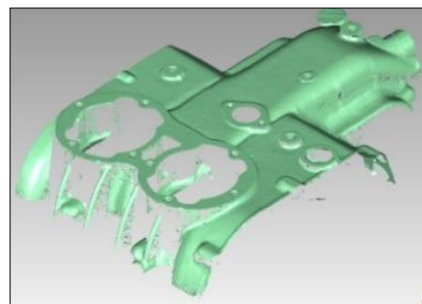
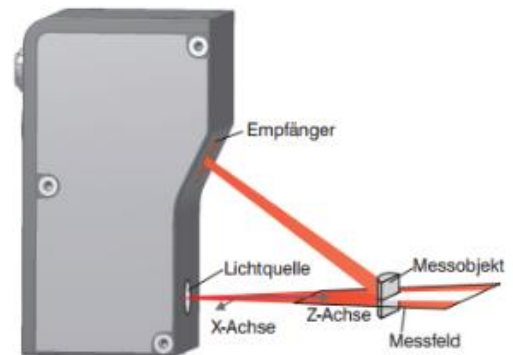
Quelle: FARO



Laserlinienscanner zur Geometrieerfassung

Micro Epsilon ScanControl 2750 – 100

- Max. Profilabtastrate (abh. von Messoberfl.): 4000 Hz
- typische Profilabtastrate: 500Hz
- auch Bauteilschwingungen erfassbar
- Messabstand: ca. 500 mm
- Profilbreite: ca. 100mm



Fahrzeugtechnik

2. Mess- und Analysesysteme



Achsvermessungssystem

Beissbarth ML 8 R easy + Scherenhub- bühne Nussbaum UNI-Lift 3500 NT Plus

- umfangreiche Datenbank mit Sollwerten aller gängigen Fahrzeuge
- Vermessung einzelner Radstellungsgrößen
- Felgenschlagkompensation
- Radgrößen bis 24"
- 4 Messköpfe mit je 2 Infrarot-Kamerasystemen
- Tragfähigkeit: max. = 4000 kg (Radfreiheber 3500 kg)
- Radstand: max. = 4050 mm
- Breite: max. = 2120 mm



Roboter Handhabungssysteme

Hochgenau positionierender Roboter

- Max. Traglast: 34 kg
- Eigengewicht Roboter: 248 Kg
- Bremsen: in allen Achsen
- Max. Geschwindigkeit im Lastschwerpunkt: 10,3 m/s
- Reichweite: 710 mm
- Freiheitsgrade: 6
- Wiederholgenauigkeit (typisch): $\pm 0,01$ mm
- Wiederholgenauigkeit (ISO 9283): $\pm 0,05$ mm
- Programmiersprache Robotersteuerung: VAL3
- Selbstentwickelte Labview-Schnittstelle



Quelle: Staubli

Fahrzeugtechnik

2. Mess- und Analysesysteme



Roboter-Betätigungssysteme

Pedalbetätigungseinrichtung

- Reproduzierbare Pedalbetätigungen mit hoher Dynamik und Präzision
- Statische und dynamische Vermessung der Pedaleigenschaften sowie der zugehörigen Fahrzeugreaktionen



- Prinzip:** servohydraulisch
- Grenzen:** $F = 0 \dots 1500 \text{ N}$
 $v = 0 \dots 1000 \text{ mm/s}$
- Modi:** Kraftregelung, Wegeregung, rampenförmige Betätigungen, oszillierende Betätigungen, Messungen im stehenden und fahrenden Fahrzeug
- Datenerfassung:** Pedalkraft, Pedalweg, Bremsdruck, BKV-Unterdruck, Fahrzeuggeschwindigkeit, Fahrzeugverzögerung



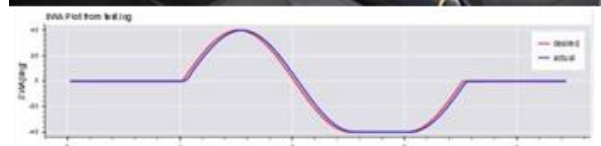
Lenkungsroboter

Vehico CS-60B

- Durchführung querdynamischer Fahrmanöver unter reproduzierbaren Bedingungen
- Hochautomatisiertes Fahren

Spezifikationen:

- Max. 60 Nm Lenkmoment bei 1200°/s Winkelgeschwindigkeit
- Applizierbare Lenkraddurchmesser von 250 mm bis 440 mm
- Betriebsmodi: open-loop (reiner Aktuator), closed-loop (GPS)
- Erhalt der manuellen Lenkbarkeit und Airbag-Funktion



Quelle: VEHICO GmbH



Druckmessmatte

Tekscan TVR8404

- Analyse der Druckverteilung von PKW-Reifen im Rad-Boden-Kontakt
- 36.608 piezoresistiven Sensoren auf einer Fläche von 268 mm x 317 mm zur Detektion der Flächenpressungsverteilung
- Aufnahmefrequenzen von bis zu 106 Hz ermöglichen die Messung dynamischer Vorgänge während eines Abrollvorgangs
- Umfangreiche Analysesoftware



Hochdynamische Kraft- und Schwingungsmesstechnik

Kistler Schwingungsmesstechnik

- Bestimmung der dynamischen Kraftänderungen an den Anbindungspunkten eines Fahrzeugfahrwerkes
- Aufzeichnung von oszillierenden Kräften und Momenten mit bis zu 16 Sensoren

Spezifikationen:

- Messbereich: $\pm 100 \dots 1\,000\,000$ pC
- Frequenzbandbreite: 0 – 45 kHz
- Drift: max. 0,2 pC/s
- Messunsicherheit: <1%
- Ausgabe der Messsignale: 0-10V
- Speicherung der Messsignale durch direktes Auslesen der Messverstärker (via Ethernet)





Radkraftsensor

Kistler RoadDyn S635

- Hochdynamische Erfassung von Radkräften und -Momenten
- 6-Komponenten-Radkraftsensor erlaubt die Messung mehrachsiger Belastungen
- Vollständige Montage des Messrades als Rad am Fahrzeug (als Ersatz des Serienrades)
- Montage am Reifenmesshänger zur Analyse des Kraftschlussverhaltens Reifen / Fahrbahn
- Montage am Corner-Modul-Prüfstand zur Analyse des Kraftschlussverhaltens unter Laborbedingungen



Messbereich:

Fx	-35 ... 35 kN
Fy	-20 ... 20 kN
Fz	-35 ... 35 kN
Mx/y/z	-5 ... 5 kNm

Optischer Kondensationspartikelzähler und Probeentnahmesonde

HORIBA MEXA – 2100 SPCS und SMPS

- Solid Particle Counting System (CPC) + Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS)
- Vergrößerung der Oberfläche der Partikel durch heterogene Kondensation (die Partikel werden durch einen übersättigten Alkoholdampf/n-Butanol geleitet) - Optische Detektion möglich
- Die Zählung erfolgt mittels optischen Streulichtdetektor

Spezifikationen:

- Partikelzählung im Bereich 10 - 2500nm (CPC - modifiziert)
- Verdünnungsfaktoren: 150:1 – 3.000:1 (zwei Verdünnungsstufen)
- Größenverteilungsmessung mittels SMPS (2,5 - 150nm sowie 10 - 1000nm über 167 Kanäle)



Quelle: HORIBA

Fahrzeugtechnik

2. Mess- und Analysensysteme



Mobile Abgasmesssysteme

AVL M.O.V.E

- **GAS PEMS iS:** Die AVL GAS PEMS iS ist ein kompaktes portables Abgasmessgerät für die Bestimmung der NO/NO₂, CO/CO₂ und O₂ Konzentrationen im Abgas von Diesel- und Benzinmotoren
- **PN PEMS iS:** Die PN PEMS iS wurde entwickelt um kontinuierlich Partikelanzahlemissionen [$\#/cm^3$] von Festkörperpartikel unter realen Fahrbedingungen (RDE) messen zu können

Spezifikationen:

- Sensorprinzip: Advanced Diffusion Charger
- Probenaufbereitung: Catalytic Stripper
- Max. Abtastrate: 10Hz
- Verdünnungsrate 10:1



Quelle: AVL

Differentieller Mobilitätsanalysator (DMA)

CAMBUSTION DMS500

Funktionsweise:

- Partikelaufladung durch unipolare Koronaentladung proportional zu der Partikeloberfläche
- In einer Klassiereinheit werden die elektrisch geladenen Partikel einem statischen elektrischen Feld ausgesetzt und in Richtung von 22 Ringelectroden abgelenkt
- Die Flugbahn (Aufprallort auf einer Ringelectrode) ist abhängig von der elektrischen Mobilität der Partikel und ein Maß für deren aerodynamischen Durchmesser

Spezifikationen:

- Messbereich: 5 – 1.000nm (optional: 5 – 2.500nm)
- Max. Abtastrate: 10Hz
- 38 Größenfraktionen



Quelle: CAMBUSTION



Elektrischer Niederdruckkaskadenimpaktor (ELPI)

DEKATI ELPI+

Der ELPI+ ermöglicht die Echtzeitmessung von Partikelgrößenverteilung und Partikelanzahlkonzentration innerhalb eines Größenbereichs von 6 – 10.000nm. Zusätzlich eignet sich das Messsystem zur Messung der Partikelladungsverteilung und für gravimetrische Impaktormessungen.

Funktionsweise:

- Partikelaufladung durch unipolare Koronaentladung
- Größenselektive Fraktionierung der Partikel in einem Kaskadenimpaktor mit 14 elektrisch von einander isolierten Trennstufen (davon 5 Trennstufen im Bereich PM_{0,1})
- Sammlung der Partikel mit der Möglichkeit einer nachfolgenden gravimetrischen, chemisch-analytischen oder elektronenmikroskopischen (z.B. REM) Untersuchung
- Elektrische Bestimmung mit nachweisstarken Elektrometern



Quelle: DEKATI

Spezifikationen ELPI+:

- Messbereich: 6 – 10.000nm
- Max. Abtastrate: 10Hz
- 14 Größenfraktionen / Impaktorstufen

DEKATI Thermodenuder

Anwendung des Thermodenuders zur Entfernung flüchtiger und halbflüchtige Stoffe in Aerosolströmen. Dadurch können unerwünschte Transformationseffekte in der Probe eliminiert werden.

Spezifikationen ELPI+:

- 10 – 20 l/min Durchflussrate
- Aufheizung bis zu 300 °C möglich



Quelle: DEKATI

Fahrzeugtechnik

2. Mess- und Analysensysteme



Partikel- Messstation

EN 16450-zertifiziertes Feinstaub-Aerosolspektrometerr

- Eignungsgeprüft und zertifiziert nach aktuellsten EU-Anforderungen
- Einsetzbar für die Umweltüberwachung, Immissions-messkampagnen und auch Langzeitstudien
- Kontinuierliche und simultane Echtzeit-Messung mehrerer PM-Werte (PM1, PM2.5, PM4, PM10)
- Erfassung von Partikelanzahlkonzentration und Größenverteilung

Spezifikationen:

- Messbereich (Größe): 0,18 – 100 μm
- Messprinzip: Optische Lichtstreuung
- Messbereich: 0 – 20.000 $\#/\text{cm}^3$ (Anzahl) und 0 – 10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Masse)
- Zeitliche Auflösung: 1 s bis 24 h



Quelle: Palas



Kondensations- Partikelzähler

TSI 3756

Ultrafeiner Kondensationspartikelzähler (CPC) zur Erfassung einer Partikelanzahlkonzentration hochdynamischer Prozesse

- Referenzmessgerät ohne Vorabscheidung, Vorverdünnung oder thermische Vorkonditionierung
- Erfassung von Einzelpartikeln in einem weiten Konzentrationsbereich

Spezifikationen:

- Messbereich (Größe): 2,5 nm (D50) - > 3 μm
- Messprinzip: Optische Streulichtmessung
- Messbereich (Anzahl): 0 – 300.000 $\#/\text{cm}^3$
- Reaktionszeit: T10-90 bis zu < 2 s
- Abtastrate: bis zu 50 Hz



Quelle: TSI

Palas PMP-CPC 100

Dieser Kondensationspartikelzähler (CPC) eignet sich für PMP-Anwendungen der EU-Norm ILCE.

- PMP-konformes Messsystem zur Partikelanzahlmessung
- Erfassung von Einzelpartikeln in einem weiten Konzentrationsbereich

Spezifikationen:

- Messbereich (Größe): 23 nm (D50) - 10 μm
- Messprinzip: Optische Streulichtmessung
- Messbereich (Anzahl): 0 – $1\text{E}+05$ $\#/\text{cm}^3$ im Einzelzählmodus und bis $1\text{E}07$ $\#/\text{cm}^3$ im Nephelometermodus
- Reaktionszeit: T10-90 bis zu 2 s
- Abtastrate: 1 Hz



Quelle: Palas

Fahrzeugtechnik

2. Mess- und Analysensysteme



Dekati eFilter

Der Dekati® eFilter™ verbindet einen gravimetrischen Sammelhalter mit der Echtzeitpartikelmesstechnik und verfügt über ein kontinuierliches Messsignal

- Einsetzbar für die Umweltüberwachung und Abgasmessungen in der Automobilindustrie
- Kombination aus gravimetrischer Partikelmessung (U.S. EPA) und automatisierter Echtzeitmessung

Spezifikationen:

- Max. Partikeldurchmesser (Echtzeit): 3 µm
- Sensitivität: ca. 1 µg/m³ oder 1000 #/cm³ für 70 nm-Partikel
- Messprinzip: Oberflächenladung (diffusion charger)
- Abtastrate: bis 1 Hz



Quelle: Dekati

3-stufiger Kaskadenimpaktor mit ITES

3-stufiger Kaskadenimpaktor gemäß ISO 23210 zur Erfassung der Straubfracht in strömenden Gasen in den Fraktionen > PM10, PM10 und PM2,5. Zusätzlich dient der ITES als Steuer- und Regeleinheit für die isokinetische Teilstromentnahme

- Emissionsmessung/Probenahme nach EN-, ISO- und VDI-Standards (ISO 23210 und VDI 2066)
- Automatisiertes Messsystem - einsetzbar für die Umweltüberwachung und Abgasmessungen

Spezifikationen:

- Max. Massenkonzentrationen: 200 mg/m³
- Max. Temperaturbereich: 400 °C
- Blendenmessstrecke: 0,5 – 4 m³/h



Quelle: Paul Gothe



Partikelgenerator

Erzeugen von Test- und Prüfaerosolen aus Pulvern, Pollen und Sporen

- Höchste Kurzzeit- und Langzeitdosierkonstanz und Möglichkeit zum Impulsbetrieb
- Dispergierung von nahezu allen nicht kohäsiven Stäube

Spezifikationen:

- Volumenstrom: 0,5 – 5,0 m³/h
- maximale Partikelanzahlkonzentration: ca. 1E+07 #/cm³
- Massenstrom (Partikel): 0,04 – 430 g/h (bei angenommener Stopfdichte von 1 g/cm³)
- Partikelgrößenbereich: 0,1 – 100 µm
- Träger/Dispergiertgas: beliebig (in der Regel Luft)



Quelle: Palas



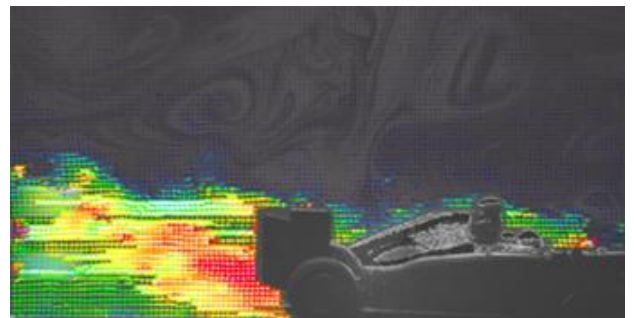
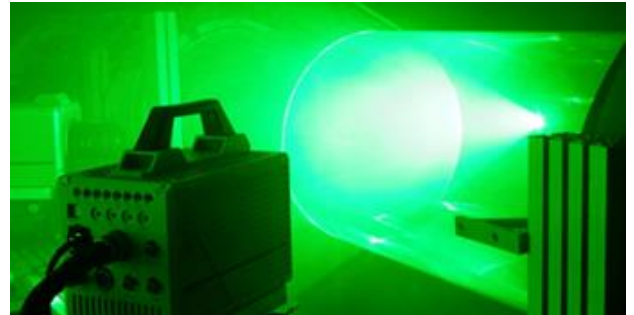
Strömungsmesstechnik

Messsystem zur hochdynamischen Visualisierung von partikelbeladenen Strömungen

- Hochdynamische Visualisierungen von Geschwindigkeits- und Beschleunigungsfeldern bei einer Abtastfrequenz von bis zu 10.000 Hz
- Automatisierte Traversierung von Beleuchtungs- und Bilderfassungseinrichtung

Spezifikationen:

- Auflösung Kamerasensor: 2048x2048 Pixel
- Pixelgröße: max. 10x10 μm
- Bildfrequenz: bis zu 20.000 Hz
- Aufnahmedauer bei 100 fps: 13,3 s (Fullframe)
- Aufnahmedauer bei 100.000 fps: 6,86 s (red. Auflösung)



Quelle: ILA5150

14-Loch Omiprobe

- Messung von Strömungswinkeln bis zu 160°
- Für Messaufgaben, bei denen der Anströmwinkel unbekannt ist oder sogar eine Rückströmung vorliegt

Spezifikationen:

- Anzahl der Druckbohrungen: 14
- Temperaturbereich: 600° C
- Winkelmessbereich: $\pm 160^\circ$
- Geschwindigkeitsmessbereich: 3 m/s bis Mach 0,95
- Messgenauigkeit Geschwindigkeit: $< \pm 1 \text{ m/s}$



Quelle: Vectroflow



Mettler-Toledo Balance XSR225DU (Analysewaage für kleine Lasten)

- Höchstlast 220 g/121 g
- Ablesbarkeit: 0,1 mg; 0,01 mg
- Wiederholbarkeit(Prüfgewicht): 0,02 mg (10 g)
- Mindesteinwaage (USP, 0,1%, typisch): 20 mg
- DAkkS Zertifikat
- Verwendung: Auswiegen von un- und beladenen Filtern



Quelle: Mettler Toledo

Sartorius Cubis manueller Massenkomparator MCM40K3

- Höchstlast: 41 kg
- Ablesbarkeit: 0,1 mg
- Wiederholbarkeit(Prüfgewicht): 2 mg
- DAkkS Zertifikat
- Verwendung: präzise Masseverlust Bestimmung von Bremsscheiben und Reifen



Quelle: Sartorius

Fahrzeugtechnik

3. Forschungsfahrzeuge



Opel Ampera

- Fahrzeug mit Range Extender
- Untersuchung von Antriebskonzepten

Max. Leistung: 111 kW/150 PS
Max. Drehmoment: 370 Nm
Vmax.: 161 km/h
0-100 km/h: < 10 s
Leergewicht: 1732 kg
E-Antrieb: 54 kW Generator
16 kWh Batterie
40-80 km Reichweite



Range Extender: 4 Zylinder Ottomotor, 1398 cm³
63 kW/86 PS bei 4800 rpm
>400 km Reichweite

Mitsubishi i-MiEV

- Fahrzeug mit Elektroantrieb
- Untersuchung von Antriebskonzepten
- Untersuchung HMI

Leistung:	49 kW/67 PS	Kapazität:	16 kWh
0-100 km/h:	15,9 s	Reichweite:	150 km
Vmax.:	130 km/h	Leergewicht:	1110 kg



Land Rover Range Rover Evoque

- Fahrzeug mit dynamischer Reifendruckregelung, Semi-aktivem Fahrwerk und entkoppeltem Bremssystem mit kontinuierlicher Rad-Schlupf Kontrolle
- Untersuchung der Fahrdynamik

Leistung: 110 kW/150 PS
Drehmoment: 380nm
Vmax.: 182 km/h
Leergewicht: 2275 kg
Reifengröße: 235/55 R19
Cw-Wert: 0,35



Fahrzeugtechnik

3. Forschungsfahrzeuge



Audi A5 Sportback

- Mensch-Maschine-Interaktion (z.B. Pedalgefühlcharakteristiken)
- Brake-by-Wire

Baureihe B8:

- Ottomotor, Hubraum: 1984 cm³
- Nennleistung: 155 kW / 210 PS
- Maximales Drehmoment: 350 Nm
- Beschleunigung, 0-100 km/h: 6,4-7,9 s
- Leergewicht: 1590 kg
- Höchstgeschwindigkeit: 241 km/h



Audi e-tron 55 quattro S-Line

Forschungsbereiche

- Demonstrator für innovative Antriebstechnologien
- Entwicklung und Validierung integrierter Regelsysteme für batterieelektrische Sport Utility Vehicles (SUVs)
- Automatisiertes Fahren



Reifenmessanhänger

- Entwicklung durch das FG Kraftfahrzeugtechnik
- Analyse des Kraftschlussverhaltens von Reifen auf trockener und nasser Fahrbahn
- Elektro-servohydraulisches Bremssystem zur Realisierung von Bremsschlupf
- Messwerterfassung und Ansteuerung des Bremssystems mithilfe von LabVIEW Realtime (Echtzeitsystem CompactRIO)
- Hochdynamische Kräfte- und Momentenaufzeichnung
- Definierte Einstellmöglichkeit von Radstellungsgrößen
- Große Variation von Radlasten
- Hochdynamisches Reifenfülldrucksystem



Fahrzeugtechnik

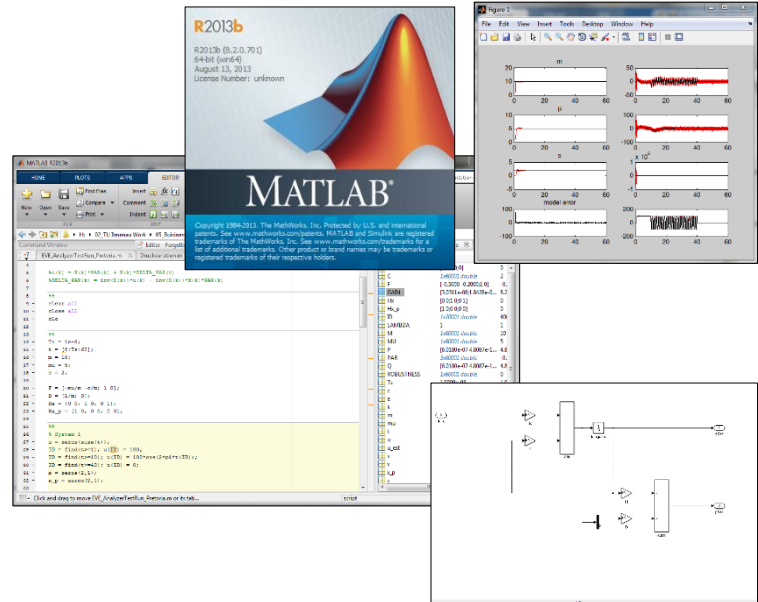
4. Software und Lizenzen



MATLAB/Simulink

Computeralgebraische Software zur Lösung von Differentialgleichung

- Datenerfassung, Datenanalyse und Datenauswertung
- Rapid Control Prototyping und Optimierung
- Prototypische Softwareentwicklung
- Statistik, Signal- und Bildverarbeitung
- (Co-)Simulation



InMotion

Mobile echtzeitfähige Simulationsplattform mit multivalenten Schnittstellen

- Programmier-Schnittstellen zu MATLAB/Simulink, C-Code
- Kommunikations-Schnittstellen: UDP/IP, TCP/IP, CAN, FlexRay, USB
- Anwendung: Gesamtfahrzeugsimulation (IPG CarMaker) zur Abbildung komplexer Prüfscenarien durch echtzeitfähige Vernetzung



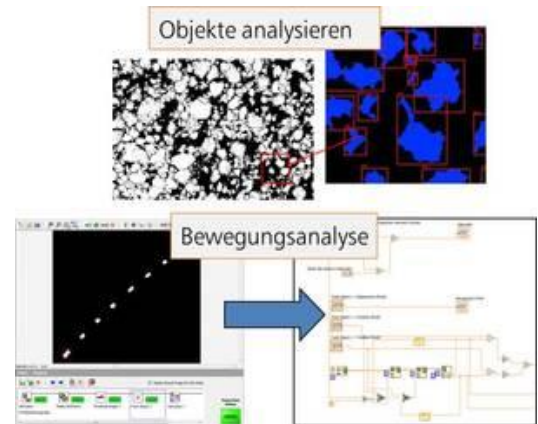
Fahrzeugtechnik

4. Software und Lizenzen



IMAQ

- PC-gestützte Bilderfassung und -Verarbeitung
- Online- und Offline-Bildanalyse
- Automatisierten Bildanalyse anhand von Sequenzen
- Automatische Prüfung von Maß- und Lageabweichungen
- Schnittstelle zu LabVIEW



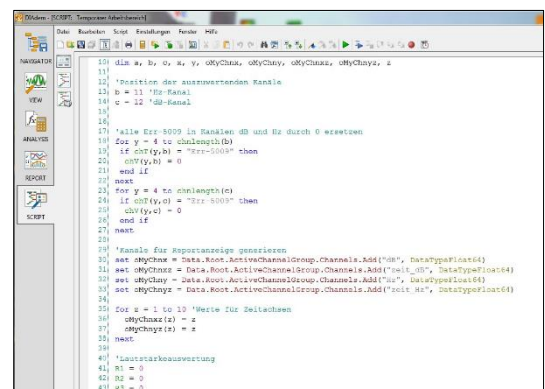
IPG CarMaker

- Durchführung virtueller Fahrversuche im Vorentwicklungsstand
- Möglichkeit einer Implementierung von Fahrer- und Fahrzeugmodellen (oder auch einzelner Subsysteme) und der zugehörigen Regelungen
- Anwendung: Durchführung von Simulationen zur Voruntersuchung neuer Konzepte und neu entwickelter Regelungssysteme



Diadem

- Erstellung von Applikationen zur Erfassung von Messdaten
- Automatisierte Datenauswertung mit DIAdem-Script
- Anwendung: Datenerfassung, Datenauswertung



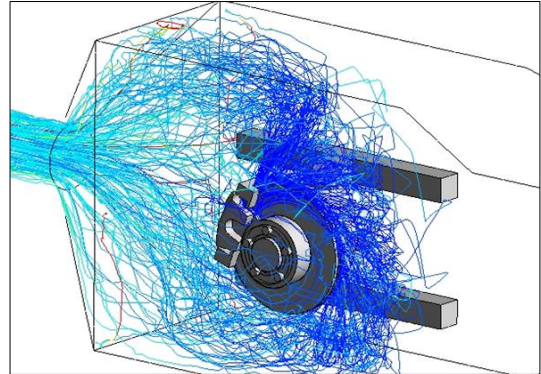
Fahrzeugtechnik

4. Software und Lizenzen



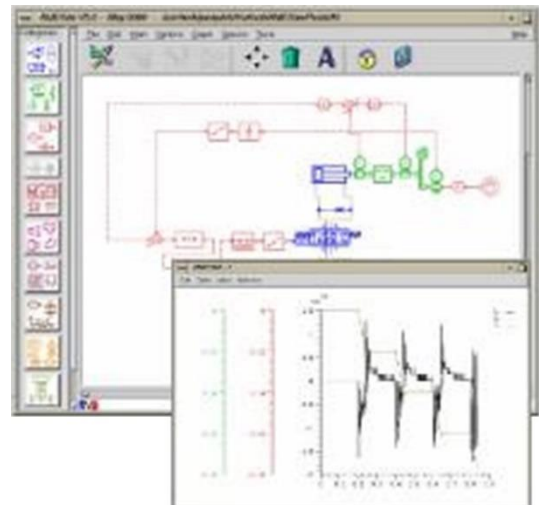
ANSYS

- FEM-Software zur Lösung linearer und nicht-linearer Problemstellungen in den Domänen Strukturmechanik, Strukturdynamik, Fluidmechanik, Thermodynamik, Piezoelektrizität, Elektromagnetismus und kombinierter Ansätze
- Anwendung: NVH-Analysen, Analyse von Aerosolströmungen (Feinstaubemissionen), Reibungssimulation im Automobil-Schwingungsdämpfer



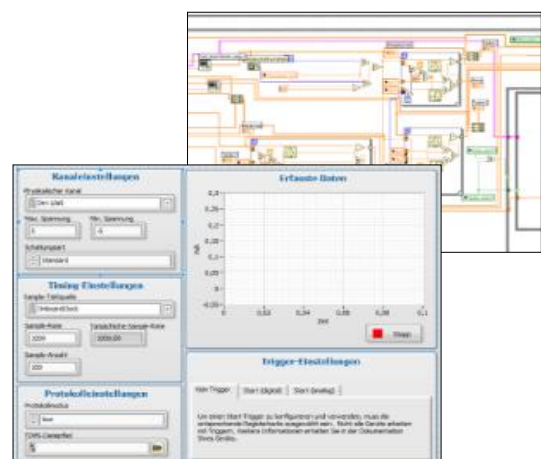
AME Sim

- Simulation von Hydraulik- und Pneumatiksystemen, Signalverarbeitung, Kopplung Fluid- und Wärmetransport
- Anwendung: Instationäre Systemsimulation elektrohydraulischer Bremssysteme



LabView

- Software für die Systementwicklung zum Einsatz in Mess-, Prüf-, Steuer- und Regelungsanwendungen
- Schneller Hardwarezugriff mit schnellem Einblick in die erfassten Daten
- Erstellung von echtzeitfähigen Applikationen zur Erfassung von Messdaten und Steuerung von Prozessen
- Erstellung von ausführbaren Programmen im Kundenauftrag (Stand alone Applikationen)
- Anwendung: Datenerfassung und Steuerung automatisierter Systeme





- Fahrzeugbasierte Antennen- und Funksysteme für terrestrische Mobil- und Satellitenkommunikation, Sensorik und Satellitennavigation
- Vernetzte Fahrzeuge, car-to-X, ITS-G5, Mobilkommunikation 5G, 6G
- Messung, Modellierung und realitätsnahe Emulation des Funkkanals für verschiedene Funkdienste
- Over-the-air Ende-zu-Ende Test und Bewertung automobiler Funksysteme in virtueller Umgebung
- Elektromagnetische Umweltverträglichkeit: Expositionsmessung und -bewertung fahrzeuginterner und -externer Funkdienste



Ihr Ansprechpartner:

Univ.- Prof. Dr. rer. nat. habil. Matthias Hein

Sprecher ThIMo-Projekt

Direktor (k) fakultätsübergreifendes Institut
für Mobilitätsforschung – IMF-ThIMo

Leiter des Fachgebiets Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik

Tel.: +49 3677 69-2832

Email: matthias.hein@tu-ilmenau.de





VISTA: Virtuelle Straße – Simulations- und Testanlage

Die Virtuelle Straße – Simulations- und Testanlage (VISTA) dient der Forschung, Entwicklung und Systembewertung fahrzeuggebundener Funksysteme und zugehöriger Messverfahren sowie der echtzeitfähigen Prüfstandvernetzung. Die Testanlage umfasst eine mit elektromagnetischen Pyramidenabsorbern ausgekleidete klimatisierte Schirmkammer mit den Abmessungen 16 m × 12 m × 9 m.

Der Hauptfrequenzbereich von 400 bis 6000 MHz wird mit 111 dual polarisierten Antennen im Elevationsbereich von -20° bis +90° abgedeckt; hier arbeiten Funkdienste wie DVB-T, GNSS, SDARS, LTE, ITS-G5. Der Nebenfrequenzbereich 70 bis 400 MHz wird durch 22 dual polarisierte Antennen abgedeckt und ermöglicht u.a. die zusätzliche Berücksichtigung von analogem und digitalem Rundfunk. Der Drehtisch mit einem Durchmesser von 6,5 m lässt sich über 360° mit 0,1° Genauigkeit einstellen. Der maximale EMV-Mess-Abstand beträgt 5 m. Der mit bis zu 2.500 kg belastbare Vier-Rollen-Prüfstand für Radstände bis 3,5 m ermöglicht Fahrgeschwindigkeiten bis 100 km/h.

Über ein zusätzliches mechanisches Positioniersystem (Gantry, Genauigkeit 0,02°) kann mit einem beliebigen Antennensystem (< 20 kg) der Bereich des Drehtisches auf Kreisbahnen mit 3 m Durchmesser (Elevation $\pm 110^\circ$) bis in den Millimeterwellen-Frequenzbereich ausgeleuchtet werden.

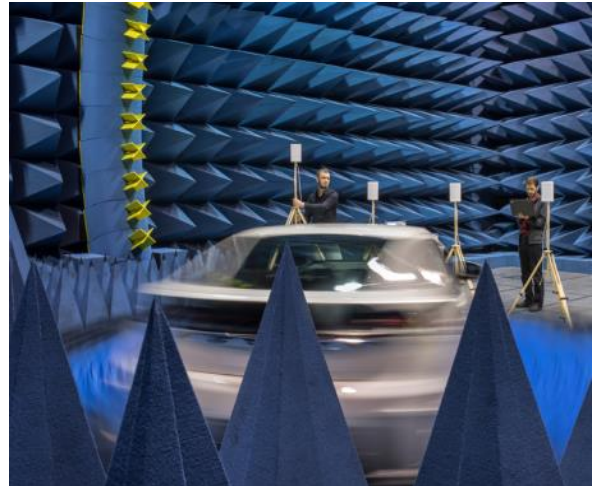




VISTA – Virtuelle Straße – Simulations- und Testanlage

- Kombination funk- und fahrzeugtechnischer Messverfahren mit Fokus auf Antennen, Radarsensorik, System-Performance
- Nachbildung von Umgebungs- und Betriebsbedingungen und deren Wechselwirkungen (installed performance)
- Verifikation & Validierung in virtueller Umgebung, over-the-air-Testmethoden
- Konzepte für vernetztes automatisiertes Fahren auf Straße und Schiene: Fahrzeugantennen, Sensorik, EMV/U, Kombination Mobil- und Satellitenkommunikation, Radar, Navigation

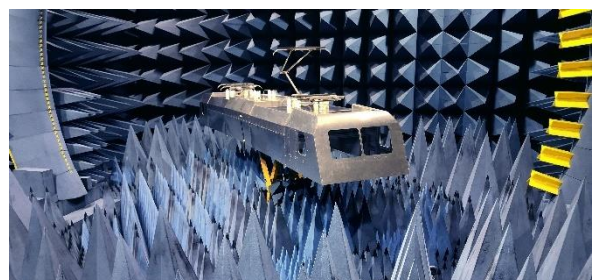
Schirmkammer	16 m × 12 m × 9 m
Frequenzbereich	70...6000 MHz
Drehtisch	Ø 6,5 m, (360±0,1)°
EMV Messabstand	≤ 5 m
Geschwindigkeit	≤ 100 km/h
Fahrzeug-Radstand	≤ 3,5 m, Masse ≤ 2,5 t



Antennenmessungen in VISTA

- Messungen von Fahrzeug-Antennen im Einbauzustand
- Antennencharakteristik, Gewinn, Polarisation, abgeleitete Messgrößen (TRP, XPD, AR u.ä.), Einfluss von Montageort und -umgebung
- Umfangreiche Software zur digitalen Nachbearbeitung der Messdaten
- Antennenmessbogen mit Multiprobe-Technik

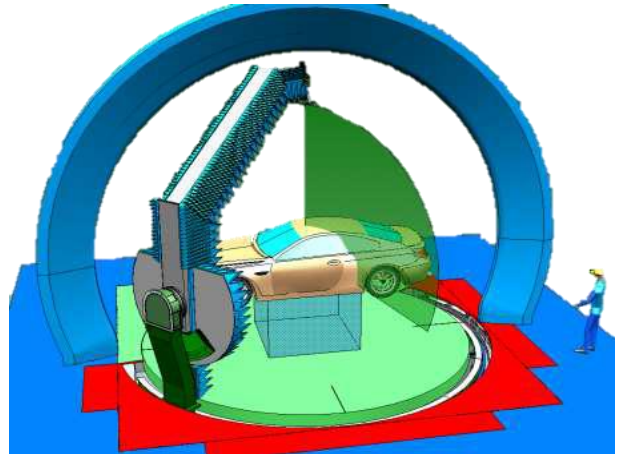
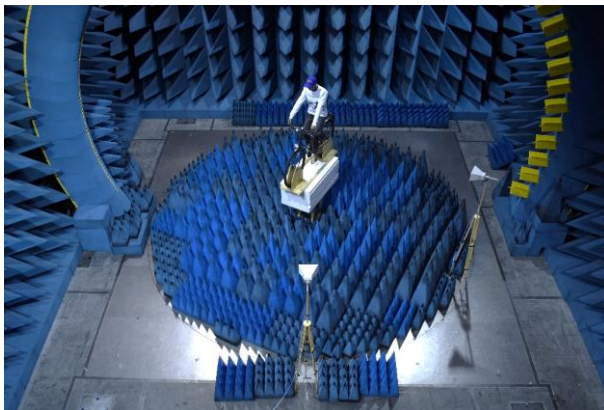
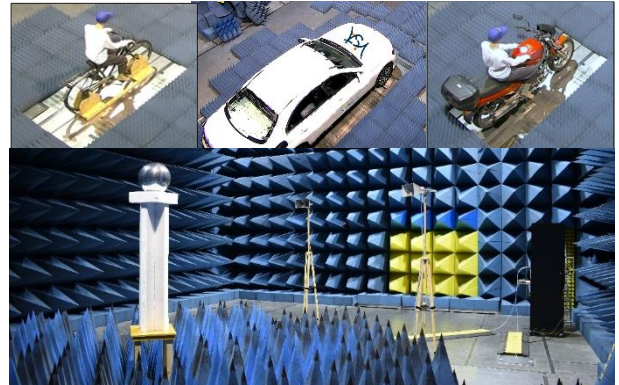
Hersteller	Satimo Industries SAS
Messverfahren	Sphärisches Nahfeld
Frequenzbereich	70...6000 MHz
Messsonden (Auflösung)	111: 400...6000 MHz (1°) 22: 70...400 MHz (5°)
max. Objektgröße	4 m (< 220 MHz) 5,2 m (< 3300 MHz) 3 m (5800 MHz)
typische Messzeit	30 Min. für 3D-Messung bis zu 10 Frequenzen





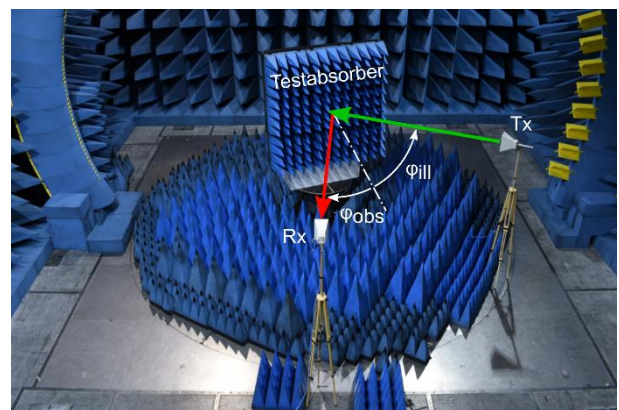
Mono- und bi-statische RCS-Messungen (Mikrowellen und Millimeterwellen)

- Monostatische und bi-statische RCS-Messungen in den Frequenzbereichen 0,8...26,5 GHz und 67...115 GHz
- Messungen mit variablen Beleuchtungs- und Beobachtungswinkeln (2D, 3D)
- Breitbandige dual-polarimetrische Vermessung unterschiedlicher verkehrsrelevanter Radarobjekte (reale Größen sowie skaliert)
- Leistungskalibrierung mittels zertifizierter Referenzobjekte
- Umfangreiche digitale Signalnachbearbeitung



Modellierung elektromagnetischer Mikrowellenabsorber

- Breitbandige Reflektivitätsmessungen im Frequenzbereich 0,8...18 GHz
- Automatisierte monostatische und bi-statische Messungen bei variablen Beleuchtungs- / Beobachtungswinkeln
- Charakterisierung schwach reflektierender Mikrowellen-Absorber bis zu -60 dB
- Vertikale Testfläche (1,80 m x 1,80 m) zur Messung unterschiedlicher Absorber-Konfigurationen
- Vergleich mit numerischen Simulationen (Vollwellensimulation und Strahlenverfolgung – ray tracing)



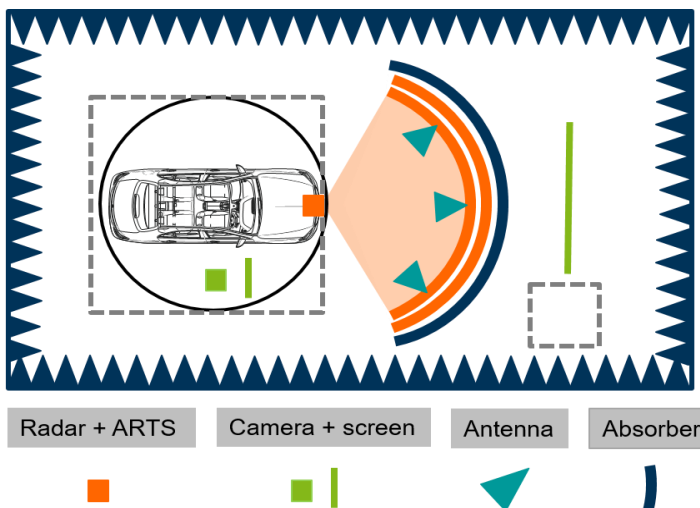
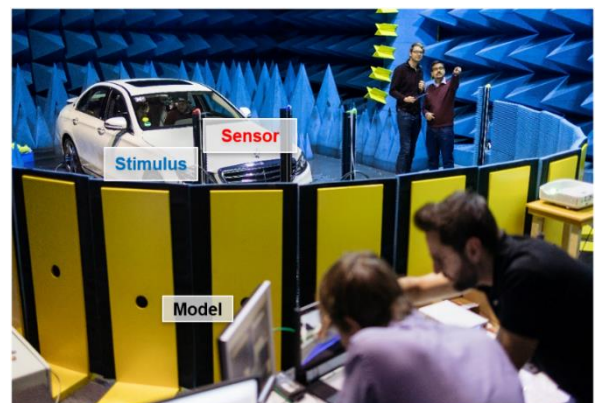
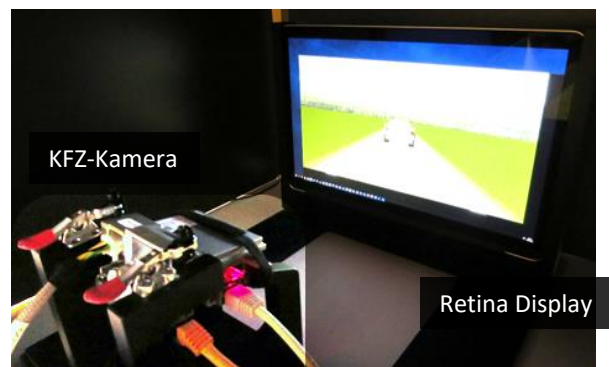
Funk- und Informationstechnik

2. Mess- und Analysesysteme



Messplatz zur Systembewertung von Fahrzeugradaren

- Hersteller- und plattformunabhängiger Over-the-Air Test für Kfz-Radarsysteme in VISTA
- Digitaler Radarzielsimulator
Automotive Radar Test System zur echtzeitfähigen und breitbandigen Nachbildung von Dopplerverschiebung und Radarstreuquerschnitten
 Typ: dSPACE DARTS-9030 M
 Frequenzbereich: 75...82 GHz
 Chirp Signalbandbreite: 1000 MHz
 Minimale Distanz: 7,5 m
 Maximale Distanz: 1000 m
 Anzahl Sendemodule: 8
- Szenarien-basierte Kamerastimulation
 Fotorealistische HiL-Tests der KFZ-Kamera
 Retina Display (Auflösung 2560 x 1600; 227 dpi)
 Stand-Alone-Betrieb oder Fusion mit KFZ-Radar
 Externe Anbindung via Fahrzeug-CAN-Datenbus
- Hardware-in-the-Loop (HiL) Testsystem Scalexio E31275 mit ControlDesk, ConfigurationDesk und AutomationDesk
- Spektralanalyse bis 110 GHz inklusive Analyse von Modulationsinhalten bis 4 GHz Bandbreite



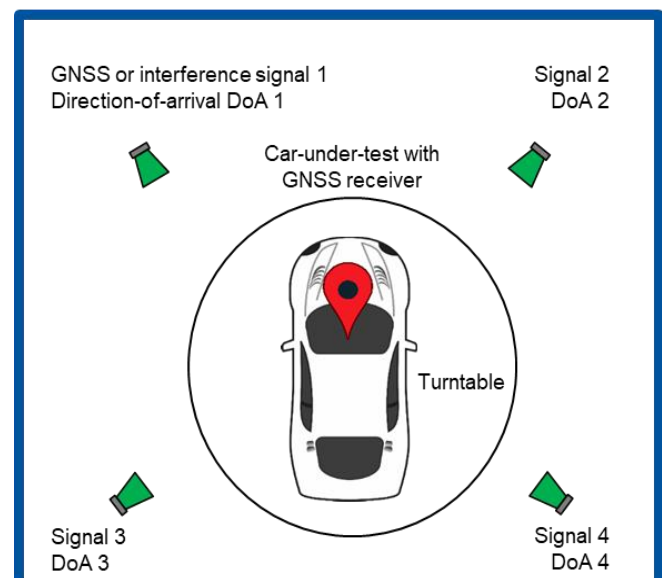


Anpassbare elektromagnetische Randbedingungen für Antennenmessungen

- Untersuchungen zum Einfluss der elektromagnetischen Randbedingungen auf das Strahlungsverhalten von Fahrzeugantennen
- Künstliche Massefläche für Antennen
- Kunststoff - Rahmenkonstruktion:
 - Durchmesser: 5,8 m
 - Höhenverstellbar: 0,7...2,3 m
- Stoffbespannung: Unterschicht aus versilberter Nylon-Fallschirmseide mit leitfähiger PU-Beschichtung (Shieldex® Berlin RF)
 - Flächenwiderstand: Durchschnittlich 300 mΩ/m² (max < 500 mΩ/m²)
 - Abschirmwirkung: Durchschnittlich bis > 60 dB im Frequenzbereich 0,3...5 GHz
- Oberschicht aus versilberter Nylon-Fallschirmseide mit zusätzlicher Kupfer/Nickel Beschichtung (Shieldex® Nora Dell CR)
 - Flächenwiderstand: Durchschnittlich 9 mΩ/m²
 - Abschirmwirkung: Durchschnittlich bis zu 95 dB im Frequenzbereich 0,3...10 GHz



Shielded anechoic chamber (VISTA)



Emulation von Satellitennavigation

- GNSS Satellitensimulation mit 4 synchronisierten Rode & Schwarz Signalgeneratoren Typ: SMBV100B
- Beleuchtung des Szenarios aus unterschiedlichen Richtungs-winkeln (Azimut, Elevation) zur Nachbildung der realistischen Einfallsrichtung der Satellitensignale
- Erzeugung von definierten Täusch- und Störsignalen zur Kontrolle der Störfestigkeit von Empfängern
- Test kompletter Empfänger im eingebauten Zustand
- Szenarien mit GPS und Galileo auch gemischt darstellbar

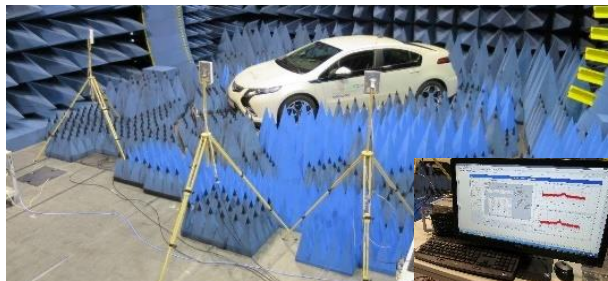
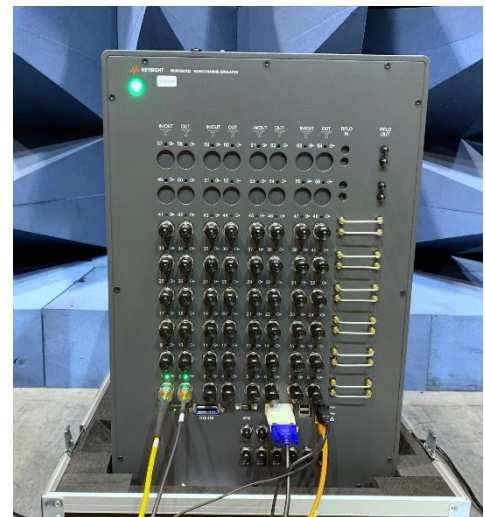
Funk- und Informationstechnik

2. Mess- und Analysensysteme



Funkkanalemulation in VISTA

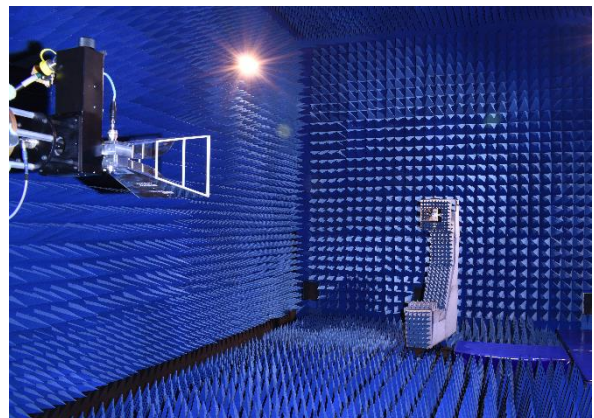
- Kombinierte Hardware- und Software-basierte Nachbildung von Mobilfunkdiensten (LTE, 5G, DSRC, C-V2X) mit Over-the-air Verfahren
- Nachbildung von Strahlenbündeln (cluster) mittels sektorisierter Antennengruppen
- MIMO-Funktionalität
- Einstellung von Dopplerverschiebung, Signalverzögerung (delay) und Winkelrichtungen bzgl. Absolutwerten und Spreizungen (spread)
- Messung qualitätsrelevanter Übertragungsparameter wie Datendurchsatz in Uplink und Downlink, RSRQ, RSRP, RSSI, CQI und SINR
- Kanalemulator: Keysight Prosim F32
 - 24 Kanäle
 - Frequenzbereich 0,35...6 GHz
 - Bandbreite 40 MHz
 - Kanalmodellierungssoftware für LTE-A und MANET Szenarien
 - Nachbildung von Abschattungen (shadowing, large-scale fading) von 0 bis 100 dB in 0,01 dB-Schritten
 - Fernkonfiguration und -steuerung von Emulationen



Antennenmesslabor (ergänzend zu VISTA)

Antennencharakterisierung mittels Fernfeldmessungen, optionale Nahfeld-Fernfeld-Transformation (sphärischer Nahfeld-Scanner)

Hersteller:	Nearfield Systems, Inc.
Messsystem:	NSI-800F-10x mit Nahfeldmessooption NSI-SW5305
Schirmkammer:	8,9 m x 5,1 m x 5,1 m
Frequenzbereich:	0,8 ... 110 GHz
Positioniererbelaastbarkeit:	10 kg
Messabstand:	5 m
Winkelauflösung:	0,03°





Funkkanal-Messtechnik Channel Sounder

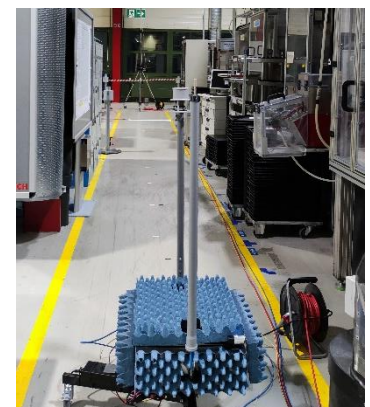
Sub-6-GHz-Sounder

- Messgerät: MIMO Channel Sounder
- Spezifikationen:
 - 160 MHz Bandbreite
 - bis zu 1 h Echtzeitdaten-Speicherung
 - Vollprogrammierbares Sendesignal
 - Multiband und Vielfach-Sounder Betrieb
 - Schaltbarer MIMO Zugang
 - Frequenzbänder:
2,0...2,2; 2,5...2,7; 3,4...3,6; 5,0...6,0 GHz
 - Vermessung von 4G- und 5G-Funkkanälen
- Untersuchungen:- Channel Sounding, BS-UE, AP-UE, D2D, inklusive V2X
 - Räumlich-zeitliche Charakterisierung
 - Hochauflösende Mehrwege-Parameterschätzung



Mess- und -Soundertechnik im mm-Wellen bis THz-Bereich

- Messgeräte:
 1. Nichtlineare HF Charakterisierung mit PNAX bis 67GHz
 2. Netzwerkmesstechnik bis 340 GHz
 3. Breitbandtechnik bis 16 GHz Bandbreite (AWG7000 und DPO70000)
 4. Multi-Band UWB Channel Sounder bis 300 GHz
- Spezifikationen UWB Channel Sounder:
 1. ≤ 7 GHz Bandbreite
 2. bis 2h Echtzeitdaten-Speicherung mit 4 Kanälen
 3. Multiband-Betrieb von bis zu 3 Frequenzbändern parallel
 - Mikrowellen-Bereich: 0...3,5 GHz / 3,5...10 GHz
 - mm-Wellen-Bereich: 24...40 GHz / 57...66 GHz / 71...78 GHz
 - THz-Bereich: 180...220 GHz/ 280...340 GHz
 4. Vermessung von 5G- und 6G-Funkkanälen
- Untersuchungen:- Channel Sounding, BS-UE, AP-UE, D2D, inklusive V2X
 - Räumlich-zeitliche Charakterisierung des Funkkanales
 - Test von 5G und 6G Technologien

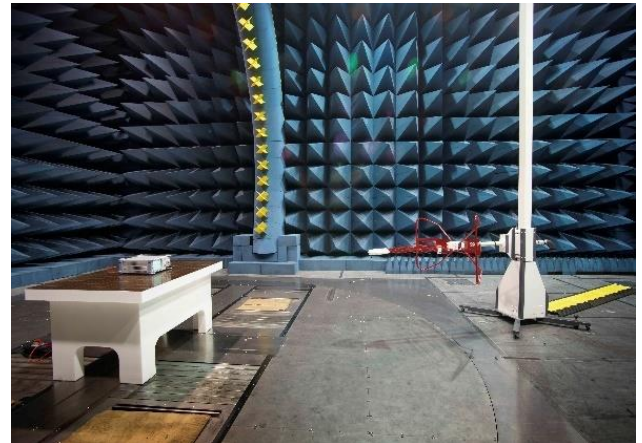




EMV-Messtechnik

Entwicklungsbegleitende EMV-Messungen der gestrahlten und geleiteten Emission im Prüffeld VISTA

EMV-Halle:	Geschirmte Absorberkammer, 16 m x 12 m x 9 m
Antennenmast:	Einstellbare Messhöhe 1...4 m
Messgeräte:	EMI Testempfänger Rohde & Schwarz ESR-7, Netznachbildung Rohde & Schwarz ENV432
Frequenzbereich:	9 kHz ... 6 GHz
Messabstand:	3...5 m



EMVU-Messtechnik (HF und NF)

Messgerät HF:	Tragbares selektives Strahlungsmessgerät Narda SRM-3006
Frequenzbereich:	9 kHz bis 6 GHz
Sonde:	Triaxiale E-Feld-Antennen 0,027... 3,0 GHz 0,42 ... 6,0 GHz
Besonderheiten:	Codeselektive UMTS- und LTE-Messungen
Untersuchung:	Vorortmessung der elektrischen Feldstärke durch verschiedene Funkquellen mit Bezug zur EM Feld-Exposition von Personen
Messgerät NF:	kombinierter E- und H- Feldanalysator Narda EHP-50F
Frequenzbereich:	1 Hz bis 400 kHz
Besonderheiten:	„Weighted peak“ Bewertung, FFT-Spektrumanalyse
Untersuchung:	Vorortmessung der elektrischen und magnetischen Feldstärken an Anlagen der Energieversorgung (Hochspannungsleitungen, Transformatorstationen)



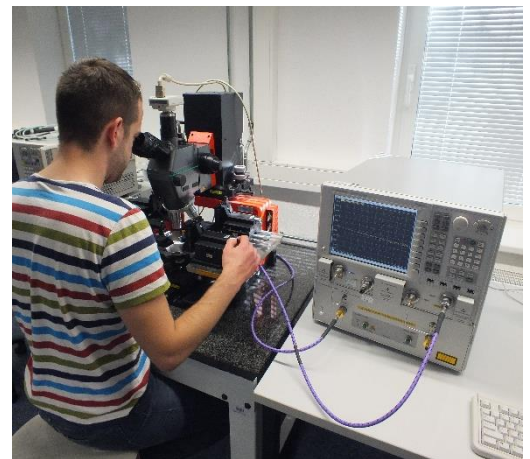
Funk- und Informationstechnik

2. Mess- und Analysesysteme



Mikrowellenmesstechnik (Frequenz- und Zeitbereich)

- Koaxiale Vektornetzwerkanalysatoren:
 - Agilent PNA-X N5242, 4-Port Testset,
 - nichtlineare X-Parameter 0,01...26,5 GHz
 - Lichtwellen-Komponenten-Analysator Agilent N4376D,
 - Agilent PNA E8361A: 0,01...67 GHz,
 - Keysight PNA N5222B: 0,01...26,5 GHz und 67...115 GHz
 - 4-Tor Testset 0,01...50 GHz,
 - Puls-Testset 0,2...40 GHz;
 - Anritsu MS4630B (10 Hz bis 300 MHz)
 - Keysight FieldFox N9952A - Microwave Analyzer bis 50 GHz
- Maury-Tuner basierte Rauschparametermessung 1...26,5 GHz
- Rauschfaktoranalysator 0,01...26,5 GHz (Agilent N8975A)
- Spektrumanalysatoren
 - 50 GHz und 75...110 GHz (Agilent PSA E4448A, ext. Mischer)
 - 26 GHz (Rohde & Schwarz FSEM)
 - 32 GHz (Anritsu MS2802A)
 - 50 GHz (Keysight FieldFox N9952A)
- Waferprober-Messplätze:
 - Suess PM4
 - Cascade Summit 9000
 - evakuierbarer Waferprober Suess MicroTec PMV150 mit Thermochuck (-40 bis 150oC)
- Zeitbereichsreflektometer (LeCroy SDA100G)
- Transientenanalyse (HP 70820A)
- 4-GHz Vierkanal Echtzeit-Oszilloskop (Keysight DSOS404A mit Smart-Mixer 60...90 GHz)
- 11-GHz Vierkanal Echtzeit-Oszilloskop (LeCroy SDA 11000)
- 20 GHz Agilent Infiniium DCA-X 86100D Oszilloskop mit optischen Eingängen 750...1650 nm
- 70-GHz Sampling-Oszilloskop (LeCroy SDA 100G)
- Signal Source Analyzer 26,5 GHz (Rohde & Schwarz FSUP)
- Signalquellen: z.B. Agilent PSG E8257D bis 50 GHz ; SMIQ06B bis 6 GHz; Vector Signal Generator R&S SMBV100B (GPS, Galileo)
- Optisches Profilometer "Alicona infinite focus" (Auflösung: vertikal 20 nm, horizontal 600 nm)
- Leiterplatten-Prototyping mit LKPF ProtoMat S103
- Nahfeld-Antennenmesssystem EMSCAN RFXpert RFX2-62 zur schnellen Messung der Strahlungseigenschaften planarer Strukturen 0,3...6 GHz
- Compute server Windows- und Linux-basiert
- Simulationswerkzeuge für HF-Schaltungsentwurf: MicroSim (PSpice), Serenade
- Simulationswerkzeuge für 2D/3D Mikrowellen-Feldberechnungen: Keysight ADS, Ensemble (MoM), IE3D (MoM), Ansoft HFSS (FEM), CST Microwave Studio (FDTD) einschließlich aktueller Desktop-Rechentechnik
- Datenverarbeitung: MatLab mit SimuLink Toolboxes (The Mathworks)



Funk- und Informationstechnik

2. Mess- und Analysensysteme



FORTE-Versuchsanlage des Fraunhofer IIS (Facility for Over-the-Air Research and Testing)

- Freifeldmesseinrichtung für mobile Satellitenterminals im Ku- und Ka-Band mit Bewegungs- und Kanalemulatoren
- Vermessung von 5G Phased-Array Antennen im Frequenzbereich FR2 (> 6 GHz)
- Over-the-air Testumgebung für Kommunikations- und Navigationssysteme (GNSS) bis 6 GHz
- Emulation realistischer, dreidimensionaler und virtueller elektromagnetischer Umgebungen unter Verwendung der Emulationsmethoden Wellenfeldsynthese für elektrisch kleine Testobjekte und „wireless cable“ für elektrisch große Testobjekte

Ausführliche Informationen unter:

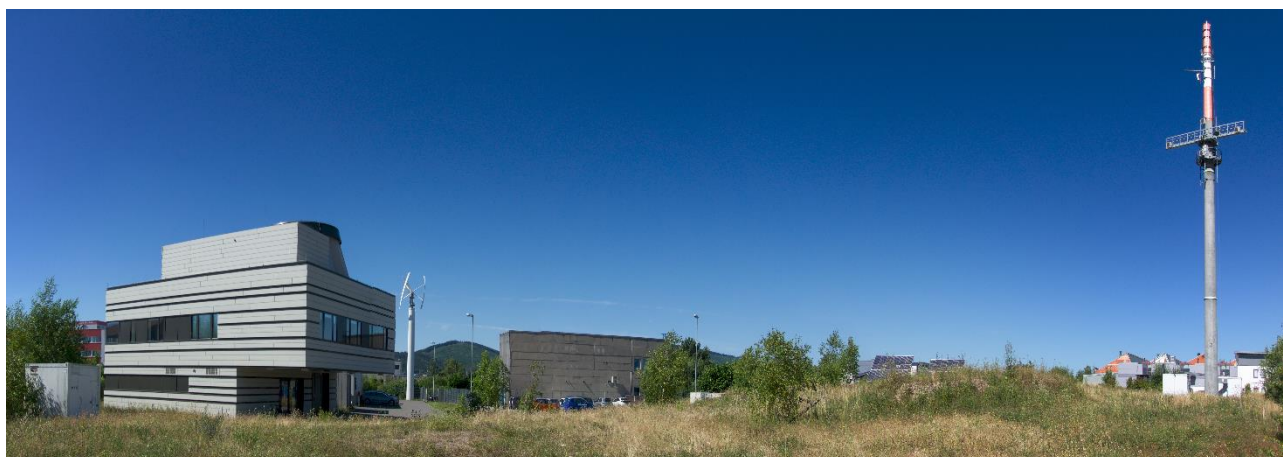
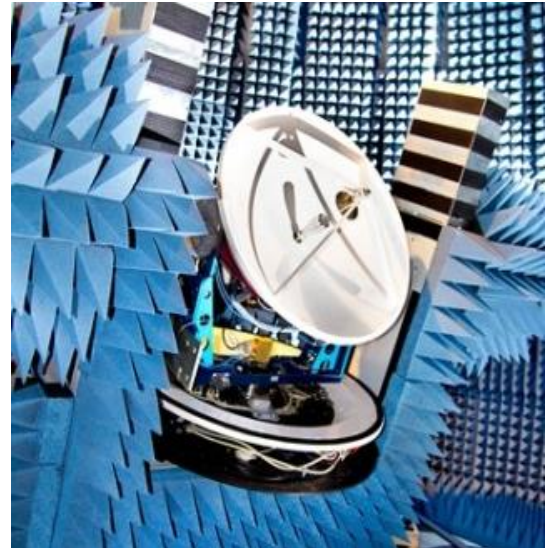
<https://www.iis.fraunhofer.de/en/profil/standorte/forte.html>

In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen:

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Markus Landmann

markus.landmann@iis.fraunhofer.de



Funk- und Informationstechnik

2. Mess- und Analysensysteme



FORTE-Versuchsanlage des Fraunhofer IIS (Facility for Over-the-Air Research and Testing)

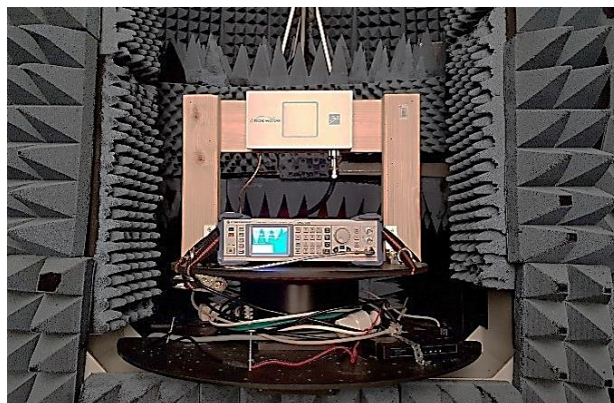
Forschungsplattform SatCom

- Test von SatCom-on-the-move (SOTM) Terminals für:
 - Global VSAT Forum SOMAP Type Approvals
 - Terminalhersteller und Satellitenbetreiber
- Kompetenzen:
 - Synchronisierte realistische Profilwiedergabe über Satelliten-, Bewegungs-, Kanal- und GPS-Emulatoren
 - Test mit Standardbewegungsprofilen für landmobile und maritime Anwendungen
 - Bewegungsimulator: Neigungswinkel: $\pm 45^\circ$
Geschwindigkeit: 3000/s
Beschleunigung: 10000/s²
 - Satelliten-Payload: 50m Antennenturm für Satellitennutzlastemulatoren mit 80 MHz Bandbreite
 - Kanalemulator: Realistische C/N und realistische Schattenprofile
 - Sensorarray auf dem Antennenturm zur präzisen Schätzung des Antennen-De-Pointing und der Nachbarsatelliteninterferenz



Forschungsplattform 5G-mmWave

- Test von 5G Beamforming-Antennen im Frequenzbereich FR2
 - Plattformenwicklung innerhalb nationaler öffentlicher Projekte
 - Projekte mit Industrie z.B. Anokiwave, Alcan, Kymeta
- Kompetenzen:
 - Vermessung von Antennencharakteristiken im Fernfeld: Antennenmuster, Gewinn, HPBW, SLL
 - Vermessung von Beamforming- und Null-Steering-Fähigkeiten



Funk- und Informationstechnik

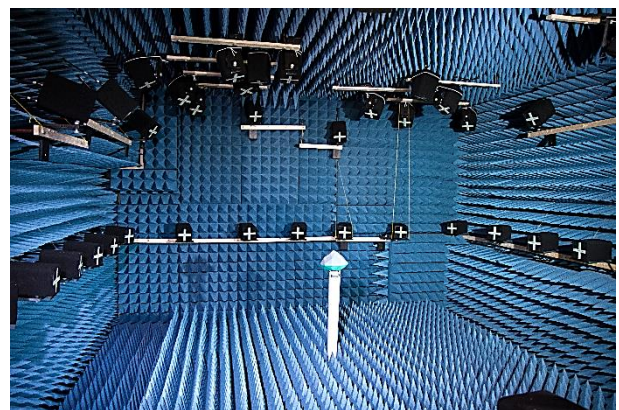
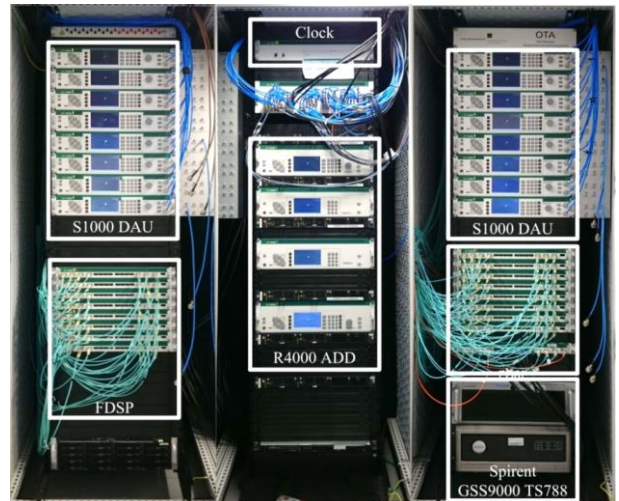
2. Mess- und Analysensysteme



FORTE-Versuchsanlage des Fraunhofer IIS (Facility for Over-the-Air Research and Testing)

Forschungsplattformen MIMO-OTA

- Test von MIMO-Transceivern bis 6 GHz für:
 - Mobiles Breitband (inkl. LTE Testbed, 5G)
 - GNSS: Positioniergenauigkeit, Störimmunität etc.
 - Industrielle Kommunikation
 - V2V und V2I
- Signalerzeugung
 - GNSS Emulator Spirent GNS9000
 - Mobilfunk: Rohde & Schwarz CMW 500
- Ansätze
 - Wellenfeldsynthese für kleinere Testobjekte
 - Wireless Cable für größere Testobjekte (z.B. Fahrzeuge)
- Kanalmodellierung
 - (Geometriebasierte) stochastische Kanalmodelle (z.B. 3GPP TS 38.901)
 - Ray tracing
 - Gemessene Kanäle
 - Technische Parameter
 - Frequenzbereich: 0.3...6 GHz
 - Bandbreite: 80 MHz
 - RF Output: + 10 dBm
 - Konnektivität: 12 Eingänge x 32 Ausgänge = 384 Kanäle
 - 3072 Taps / Impulsantwort



Ausführliche Informationen unter: <https://www.iis.fraunhofer.de/de/profil/standorte/forte.html>



- Gewichtsreduzierende Struktur- und Antriebskomponenten
- Aufbau-, Füge- und Verbindungstechniken für Funktions- und Hochleistungs-Systeme
- Funktionalisierte Fahrzeugkomponenten, Werkstoffsysteme und Oberflächen
- Flexible, effizienzgesteigerte und serientaugliche Verarbeitungsprozessketten
- Umweltverträglichkeit und Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe
- Material- und Prozesssimulationen zur Auslegung und Optimierung von Formteilen und Herstellungsverfahren



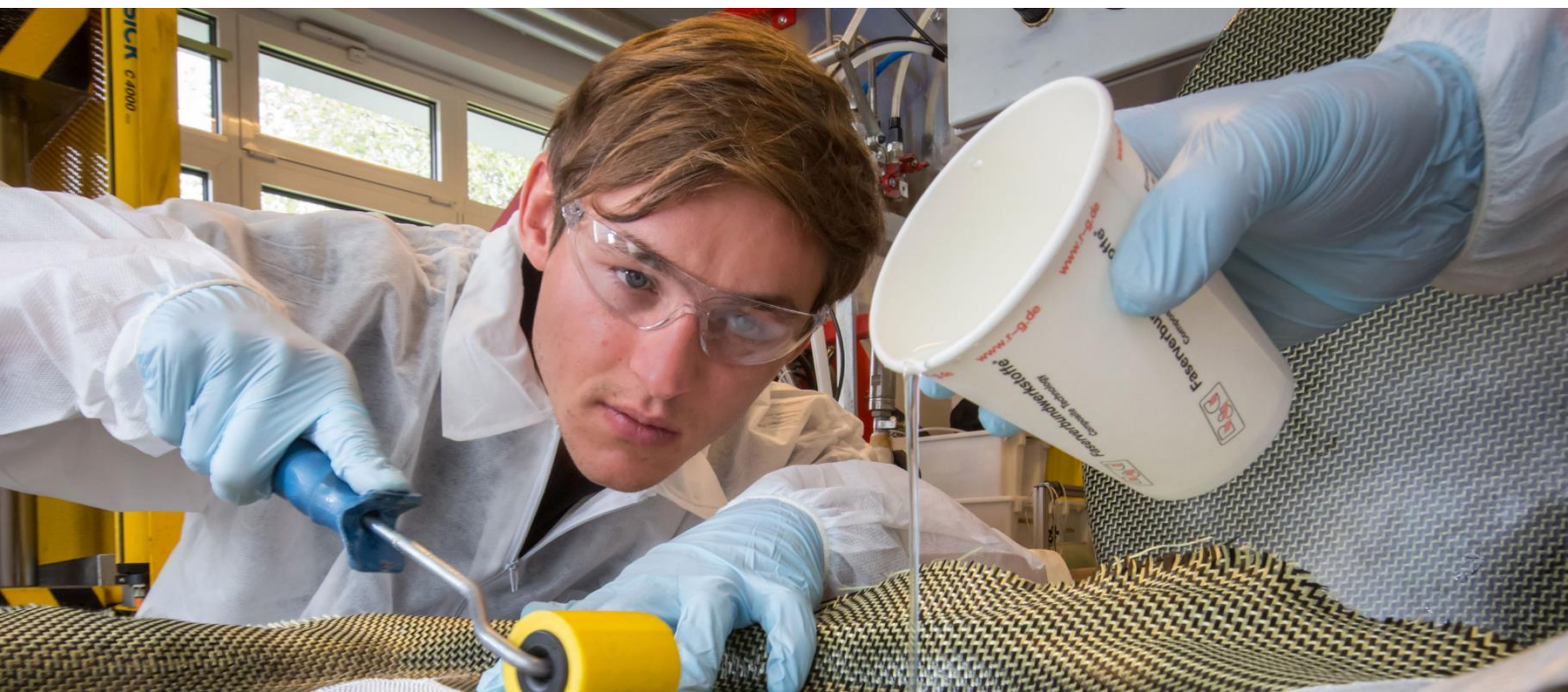
Ihr Ansprechpartner:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Florian Puch

Leiter Fachgebiet Kunststofftechnik

Tel.: +49 3677 69-2841

Mail: kti@tu-ilmenau.de





Extrusion und Folienherstellung

Einschnecken-Extruder ES 45

- Plastifizierung von Kunststoffgranulat und -pulver
- Verarbeitung von Kunststoff zu Folien oder Halbzeugen

Spezifikationen:

- Schneckendurchmesser: 45 mm
- Wirksame Schneckenlänge: 25 D bis 50 D
- Schnecken-Drehzahl: 160 1/min
- Antriebsleistung: 17,2 kW
- Extrusionshöhe: 1.000 mm
- Leistung PE: 150 kg/h
- Leistung PP: 150 kg/h
- Anzahl Messstellen: 8
- Glatte und genutete Einzugszone



Quelle: WEBER (Abb. ähnlich)

Flachfolieneinheit TYP LCR 350 HD

- Herstellung von Organoblechen, Folien und Tafeln

Spezifikationen:

- Walzengruppe mit 3 großen Walzen Ø 145 mm
- Walzenbreite: 400 mm
- Extrudieren von Platten von 0,3 - 2 mm Dicke und Breiten bis 350 mm
- Öltemperierte Walzen





Zweischneckenextruder ZSK 40

- Mischen und Compoundieren von Thermoplasten
- Einarbeitung von Füll- und Verstärkungsstoffen, Flammschutzmitteln, Verstärkungsfasern

Spezifikationen:

- Schneckendurchmesser: 40 mm
- Wirksame Schneckenlänge: 38 D
- Maximaldrehzahl: 400 1/min



Zweischneckenextruder ZSK 25

- Mischen und Compoundieren von Thermoplasten
- Einarbeitung von Füll- und Verstärkungsstoffen

Spezifikationen:

- Schneckendurchmesser: 25 mm
- Wirksame Schneckenlänge: 36 D
- Maximaldrehzahl: 600 1/min



Blasfolienanlage „Blowmaster“

- Miniaturisierte Blasfolienanlage mit vergleichbarem Funktionsumfang

Spezifikationen:

- Max. Höhe: 2,10 m
- Zusammenbaubar und transportabel
- Max. Folienbreite: 500 mm
- Inkl. Stabilisierung des Folienschlauchs durch integrierten Kühlring





Spritzgießen

KraussMaffei Typ KM 160/750/180 CX V

- Zweikomponenten-Spritzgießmaschine
- Umspritzen von Organoblechen & Aluminium
- Mehrkomponentenspritzgießen mit leitfähiger Struktur
- Sandwichspritzgießen
- Mit Drehtellerwerkzeug

Spezifikationen:

- Schließkraft 1.600 kN
- Vollhydraulisches 2 Platten Schließsystem
- Plastifizierung 1: Plastifizierungsgröße: 750; Plastifizierungsanordnung: H; Schnecken-Ø: 45 mm; Düsenradius: 10 mm; Düsenbohrung: 4 mm
- Plastifizierung 2: Plastifizierungsgröße: 180; Plastifizierungsanordnung: V; Schnecken-Ø: 30 mm; Düsenradius: 10 mm; Düsenbohrung: 4 mm



KraussMaffei Typ KM 80 CX 380

- Spritzgießmaschine mit Wechselwerkzeugeinsätzen
- Herstellung von spezifischen Formteilen

Spezifikationen:

- Schließkraft 800 kN
- Vollhydraulisches 2 Platten Schließsystem
- Plastifizierung: Plastifizierungsgröße: 380; Plastifizierungsanordnung: H; Schnecken-Ø: 35 mm;
- Hubvolumen: 154 cm³
- Einspritzdruck max.: 2.429 bar



Kunststofftechnik und Leichtbau

1. Kunststofftechnikum



Faserverbundtechnik mit hydraulischer 4-Säulen-Pressen

ATM Typ RWP700

- RTM-Verfahren & FVK-Verarbeitung

Spezifikationen:

- Presskraft: 100 t
- Hub: 500 mm
- Aufspannfläche: 750 x 750 mm mit T-Nuten
- Kompressionszeit und Temperaturen einstellbar
- Presstemperatur: max. 250 °C



Leichtbau mit der Harzmisch- & Injektionsanlage

Wolfangel 100/120/25/17

- Kolbeninjektionsanlage
- Eignung für EP- und UP-Systeme

Spezifikationen:

- Injektionsdruck bis 10 bar
- Vakuumunterstützung
- Variables Mischungsverhältnis



Eldomix 103

- Beheizbare Zahnradpumpe
- Eignung für EP, UP und PUR Systeme (auch Schäume)

Spezifikationen:

- Mischungsverhältnis: 100:100 bis 100:20
- Volumenstrom: 0,1 – 1,0 l/min
- Masstemperaturen bis 80 °C
- Vakuumunterstützung möglich





Herstellung und Verarbeitung von Organoblechen

Thermoformanlage

Rucks KV 293-5

- Hydraulische 4-Säulenunterkolbenpresse 430 kN
- Integrierte Vorheizstation und Materialtransfersystem
- Vakuumpumpe 3 mbar, 13 m³/h
- Energieverbrauchsanzeige und Diagnoseprogramm
- Umformung von thermoplastischen Halbzeugen insbesondere Organoblechen und Folien



Quelle: Rucks

Direktextrusionsanlage zur Herstellung endlosfaserverstärkter Organobleche

SUCHY Textilmaschinenbau GmbH 022/19

Imprägnierung von drei endlosen Faserlagen mit thermoplastischer Schmelze

- gravimetrische Zuführung von Kunststoff über eine Dosiereinrichtung zum Doppelschneckenextruder
- Aufschmelzen des Kunststoffs im Extruder
- Förderung des Thermoplasts über einen Verteiler in drei Schmelzepumpen
- Übergabe der Schmelze mittels jeweils zwei Heizschläuchen in drei Direktextrusionswerkzeuge
- Imprägnierung der von Rollenhaltern gespannten und vorgewärmten Faserlagen mit der Schmelze
- Zuführung zu einem Walzenstuhl, der die Lagen untereinander verpresst und durch die Anlage führt
- Rand- und Längsbeschnitt auf gewünschte Abmessung im nachgeschalteten integrierten Prozess
- Gesamtsteuerung der Anlage über einen zentralen Touchscreen





Aufbereitungsverfahren, Crashtest und Permeabilität

Mini-Innenmischer

- Transparente Mischkammer zur Simulation des Mischprozesses von Kunststoffen mit Füllstoffen in einem Innenmischer
- Modellfluide (z.B. Silikonöl) anstelle von Kunststoff
- Motor-Drehmoment: 3,1 Nm
- Drehzahl: bis 600 1/min
- Rotoranordnung: ineinandergreifend
- Spaltbreite: 1 mm
- Kammervolumen: 53,3 cm³



Fallturm

- Experimentelle Untersuchung des Deformationsverhaltens crash-relevanter Bauteile
- Max. 3 m Fallhöhe
- Max. Schlagmasse 291 kg
- Max. Aufprallgeschwindigkeit 25 km/h
- Ermittlung von Kraft-Weg-Kennlinien
- Optische Auswertung mittels Hochgeschwindigkeitskamera



Permeabilitätsprüfung für Faserhalbzeuge

- Messung Permeabilität flächiger Gewebe
- Glaswerkzeug 300 mm x 300 mm





Thermische Analyse

DSC Analyse (Differenz-Kalorimeter)

- Temperaturbereich von -170 °C – 600 °C DIN EN ISO 11357-1
- Glasübergangstemperatur DIN EN ISO 11357-2
- Schmelzpunkt DIN EN ISO/DIS 11357-3
- Schmelzenthalpie, spez. Wärmekapazität DIN EN ISO 11357-4
- Kristallisationsverhalten



TGA-FTIR (Thermogravimetrie)

- Temperaturbereich von 23 °C – 1.000 °C DIN EN ISO 11358
- FTIR (Infrarotspektroskopie) mit ATR Analyse
- Zersetzungstemperatur, Gasphasen- und Feststoffanalyse DIN 51006
- DIN EN ISO 9924-1; DIN EN ISO 9924-2; DIN EN ISO 21870



DMA (Dynamisch-Mechanische Analyse)

- Temperaturbereich von -170 °C – 600 °C
- Frequenzbereich von $0,01\text{ Hz}$ – 100 Hz
- Zugversuch, Dreipunktbiegung und Scherung
- dynamische Viskosität, Glasübergangstemperatur und Temperaturbeständigkeit
- DIN 53440, DIN 53513, DIN EN ISO 6721-1



TMA (Thermo-Mechanische Analyse)

- Temperaturbereich von -170 °C – 600 °C
- Temperaturabhängige Abmessungsänderungen
- Glasübergangstemperatur DIN 53752; ISO 11359-2
- DIN EN 14617-11





Thermische Analyse

Light-Flash-Apparatur

- Temperatur- und Wärmeleitfähigkeitsmessungen von Festkörpern
- ASTM E 1461, ASTM E2585, DIN EN 821-2, DIN 30905, ISO 22007-4, ISO 18755, ISO 13826; DIN EN 1159-2 etc.
- Temperaturbereich von -100 °C – 500 °C

HDT Vicat

- Erweichungstemperaturmesseinrichtung DIN EN ISO 306
- Wärmeformbeständigkeitsmessung DIN EN ISO 75-1, -2, -3

Hochdruck-Kapillar-Rheometer

- Temperaturbereich von 23 °C – 400 °C
- Schergeschwindigkeitsbereich von 1 /s - 10.000 /s
- Fließverhalten von Polymerschmelzen
- Viskositätsprüfungen DIN 54811



Rotations-/Oszillationsrheometer

- Temperaturbereich von 23 °C – 300 °C
- Schergeschwindigkeitsbereich von 0,0001 /s – 1.000 /s
- Fließkurven, Aushärtverhalten von Harzsystemen Platte-Platte/ Kegel-Platte
- DIN 53018, ISO 3210, DIN 53019, ISO 3219, DIN 54453



Schmelzindexprüfung

- MFI, MFR-Messung DIN EN ISO 1133





Werkstoffliche Analyse

Gel-Permeations-Chromatographie (GPC)

- Molekulargewichtsverteilung, Kettenlängenbestimmung
- Molekülkettenabbau, Alterungsuntersuchungen

Sauerstoffpermeationsmessung

- Messung von Barriereigenschaften gegenüber Sauerstoff
- Sauerstoffdurchlässigkeitsmessung an Folien und Behältern
- DIN 53380, ASTM F2622

Wasserdampfpermeationsmessung

- Messung von Barriereigenschaften gegenüber Wasserdampf
- Wasserdampfdurchlässigkeitsmessung an Folien und Behältern
- ASTM F-1249, TAPPI T557, JIS K-7129

Elektronischer Feuchteschnellbestimmer

- Messung des Restfeuchtegehaltes von Kunststoffen
- DIN EN ISO 15512

Dichteanalyse-Waage

- Bestimmung der Dichte von Formteilen mittels Eintauchprüfung
- DIN EN ISO 1183-1

Siebanalyse

- Bestimmung von Korngrößen und Korngrößenverteilungen
- DIN 66165

Infrarotspektroskopie

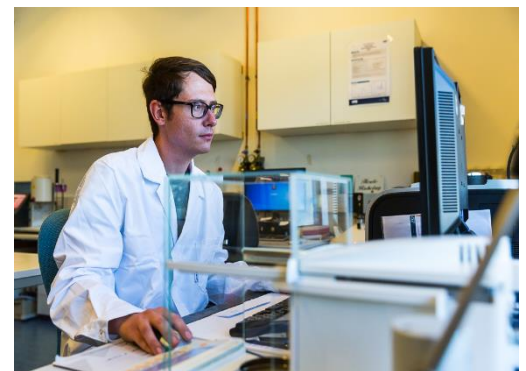
- Zur Analyse der Zusammensetzung

Probenpräparation

- Mikrotomschneidgerät
- Probenschleiftisch

Probenkonditionierung

- Mobiler Granulat-Trockner mit Trockenlufttechnologie
- Wechselklimaschrank für normgerechte Materialprüfungen unter dynamischen Bedingungen (5 K/min, -40 bis 180 °C, 10 % bis 98 % rel. Feuchte)
- Tiefkühlbox 30 Liter bis zu einer Temperatur von -40 °C
- Muffelöfen, Vorwärmöfen, Veraschungsöfen und Zubehör





Analyse der Mechanischen Eigenschaften

Universalprüfmaschine

- Zug-, Druck-, Torsion- und Biegeversuch bis 20 kN
- Optional thermische Prüfung (20 °C – 200 °C)
- DIN EN ISO 527-1, -2; DIN EN ISO 178

Universalprüfmaschine

- Zug-, Druck-, Torsion- und Biegeversuch bis 50 kN
- DIN EN ISO 527-1, -2
- Weitere Prüfaufbauten für Sondermessungen können durch variable Messrahmen realisiert werden



Pendelschlagwerk

- Schlagzähigkeitsmessung
- CHARPY DIN EN ISO 179-1
- IZOD DIN EN ISO 180

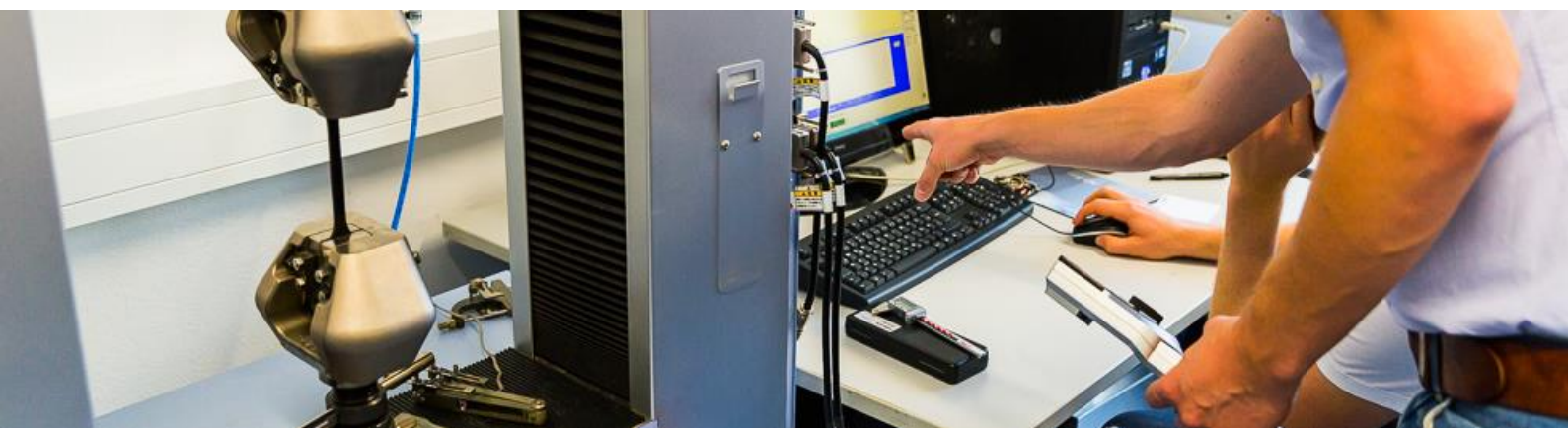
Härteprüfgerät

- Härteprüfung nach Shore A, D und A0 gemäß DIN EN ISO 868 und DIN ISO 7619-1
- Kugeldruckhärte DIN EN ISO 2039-1
- Mikrohärte von Oberflächenschichten DIN EN ISO 4516



Dielektrische Analyse

- Methode zur Untersuchung und Optimierung des Aushärtzustands von Duromeren, Lacken, Klebstoffen, Verbundwerkstoffen und anderen Arten von Polymeren oder organischen Substanzen durch Messung der Änderungen ihrer dielektrischen Eigenschaften





Analyse der Oberflächenfunktionalitäten

Stereomikroskop

- Optische Beurteilung von Schadensfällen
- Vermessungen und Sichtkontrollen
- Detail- und Übersichtsaufnahmen

Polariskop

- Begutachtung von Spannungszuständen in transparenten Bauteilen

Rauheits-/Welligkeitsprüfung

- Einzelmessung: 20 mm; Höhenprofil: $\pm 300 \mu\text{m}$
- Ausgabe R_z , R_a , A_{max} ; Welligkeit DIN EN ISO 4287

Kontaktwinkelmessung mit verschiedenen Testflüssigkeiten

- Kamera gestütztes System, Sessile-Drop-Methode
Pendant-Drop-Methode DIN EN 828, DIN EN ISO 15989
- Benetzbarkeitsmessung inkl. Temperaturkammer

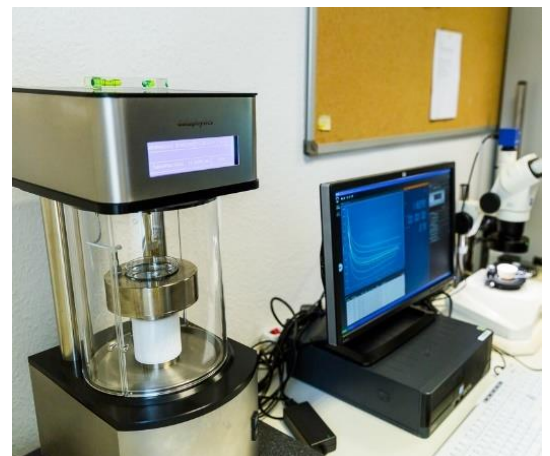
Mikrohärte von Oberflächenschichten

- DIN EN ISO 4516; Messung von Dünnschichtsystemen, Oberflächeneigenschaften

Zerstörungsfreie Waddickenprüfung

Portables Farb- und Glanzmessgerät

- Lab-Werte mit und ohne Glanzfalle





Moldex3D

Simulation von Extrusion- und Spritzgussverfahren (Fließverhalten und resultierende Eigenschaften)

B&R Automation (limitierte Lizenzen)

- Maschinensteuerung
- Aufbau digitaler Zwillinge mit simulierten Parametereinstellungen

ANSYS

- Polyflow – Fließverhalten bei Extrusion und Spritzguss
- Fluent – Strömungssimulation
- Thermal – Thermische Simulation
- Mechanical – Statische und dynamische Berechnung mechanischer Lastfälle
- LS-Dyna inside Workbench – hochdynamische Lastfälle, Crashverhalten
- ACP – Berechnung anisotroper Werkstoffeigenschaften von Faserverbunden
- OptiSLang - Optimierung parametrisierter Simulationsmodelle (Modul-übergreifend)

MATLAB

- Lösung mathematischer Problemstellungen

Altair

- EDEM (DEM-Software für Schüttgutsimulation)

MSC One

Strukturmechanik

- Apex – CAD-Direktmodellierung, generatives Design
- Dyntran – Struktur- Fluid-Interaktionen
- Marc – Simulation großer Verformungen
- Nastran – mechanische Lastfälle
- Patran – Erstellung FE-optimierter CAD Modelle

Mehrkörperdynamik

- Adams – Simulation mechanischer Systeme
- Easy 5 – Simulation von Regel- und Steuertechnik

Akustik- und Fluidsimulation

- Actran – Vibrations- und Akustiksimulation
- Cradle – Fluidodynamik

Materialsimulation

- Digimat - Nichtlineare, multiskalare Material- & Strukturmodellierung
- MaterialCenter – Materialmodelle, Daten- und Prozessanalyse

Simulationsdaten- und Prozessmanagement

- SimManager – Datenmanagement entlang Entwicklungsprozessen

Lebensdauer- und Betriebsfestigkeit

- CAEfatigue – Simulation von Dauerlast, Schadensmodellierung

Prozesssimulation

- Simufact – Simulation von Umformung, Fügen, additive Fertigung

Thermische Simulation

- Sinda – Komplexe thermische Analysen





- Effiziente Ladetechnik für elektrische Energiespeicher
- Energieeffiziente Bordnetze
- Mechatronische Antriebe und Integration
- Energieeffiziente Steuerung, Leistungselektronik, Aufbau- und Verbindungstechnik
- Charakterisierung , Applikation von Leistungshalbleiterbauelementen
- DC/DC-Converter, DC/AC-Converter



Ihr Ansprechpartner:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Tobias Reimann
Leiter des Fachgebiets Industrieelektronik
Tel.: +49 3677 69-2849
Mail: tobias.reimann@tu-ilmenau.de





Poweranalyser / Digitales Leistungswattmeter

Yokogawa WT 3000

- Hochgenaue Wirkungsgradermittlung

Spezifikationen:

- Grundgenauigkeit: 0,01 % vom Messwert
- Frequenzbereich DC: 0,1 Hz bis 1 MHz
- 4 Eingänge
- Signalberechnung, FFT-Analyse, Flicker Analyse, Cycle-by-Cycle Messfunktion
- Speicherung der Signalabtabsteden
- Schnittstellen: Ethernet, RS-232, USB, GP-IB



Quelle: Yokogawa

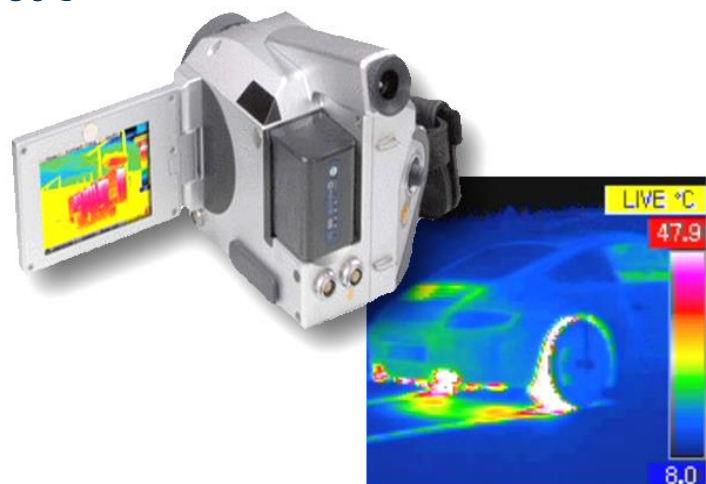
Thermographiesystem

InfraTec VarioCAM hr Inspect 680 S

- Analyse von Oberflächentemperaturen bei dynamischen und stationären Prozessen

Spezifikationen:

- Detektorbereich (640x480) Pixel
- Spektralbereich (7,5...14) μm
- Messbereich (-40...1200) $^{\circ}\text{C}$
- Thermische Auflösung <0,03 K
- Aufzeichnung mit (0,25...60) Hz



Quelle: InfraTec



Elektrochemische Messtechnik

- Test von Batteriesystemen



Quellen: Vacuum atmospheres BioLogic und Comsol

Labor für elektrische Maschinen, Antriebe und Leistungselektronik

- E-Motoren-/Antriebsprüfstände
- Bordnetzsimulator
- Leistungselektronikprüfstände
- Leistungselektronik & Antriebstechnik
- Rundlaufmessgeräte
- Hochwertige Leistungsmesstechnik
- Dynamische elektronische Quellen und Lasten für die Simulation von Vorgängen in Kfz-Bordnetzen und den Test von Batteriespeichern
- Test-Setups für die Charakterisierung von leistungselektronischen Bauelementen

Spezifikationen:

- Hochspannungsquelle 3KV/10A
- Niederspannungsquelle 15V, 3000A
- 2 rotierende AC-Umformer 10-100Hz, bis 920V, 100KVA
- 2 rotierende DC-Umformer bis 460V, bis 125KW
- rückspeisefähige DC-Quelle bis 1200V
- 3 rückspeisefähige DC-Quellen 30KW, bis 750V
- rückspeisefähige und hoch-dynamische DC-Quelle 40KW
- einphasige AC-Quelle bis 6KHz (Sinus), 5KW
- passive Lasten





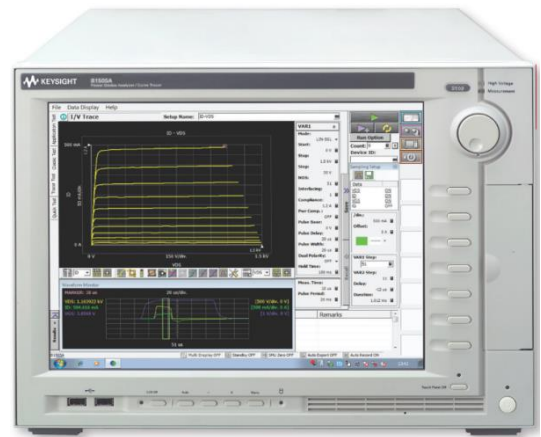
Flexibles Analysesystem zur statischen Charakterisierung leistungselektronischer Bauelemente

Keysight Technologies

B1505A Power Device Analyzer/Curve Tracer

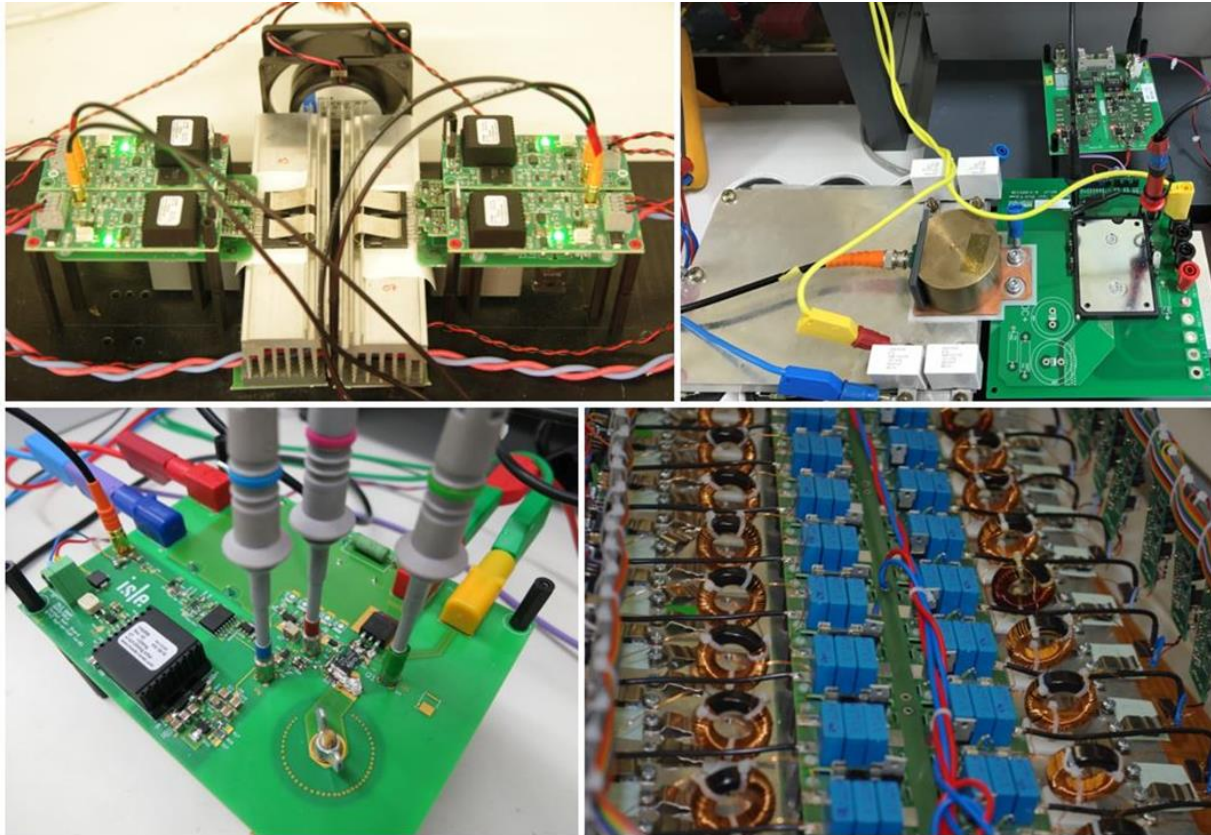
Spezifikationen:

- Compliant mit IEC 61326-1 / EN 1326-1 und IEC61010-1 / EN 61010-1
- CE zertifiziert
- Leistungsbereich: 500A/3kV
- Messung der Durchlass- und Übertragungskennlinien von Leistungshalbleiterbauelementen
- Messung der Sperr- und Blockierkennlinien von Leistungshalbleiterbauelementen
- Messungen der Eingangs-, Ausgangs- und Transferkapazitäten von Leistungshalbleiterbauelementen mit Vorspannungen bis 3 kV
- Messung der Gate-Charge-Charakteristika von z.B. Leistungs-MOSFET, IGBT im Bauelementespektrum bis 500A/3 kV
- Messung parasitärer Elemente von Packages, Aufbau- und Verbindungstechniken und Schaltungsträgern (PCB, Keramik)
- im Messsystem eingebauter Steuerrechner mit MS Windows 7 embedded Betriebssystem, Festplatte und grafischer Benutzerschnittstelle.





Messplätze für die dynamische Charakterisierung leistungselektronischer Bauelemente

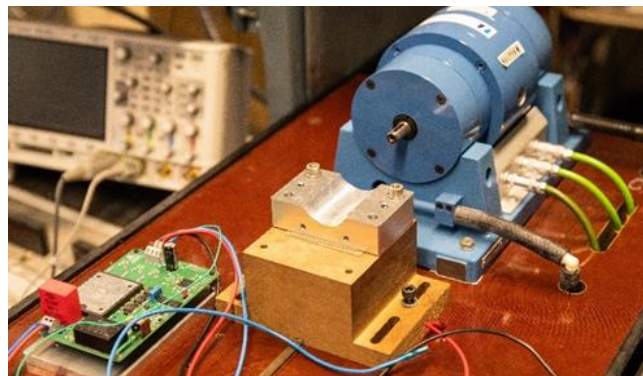
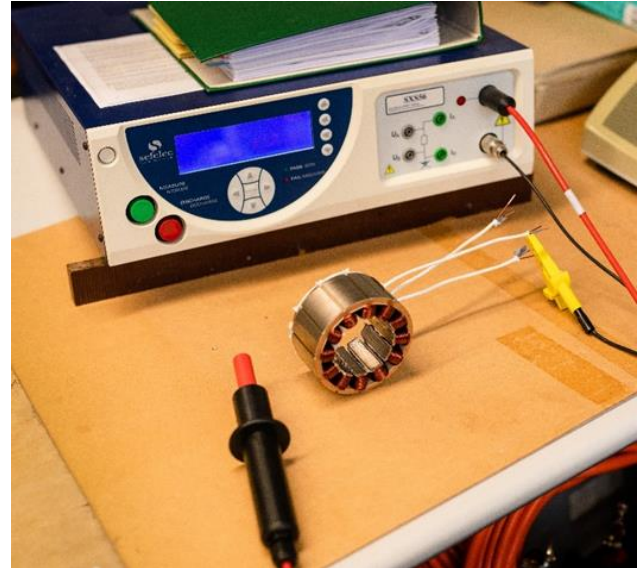
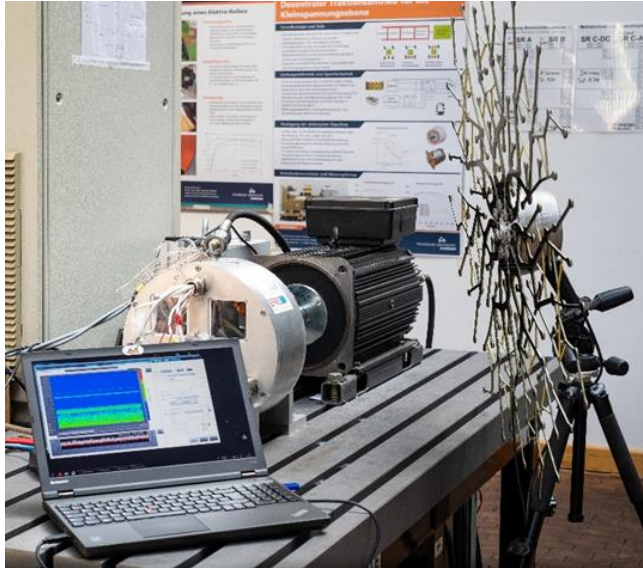


Charakterisierungsmöglichkeiten:

- Bauelemente: IGBT, MOSFET, Diode, JFET, SIT, HEMT, Thyristor; (Si, SiC, GaN)
- Dynamische Standardcharakterisierung (Schaltverläufe, Schaltzeiten, Schaltverluste, Doppelpulstest)
- Kurzschlussverhalten (KS1, KS2)
- Dynamischer latch-up-Test
- Dynamischer $R_{DS(on)}$
- Dynamischer Sperrtest (DRB)
- H3TRB (Temperatur, Luftfeuchtigkeit)
- Test mit sehr hohen dv/dt und di/dt
- SOA-Tests
- Avalanche-Test (Einzelpulse und periodisch)
- Applikationsnaher periodischer Schalttest (hartes und entlastetes Schalten)
- Temperaturwechseltest
- Gate-Treiber-Optimierung
- Reihen- und Parallelschaltung von Leistungshalbleiterbauelementen



Prüfstände und Laborausstattung für elektrische Maschinen



Ausstattung und Untersuchungsmöglichkeiten:

- Prüfstände und Belastungseinrichtungen für rotierende Maschinen bis 50 kW
- Messwellen für Drehmomente von 0,2 bis 200 Nm und Drehzahlen bis 50.000 min⁻¹
- Laborumrichter, AC- und DC- Quellen zum Betrieb von elektrischen Maschinen
- Aufnahme von Maschinenkennlinien und Leistungsmessung
- Erfassung von Temperaturverläufen an elektrischen Maschinen
- Magnetfeldmessung mit Sonden oder Messspulen
- Körperschalluntersuchung mit Schwingungsaufnehmern
- Akustische Kamera / Mikrofonarray zur Analyse von Luftschall
- Hochspannungsprüfgerät zur Wicklungsprüfung bis 10 kV
- Auswuchtstation für Rotoren bis 5 kg und Rundlaufmessgerät für Kommutatoren
- Ausstattung und Material für den Aufbau von Maschinenprototypen (Wickeln, Tränken, Vergießen, Montage)