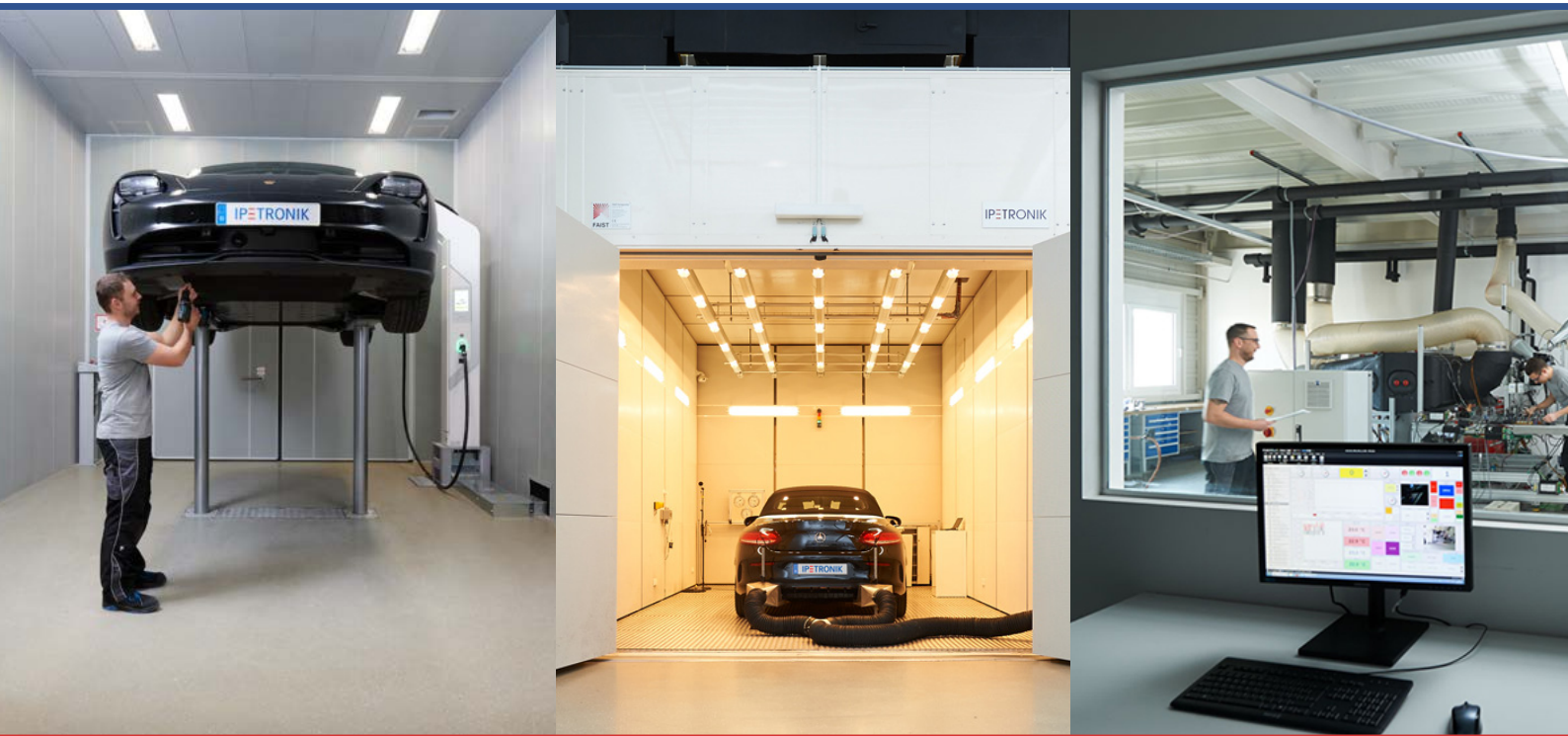


IPETRONIK

AUTOMOTIVE ENGINEERING



IPEngineering Leistungskatalog

INHALT

INHALT	2
UNTERNEHMEN.....	3
WILLKOMMEN BEI IPETRONIK!	3
GESCHICHTE	4
FIRMENSTANDORTE.....	5
BEISPIELE FÜR SYSTEMINTEGRATION, FLOTTENTEST UND THERMOMANAGEMENT	5
GESCHÄFTSEINHEIT IPEENGINEERING	6
GESCHÄFTSEINHEIT IPEMOTION	6
GESCHÄFTSEINHEIT IPEPEC.....	7
GESCHÄFTSEINHEIT IPEMEASURE	7
GESCHÄFTSEINHEIT IPE SERVICES	7
THERMOMANAGEMENT	8
THERMOMANAGEMENT-SYSTEMPRÜFSTAND	8
SYSTEMPRÜFSTAND	13
KOMPONENTENPRÜFSTAND / KÄLTEMITTELKREISLAUF KOMPONENTENTESTS	20
FUNKTIONSPRÜFSTAND KÄLTEMITTELVERDICHTER.....	26
DAUERLAUFPRÜFSTAND IPELOAD	28
KONTAMINATION	30
AKUSTIK.....	31
KLIMA-AKUSTIKKAMMER	31
AKUSTIKKAMMER MIT HV-LADESÄULE	34
NVH SYSTEMAKUSTIKPRÜFSTAND	36
AKUSTIKKAMERA	39
LEISE-LUFT-PRÜFSTAND.....	42
VORENTWICKLUNG ENTKOPPLUNG UND HALTERSYSTEME	44
AKUSTIK SIMULATION	46
FAHRZEUGERPROBUNG.....	49
FAHRZEUGAUFRÜSTUNG.....	49
FAHRZEUGDAUERLAUF UND ERPROBUNGSUNTERSTÜTZUNG	50
ENTWICKLUNGSTRÄGER-FAHRZEUGE	51
SPEZIELLE LEISTUNGEN.....	52
LECKAGELABOR.....	52
LEITFÄHIGKEITSANALYSE VON ÖLEN	55
ISO-R LEITFÄHIGKEITSANALYSE VON KOMPONENTEN UND SYSTEMEN	56
UNTERSTÜTZUNG SPEZIFIKATIONSENTWICKLUNG	58
PROTOTYPENSHOP UND SONDERKÄLTEMITTEL-LEITUNGSANFERTIGUNG.....	60
BETRIEBSFESTIGKEIT UND APPLIKATION	61
AUTOMOTIVE PROJEKTMANAGEMENT BTV	62
REFERENZEN	63

UNTERNEHMEN

Willkommen bei IPETRONIK!

IPETRONIK ist ein global agierendes Unternehmen für mobile Messtechnik, DAQ Software, Ingenieurdienstleistungen und Prüfstandstechnik in der Automobilindustrie sowie im Bereich Aerospace und Turbinen.

Mehr Leistung, Reichweite und Komfort erzielen und gleichzeitig kosteneffizient arbeiten, Entwicklungszeiten verkürzen und Ressourcen schonen? Themen wie E-Mobilität, alternative Antriebstechnik, Autonomes Fahren stellen hohe Anforderungen an OEMs, TIERS und ihre Partner.

Wir liefern die Lösung für diese Aufgabe, denn wir verbinden deutsche Ingenieurskunst mit hoher Innovationskraft und einem sicheren Gespür für die Themen von morgen. Wir begleiten Sie, vom frühen Stadium der Fahrzeugentwicklung über die Flottenerprobung bis hin zur Pflege Ihrer Serie. Wir realisieren die Entwicklung neuer Komponenten, über den neutralen Benchmark bis hin zur Serienreife. Mit zukunftsweisenden Lösungen, die wir selbst entwickeln: Prüfstände, Messtechnik, DAQ-Software. Mit Konzepten und Dienstleistungen, die maßgeschneidert sind auf Ihre Anforderungen. Mit validen Daten in jedem Schritt der Prozesskette. Mit Expertenwissen und Leidenschaft.

Wir gliedern uns in die fünf Geschäftsbereiche **IPEmeasure**, **IPEmotion**, **IPEngineering**, **IPETec** und **IPEServices**. Die Kombination dieser strategisch ineinander greifenden Fachbereiche ist bisher einzigartig am Markt und ermöglicht die optimale Erfüllung anspruchsvoller Forschungs-, Entwicklungs- und Testanforderungen in automobilen Anwendungen und diversen industriellen Applikationen.



GRÜNDUNG

1989



HEADQUARTERS

Baden-Baden



MITARBEITER/INNEN

300



NIEDERLASSUNGEN

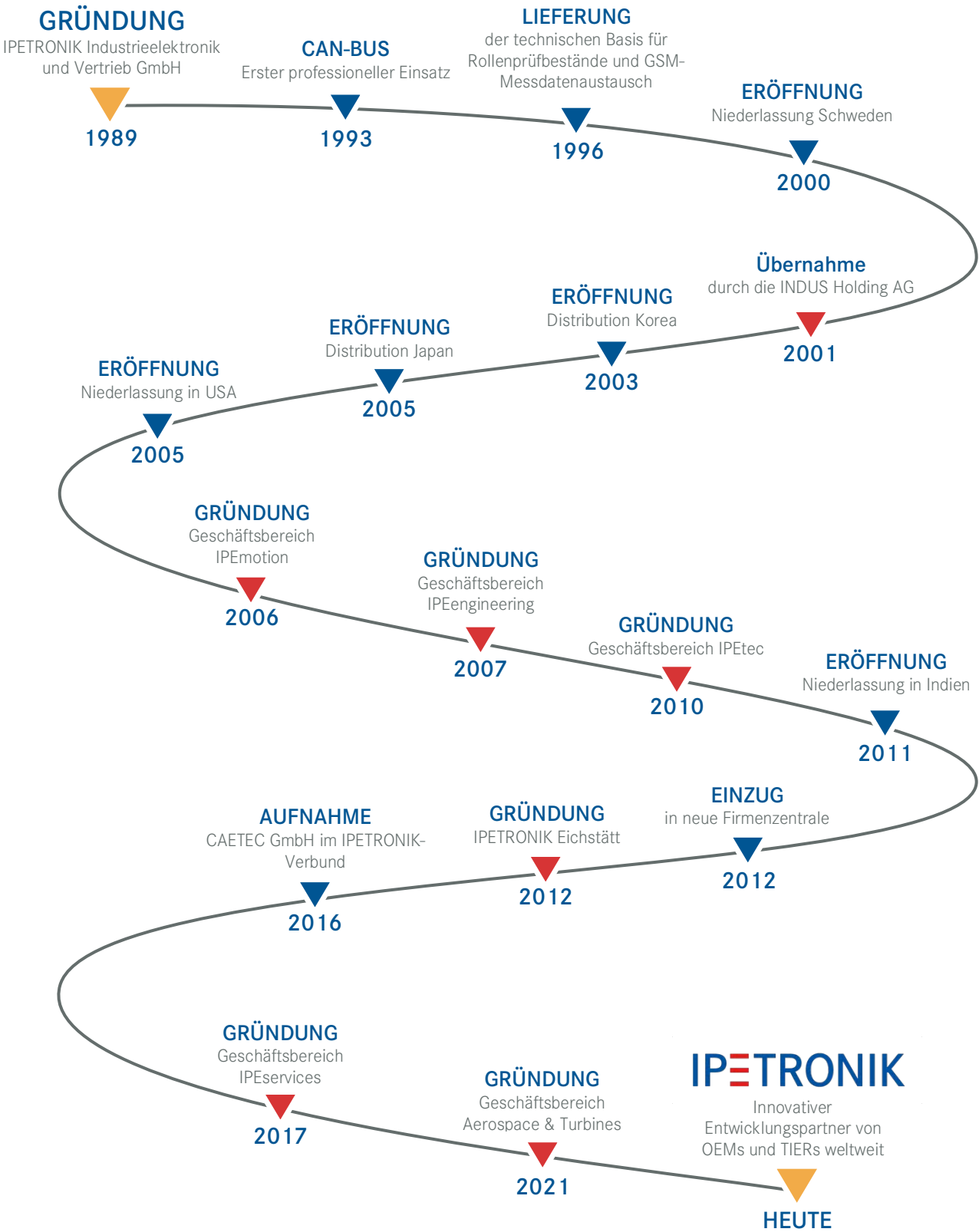
in 21 Ländern



100% TOCHTER

Indus Holding AG

Geschichte



Firmenstandorte



Beispiele für Systemintegration, Flottentest und Thermomanagement

Unsere fünf Business Units IPEmeasure, IPEmotion, IPEengineering, IPEtec und IPEservices vereinen ein umfangreiches Produktportfolio mit einem vielseitigen Dienstleistungsangebot. Unser Ziel ist es, integrierte Lösungen anzubieten, die unseren Kunden einen Mehrwert bieten. Deshalb haben wir immer die optimale Lösung, bestehend aus Messtechnik, Softwaresystemen und Engineering-Kompetenzen. Die Kombination aus unserem Know-how im Thermomanagement, dem Testen von Großserien und den Engineering-Dienstleistungen für Prüfstandslösungen ist einzigartig im Markt. Als Systemlieferant bieten wir alle Komponenten aus einer Hand - das macht uns zu einem wichtigen Partner, der mit dem Kunden neue Lösungen schafft und außergewöhnliche Entwicklungen umsetzt.



IPEMEASURE
Instrumentation



IPEMOTION
Software



IPEtec
Test Benches



IPEENGINEERING
Technical Center



IPEservices
Maintenance



Five business units, one demand:
HIGHEST QUALITY

Geschäftseinheit IPEngineering

Technische Dienstleistungen

Als Spezialist für Fahrzeug- und Prüfstandsversuche, Klimaakustik sowie Thermomanagement bieten wir das gesamte Leistungsspektrum, um die ständig wachsenden Anforderungen im Automobilbereich schnell und effizient umsetzen zu können. Wir realisieren komplette Entwicklungsprojekte mit alternativen Fahrzeugantrieben. Neben der eigentlichen Messtechnik liegt die Stärke von IPETRONIK in der Umsetzung von Messaufgaben. Auch umfangreichere Projekte werden von unseren Spezialisten aus einer Hand abgewickelt. Das Leistungsspektrum des IPETRONIK-Technologiezentrums ist vielfältig. Dazu gehören der Auf- und Abbau von Testfahrzeugen und die Begleitung von Sommer- und Wintertests. Wir führen umfangreiche Projektreihen inklusive komplettem Benchmarking mit verschiedenen Serienfahrzeugen durch. Dazu gehören Dauerläuferprobung, Komponentenerprobung, vergleichende Analysen, statistische Auswertungen und die Erstellung von Prüfberichten.

Weltweites Flottenprüf- und Messdatenmanagement mit "IPEcloud MDM"

Unsere Datenlogger und Messmodule werden in vielen Flotten-Dauertests im Bereich Antriebsstrangschutz und HVAC-Thermomanagement eingesetzt. Wir stellen unseren Kunden nicht nur die Hardware zur Verfügung, sondern begleiten den Flottenversuch und führen ihn komplett durch, inklusive Datenrückmeldung. Unsere Arbeit hört nicht mit der Lieferung der Messdaten auf: Denn wir bieten cloudbasierte Software-Infrastrukturen an, um große Datenmengen systematisch zu verwalten und auszuwerten. Auch den Einsatz von Simulationswerkzeugen wie MATLAB/Simulink für Auslegungsmodelle unterstützen wir, so dass wir auch in diesem Segment für die Zukunft gut gerüstet sind.

Thermomanagement neu definiert

Im Rahmen neuer Antriebstechnologien arbeiten wir kontinuierlich an der Weiterentwicklung mit unseren Systempartnern im Bereich der Fahrzeugklimatisierung und Aggregatekühlung. Wir konzipieren Prüfstände und Systemkomponenten, die eine effiziente Entwicklung des Herzstücks jeder Kälteanlage - des Verdichters - ermöglichen. Die neueste Generation elektrisch angetriebener Kompressoren (eKMV), die ihren Einsatz in Elektro- und Hybridfahrzeugen finden, wurde von den Engineering-Kompetenzen von IPETRONIK begleitet - von der Entwicklung bis zur Serieneinführung. Im Zuge dessen wurde auch die Entwicklung und Einführung der Wärmepumpentechnologie im Fahrzeug unterstützt. Auf diese Weise konnte die Reichweite der Batterien deutlich verbessert werden. Mit unseren hochintegrierten Thermomanagement-Prüfständen (TME) können wir zudem den gesamten Luftkreislauf sowie die Energieabgabe von Elektromotoren und Batterien optimal simulieren.

Geschäftseinheit IPEmotion

Hochpräzise und benutzerfreundliche Messsoftware

Der praxisgerechte Einsatz von Messmitteln und die zuverlässige Datenerfassung stehen für uns an erster Stelle. Zu diesem Zweck haben wir IPEmotion entwickelt - eine einfach zu bedienende Messsoftware für alle Anwendungen im Prüfprozess. IPEmotion unterstützt durch spezielle Plug-Ins Messanwendungen im Bereich der automobilen Fahrzeugprüfung - unabhängig von der verwendeten Hardware. Ebenso einfach verbindet die Software komplexe Steuergeräteeinrichtungen mit hochpräziser Messtechnik für physikalische Größen. Durch kundenspezifisches Setup und angepasste Einrichtung wird IPEmotion zu einer individuellen Softwarelösung, deren Datendarstellung flexibel angepasst werden kann - auch während der laufenden Messung und Speicherung (Online-Diagnose). Die Messdatenerfassungssoftware ist in mehreren Sprachen verfügbar. Sie ist für die Erfassung großer Datenmengen ausgelegt und ermöglicht die automatische Auswertung, Reporterstellung und Offline-Messdatenverarbeitung.

Geschäftseinheit IPEtec

Thermodynamische Prüfstandslösungen

IPETRONIK ist der Spezialist für die Entwicklung und den Bau von Prüfständen. Unser Geschäftsbereich IPEtec bietet alle Leistungen - von der Idee über die Konzeption und Konstruktion bis hin zum fertigen Prüfstand. Hohe Fertigungstiefe, ein fester Ansprechpartner für die komplette Anlage, kurze Wege sowie hohe Kompetenz sind nur einige Vorteile, die wir dem Kunden bieten. Unsere Prüfstände simulieren thermodynamische Prozesse für kältetechnische Komponenten wie Verdichter, Wärmetauscher und HVACs. Systematische und reproduzierbare Prüfstandsversuche verkürzen die Entwicklungszeiten erheblich. Ob klassischer Maschinenbau, kältetechnische und thermodynamische Verfahrenstechnik oder Anlagenbedienung und SPS-Steuerungstechnik - unsere Ingenieure und Techniker arbeiten in nahezu allen Disziplinen rund um die Entwicklung von Prüfständen. Darüber hinaus garantiert IPETRONIK bereits bei der Auslieferung einen hohen Reifegrad und beschleunigt so die schnelle Installation und Inbetriebnahme beim Kunden vor Ort.

Geschäftseinheit IPEmeasure

Messtechnik für die Fahrzeugentwicklung

Seit 30 Jahren unterstützen wir unsere Kunden als zuverlässiger Partner und begleiten die Fahrzeugentwicklung auf der Straße, in Off-Highway-Projekten und auf dem Prüfstand. Viele führende OEM-Hersteller weltweit setzen seit Jahren erfolgreich Messsysteme von IPETRONIK ein. Wir entwickeln Lösungen für unsere Kunden mit dem Ziel, einen optimalen Beitrag zur Verbesserung der Fahrzeugentwicklung und Straßenerprobung zu leisten. Wir erstellen maßgeschneiderte Lösungen entsprechend den Kundenanforderungen. Dabei erfüllen unsere Produkte und Dienstleistungen höchste Qualitätsstandards. Jede Realisierung berücksichtigt das Systemkonzept und integriert die spezifischen Kundenanforderungen optimal in das Gesamtsystem. Auf diese Weise schaffen wir einen Mehrwert für unsere Kunden. Wir stehen zu "Made in Germany", denn die Entwicklung und Produktion unserer Produkte erfolgt in Deutschland. So können wir sicherstellen, dass die Qualität stimmt und die Systeme auch im Dauereinsatz und unter härtesten klimatischen Bedingungen funktionieren.

Geschäftseinheit IPEservices

Kundenspezifische Kalibrierdienste und Dienstleistungen

Mit unserem Dienstleistungsangebot schaffen wir einen spürbaren Mehrwert für unsere Kunden. Während der gesamten Nutzungsdauer stehen wir als Ansprechpartner zur Verfügung und sorgen dafür, dass Softwarepakete, Prüfstände, Datenlogger und Messmodule in einem einwandfreien Betriebszustand sind. Bei der Überprüfung der Messsysteme bieten wir verschiedene Abstufungen an - je nach Anforderung des Kunden: Das Einstiegsangebot umfasst einen Funktionscheck, Firmware-Updates sowie die Kalibrierung und Justierung bei 23 °C Raumtemperatur. Eine weitere Option beinhaltet die Kalibrierung und Justierung über den gesamten Temperaturbereich, bei der die Module (über fünf Stützpunkte) im Bereich von -40 °C bis +85 °C kalibriert werden. Für Kunden, die höchste Genauigkeit benötigen, bieten wir die sogenannte Messkettenkalibrierung für Thermoelemente an. In diesem Fall werden das Modul und jeder Sensor einzeln für jeden Kanal über Referenzbänder kalibriert. Alle Kalibrierdaten und Zertifikate können über das VDI-Austauschformat 2623 bereitgestellt werden, um die Verarbeitung in kundeneigenen Prüfmitteldatenbanken zu vereinfachen. Wir führen auch vorbeugende Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten für Prüfstände durch, entweder vor Ort oder mit Hilfe von Fernwartungssystemen. In unserem KBA-akkreditierten Kalibrierlabor führen wir Leckagemessungen an Klimaanlage durch und ermitteln so die Kältemittelleckage der Anlage. Wir sind nach ISO 9001 zertifiziert und schaffen mit unseren Managementprozessen die Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für die hohe Zuverlässigkeit unserer Produkte sowie für die optimale Erfüllung der Kundenanforderungen.

THERMOMANAGEMENT

Thermomanagement-Systemprüfstand

Thermomanagement ist ein Schwerpunktthema in der Fahrzeugentwicklung, das im Entwicklungsprozess von Anfang an berücksichtigt wird. Wertvolle Entwicklungsschritte können bereits in einer frühen Phase auf einem Thermomanagement-Systemprüfstand geleistet werden. Durch die Einbindung von Berechnungsmodellen und Simulatoren/Emulatoren könnte bereits in einem frühen Entwicklungsstadium (ohne Fahrzeug) qualitative Aussagen zu Systemen, Komponenten und Regelstrategien für Kühl-, Heiz- und Kältekreisläufe getroffen werden. Zudem ist eine frühzeitige Erprobung von Betriebsstrategien möglich. In weiteren Phasen der Entwicklung (inklusive einer Serienbetreuung) können Probleme nachgestellt und Ursachen in einer reproduzierbaren Umgebung untersucht werden.

IPETRONIK-Dienstleistungen mit dem Thermomanagement Systemprüfstand

- ▶ Dynamische Lastfälle auf dem Thermomanagement Systemprüfstand und Schärfung von Simulationen
- ▶ Funktions- und Regelungsentwicklung am Thermomanagement
- ▶ HIL mit Fahrzeugsteuergerät und realen Kühl- und Kältemittelkreisläufen
- ▶ Innovative Wärmepumpen-Kältekreisläufe und Konzepte – Analyse und Optimierung
- ▶ Kennfelder zur Kühlmittelkreislaufregelung – Kurvenschaaren zur Aktorik für die Regelung
- ▶ Kältemittelkreislauf-Systemoptimierung – Basisuntersuchungen und Systemanpassung
- ▶ Untersuchung von Systeminstabilität/Bewertung kritischer Lastfälle
- ▶ Untersuchung bezüglich Kältemittel-Verlagerungen im System
- ▶ Absicherungsuntersuchungen von Komponentenanforderung innerhalb des Gesamtsystems
- ▶ Oil-Circulation-Ratio-Absicherungen/Öl-Füllmengenuntersuchungen und -empfehlungen
- ▶ Standard Messprogramme zur Absicherung z. B. SAE-Matrix, LCCP etc.
- ▶ Kältemittel-Füllmengenbestimmungen
- ▶ Untersuchung von unerwarteten Problemen in Serienkreisläufen – Ursachen- und Lösungsfindung

Technische Daten

4 Luftkonditionierungsmodule – Angaben je nach Modul abweichend	
Luftvolumenströme	bis zu 8000 m ³ /h
Temperaturbereich	-20 ... 60 °C
Luftfeuchte Bereich (+10 ... 60 °C)	15 ... 85 % (Taupunkt Bereich relevant)
Heizleistung	33 kW
Kühlleistung	30 kW
Wasser-Glykol-Kreislauf Emulatoren – Module in unterschiedlichen Leistungsbereichen	
Volumenstrom	0 ... 30 l/min
Druckverlust	30 ... 1000 mbar
Heizleistung	30 kW
Kühlleistung	11 kW
DC Stromversorgungen (HV + LV)	
Spannungsbereich	5 ... 1000 V
Leistung	30 kW

Anwendungsbeispiele

Dynamische Lastfälle auf dem Thermomanagement-Systemprüfstand

Relevante Testabläufe zur Erprobung von Kälte- und Kühlkreisläufen, Systemarchitektur und Funktionalität sowie Performance in einer frühen Entwicklungsphase; Rückführung an Simulationsmodelle

Projektziel:

Abbilden von dynamischen Lastfällen (z. B. WLTP-Zyklus) am Systemprüfstand zur Analyse und Optimierung des Systemverhaltens

Umsetzung:

Einbinden der dynamischen Lastfälle (Ablaufskripte); automatisierte Ansteuerung der Fahrzeugaktoriik/Prüfstandperipherie; Emulation fehlender Fahrzeug-Aggregate

Ergebnis:

Resultate über das dynamische Systemverhalten des Entwicklungsstands, wie z. B. thermischer Einfluss der Wärmeströme von Batterie und E-Maschine auf den Kühlkreislauf (System-Aufheizkurve)



Funktions- und Regelungsentwicklung am Thermomanagement (Vorentwicklung)

Z. B. Betriebsmodus-Entwicklung, Validierung, Funktionsentwicklung und -beschreibung, Regelungsentwicklung in Kooperation mit Kunden und Partnern

Projektziel:

Entwicklung einer Vorentwicklungssoftware zur Regelung/Steuerung eines indirekten Wärmepumpensystems mit natürlichem Kältemittel und aktiver Batteriekühlung

Umsetzung:

- ▶ Funktionsbeschreibung anhand der Systemkreisläufe erarbeiten
- ▶ Relevante Sensoren und Aktoren zur Regelung/Steuerung definieren
- ▶ Umsetzen der Funktionsbeschreibung in MATLAB Simulink mit Erstbedatung
- ▶ Inbetriebnahme des Regelungsmodells am Thermomanagement-Systemprüfstand
- ▶ Validierung und Parametrierung der Software (Applikation)
- ▶ Umfangreiche Dokumentation ausarbeiten

Ergebnis:

Regelungsmodell, Dokumentation, Bedienoberfläche für Real-Time-ECU

HIL mit Fahrzeugsteuergerät und realen Kühl- und Kältemittelkreisläufen

Mit unseren Kunden und Partnern: Regelung von Testobjekten auf dem Thermomanagement-Systemprüfstand via Fahrzeug-Steuergerät/ECU

Projektziel:

Ansteuerung/Einbindung der im Prüfstand verbauten Fahrzeugaktork und Sensorik durch ein Fahrzeugsteuergerät zur Validierung der Steuergerätesoftware/-Bedatung

Umsetzung:

- ▶ Hardware/Software Integration in den Thermomanagement-Systemprüfstand
- ▶ Ansteuerung der Fahrzeugaktork (z. B. Klimakompressor, Pumpen, Ventile) via ECU
- ▶ Ansteuerung des Prüfstands mittels Modellumgebung
- ▶ Abbilden eines dynamischen Lastfalles
- ▶ Analyse

Ergebnis:

Entwickelte Vorentwicklungssoftware und eine Dokumentation über das Systemverhalten und Thermomanagement im Zusammenspiel mit dem ECU



Innovative Wärmepumpen-Kältekreisläufe & Konzepte – Analyse und Optimierung

Z. B. Untersuchung und Bewertung von neuartigen, innovativen Komponenten innerhalb des Systems Kältemittelkreislauf mit Wärmepumpenfunktion. Analyse technisch relevanter Größen wie beispielsweise Wärmeströme-, Effizienz- und Druckverlustkriterien

Projektziel:

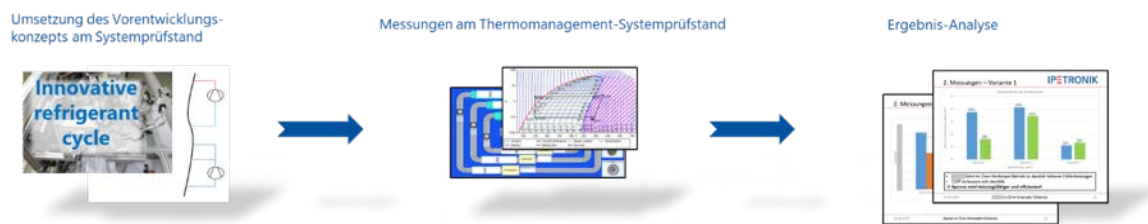
Leistungs- und Effizienzanalyse eines Innovativen Kältemittelkreislaufs im Vergleich zu einem Basissystem

Umsetzung:

- ▶ Fahrzeugrealistischer Aufbau eines Basis-Kältemittelkreislaufs
- ▶ Durchführung und Auswertung von Basismessungen
- ▶ Umbau auf innovatives Alternativkonzept/Komponentenanpassung durch Prototypenshop
- ▶ Durchführung von Vergleichsmessreihen
- ▶ Analyse von Leistung, Effizienz und sonstigen Systemgrößen

Ergebnis:

Aussagekräftige Ergebnisse und Optimierungspotentiale über Vorentwicklungskonzept des Kunden



Kennfelder zur Kühlmittelkreislauf-Regelung – Kurvenschaaren zur Aktorik für Regelung

Vermessung von Kühlkreislauf-Pumpen, -Ventilen und Kombinationen innerhalb der Wasser-Glykol-Kreisläufe zur Erstellung von Kennfeldern für die Regelung der Aktorik in den Systemen

Projektziel:

Erzeugen von Durchfluss-Kennfeldern für Komponenten im Glykol-Wasserkreislauf (Pumpen, Umschaltventile) eines Fahrzeugsystems

Umsetzung:

- ▶ Systemaufbau analog zu Fahrzeug-Package
- ▶ Prüflingsinbetriebnahme
- ▶ kundenspezifisches Messprogramm am Thermomanagement-Systemprüfstand
- ▶ Auswertung

Ergebnis:

Systemspezifisches Kennfeld als Regelungs-/Steuerungsgrundlage für Fahrzeug-Steuergeräte-Bedatung



Kältemittelkreislauf-Systemoptimierung – Basisuntersuchungen und Systemanpassung

Z. B. Druckverlust-Untersuchung und Optimierung, Untersuchung von Komponenten-Dimensionierung, Hochdruck-Absicherung

Untersuchung von Systeminstabilität/Bewertung kritischer Lastfälle

Z. B. Untersuchung der Systemstabilität innerhalb verschiedener Betriebsmodi/Umgebungsbedingungen (Hochdruck, Heißgastemperatur, Mindestkühlanforderungen, „Aufschwingen“ im Betrieb etc.)

Untersuchung bezüglich Kältemittel-Verlagerungen im System

Analyse typischer Probleme sowie kritischer Betriebs- und Ruhezustände in WP-/AC-Kältemittelkreisläufen

Absicherungsuntersuchungen von Komponentenanforderung innerhalb des Gesamtsystems

Untersuchung von Komponentenverhalten innerhalb eines Systems im Hinblick auf Leistung, Effizienz und Druckverlust

Oil-Circulation-Ratio-Absicherungen/Öl-Füllmengenuntersuchungen und -empfehlungen

Bestimmung/Empfehlung einer Öl-Füllmenge, Ölverbleib im Verdichter, OCR-Rate für eine Vielzahl von Lastfällen

Standard Messprogramme zur Absicherung z. B. SAE-Matrix, LCCP etc.

Testprogramme bestehend aus stationären Betriebspunkten mit festgelegten Randbedingungen z. B. zur Bewertung/Vergleichbarkeit von Leistungsfähigkeit/Effizienz des Kältemittelkreislauf

Kältemittel-Füllmengenbestimmungen

Ideale Kältemittel-Füllmengen mit marktüblichen sowie neuartigen Kältemitteln für Fahrzeugkreisläufe und Prüfstandaufbauten, Überfüllungs- und Unterfüllungsuntersuchungen, System-Robustheit etc.

Untersuchung von unerwarteten Problemen in Serienkreisläufen – Ursachen- und Lösungsfindung

Gezieltes und schnelles Nachstellen und analysieren von Thermomanagement-Herausforderungen

Systemprüfstand

In Zeiten der E-Mobilität dient der Kältemittelkreislauf nicht nur der Komfortklimatisierung der Fahrgastkabine, sondern auch zur Kühlung des elektrischen Antriebsstranges und der Batterie. Er wird somit zu einer der zentralen Subsysteme des Fahrzeuges und muss bereits von Anbeginn der Entwicklung berücksichtigt werden. Da in dieser frühen Phase für gewöhnlich weder Fahrzeuge noch Subsysteme zur Verfügung stehen, werden die Leitungen, Verdampfer und sonstige Wärmeübertrager geodätisch aufgebaut. Antriebsstrang und Batterie werden durch Emulatoren abgebildet, die Innenraumverdampfer mit konditionierter Luft beaufschlagt. Die Luftstrecke für den Kondensator simuliert Temperatur und Fahrgeschwindigkeit. Dies ermöglicht eine kalorische (leistungsbezogene) Bewertung des Systems, Tests verschiedener Verschaltungen, Vergleich verschiedener Komponenten und das Entwickeln von Betriebsstrategien.

IPETRONIK-Dienstleistungen mit dem Systemprüfstand

- ▶ LCCP/SAE-Matrix
- ▶ Füllmengenbestimmung
- ▶ COP (System, Wärmepumpen, HWT)
- ▶ Ölumlaufrate
- ▶ Kältemittelmassenstrom
- ▶ Leistungsmessungen bei System und Komponente (KM/Luft/Wasser/Strom)
- ▶ Vermessung von Ventilen (EXV/TXV)
- ▶ Vermessung von Kondensatoren (Luft/Wasser)
- ▶ Vermessung von Verdampfern (Überhitzung, Spreizung, latente und sensible Leistung)
- ▶ Vermessung von Verdichtern
- ▶ Vermessung von Plattenübertragern
- ▶ Betriebsstrategie ermitteln
- ▶ Vergleich verschiedener Systemarchitekturen
- ▶ Dauerlauf
- ▶ Liquid startup
- ▶ Liquid slugging
- ▶ Geräuschemissionen von Kältemittelkreislauf-Komponenten im HVAC

Technische Daten

3 Luftstrecken – Angaben je nach Luftstrecke abweichend	
Luftvolumenströme	bis zu 4000 m ³ /h
Temperaturbereich	-20 ... +60 °C
Luftfeuchte Bereich (+10 ... 60 °C)	7 ... 95 % (abhängig vom Taupunkt)
Heizleistung	10 kW
Kühlleistung	18 kW
2 Kühlwasseremulatoren	
Volumenstrom	30 l/h
Druckverlust	30 ... 1000 mbar
Heizleistung	18 kW
Kühlleistung	11 kW
DC Stromversorgungen (HV + LV)	
Spannungsbereich	0 ... 1000 V
Leistung	0 ... 10 kW
1 Antrieb mit Drehmomentmesswelle für mechanische Verdichter	
Drehzahl	0 ... 9000 1/min
Leistung	0 ... 10 kW

Anwendungsbeispiele

LCCP- Matrix

LCCP (Life Cycle Climate Performance) ist eine Testvorschrift, mit welcher Klimaanlage in Hinsicht auf den Einfluss auf die globale Erwärmung über den ganzen Lebenszyklus bewertet werden können.

Projektziel:

Ermitteln des COP bei vorgegebener Leistung

SAE-Matrix

SAE (Society of Automotive Engineers) beschreiben standardisierte Tests zur Effizienz und Leistung. Damit lassen sich Klimaanlage untereinander besser vergleichen.

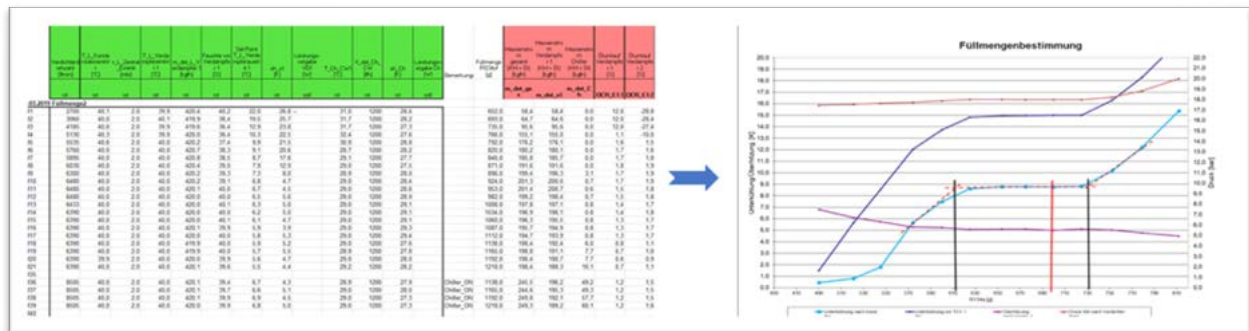
Füllmengenbestimmungen

Projektziel:

Ermitteln der idealen Kältemittelfüllmengen (Füllstand im Sammler) mit marktüblichen sowie neuartigen Kältemitteln für Fahrzeugkreisläufe und Prüfstands aufgebauten, Überfüllungs- und Unterfüllungsuntersuchungen, System-Robustheit, Festlegen von Größen zur Unterfüllungs-erkennung etc.

Ergebnis:

Als Ergebnisdiagramm wird als wichtigste Größe die Unterkühlung nach Verflüssigerbaugruppe (besteht aus Verflüssiger, Sammler und Unterkühler) angegeben, anhand derer man den Füllgrad des Sammlers feststellen kann.



COP (System, Wärmepumpen, HWT)

Ermitteln von Wirkungs- und Liefergraden (COP: Coefficient Of Performance) von Systemen und Einzelkomponenten. Hierbei werden Leistungen gemessen und in Relation zueinander gesetzt.

Beispiele:

$$COP_{System} = \frac{\dot{q}_o}{P_{Antrieb}} \quad COP_{HWT-Netto} = \frac{\dot{q}_{HWT}}{P_{Antrieb} + P_{PTC}} \quad COP_{Wärmepumpe} = \frac{\dot{q}_{Übertrager}}{P_{Antrieb}}$$

Ölumlaufrate

Messen von Ölumlaufraten (OCR) bei verschiedenen Betriebsbedingungen. Somit können Probleme wie Mangelschmierung und Ölverlagerung erkannt werden. Weiterhin fließt der OCR in die kältemittelseitige Bilanz ein. Wir können die meisten gängigen Öl-Kältemittelgemische vermessen.

Durch Messen von Schallgeschwindigkeit, Druck und Temperatur kann über einer Quadrik und einem passenden Parametersatz die Ölumlaufrate berechnet werden.



Kältemittelmassenstrom

Mittels Coriolismessgeräten, Messturbinen oder Ovalradzählern können Kältemittel-massenströme gemessen werden. Dies ist notwendig, um die kältemittelseitige Kälteleistung zu berechnen.

Leistungsmessungen bei System und Komponente (KM/Luft/Wasser/Strom)

Mit Ultraschallsensoren und Wirkdruckgebern, wie z. B. Venturirohren können Luft-volumenströme gemessen werden, aus denen mit Druck, Temperatur und Feuchte der Luftmassenstrom berechnet wird. Zusammen mit Feuchtesensoren vor und nach den Verdampfern werden die luftseitigen Kälteleistungen ermittelt und mit der kältemittelseitigen verglichen. Zur Ermittlung von kühlwasserseitiger Leistung werden statische Mischer verwendet, um eine Temperaturschichtung zu verhindern. Mit unserer hochgenauen Messtechnik können elektrische Leistungsaufnahmen von Verdichtern präzise bestimmt werden.

Vermessung von Ventilen (EXV/TXV)

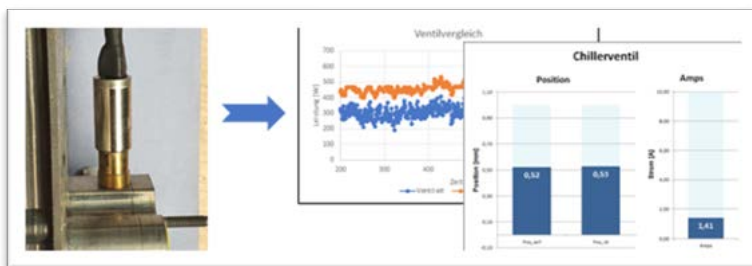
Test eines neuartigen EXV, welches keinen Schrittmotor hat und somit sehr viel preisgünstiger wäre. Hier war es das EXV für den Chiller. Bewertet werden sollte Regelgüte und Leistung.

Projektziel:

Einbau und Ansteuerung des Ventils; Durchfahren verschiedener Messpunkte zum Vergleich mit den Ergebnissen eines Schrittmotorventils

Ergebnis:

Gegenüberstellung thermodynamisch relevanter Größen



Vermessung von Verflüssigern (Luft/Wasser)

Durch ein Versagen der Klimaanlage wurde in einem Servicecenter des Kunden eine auffällige Temperaturverteilung an der Verflüssigeroberfläche (luftgekühlt) festgestellt. Der Temperaturunterschied zwischen Portseite und Sammlerseite war ungewöhnlich hoch. Ziel der Untersuchung war es, diese Verteilung zu bestätigen, die Ursache zu ermitteln und Lösungsvorschläge zu unterbreiten. Durchgeführte Tests:

Projektziel:

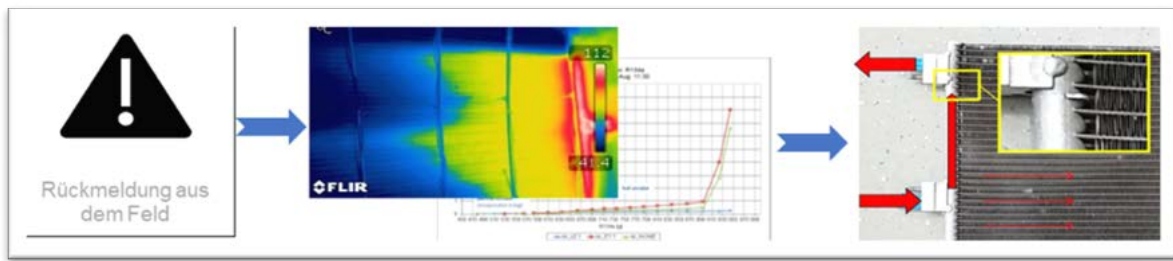
Überprüfen der Beobachtungen im Feld und Analyse der Ursachen; Überprüfung von Stichproben aus der Serienproduktion der Verflüssigerbaugruppen

Umsetzung:

Durchführen einer Füllmengenbestimmung; Wärmebilder mittels einer Infrarotkamera, um die Temperaturverteilung zu visualisieren

Ergebnis:

Schottblech zwischen den Ports undicht; starke Schwankungen in der Stichprobe der Serienbauteile



Vermessung von Verdampfern (Überhitzung, Spreizung, latente und sensible Leistung)

Projektziel:

Qualifizieren von verschiedenen Verdampfern verschiedener Hersteller. Neben der Leistung lag das Augenmerk besonders auf der Temperaturspreizung.

Umsetzung:

Durchfahren kundenspezifischer Messpunkte mit den verschiedenen Verdampfern; Visualisierung mit IPEmotion Plug-in VEP Heat Flow Matrix

Ergebnis:

Teils erhebliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Herstellern

Vermessung von Verdichtern

Ermittlung des Regelverhaltens eines eCV (electric control valve) eines mechanischen Verdichters

Projektziel:

Ermittlung thermodynamischer Größen in Abhängigkeit von unterschiedlicher eCV-Bestromung bei fünf verschiedenen Verdichtern unterschiedlicher Hersteller

Ergebnis:

Diagramme nach Vorgaben des Auftraggebers

Vermessung von Plattenwärmeübertragern (Chiller)

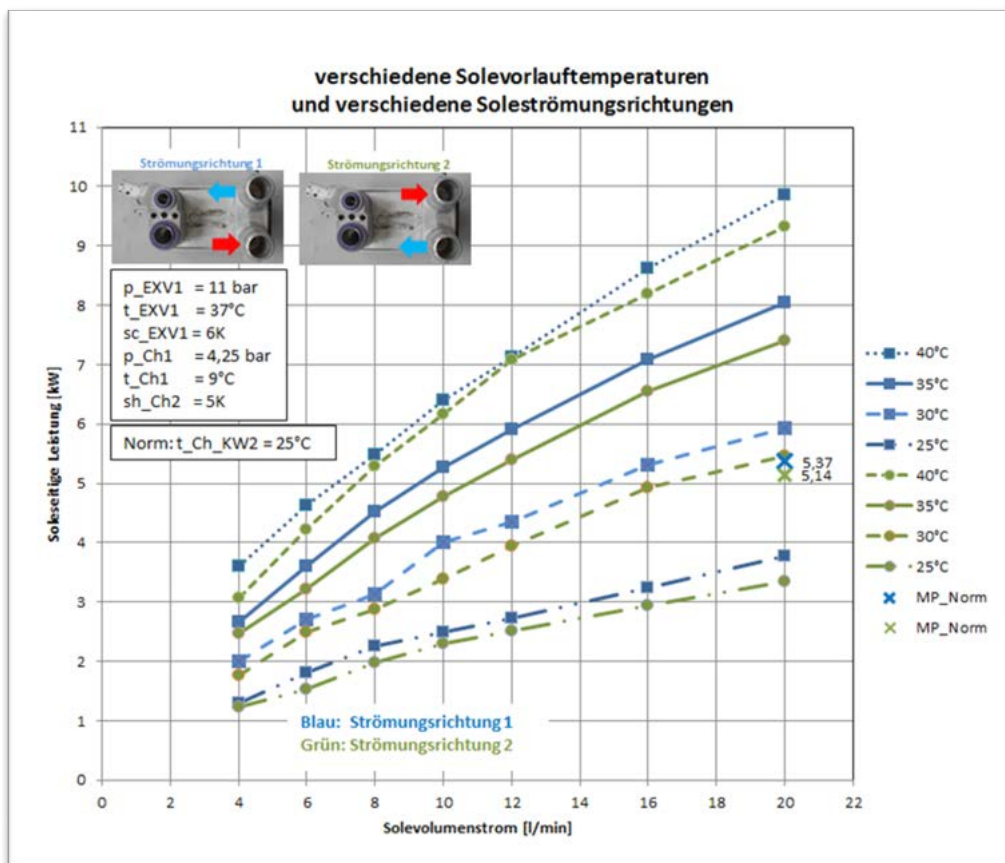
Für unsere Kunden vermessen und vergleichen wir Plattenwärmeübertrager verschiedener Hersteller oder verschiedener Typen, die als solegekühlte Kondensatoren dienen oder als Solekühler für die Batteriekühlung. Hier ein direkter Vergleich zwischen Gleichstrom- und Gegenstromschaltung eines Chillers, welcher zur Batteriekühlung vorgesehen war. Wasserseitig wurde der Chiller mittels eines Emulators durchströmt, welcher den Wärmeeintrag der Batterie simulierte.

Projektziel:

Qualifizieren eines Chillers; Ermitteln der Kälteleistung bei verschiedenen Soledurchsätzen und verschiedenen Temperaturen; Vergleich mit der Leistung bei invertierter Soleströmungsrichtung

Ergebnis:

Bis zu 10 kW Kälteleistung; geringere Leistung bei Durchströmung im Gleichstrom statt im Gegenstrom



Betriebsstrategie ermitteln

Austreiben von Kältemittel aus verschiedenen Bauteilen

Vergleich verschiedener Systemarchitekturen

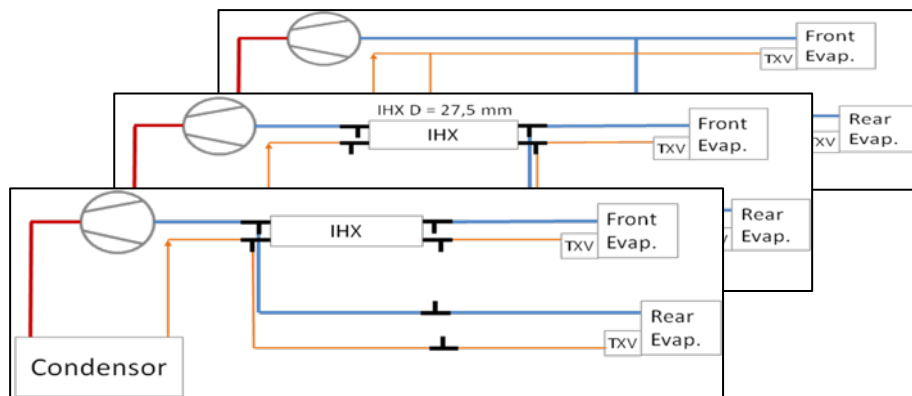
Projektziel:

Testen eines Systems mit und ohne IWT (Innerer Wärmetauscher) und mit verschiedenen IWT-Verschaltungen; Identifizieren der leistungsstärksten, effizientesten und betriebssichersten Variante

Ergebnis:

Geringe Vorteile im COP für die Variante mit dem geringsten Druck nach Verdichter

Liquid startup



Projektziel:

Der Verdichter wird so lange gekühlt, bis das Gehäuse voll mit Kältemittel ist. Dann wird er gestartet. Man beobachtet die relevanten Kenngrößen, um eventuell auftretende Überschreitungen des Einsatzbereiches festzustellen.

Geräuschemissionen von Kältemittelkreislauf-Komponenten im HVAC

Analyse zu Geräuschentwicklungen bedingt durch zweiphasiges Kältemittel vor dem Expansionsventil

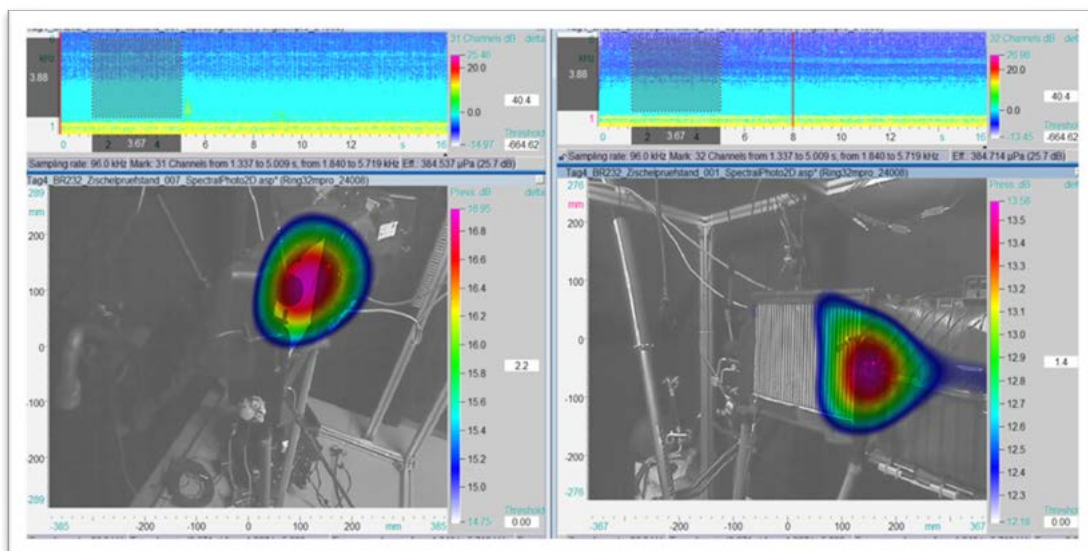
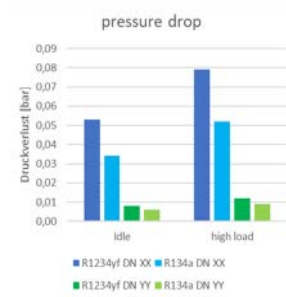


Abbildung 1: Photoakustische Bilder Geräuschemission HVAC

Komponentenprüfstand/Kältemittelkreislauf Komponententests

Kältemittelkreislauf Komponenten messtechnisch auf thermodynamische Eigenschaften zu untersuchen ist in der Automobil-Entwicklung von Komponenten (und Systemen) von großer Bedeutung. Häufig werden unsere Messergebnisse als Entscheidungsgrundlage für Serienvergabe sowie zur Analyse von Optimierungspotentialen oder Alleistungsmerkmalen herangezogen. IPETRONIK bietet als herstellerunabhängiges Testzentrum mit langjähriger und branchen-übergreifender Erfahrung im Thermodynamik-bereich gefragte Komponenten-Vermessungen inklusive fundierter Auswertungen an. Von unseren Dienstleistungen profitieren sowohl OEMs und Tier-1-Zulieferer als auch Entwicklungspartner.



IPETRONIK-Dienstleistungen mit dem Komponentenprüfstand

- ▶ Präzise Nachbildung der spezifizierten Betriebsbedingungen im Kältemittelkreislauf
- ▶ Langjährige Erfahrung bei Kältemittelkreislauf-Komponentenvermessungen
- ▶ Messungen mit R1234yf, R134a sowie weiteren innovativen Kältemittelgemischen möglich
- ▶ Viele Gestaltungsmöglichkeiten für Test-Cases innerhalb eines großen Leistungsspektrums
- ▶ Erfassung und Auswertung wichtiger thermodynamischer Größen (Temperatur, Druck, OCR etc.)
- ▶ Definierte OCR-Vorgaben sowie „ölfreie“ Messungen möglich
- ▶ Automatisierter und zeiteffizienter Testbetrieb sowie vollmanuelle Steuerung für spezielle Betriebspunkte
- ▶ Durchführung von Langzeittests, COP-Untersuchungen und kalorimetrischen Betrachtungen
- ▶ Auswertung der Messergebnisse durch fachkundige Ingenieure
- ▶ Flexible Einbindung von kältetechnischen Komponenten durch eigene Prototypen-Werkstatt

Prüflinge

- ▶ Wassergekühlte Wärmeübertrager (Verflüssiger, Gaskühler, Chiller)
- ▶ Expansionsventile (EXV, TXV)
- ▶ Kältemittelsammler und Akkumulatoren
- ▶ Innere Wärmeübertrager (inklusive Differenzdruckmessung) und Kältemittelleitungen
- ▶ Kondensatoren und Verdampfer (kältemittelseitig)

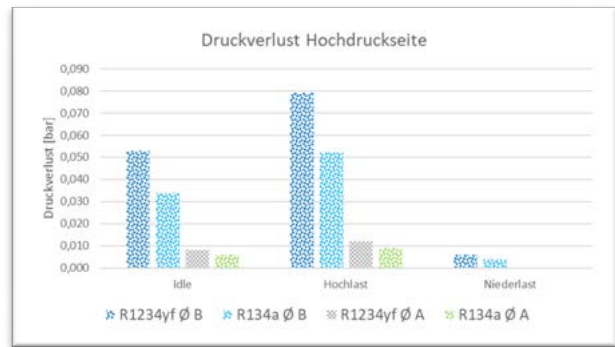
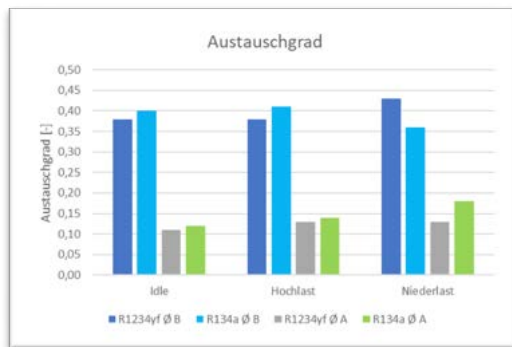
Technische Daten

Regler	
Druckbereich HD/ND	8 ... 28 bar/1 ... 7 bar
Überhitzung ND	5 ... 25 K (bis 40 K möglich)
Unterkühlung HD	1* ... 25 K (abhängig von Unterkühlerleistung)
Kältemittelmassenstrom	50** ... 800** kg/h
OCR	0*** ... 5,0 % (höherer Ölgehalt möglich)
Kalorimetrie	
Verflüssigerleistung	bis 40 kW (durch Kältemittelmassenstrom begrenzt)
Verdampfer-/Chillerleistung	bis 30 kW (durch Kältemittelmassenstrom begrenzt)
IWT-Leistung	je nach Baugröße
Thermische Zustandsgrößen	
Drucksicherheit	1 ... 32**** bar
Druckverhältnis	2,5 ... 7,0 bar/bar
Temperatur Kältemittel	-10 ... 110 °C (im Dauerbetrieb)
Temperatur Sole	0 °C ± 2,5 K
Zusammenhängende Größen****	
KM-Massenstrom/Saugdruck	250 kg/h / 2 bar ... 800 kg/h / 6 bar
Verdampferleistung/Druckverhältnis	30 kW / 3 bar/bar ... 15 kW / 6,5 bar/bar
Ausstattung der Prüfkammer	
Temperaturmessstellen	bis zu 8 (Kältemittel oder Sole)
Druckmessstellen	bis zu 6 (zuzüglich 2 Differenzdruckmessstellen)
*	minimale Unterkühlung ist einregelbar, muss allerdings zur kalorischen Bestimmung stabil messbar vorliegen
**	in Test-Cases gemessene Größen (abhängig von weiteren thermischen Größen)
***	ölfreier Betrieb innerhalb des Rahmens der zu testenden Komponenten möglich
****	Grenzwert für Auslösen des internen Abschaltmechanismus

Anwendungsbeispiele

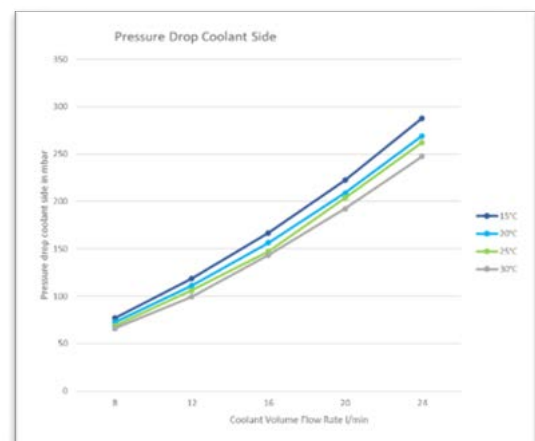
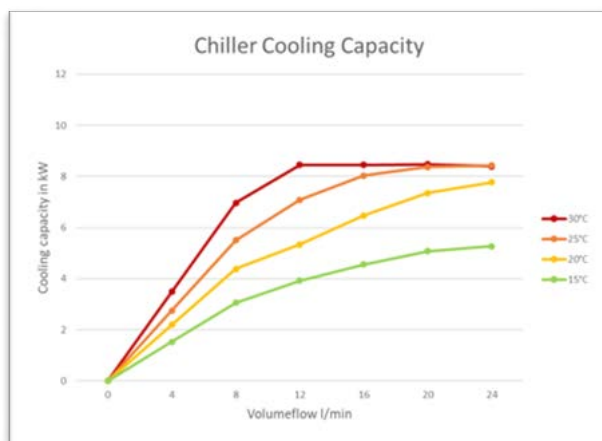
Untersuchung eines Inneren Wärmeübertragers (IWT/IHX) z. B. im Hinblick auf Austauschgrad und Druckverlust; Messungen mit R134a und R1234yf in Gegenüberstellung

Für die thermodynamische Betrachtung eines Inneren Wärmeübertragers ist u.a. der sogenannte Austauschgrad neben Druckverlusten und möglichen Wärmeströmen von Interesse. Diese und andere relevante Messwerte und Ergebnisgrößen erfassen wir bei Messungen für unsere Kunden und stellen diese im Wunschformat bereit



Untersuchung eines Chillers mit R1234yf Kältemittel z. B. im Hinblick auf Kälteleistung und Druckverlust

Prüfling: Chiller, beaufschlagt mit R1234yf und Wasser-/Glykolgemisch bei vorgegebener Druckdifferenz (vor Expansionsventil und nach Chiller), Unterkühlung vor Expansionsventil, OCR, Kühlmittelvolumenstrom und -eintrittstemperatur



Entwicklungsbegleitende Untersuchungen elektrischer Kältemittelverdichter

Kompressor Entwicklung/Testing

In der frühen Entwicklungsphase des elektrischen Kältemittelverdichters sind vielfältige Absicherungen zur Dauerhaltbarkeit, Effizienz und Leistung noch vor dem eigentlichen Design und Prozessvalidierungstests notwendig. Hierzu existieren Prüffälle, die in ihren Anforderungen und Abbildung Flexibilität bei gleichzeitig hohem Qualitätsstandard erfordern. Hierbei ist die Erfahrung von IPEngineering mit der Handhabung von solch komplexen Aufbauten einzigartig auf dem Gebiet der Dienstleistung. Durch ein starkes Team von Ingenieuren und Technikern, welche jahrelange Erfahrung in der Evolution der Kältemittelkompressoren aufgebaut haben, bieten die entwicklungsbegleitenden Untersuchungen vom Start der Entwicklung bis zum fertigen Produkt ein vollständiges Paket im Dienstleistungssektor der Automobilindustrie.



IPETRONIK-Dienstleistungen in entwicklungsbegleitenden Untersuchungen elektrischer Kältemittelverdichter

Thermodynamische Untersuchungen:

- ▶ Kennfeldmatrix
Überprüfung der Kälteleistung und Effizienz in verschiedenen Druck-/Temperatur-kennfeldern bis 800 kg/h Massenstrom sowie Grundsatzuntersuchung von Pulsation, Beschleunigung und Kraft in stationären Kennfeldpunkten
- ▶ OCR (Oil Circulating Rate)
Bestimmung der Ölumlaufzeiten im gesamten Kennfeld
- ▶ Backpressure-Abstimmung
Abstimmung verschiedener Backpressure-Systeme im AC-/WP-Kennfeld
- ▶ Benchmark
Vergleichende Untersuchungen mit Wettbewerbern
- ▶ Liquid startup
Konditionieren der Umgebung des Prüflings, bis sich ein gewünschter Flüssigkeitsstand im Prüfling einstellt, der dann beim Start herausgefördert werden muss
- ▶ Liquid slugging
Ansaugen einer definierten Menge flüssigen Kältemittels unter beliebiger Last
- ▶ Startup with Load
Anfahren des Prüflings gegen eine hohe Last in Form von Druck auf der Hochdruckseite

- ▶ Kontaminationstests
 - Erfassung von Kontamination durch einen Partikelzähler im System bzw. Tests mithilfe definierter Kontamination in Abhängigkeit der Partikelhärte und/oder der Partikelgröße
- ▶ Thermografie-Untersuchungen
- ▶ Aufnahme von temperaturempfindlichen Bauteilen auf der Leistungselektronik bzw. Aufnahme des Prüflings in der Totalen mithilfe einer Infrarotkamera
- ▶ Applikationen Kältemittelkompressor
 - beliebige Applikation von Messstellen am gesamten Prüfling
 - Füllstandsrohr zur Ermittlung des Ölstandes im Motorgehäuse
 - Anbringen von Temperaturmessstellen
 - o Gehäuse außen
 - o Gehäuse innen (z. B. Motorwicklungen, Scroll Eintritt, Lager, Muffler)
 - o Leistungselektronik
 - o Applizierung Druckmessstelle zur Backpressure-Messung
- ▶ Elektrische Leitfähigkeit
 - Bauteilabsicherung Stator in Wasser und Kältemittel-Öl-Gemischen
 - Absicherung elektrischer Kältemittelverdichter im Neuzustand und nach geraffter Alterung
 - Ermittlung der Leitfähigkeit und des Wassergehalts von Ölen
 - Messungen des Isolationswiderstands im Fahrzeug
- ▶ Hochpräzise Phasenstrommessung mithilfe der Applikation von Messshunts
- ▶ Wirkungsgradermittlung
 - Ermittlung der Wirkungsgrade von:
 - Mechanischer Einheit (Scroll)
 - Motor
- ▶ Dauerhaltbarkeitsuntersuchungen
 - Raffertest
 - Begutachtung der mechanischen Baugruppen nach 500 h unterschiedlicher Belastungen
 - PTCE, HTOE
 - o Absicherung der Leistungselektronik
 - HP-Test
 - o Absicherung Scroll bei hoher Belastung
 - Test Dauerlauf mit Nassdampfanteil
 - o Absicherung der Bauteile durch Beeinflussung des Schmierfilms
- ▶ Akustische Untersuchungen
 - Komponentenakustik
 - o Ermittlung von Pulsation, Beschleunigung, Kraft und Luftschall
 - Starre Aufhängung, weiche Aufhängung
 - An Originalträgern (Fahrzeugmotor mit originalem Halter)
 - Fahrzeugakustik

- Hybrid- und Verbrennungsmotor
 - Innenraumakustik
 - Transferpfadanalyse
 - Simulation
 - Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen
- E-Fahrzeuge
 - Geräuschverhalten bei Schnellladevorgängen (bis zu 350 kW)
 - Innenraumakustik
 - Transferpfadanalyse
 - Simulation
 - Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen
- ▶ Kältemittel
 - Entwicklungsbegleitende Untersuchungen können mit R134a, R1234yf, R290, Gemischen und R744 durchgeführt werden.

Funktionsprüfstand Kältemittelverdichter

In der modernen Entwicklung der Fahrzeug-klimatisierung und in Verbindung mit dem Thermomanagement befindet sich das technische Design bzw. die Absicherung der Funktion des Kältemittelverdichters im Fokus des ganzheitlichen Entwicklungsprozesses. Gerade aufgrund der sich ändernden Anforderungen im Automobilsektor ist es unerlässlich durch zuverlässige Prüfstandseinrichtungen eine einwandfreie Funktion des zu testenden Prüflings abzubilden. Sei es im klassischen AC-Modus als auch im nun immer wichtigeren Wärmepumpenbetrieb. Das Zusammenspiel von nachhaltiger Hardware im Prüfstand und die darauf abgestimmte Regelung in Form der hauseigenen Software IPEmotion machen diesen Prüfstand zu einem einzigartigen Produkt im Dienstleistungssektor der Automobilindustrie.



IPETRONIK-Dienstleistungen mit dem Kompressorprüfstand

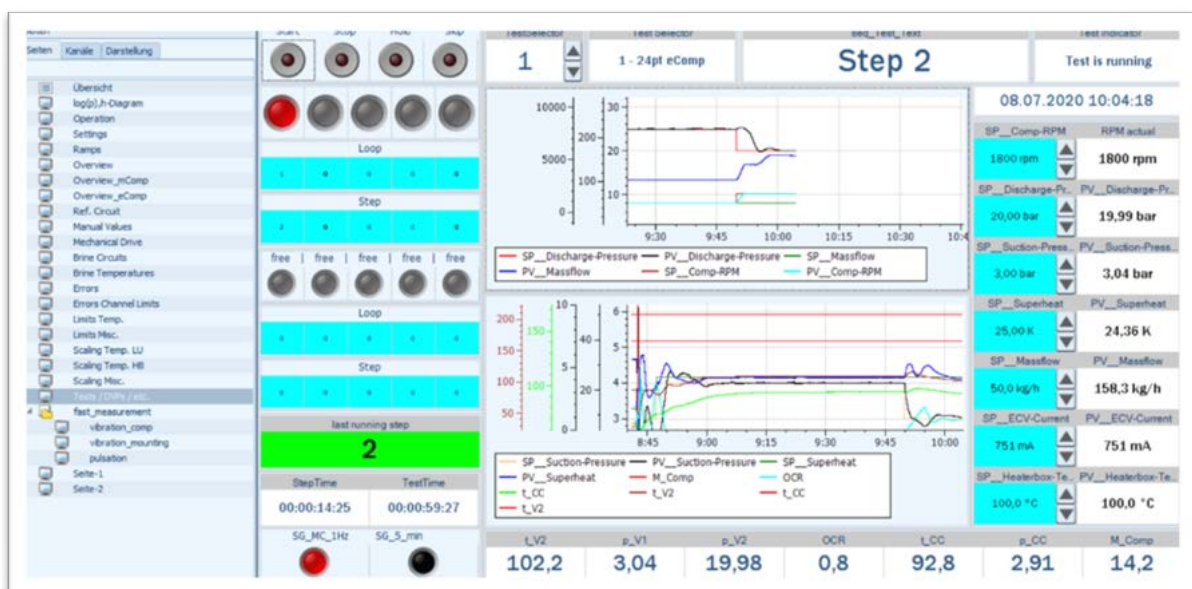
- ▶ Vermessung und Untersuchung von mechanischen und elektrischen Kompressoren bezüglich:
 - Leistung
 - Effizienz
 - High Speed Tests für mechanische Kompressoren
 - Dauerhaltbarkeit
 - NVH (Pulsation, Vibration, Kraft)
- ▶ Benchmarkvergleiche
- ▶ Standardmessprogramme, z. B. 25 Pkt. Matrix eKMV, 22 Pkt. Matrix mKMV
- ▶ Programmierung von Kundenspezifischen Messprogrammen
- ▶ Abbildung von AC- und WP-Lastfällen
- ▶ Vielseitigkeit durch Unterstützung der gängigen Kältemittel R134a, R1234yf, R744, R290
- ▶ Individuelle Prüflingsaufbauten durch Anpassung der Aufnahme des Prüflings
- ▶ Beliebige Erweiterung der Sensor- und Signalkapazität für prototypische Entwicklung
- ▶ Untersuchung von unnormalen Verhaltensweisen des Prüflings und Unterstützung zur Lösungsfindung

Technische Daten

Regel- und Messbereich	
Druckbereich Hochdruck	8 ... 28 bar
Druckbereich Saugdruck	1,2 ... 6 bar
Sauggasüberhitzung	5 ... 40 K
Nassdampfregelung	bis zu 30 % Nassdampf
Kältemittelmassenstrom	30 ... 800 kg/h
Umgebungstemperatur des Prüflings	-30 ... 120 °C (-22 ... 248 °F)
Luftgeschwindigkeit Prüflingskammer	0 ... 8 m/s (VDA 6 m/s Standard)
Messbereich Drehmoment	0 ... 50 Nm
Mechanischer Kompressor	
Ansteuerung Magnetkupplung	on/off, 12 VDC & 24 VDC
Steuerung ECV	0 ... 1000 mA
Kompressordrehzahl	0 ... 10000 rpm
Elektrischer Kompressor	
Ansteuerung	z. B. LIN/CAN IPEmotion
Versorgungsspannung	0 ... 1000 V / 0 ... 40 A 0 ... 80 V / 0 ... 340 A

Anwendungsbeispiele

Auszug eines automatisierten Tests:



Dauerlaufprüfstand IPEload

Komponentenentwicklung im „Miniformat“! Der kleine Bruder zur IPEcomp ist die IPEload auto. Wie schon bereits beim IPEcomp erwähnt können mit diesem Produkt die Eigenschaften des Prüflings bestimmt werden. Hierbei liegt der Fokus mehr auf der Dauerhaltbarkeit und der Lifecycle Performance. Realisiert wird dies durch im Lastenheft des Kunden vorgegebene Raffertests, oder die Bestimmung der Testmatrix wird individuell mit der Expertise von IPEngineering erarbeitet. Durch den kleinen Bauraum und den daraus resultierenden geringen Platzaufwand, kann diese Loadbox für andere entwicklungsrelevante Themenfelder rund um den Kältemittelkompressor eingesetzt werden. In Verbindung mit einem separaten Klimaprüfschrank kann der Prüfling mit verschiedenen Temperaturen, sowohl im positiven als auch im negativen Celsiusbereich, beaufschlagt werden.



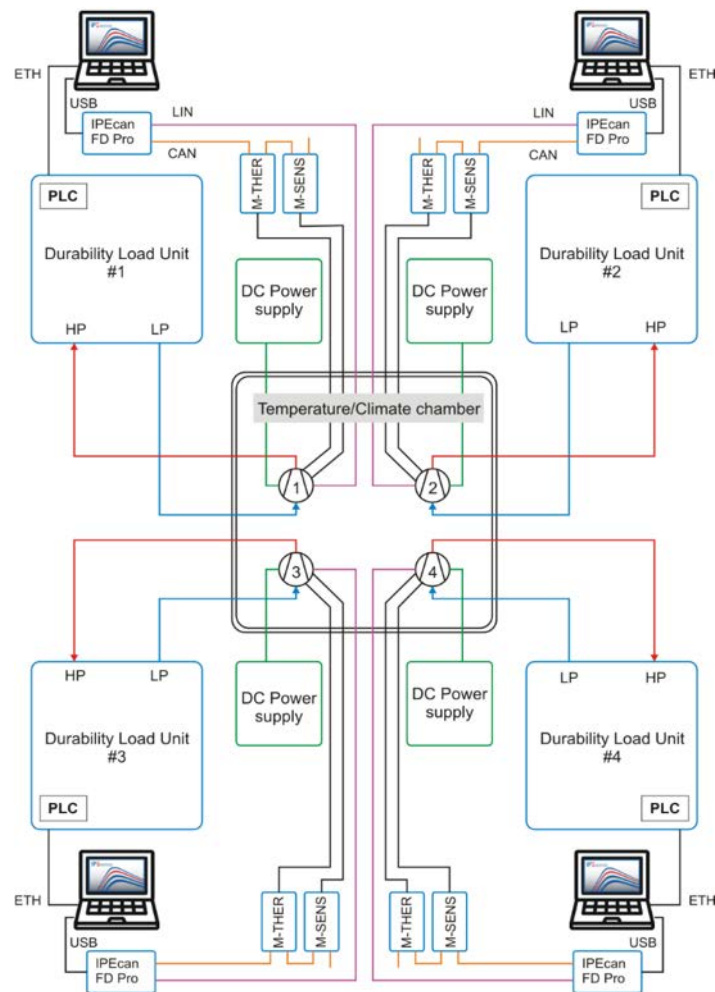
IPETRONIK-Dienstleistungen mit dem Dauerlaufprüfstand

- ▶ Vermessung und Untersuchung von elektrischen Kompressoren bezüglich:
 - HTOE Testing
 - PTCE Testing
 - Dauerhaltbarkeitstest
 - Raffertest (Lifecycle Performance)
 - Thermografie zur Wärmeentwicklung am Prüfling bzw. auf der Platine
- ▶ Geeignet für R134a, R1234yf, R744, R290 und Kältemittelgemische
- ▶ Individuelle Prototypenaufbauten
- ▶ Beliebige Erweiterung der Sensor- und Signalkapazität für prototypische Entwicklung
- ▶ Untersuchung von Verhaltensweisen über einen ganzen gerafferten Lebenszyklus des Prüflings

Technische Daten

Regel- und Messbereich	
Druckbereich Hochdruck	8 ... 28 bar
Druckbereich Saugdruck	1,2 ... 6 bar
Sauggasüberhitzung	5 ... 40 K
Kältemittelmassenstrom	30 ... 400 kg/h
Elektrischer Kompressor	
Ansteuerung	z. B. LIN/CAN IPEmotion
Versorgungsspannung	0 ... 1000 V / 0 ... 40 A 0 ... 80 V / 0 ... 340 A

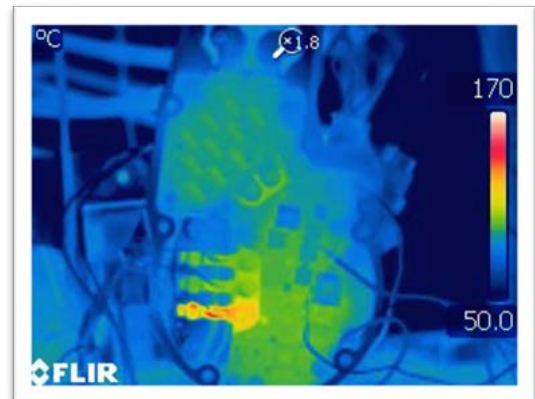
Aufbau des Dauerlaufprüfstands



Note:
One Notebook is operating as Master PC and controls the heating of the temperature chamber by a serial connection (RS232)!

Anwendungsbeispiele

Thermografieuntersuchung am Dauerlaufprüfstand mithilfe einer IPEload auto



Kontamination

Partikelzähler

Eine neue Art der Lifecycle-Absicherung auf der Komponenten- und Systemebene beinhaltet die Darstellung und Erfassung des Verhaltens von Fremdkörpern innerhalb der Anlage. Durch automatisierte Fertigungen und verschiedene Fertigungsprozesse tauchen zunehmend Fehlerquellen auf, die



die Qualität des Endproduktes nachhaltig beeinflussen können. Genau hier setzt IPEngineering an und bietet im Rahmen der Dienstleistungen einen weiteren Baustein, mit dem auf viele Eigenschaften eines Endproduktes positiv eingewirkt werden kann. In Kooperation mit einem unabhängigen Prüflabor werden definierte Kontaminationskapseln hergestellt, deren Verschmutzungen dann in das zu testende System eingebracht werden. Nach Beendigung der Testreihe werden die Komponenten des Systems zur Analyse der sich darin befindlichen Partikel in das Testlabor gebracht und ausgewertet.

IPETRONIK-Dienstleistungen im Themengebiet der Kontamination

- ▶ Online Partikelzählung in AC- und WP-Systemen oder Sonderaufbauten in Abstimmung
- ▶ Einsatz in Kältemitteln: R134a, R1234yf, R744 und Kältemittelgemischen
- ▶ Analyse von Bauteilen (in Zusammenarbeit mit einem Partner Labor)
- ▶ Beratung bei Auswahl der Kontaminationsproben und Testspezifikationen
- ▶ Dauerlauftest
- ▶ Reproduktion von Qualitätsauffälligkeiten
- ▶ Neuteiluntersuchungen
- ▶ Komponenten Tests

Technische Daten

Messbereich	
Umgebungstemperatur	5 ... 40 °C
Durchflussrate	2000 ml/min
Messbereich	15 ... 2000 µm
Maximale Konzentration	500 Partikel/µm

AKUSTIK

Klima-Akustikkammer

Akustik-Entwicklung Kältekreis Pkw, Cool-Down-Messungen für Kälteleistung, Darstellung von extremen Klimabedingungen als Fahrzeugumgebung

Die Klima-Akustikkammer bietet mit ihrer flexiblen Konditionierung von Kälte- bis Hitzeklima ideale Randbedingungen, um das Heiz-/Klima-System eines Fahrzeugs realistisch zu belasten. Mit der Regelung der Temperatur von -20 °C bis +50 °C, der Luftfeuchte, der Sonnensimulation mittels Infrarotlampen sowie der Fahrzeuganströmung mit bis zu 32 km/h Fahrtwind lassen sich vielfältige Klimazonen als Fahrzeugumgebung simulieren. Neben der thermodynamischen Nutzbarkeit erlaubt die Auslegung als akustischer Halbfreifeldraum zusammen mit der Geräuschdämpfung aller Konditionierkomponenten die authentische Beurteilung und Vermessung akustischer Phänomene. Typische Anwendungen bestehen in der Erprobung und subjektiven Bewertung von Klimakompressoren im Fahrzeug, HVAC-Geräuschen (Verdampferzischeln) und allgemeinen Transferpfadanalysen des Kältekreises.

IPETRONIK-Dienstleistungen in Klima-Akustikkammer

- ▶ Cool-Down-Test (vereinfachte Klima-Windkanal-Bedingungen)
- ▶ Füllmengenbestimmungen für Fahrzeugkältekreis
- ▶ Messung von Kabinen- und Außengeräusch, Vibration an Transferpfaden, Pulsation in Kältemittelleitungen und Fahrzeugbetriebsdaten (CAN-Bus) unter Kälte-, Komfort- und Hitzeklima
- ▶ Erprobung von Standheizungen hinsichtlich Heizleistung und Akustik

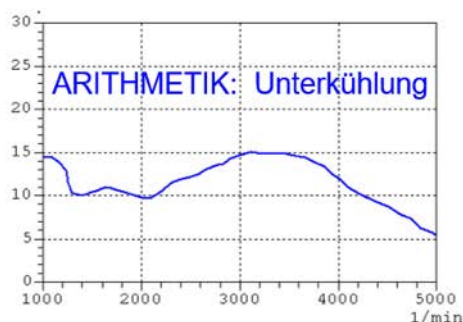
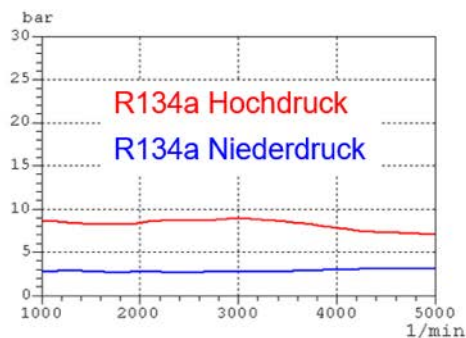
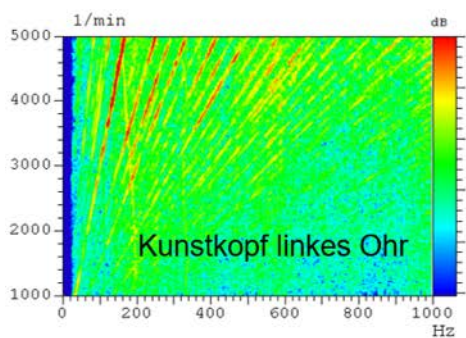


Technische Daten

Halbfreifeldraum zur Fahrzeugerprobung	
Länge	6,5 m
Breite	3,5 m
Höhe	2,96 m
Lufttemperaturen	-20 ... +50 °C
Maximale Abwärme des Prüflings	25 kW bei -20 °C
Relative Feuchte	20 ... 70 %, regelbar ab +10 °C
Sonnensimulation	max. 1200 Watt/m ² (Infrarot)
Umluftgeschwindigkeit	max. 32 km/h
Abgasabsaugung	ja (schallgedämpft)
Akustikmesstechnik	
PAK-System (Müller-BBM)	120 Kanälen zur Messung von Akustik und Vibration, Druckpulsation und CAN-Bus; dazu die etablierte Messtechnik von IPETRONIK
Akustikkamera (GFAI)	Messsystem zum Lokalisieren akustischer Emissionen

Anwendungsbeispiele

Typische Akustikmessung von Kältekreis-Geräuschen in der Fahrzeugkabine inkl. Online-Analyse



Bedienung PAK-Rechner via iPad®

Messung/Optimierung Außengeräusch von Scroll-Kompressoren

Der bezüglich Klimakomfort bestehende Vorteil von elektrisch getriebenen Kompressoren (Vorkühlung des Fahrzeugs ohne laufenden Triebstrang, ähnlich Standheizung) verkörpert aber gleichzeitig den akustischen Worst Case. Ohne verdeckende Geräusche von Reifen oder Triebstrang verursachen die Kompressoren oft auffällige Betriebsgeräusche, die insbesondere im Außengeräusch des Fahrzeugs störend wahrgenommen werden. Standardmäßig wird das Fahrzeug bei +40 °C und 40 % relativer Luftfeuchte vorkonditioniert und die Klimaanlage im Kühlbetrieb bezüglich Luftschall, Vibration etc. vermessen. Neben der Bewertung der beteiligten Komponenten werden als typische Sekundärmaßnahmen zur Verbesserung des Außengeräuschs Kapselungen des Kompressors oder Dämmmaßnahmen der Karosserie erprobt.

Messung/Optimierung Kabinengeräusch von Kompressoren

Die hochsensible akustische Situation in der Kabine eines stillstehenden, elektrisch klimatisierten Fahrzeugs ist beeinflusst von der Anregung primär durch den Klimakompressor, seine Transferpfade (Vibration, Luftschall, Pulsation) sowie durch die weiteren Geräusche des Frontlüfters und des Kabinengebläses. Die typische kundenseitige Einstellung minimaler Gebläsestufen bei gleichzeitig niedrig angesetzter Zieltemperatur für die Kabine lässt oft Brummgeräusche, modulierend und rau klingende Komponenten oder auch höhere harmonische Ordnungen des Klimakompressors durchdringen. Wegen der kaum wirkenden Maskierung durch andere Geräusche reichen hier oft sehr geringe Pegel aus, um einen störenden Klangeindruck zu hinterlassen. Mittels der Luftschallerfassung über Kunstköpfe (vordere und hintere Sitze) ist eine Datenbasis zur authentischen Bewertung im AUDIO-Studio gegeben. Ebenso die Einflüsse minimaler Änderungen diverser Betriebsparameter lassen sich einstellen, messen und in ihrer Wirkung analysieren. Die typischen Optimierungsschritte bezüglich Kompressor-Kabinengeräusch beinhalten neben lieferantenseitigen Maßnahmen auch diverse Verbesserungen an Fahrzeugtransferpfaden, aber auch applikative Umfänge sowie die separate Messung von Lüftergeräuschen als Datenbasis einer optimierten Applikation.

Loadbox-Aufbau isoliert Transferpfade des Kältekreises

Die Übertragung von Störgeräuschen seitens des Klimakompressors in die Fahrzeugkabine erfolgt in der Regel über verschiedene Transferpfade. Diese bestehen hauptsächlich aus der Vibrationsanregung durch die Kompressorhalterung, die Luftschallabstrahlung des Kompressors und dem Vibrationstransfer über Kältemittel- und Elektroleitungen, die den Kältekreis ans Fahrzeug anbinden. Der Loadbox-Aufbau deaktiviert den Fahrzeugkältekreis und lässt nur den Kompressor selbst in Betrieb sowie seine unmittelbaren Transferpfade (Vibration, Halterung und Luftschall). Durch die prüfstandskompatible Belastung des Kompressors durch die Loadbox können komplette Lastprofile gefahren werden – ohne den Transfer über Kältemittelleitungen und HVAC. Zusätzlich fallen die Geräusche des Frontlüfters sowie des Kabinengebläses weg. Der Fahrzeugaufbau mit Loadbox hat sich vielfältig in der Optimierung von Transferpfaden und der Verbesserung des Kabinengeräuschs bewährt.

Akustik-Kamera visualisiert dominierende Abstrahlorte von Störgeräuschen

Die in der Akustikkammer mit ihrer halbreflexionsarmen Auskleidung gut einsetzbare Akustik-Kamera hilft insbesondere bei bisher unbekanntem Geräuschphänomenen bei der schnellen lokalen Eingrenzung und Identifikation. Diese lässt sich für Gesamtpegel und schmalbandig gefilterte Geräuschkomponenten anwenden. Besonders vorteilhaft erweist sich hier die synchrone Erfassung der Akustikmessdaten zusammen mit Betriebsdaten des Fahrzeugs.

Subjektive Bewertung der Akustik durch Probanden

Die messtechnischen Aufbauten und Abläufe zu Mess- und Analyse Zwecken werden ebenso gerne zur subjektiven Bewertung des akustischen Verhaltens der Prüflinge genutzt. Hierbei dient die Mess- und Steuertechnik der Überwachung und Echtzeitanzeige diverser Betriebsgrößen. Vielfach wird ein Mix von Experten und nichttechnischen Fahrzeugnutzern herangezogen, um eine typische Kundenbewertung des Geräuschverhaltens statistisch abzusichern.

Akustikkammer mit HV-Ladesäule

Akustik-Entwicklung Elektrofahrzeuge, Erprobung HV-Ladevorgänge, Akustik-Vermessung allgemeiner technischer Aufbauten

Die Akustikkammer mit HV-Ladesäule bietet vielfältige Möglichkeiten der Akustik-Erprobung von Fahrzeugen, Fahrzeug-Subsystemen und allgemeinen technischen Aufbauten. Als Halbfreifeldraum mit großen Flügeltüren, zu zwei Seiten ausgeführt, verfügt die Akustikkammer über eine Fahrzeug-Hebebühne, die sehr flexible Kontrolle und Modifikation von bereits im Versuch befindlichen Testaufbauten erlaubt. Die Kombination von HV-Ladesäule und Akustikumgebung unterstützt Erprobungen und Entwicklungsschritte, wie sie im Automobilbau neuerdings mit den reinen Elektrofahrzeugen und der Schnellladetechnik gefordert sind.

IPETRONIK-Dienstleistungen in der Akustikkammer mit HV-Ladesäule

- ▶ Fahrzeug-Akustikbewertung beim HV-Laden bis 350 kW (mit Kühlanforderung an fahrzeug-interne AC-Anlage)
- ▶ Vermessung der HV-Ladeleistung und spezifischer Kenngrößen beim Ladevorgang (Ladestrom, Spannung, Temperatur usw.)
- ▶ Standard-Versuch zur Isolation von Transferpfaden mit Loadbox (eKMV aktiv, restlicher Fahrzeug-Kältekreis deaktiviert)
- ▶ Aufbau und Vermessung größerer Akustik-Komponenten und Fahrzeug-Subsysteme
- ▶ Nutzung der reinen Kammer für allgemeine Akustikversuche an technischen Aufbauten

Technische Daten

Halbfreifeldraum zur Fahrzeugerprobung	
Länge	6,5 m
Breite	4,7 m
Höhe	4,1 m
Maximale Fahrzeugbreite	2,5 m
Maximale Fahrzeughöhe	3,0 m
Maximale Fahrzeuglänge	6,0 m
Lufttemperaturen	10 ... 40 °C
Integrierte Hebebühne	3,5 t
Abgasabsaugung	-
Schnellladesäule Supercharger	
Ladeleistung	350 kW
Maximale Spannungslage (DC)	950 V
Maximal Strom (DC)	500 A
Kontaktierung	CCS-2 mit DC Ladefunktion
Akustikmesstechnik	
PAK-System (Müller-BBM)	120 Kanälen zur Messung von Akustik und Vibration, Druckpulsation und CAN-Bus; dazu die etablierte Messtechnik von IPETRONIK
Akustikkamera (GFAI)	Messsystem zum Lokalisieren akustischer Emissionen

Beispiel eines Ladezyklus eines Elektrofahrzeuges

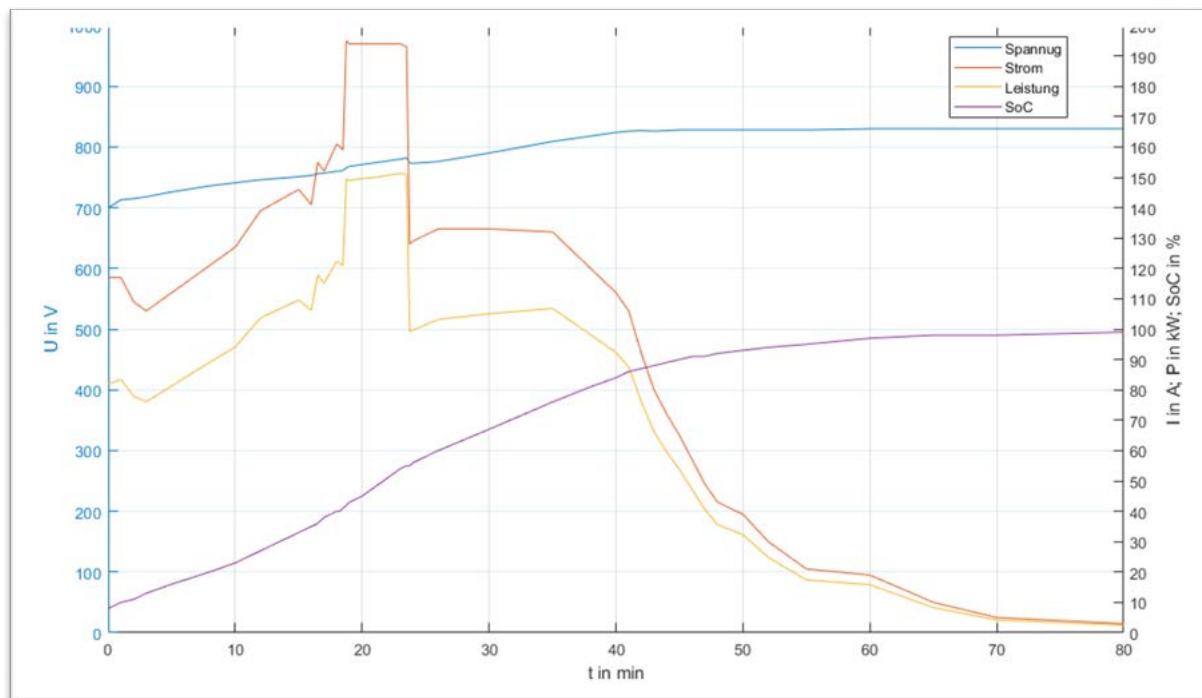


Abbildung 2: Ladekurve Elektrofahrzeug: Spannungslage (blau), abgerufene Ladeleistung (gelb), Ladestrom (orange) und Fahrzeugladezustand SoC (lila).

Anwendungsbeispiele

Testreihe HV-Ladeleistung vs. Wirkungsgrad

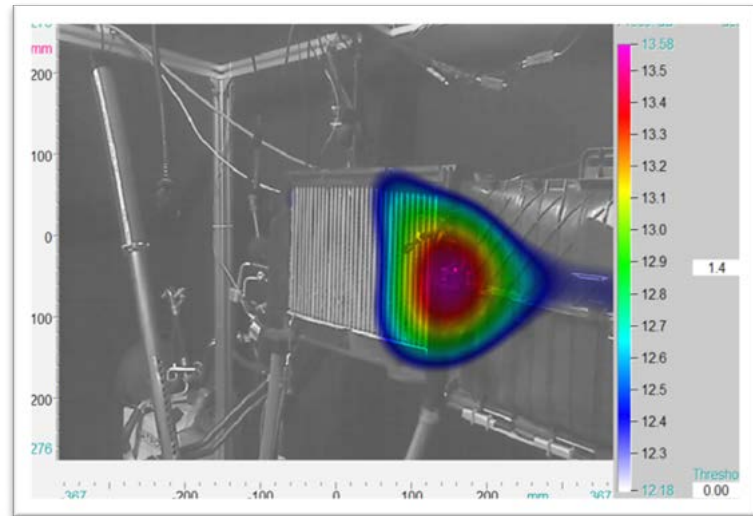
Ein Fahrzeug kann mit verschiedenen Restladezuständen des Triebstrang-Akkus und verschiedenen Starttemperaturen einen Ladevorgang starten. Dabei lassen sich vielfältige Parameter des elektrischen und thermischen Energieflusses erfassen und analysieren. Ein weiterer Freiheitsgrad ist die vorgegebene Ladeleistung/Geschwindigkeit, die sich variieren lässt und auf die die Energiebilanz auswirkt.

Testreihe HV-Ladeleistung vs. Geräusentwicklung

Bei geringen Ladeleistungen bis ca. 150 kW entsteht in der Regel recht geringe Abwärme, so dass die Fahrzeug-Klimaanlage nicht benötigt wird. Bei höheren Ladeleistungen, die einen Zwischenstopp bei Fernreisen möglichst kurz halten sollen, ist jedoch mit hohen Drehzahlen des Klimakompressors und des Frontlüfters zu rechnen, was akustische Störgeräusche verursachen kann. Die Abstimmung HV-Ladeleistung vs. Geräusentwicklung kann hier komfortrelevante und gesetzgeberische Kriterien betreffen (TA-Lärm).

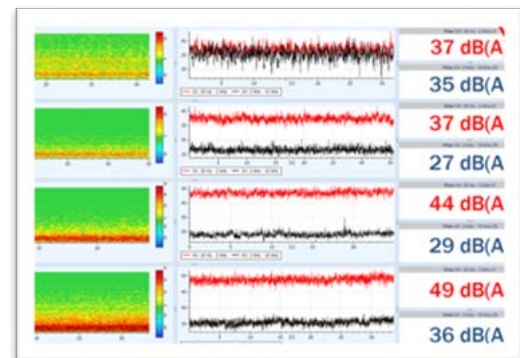
NVH Systemakustikprüfstand

IPETRONIK bietet mit seinem NVH Systemprüfstand die Möglichkeit die Geräuschentwicklung am HVAC (Klimakasten) über hauseigene Akustikmesstechnik aufzuzeichnen und zu analysieren. Dazu werden Mikrofone im Nahfeld lokaler Schallquellen platziert und ggf. die sogenannte Akustische Kamera (GFAI, siehe Abbildung rechts) zur Schalllokalisierung genutzt. Ebenso können Sensoren für Vibration und Pulsation des Kältemittels im System platziert werden.



Um möglichst keine Fremdgeräusche zu erhalten und nur die Bauteile akustisch zu vermessen, welche sich im Fahrzeuginneren befinden, sind die Komponenten des Kältekreislaufes voneinander entkoppelt. Dies bedeutet, dass das HVAC in einer separaten Akustikkammer sitzt, welche akustisch gedämmt und im Inneren schallabsorbierend ausgekleidet ist, sowie über Temperatur- und Feuchteregeleung verschiedene Lastzustände z. B. auf den Verdampfer ermöglicht. Der Prüfstand kann somit nach Kundenvorgaben betrieben werden und bietet diverse Möglichkeiten verschiedenster Betriebszustände.

Die Auswertung der Signale erfolgt über die hauseigene Software IPEmotion und kann in verschiedenen Darstellungen, wie z. B. Campbell-Diagrammen, Pegel etc. dargestellt werden.



IPETRONIK steht für Flexibilität, denn durch die Erfahrung auf dem Gebiet der Klimatisierung sind wir auch im Stande, Umbauten jeglicher Art an den Kältekreislauf vorzunehmen. Es ist möglich, den Kältekreislauf an Stellen zu modifizieren, an welchen nicht gewünschte Geräusche entstehen. Im Beispiel ist ein Verdampfer zu sehen, welcher mit Schaugläsern ausgestattet wurde, um einen Einblick an Stellen zu bekommen, an welchen Geräusche entstehen. Hierfür haben wir hervorragend ausgebildetes Personal und Werkstätten.

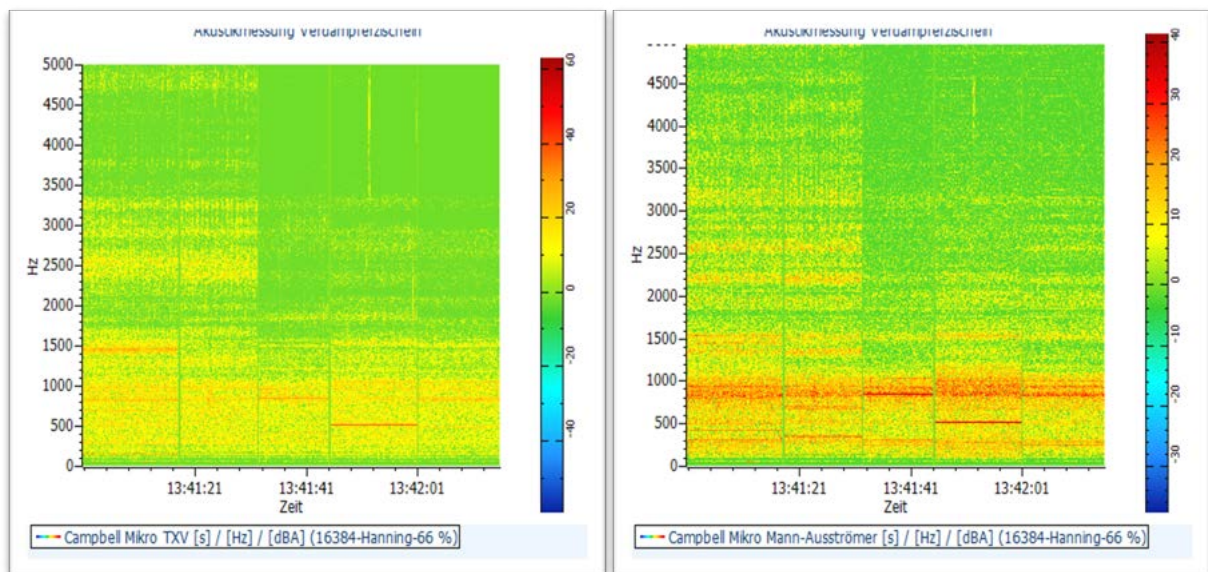


IPETRONIK-Dienstleistungen mit dem Akustiksystemprüfstand

- ▶ Akustikmessungen am HVAC (Klimakasten), welches im Pkw unter der Armaturentafel sitzt, um die Geräuschentwicklung der Klimaanlage im Fahrzeuginneren zu simulieren
- ▶ Sonderaufbauten
- ▶ Akustikmessungen an Verdampfer, EXV, Leitungen etc.
- ▶ Aufbau des HVAC mit verschiedenen Akustikdämmstoffen
- ▶ Geodätischer Aufbau der Klimaanlage nach CAD-Daten

Technische Daten

Akustikprüfstand	
Temperaturbereich am Verdampfer	10 ... 50 °C
Relative Feuchte	20 ... 60 %
Messmittel	
Empfindlichkeit Mikrofon	50 mV/Pa
Beschleunigungssensor	10 mV ... 100 mV/g
Temperatur/Druck/Software	IPETRONIK Messtechnik
Akustikkamera (GFAI)	



Beispiel zweier Campbell-Diagramme; Darstellung der Mikrone am TXV und am Mann-Ausströmer

Anwendungsbeispiele

Akustikmessungen am HVAC (Klimakasten), welches unter der Armaturentafel sitzt, um die Geräuschentwicklung der Klimaanlage im Fahrzeuginneren zu simulieren, wie es der Fahrer wahrnehmen würde.

Aufbau des Kältekreis nach Kundenvorgaben mit Messstellen (Druck/Temperatur) vor und nach jeder Komponente, sowohl kältemittelseitig als auch luftseitig; Anordnen der Mikrofone und Beschleunigungssensoren in der Akustikkammer; Ansteuern der Aktoren wie Lüfter und EXVs (Elektronisches Expansionsventil) möglich

Sonderaufbauten

Z. B. geändertes Leitungsrouting; Einbau eines EXV (Elektronisches Expansionsventil) statt TXV (Thermostatisches Expansionsventil); unterschiedliche Verdampferaufbauten

Akustikmessungen an:

Einverdampferanlagen, Doppelverdampferanlagen, EXV/TXV und Chiller etc. möglich

Aufbau des HVAC mit verschiedenen Akustikdämmstoffen

Schaumstoffe, No Drip Tape, Beschwerungen, Einhausungen, Entkopplung etc.

Geodätischer Aufbau der Klimaanlage vor Ort nach CAD-Daten

Dies bedeutet, dass der Kältekreis auf einem Gestell nach Kundenvorgaben und CAD-Zeichnungen aufgebaut wird. Der Aufbau entspricht somit der Lage der Komponenten, wie sie im Fahrzeug angeordnet sind.

Prüfstands Aufbau

Kondensatorbox und Akustikkammer; Leitungsaufbau und Durchführung; Schauglas und Messtechnik



Akustikkamera

Schallortung mit Akustikkamera am Pkw, an Subsystem- und Aggregateprüfständen sowie an Non-Automotive-Projekten

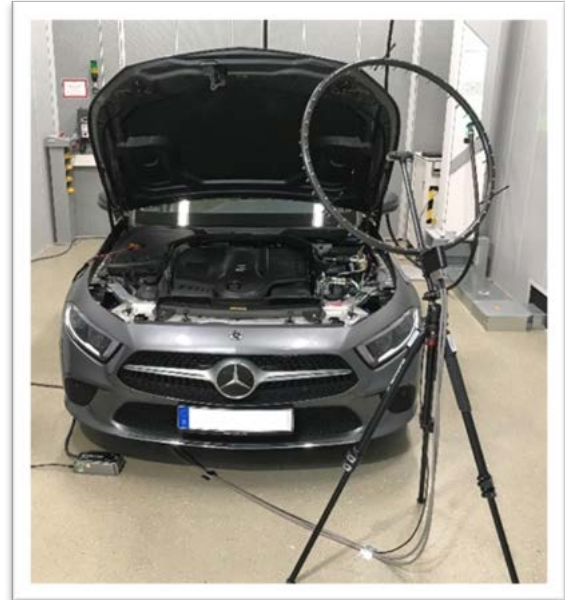
Mehrkanalige Mikrofonmessungen ermöglichen bekanntermaßen die Bewertung der Schallausbreitung an verschiedenen Positionen. Damit lassen sich Rückschlüsse auf verschiedene Baugruppen und deren akustisches Abstrahlverhalten ziehen.

Jedoch ist die räumliche Auflösung beim Einsatz üblicher Mikrofone begrenzt und die genaue Zuordnung, woher ein Schall tatsächlich abgestrahlt wird, häufig sehr ungenau.

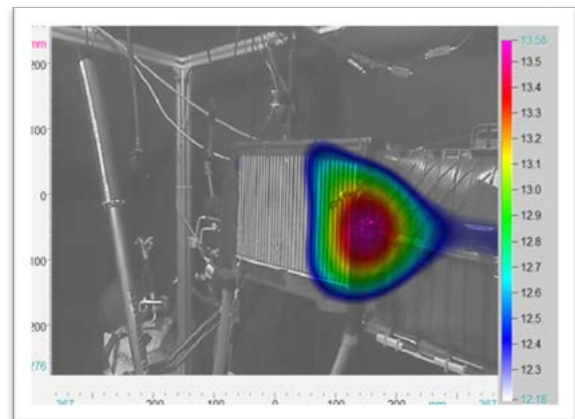
Hier bietet der Einsatz der Akustikkamera eine praxisgerechte und schnelle Möglichkeit der Identifikation dominanter Teilschallquellen.

Mittels einer ringförmigen Anordnung von 48 Einzelmikrofonen (Mikrofon-Array) und einer Videokamera im Zentrum des Rings wird die Schallabstrahlung zunächst synchron mit den Videobildern erfasst. Die Analyse der unterschiedlichen Laufzeiten der Schallabstrahlung einzelner Teilquellen erlaubt die Richtungs-zuordnung ihrer Abstrahlorte.

Diese akustische Kartierung des Schallfelds kann als farbliche Dezibelverteilung dem ausgegrauten Videobild überlagert werden, so dass sich in vielen Fällen auf den ersten Blick eine dominierende Teilschallquelle erkennen lässt.



Mikrofon-Array mit zentraler Videokamera vor Fahrzeug



Lokalisierung eines Zischelgeräuschs am Komponenten-Prüfstand: dominante Abstrahlung am Rahmen des Verdampfers rechts

IPETRONIK-Dienstleistungen mit Akustikkamera (GFAI)

- ▶ Schnelle Ergebnisse zur Schallortung – Automotive und Non-Automotive
- ▶ Synchronisierung mit IPETRONIK-Messtechnik über CAN-Bus
- ▶ Vielfältige Einsatzmöglichkeiten zur Erstbewertung neuer Akustik-Phänomene
- ▶ Zielgerichtete Schritte zur lokalen, zeitlichen und frequenzbezogenen Eingrenzung von Schallabstrahlung
- ▶ Erweiterte Datenbasis für detaillierte AUDIO-Bewertungen im Tonstudio

Anwendungsbeispiele

Akustikkamera visualisiert dominierende Abstrahlorte von Störgeräuschen

Die in der Akustikkammer mit ihrer halbreflexionsarmen Auskleidung gut einsetzbare Akustik-kamera hilft insbesondere bei bisher unbekanntem Geräuschphänomenen mit ihrer schnellen lokalen Eingrenzung und Identifikation. Diese lässt sich für Gesamtpegel und schmalbandig gefilterte Geräuschkomponenten anwenden.

Foto-Modus und Video-Modus der Akustikkamera

Für den stationären Betrieb eines Prüflings bietet sich als Analyseform der Schallortung ein statisches Analysebild der räumlich verteilten Schallabstrahlung an, das dem ausgegrauten optischen Kamerabild überlagert ist. Analyseergebnisse dieser Art können wie ein Foto begutachtet und gespeichert werden.

Bei instationärem Betrieb eines Prüflings, wie beispielsweise beim Drehzahlhochlauf eines Aggregats, bietet sich der Video-Modus der Akustischen Kamera zur Schallortung an. Das Prinzip der Überlagerung erfolgt wie beim statischen Foto, jedoch in Form von zwei zeitsynchronen Video-Filmen. Dadurch lassen sich auch bewegte Objekte (bewegte Teile einer Maschine) oder sich verändernde Geometrien (öffnende Ventile oder Klappen) als optisches Video betrachten und gleichzeitig in ihrer ortsabhängigen Schallabstrahlung analysieren.

Synchrone Zusatzgrößen via CAN-Bus

Besonders vorteilhaft erweist sich hier die synchrone Erfassung der Akustikmessdaten zusammen mit Betriebsdaten des Fahrzeugs, die über CAN-Bus in einem Messsystem zusammengeführt werden. Bei instationärem Betrieb lassen sich so beispielsweise Schaltvorgänge von Ventilen, geänderte Systemdrücke oder sonstige Veränderungen von Betriebsgrößen direkt einer Auffälligkeit in der veränderten Schallabstrahlung zuordnen.

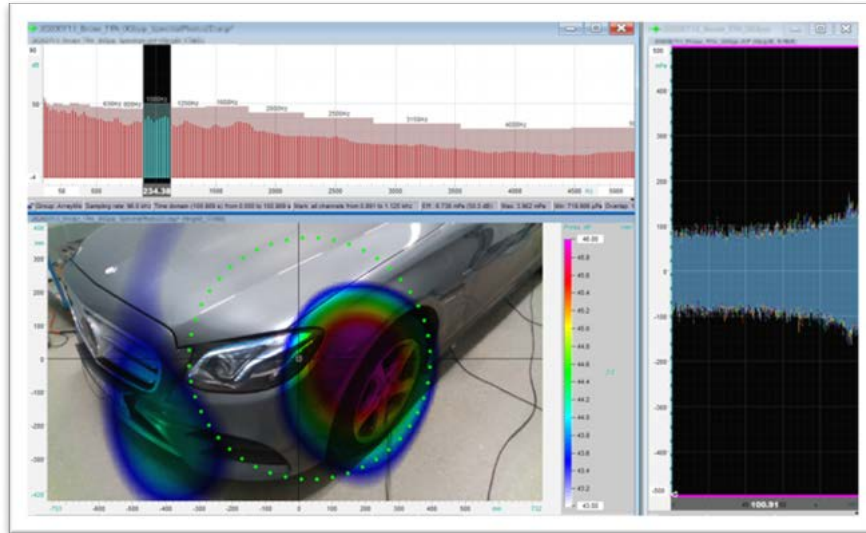
Identifikation von „akustischer Leckage“

Diverse Aggregate im Automobil oder anderen technischen Anwendungen werden in akustisch dämmenden Kapseln eingehaust, um die Schallabstrahlung zu reduzieren. Bei der Entwicklung oder Prüfung der Qualität solcher Kapselungen kann die Akustikkamera sehr zielgerichtet und effizient eingesetzt werden. Kleine, akustisch wirksame Öffnungen oder Schwachstellen in der Kapselauslegung lassen sich schnell als „akustische Leckage“ identifizieren.

Analysevariante 1

Aus den Zeitrohdaten (rechts) wird ein spektraler Anteil (oben, markierte Auswahl) herausgefiltert, dessen Schallortung über das Array (Position: Grüne Punkte im Foto links unten) analysiert wird.

Das Ergebnis der Schallortung zeigt für den ausgewählten Frequenzbereich eine dominante Abstrahlung im Bereich des vorderen linken Kotflügels.

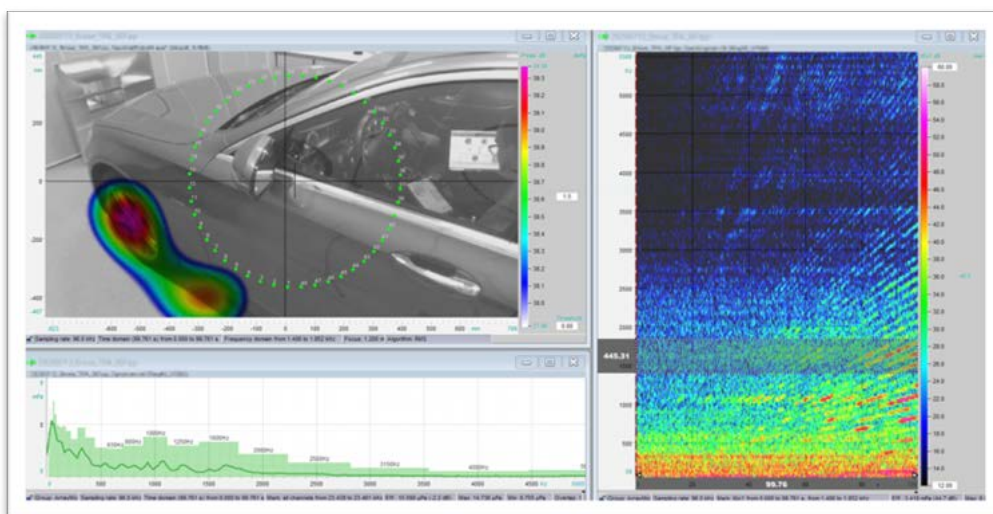


Analysevariante 2

Im Campbell-Diagramm, das eine Drehzahlrampe des Klimakompressors zeigt, wird ein spektraler Anteil markiert (rechts).

Die Schallabstrahlung wird über das Array erfasst und analysiert: Die dominante Schall-abstrahlung erfolgt über den vorderen Rad-kasten.

Besonders vorteilhaft ist hier der Video-Modus der Akustik-kamera, der die spektrale Auffälligkeit im zeitlichen Verlauf im Enddrehzahlbereich des Klimakompressors auralisiert und (!) visualisiert.



Leise-Luft-Prüfstand

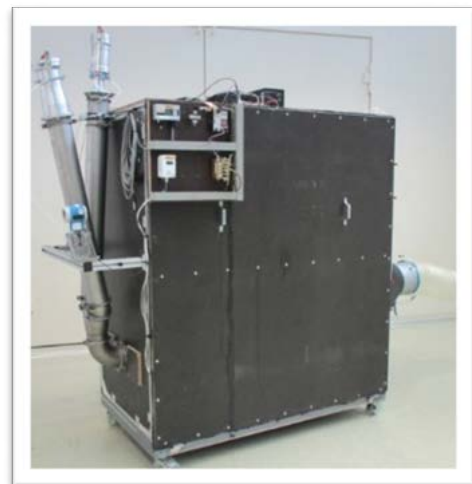
Testing luftdurchströmter Systeme und Komponenten

IPETRONIK bietet mit dem Leise-Luft-Prüfstand die Möglichkeit der Untersuchung luftdurchströmter Systeme und Komponenten. Beim Testing der Belüftung von Fahrzeugen hat sich der Leise-Luft-Prüfstand als multifunktionales Tool etabliert. Hierbei stehen aeroakustische und strömungsphysikalische Belange im Fokus. Die Kompaktheit und Mobilität des Prüfstands ermöglichen die Realisierung vielfältiger Prüf-architekturen von standardisierten bis hin zu spezifischen Setups. Der inhouse entwickelte Prüfstand wird solo, aber auch in Kombination mit weiteren Prüfeinrichtungen genutzt. Für aeroakustische Tests stehen Akustik-Kammern und Klima-Akustik-Kammern zur Verfügung.



IPETRONIK-Dienstleistungen mit dem Leise-Luft-Prüfstand

- ▶ Exakte Sensorik zur Erfassung der Luftzustandsgrößen
- ▶ Kalibrierter Luftmassenstrom über zwei Venturi-Messstrecken
- ▶ Berechnungsalgorithmik nach DIN EN ISO 5167-3
- ▶ Performantes Gebläse und hochwirksame Schalldämpfer
- ▶ Variable Iris-Blende für einstellbaren Ansaugwiderstand
- ▶ Flexibles Schlauch-, Flansch-, Ringdruckleitungs-Sortiment
- ▶ Inline-Beruhigungskammer für hohe Strömungshomogenität
- ▶ Export aller gängigen Messdatenformate
- ▶ Aktive oder passive, vielseitige Luftversorgung
- ▶ Kompatibilität mit vielfältigen Prüflingen und Messaufgaben
- ▶ Gesamtfahrzeuge
- ▶ Abluft, Leckluft, Luftverteilung
- ▶ Klimageräte
- ▶ Aeroakustik und Leistung
- ▶ Luftkanäle
- ▶ Aeroakustik und Druckverlust
- ▶ Ausströmer
- ▶ Aeroakustik



Technische Daten

Leise-Luft-Prüfstand	
Luftmessstrecke I	0,5 ... 4,5 kg/min (Genauigkeit: +/- 0,25 % rel)
Luftmessstrecke II	1,3 ... 11,5 kg/min (Genauigkeit: +/- 0,1 % rel)
Differenzdruck-Sensor	Endress+Hauser, Deltabar PMD75, 0 ... 1000 Pa (Genauigkeit: 0,1 % rel)
Absolutdruck-Sensor	STS, ATM.ECO, 800 ... 1200 mbar (Genauigkeit: +/- 0,01 % rel)
Temperatur-Feuchte-Sensor	Rotronic HC2A, 5 ... 60 °C (Genauigkeit: +/- 0,1 °C) Rotronic HC2A, 10 ... 75 % r.F. (Genauigkeit: +/- 1 % r.F.)
Gebläse Maximalleistung	10 kg/min @ +350 Pa Staudruck
Iris-Blende Maximalöffnung	10 kg/min @ -300 Pa Ansaugwiderstand

Anwendungsbeispiele

Abluft- und Leckluft-Kennlinien von Gesamtfahrzeugen



Abluft- und Leckluft- sowie aus diesen berechnete Entlüftungs-Kennlinien sind fahrzeugspezifisch und werden mit inaktiven Fahrzeuggebläsen und geschlossenen Frischluftklappen gemessen. Bei Leistungs- und Aeroakustik-Messungen von Belüftungssystemen ermöglichen diese Kennlinien die Korrelation lastenhefttypischer Luftmassenströme auf Basis der Überdrücke im Innenraum, deren Sensorik das Systemverhalten nicht beeinflusst.

Luftversorgung von Boxaufbauten für Aeroakustik-Messungen von Belüftungssystemen



Aeroakustik wird in schallabsorbierenden Akustik-Kammern gemessen. Für Belüftungssysteme haben sich Boxaufbauten etabliert, welche die Interieurs nahe der Stirnwand aus Holz und mit echten Frontscheiben CAD-konform nachbilden. Der Leise-Luft-Prüfstand steht dabei außerhalb der Kammer und wird über einen Durchbruch mit dem Klimagerät verschlaucht. Mittels seiner Iris-Blende wird der Ansaugwiderstand eingestellt und mittels seiner Venturi-Messstrecken wird der Luftmassenstrom gemessen. Konstruktive Potentiale zur akustischen Optimierung von Kanälen und Ausströmern stehen im Fokus.

Vorentwicklung Entkopplung und Haltersysteme

Lösungen für akustische und schwingungstechnische Aufgaben

Im Rahmen der Serienentwicklung von Pkw spielt die Vibroakustik eine zunehmend bedeutende Rolle. Um unerwünschte Vibrationen und Nebengeräusche zu minimieren, bedarf es präzise ausgelegter Entkopplungssysteme von Nebenaggregaten.

IPETRONIK bietet seinen Kunden hierfür innovative Konzepte zur Vorentwicklung von Entkopplungen und Haltersystemen an.

Im Rahmen von flexiblen Prüfstandsaufbauten, kundennahen Fahrzeugmessungen oder auch von Kombinationen beider Bereiche lassen sich aussagekräftige NVH-Messungen mit hochpräziser Messdatenerfassung realisieren.

Diese umfasst neben vibroakustischen Messgrößen (Kraft, Vibration, Luftschall, Pulsation in Kältemittelleitungen etc.) auch relevante Betriebsgrößen (Temperaturen, Drücke, Drehzahlen etc.) sowie gegebenenfalls weitere Größen der digitalen Datenströme aus dem Fahrzeugboardnetz.

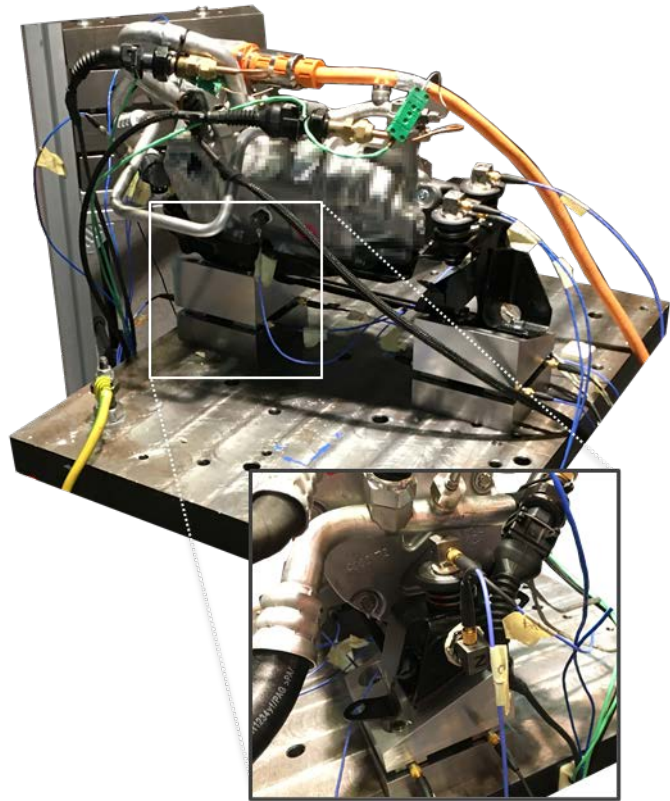


Abbildung 3: Prüfstands Aufbau eines Entkopplungssystems

IPETRONIK-Dienstleistungen in der Vorentwicklung von Entkopplungen und Haltersystemen

- ▶ Konzeptionierung von Entkopplungssystemen unter Berücksichtigung von Zielgrößen und Anforderungen des Kunden (vibroakustisch, strukturdynamisch, konzeptionell, package-seitig)
- ▶ Aufbau und Untersuchung prototypischer Entkopplungssystemen auf Prüfständen
- ▶ Aufbau und Untersuchung prototypischer Entkopplungssysteme im Fahrzeugsystem (z. B. in der Karosse eines Vorgängermodelles)
- ▶ Konzeptüberprüfung und Funktionsnachweis durch Messbetrieb und/oder Simulation
- ▶ Entkopplung- und Halter-Systemoptimierungen – Basisuntersuchungen und zielorientierte Systemanpassung
- ▶ Benchmark-Untersuchungen

Anwendungsbeispiele

Konzeptüberprüfung im Fahrzeugsystem

Durch den Aufbau kundenspezifischer Entkopplungssysteme – bestückt mit umfangreicher Messtechnik innerhalb einer Fahrzeugkarosse – lassen sich die Vorteile aus dem Bereich der Prüfstandmessungen mit denen der Fahrzeugmessungen kombinieren. Der Betrieb der entkoppelten Nebenaggregate kann hierbei sowohl fahrzeugseitig als auch über die Beaufschlagung mit externen Lasten erfolgen, wodurch bereits in der Entwicklungsphase die Systemeigenschaften neuartiger Entkopplungssysteme, beispielsweise im Fahrgastraum, erlebbar gemacht werden können.

Neuentwicklung einer mehrstufigen Entkopplung eines elektrischen Klima-Kompressors

Durch die Kombination aus Konzeptionierung, Simulation, Untersuchungen auf Prüfständen bei definierten Kompressorlasten und Betriebszuständen (mittels der Belastungseinheit IPEload) sowie abschließender Validierung im Fahrzeug bietet IPETRONIK seinen Kunden umfassende Kompetenzen im Bereich der Systementwicklung.

Je nach Auswirkung von notwendigen Modifikationen des Prototypenstandes (beispielsweise aufgrund aktualisierter Package-Vorgaben), lassen sich diese mittels Messdaten, Analyse und/oder geeigneter Simulation bewerten. Damit ist im gesamten Entwicklungsverlauf ein weitreichendes technisches Monitoring gewährleistet.

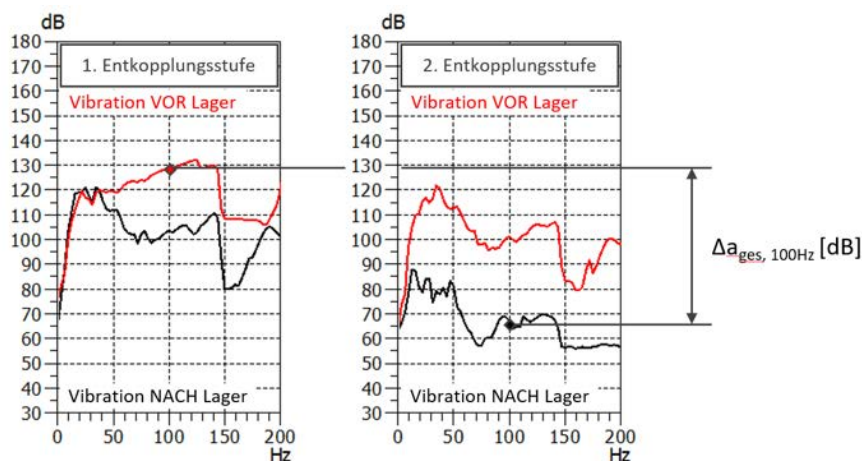


Abbildung 4: Beschleunigung vor und nach einzelner Systementkopplungsstufen bei Untersuchung eines Haltersystems auf einem Karosserie-Ersatz-Prüfstand

Akustik Simulation

Simulation (CAE) von Strukturodynamik und Schallabstrahlung

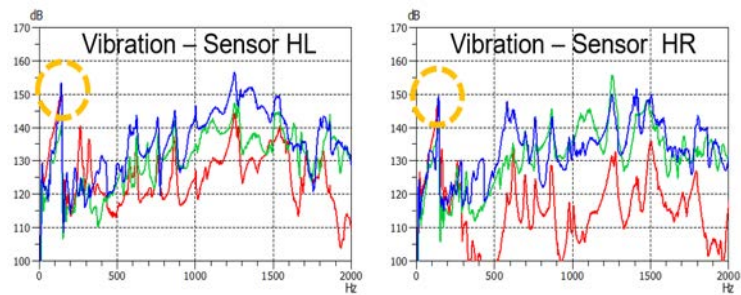
Die Akustik-Entwicklung von Automotive-Komponenten profitiert maßgeblich vom Zusammenspiel von Versuch und Simulation.

Während allgemeine Erfahrungen und Analysen von Messung die Grundlage für neue Entwicklungen bilden, erlaubt die Simulation im Vorfeld unabhängig von zeit- und kostenintensiver Hardware die Bewertung von Bauteilen und Konzepten. So kann aus mehreren Entwürfen ausgewählt werden; Schwachstellen lassen sich frühzeitig erkennen und vermeiden.

So erlaubt die Parallelführung von Simulation und Versuch eine beständige wechselseitige Optimierung – die Qualität jeder Hardware-Baustufe profitiert von der vorherigen Simulation; ebenso lässt die Genauigkeit der Simulationsmodelle durch den Abgleich mit den anschließend verfügbaren Messdaten optimieren.



Analyse 1: Simulation der Strukturodynamik – Mode 7 wird als Bauteil-Resonanz bei 147,8 Hz identifiziert



Analyse 2: Messdaten von Vibrationssensoren – bei der Drehzahlrampe des Aggregats wird am Tragrahmen eine starke Überhöhung bei ca. 150 Hz festgestellt; hier läuft die 1. Ordnung (= Drehzahl) des Aggregats durch eine Bauteilresonanz

IPETRONIK-Dienstleistungen in der Akustik-Simulation

- ▶ Modal-Analyse
- ▶ Simulation von Luftschallabstrahlung als Schalldruck oder Schallleistung auf Basis der Strukturodynamik
- ▶ Erzwungene Schwingung über Einheitsanregung oder über Messdaten
- ▶ Wechselseitige Optimierung von Simulationsmodellen und Hardware-Baustufen bei jedem Iterationsschritt
- ▶ Detaillierte Simulationsmodelle durch hohe Kanalzahl bei Versuchen in der Kältekreis-Akustik
- ▶ Erfahrungswerte bei der Simulation der Entkopplung von Klimakompressoren

Anwendungsbeispiele

Strukturdynamik

Anhand von Bauteilgeometrien und Materialdaten können Eigenresonanzen und die Schwingformen simuliert werden. Als Anregung lassen sich hierzu Messdaten die Einheitsanregung nutzen.

Entkopplung

In besonderem Maß profitiert die Entwicklung von Entkopplungssystemen von der Simulation der Strukturdynamik. Dabei verknüpft das Simulationsmodell die jeweilige Anregung mit der Strukturdynamik der Baugruppen, die im Idealfall als Starrkörper oder als nachgiebige Feder/Dämpfer wirken. Durch die Simulation der Strukturdynamik lassen sich die Bauteile in ihrer Grundauslegung dimensionieren und beispielsweise Federhärten bestimmen, welche die gewünschte Entkopplung bewirken.

In typischen realen Fällen lassen sich durch die Simulation Bauteilschwächen von nicht hinreichend starren Komponenten identifizieren und vor der Fertigung der Hardware konstruktiv optimieren. Hierin liegt eine besondere Wertschöpfung der Simulation, da Bauteile mit Steifigkeitseinbrüchen in entkopplungsrelevanten Frequenzbereichen keinen ausreichenden Impedanzsprung zum jeweiligen nachgiebigen Lager darstellen und dadurch dessen Entkopplungswirkung reduzieren.

Eine besondere Bedeutung kommt der Simulation von verknüpften Entkopplungen zu, die sich gegenseitig beeinflussen. Ein typischer Fall dafür besteht in der störenden Körperschall-Verbindung über Leitungen oder Kabel. Im Fall eines Kältekreislaufes mit entkoppeltem Klimakompressor weisen unter Umständen die Kältemittelleitungen höhere Steifigkeiten auf als die eigentliche Kompressor-Entkopplung und erfordern so von der Simulation die kombinierte Betrachtung zweier parallel geschalteter Feder-/Dämpfer-Anordnungen.

Schallabstrahlung

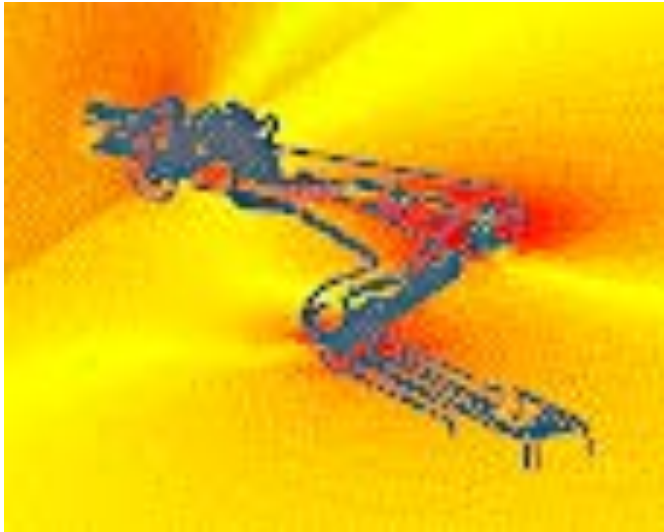
Neben der Simulation des Körperschallverhaltens ist auch die Abstrahlung von Luftschall, angeregt durch die Strukturdynamik, vielfach von entscheidender Bedeutung. Elementar ist hier die Entwicklung von Bauteilen mit geringem Abstrahlgrad bei gegebener Anregung, so dass eine lokale Bauteilschwingung keinen signifikanten Luftschall abstrahlt. Die Simulation der Luftschallabstrahlung kann dabei den Schalldruck in Bauteilnähe oder die gesamthaft abgestrahlte Schalleistung berechnen. Für die subjektive Bewertung virtueller Bauteile im Tonstudio besteht die Möglichkeit, reale Messdaten vom Aggregateprüfstand über simulatorisch ermittelte Transferfunktionen zu einem virtuellen Luftschallgeräusch zu filtern und die Entscheidungsfindung im Produktdesign mittels subjektiver Wahrnehmung zu unterstützen.

Simulation Hand in Hand mit Versuch – wechselseitige Optimierung bei jedem Iterationsschritt

Während die Zielsetzung neuer Entwicklungen sich üblicherweise an Vorgängermodellen, realen Messdaten und deren Analyse orientiert, so beginnt die Entwicklungsarbeit doch in der Regel mit Simulation. Dabei soll aus verschiedenen Konzepten dasjenige mit der größten Erprobungs-würdigkeit ausgewählt werden. Dadurch erlaubt die Simulation im Vorfeld unabhängig von zeit- und kostenintensiver Hardware die Bewertung von Bauteilen und Konzepten.

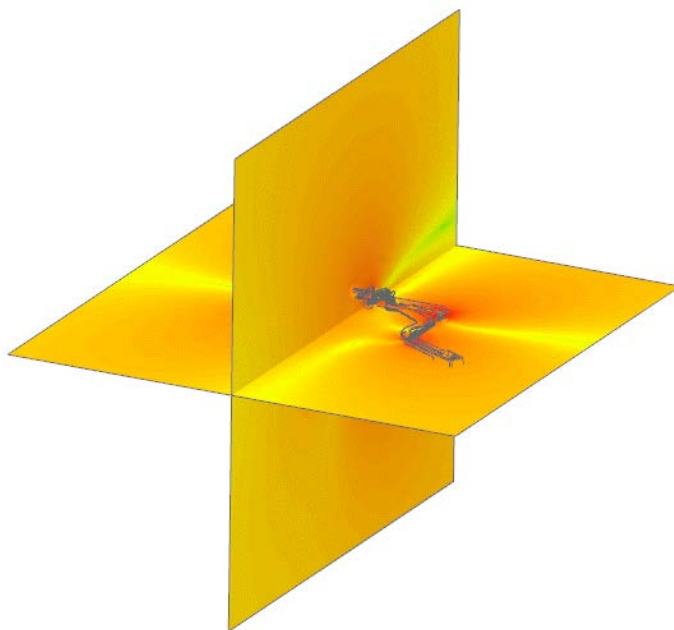
Im gesamten weiteren Verlauf der Entwicklung ermöglicht die enge Parallelführung von Simulation und Versuch eine beständige wechselseitige Optimierung. Einerseits profitiert die Qualität jeder Hardware-Baustufe von der vorherigen Simulation; ebenso optimiert diese die Genauigkeit der Simulationsmodelle durch den Abgleich mit den anschließend verfügbaren Messdaten. Schlussendlich verkörpert das Zusammenspiel von Simulation und Versuch ein Höchstmaß an Zielorientierung und Effizienz hinsichtlich Zeit und Kosten.

Simulierte Schallabstrahlung anhand der Strukturdynamik



Bauteilschwingungen

Die Grafik zeigt durch die Überlagerung der Momentaufnahmen während der Bauteilschwingung die maximal auftretenden Amplituden der Schwingwege.



Abstrahlung von Luftschall

Die hier gewählten Koordinaten-Ebenen zeigen die anhand der o.g. Bauteilschwingung (Strukturdynamik) simulierte Abstrahlung von Luftschall.

Auffällig sind die Bereiche reduzierter Abstrahlung, erkennbar an den gelben und grünen Farbereichen.

FAHRZEUGERPROBUNG

Fahrzeugaufüstung

Ausgehend von der Beratung und Systembeschaffung übernehmen wir das gesamte Projekt-management. Dabei installieren wir die Messtechnik inklusive Verkabelung und kompletter Applikation von Sensoren und Aktuatoren. Konfiguration und Datenauswertung gehören ebenso zum Leistungsumfang wie Kalibrierung, Funktionsprüfung und anschließende Abrüstung der Testfahrzeuge. Eigens hierfür stehen ein modernes Technologie-Zentrum sowie ein erfahrenes Team von Applikationsingenieuren und Mechanikern bereit.

Im Zuge der stetig wachsenden Bedeutung von Hybrid-Systemen und Elektrofahrzeugen haben wir eigene Hochvolt-Hardware-Lösungen für Strom, Spannung und Temperatur entwickelt. Damit lassen sich alle relevanten Messgrößen über IPEmotion oder unseren CAN-Bus Datenlogger erfassen. Außerdem können sie in bestehende CAN-Bus Systeme integriert werden. Im Rahmen der Entwicklung von Hybrid-Systemen und Elektrofahrzeugen gewinnen diese zunehmend an Bedeutung. Dank TÜV-Zertifizierung unserer HV-Messtechnik sowie steter Weiterbildung und regelmäßiger Schulungen im Hochvolt-Bereich garantieren wir ein Höchstmaß an Qualität und Sicherheit. Für die sichere Aufrüstung von Elektro- und Hybridfahrzeugen steht ein separater Bereich zur Verfügung .

IPETRONIK-Dienstleistungen in der Fahrzeugaufüstung

- ▶ Aufrüstung von Fahrzeugen mit Messtechnik und Sensorik
(Pkw, Lkw, Transporter, Motorrad, Sonderfahrzeuge)
- ▶ Sensor- und Messtechnikapplikation von Elektrofahrzeugen und HV-Komponenten
- ▶ Komplettlösungen für Mess- und Applikationsaufgaben
- ▶ Einbindung von unterschiedlichen Bus-Systemen (CAN, LIN, XCP/CCP, Flexray etc.)
- ▶ Sonderlösungen
- ▶ Prototypenbau
- ▶ Komplette Projektleitung



Fahrzeugdauerlauf und Erprobungsunterstützung

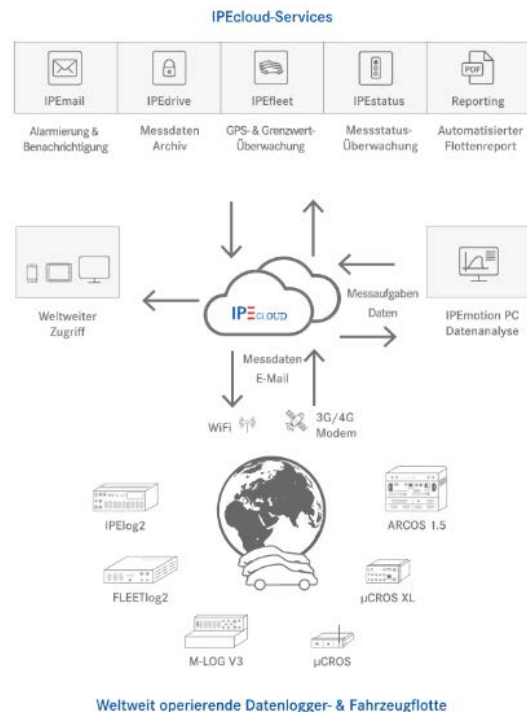
Weltweit zuverlässig, flexibel und effizient

Als verlässlicher Partner mit langjähriger Erfahrung bieten wir den Rundumservice im Bereich der Fahrzeugerprobung. Unsere Kernkompetenzen liegen in der erfolgreichen Organisation von Fahrzeug- und Dauerlauftests. Hierzu zählen Planung, Durchführung und Analyse. Neben Erprobungen unter Extrembedingungen führen wir auch Untersuchungen einzelner Komponenten durch. Dabei handeln wir stets nach unseren Grundwerten Effizienz, Qualität, Termintreue, Flexibilität und Kundenorientierung. So können wir auch den anspruchsvollsten Anforderungen gerecht werden.

Neben Sommer- und Wintererprobungen realisieren wir auch Windkanaltests. Vorselektiert senden wir alle Daten für die beteiligten Fachabteilungen direkt auf den PC des Projektleiters. Unsere Kunden begleiten wir durch das gesamte Messprojekt. Dabei sorgen wir für einen fehlerfreien Ablauf, bieten eine detaillierte Datenauswertung und generieren aussagekräftige Versuchsreports.

Ob in Deutschland oder weltweit – wir wickeln komplette Flottenprojekte ab. Wir planen, organisieren und betreuen den Fahrzeugdauerlauf und kümmern uns um die systematische Auslegung und Abstimmung der Fahrprofile. Wir liefern tägliche Statusreports sowie Fehleranalysen und haben die Möglichkeit, Fahrzeuginspektionen, Umbauten und Anpassungen direkt vor Ort in unserem Technologiezentrum durchzuführen. Unsere Spezialisten haben eine internationale Infrastruktur geschaffen und nutzen ihre Erfahrung aus zahlreichen Projekten. Die gesamte Loggerflotte wird zentral über unsere IPEcloud überwacht und verwaltet.

- ▶ Ausführung und Betreuung von Erprobungen im In- und Ausland
- ▶ Benchmark Analysen
- ▶ Kfz-Thermountersuchungen
- ▶ Sonderlösungen
- ▶ Betriebsfestigkeitsuntersuchungen
- ▶ Prototypenbau
- ▶ Messdatenauswertung und Dokumentation
- ▶ komplette Projektleitung
- ▶ Langzeit-Flottentests



Entwicklungsträger-Fahrzeuge

Flexibilität bei Messungen bei zugleich kundennahen Bewertungsmöglichkeiten

IPETRONIK bietet seinen Kunden innovative Möglichkeiten zur Vorentwicklung von Kälte- und Kühlmittelkreisläufen an, die vorteilhafte Eigenschaften eines Prüfstandsbaus mit der Flexibilität von Fahrzeugmessungen kombiniert: Wir bauen kunden-spezifische Fahrzeugteilsysteme in einer Fahrzeugkarosse mit umfangreicher Messtechnik auf. Dadurch können Systemeigenschaften neuartiger Aufbauten direkt im Fahrgastraum während des Messbetriebs miterlebt werden, die sonst (wie üblich) nur anhand von Prüfstandmessdaten interpretiert werden müssen. Zudem können Entwicklungsträger-Fahrzeuge dieser Art auch Messungen im Klimawindkanal, auf Teststrecken oder im stationären Betrieb erfolgen. Unsere Prototypenwerkstatt ermöglicht die Realisierung von Konzepten in einer frühen Entwicklungsphase, in der nur wenige Komponenten zur Verfügung stehen.



Aufbau und Messungen von Entwicklungsträger-Fahrzeugen

- ▶ Konzeptaufbauten von prototypischen Teilsystemen im Motorraum (z. B. in eine Karosse ohne Motor)
- ▶ Innovative Wärmepumpen-Kältekreisläufe und -Konzepte
- ▶ Aufbau eines realen Systems basierend auf Konzeptentwürfen unserer Kunden
- ▶ Qualitativ hochwertige und ansprechende Aufbauten für kundeninterne Forschungs- und Managementvorstellungen
- ▶ Konzeptüberprüfung und Funktionsnachweis durch Messbetrieb
- ▶ Erstellung von Kennfeldern für Aktorik innerhalb des Systems als Basis zur Steuerungs-/Regelungsentwicklung
- ▶ Kältemittelkreislauf Systemoptimierungen – Basisuntersuchungen und Systemanpassung
- ▶ Energieautarke Aufbauten zur Überbrückung der Messzeiträume im mobilen Einsatz z. B. auf einer Teststrecke
- ▶ Schnittstellen zur stationären Energieversorgung für lange Messzeiträume ohne Nachladen

SPEZIELLE LEISTUNGEN

Leckagelabor

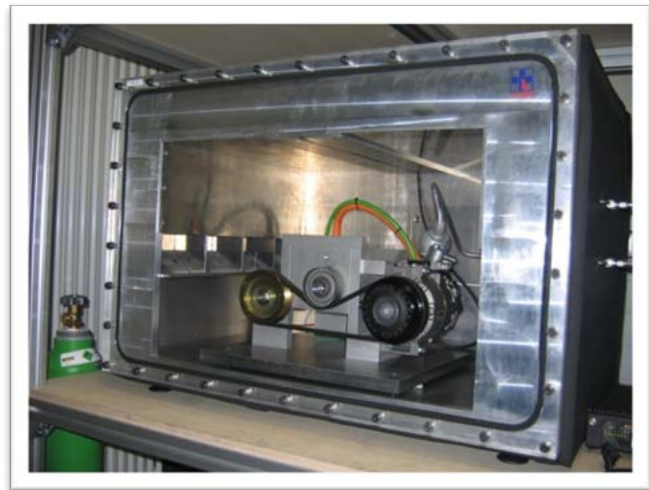
IPETRONIK ist als eines der wenigen Unternehmen in Europa vom Kraftfahrt-Bundesamt als Prüflabor zur Ermittlung von R134a-Leckageraten akkreditiert worden. Die Akkreditierung erfolgte am 20.12.2007 und hatte seine Gültigkeit bis Oktober 2018. Damit war das Unternehmen berechtigt, Leckagemessungen gemäß der Richtlinie 2006/40/EG einschließlich VO 706/2007 an Kfz-Klimaanlagen und deren Komponenten im Rahmen der KBA-Typgenehmigung durchzuführen.

Seit dem Jahr 2017 wird diese Typgenehmigung beim KBA bezüglich Klimaanlagen nicht mehr benötigt, da in Europa nur noch Neuzulassungen von Fahrzeugen mit einem Kältemittel zulässig sind, welches ein Treibhauspotenzial (GWP) <150 aufweist.

IPETRONIK steht für Umweltschutz, denn ganz ausgeräumt sind teilfluorierende Treibhausgase noch nicht, da nach wie vor Fahrzeuge mit dem Kältemittel R134a auf den Straßen unterwegs sind. Auch hier gilt es die Leckageraten von Bauteilen so gering wie möglich zu halten und zum Beispiel über Kältemittelgemische den GWP zu senken.

IPETRONIK betreibt das Leckagelabor seit 2017, um im Bereich Klimatisierung stetig Verbesserungen von Dichtkonzepten voranzutreiben und um fehlerhafte Bauteile frühzeitig zu detektieren, bevor sie in Serie beim Automobilhersteller gehen.

IPETRONIK trägt somit entscheidend dazu bei, ein hohes Maß an Qualität der Klimaanlagen und Servicefreundlichkeit gegenüber dem Kunden zu gewährleisten.



IPETRONIK Leckagelabor

- ▶ Leckagemessung nach Richtlinie 2006/40/EG und Maßgabe der Verordnung (EG) Nr. 706/2007
- ▶ Vorkonditionierung nach Option 1 oder Option 2
- ▶ Leckagemessung an Klimaanlagen
- ▶ Leckagemessung an Klimakomponenten
- ▶ Leckagemessung mit Temperaturrampen
- ▶ Leckagemessung unterschiedlichster Kältemittel
- ▶ Unterstützung beim detektieren großer Leckagen bzw. zu verbessernder/fehlerhafter Bauteile
- ▶ Geodätischer Aufbau der Klimaanlage vor Ort im Prüflabor

Technische Daten

Leckagekammern Standard	
Temperaturbereich	30 ... 50 °C
Druck	bis 160 bar absolut; stellt sich je nach Temperatur und Stoffdaten ein
Leckagekammern mit veränderten Rahmenbedingungen	
Temperaturbereich Komponenten	-20 ... 100 °C
Temperaturbereich Systemkammer	-20 ... 50 °C
Druckregelung	0 ... 160 bar absolut über Ausgleichsbehälter
Realisiert über	
Klimaakustikkammer	
Espec Klimaschrank	

Beispiel eines Prüfzyklus – Prüfstand Komponentenkammer – Kältemittel R744

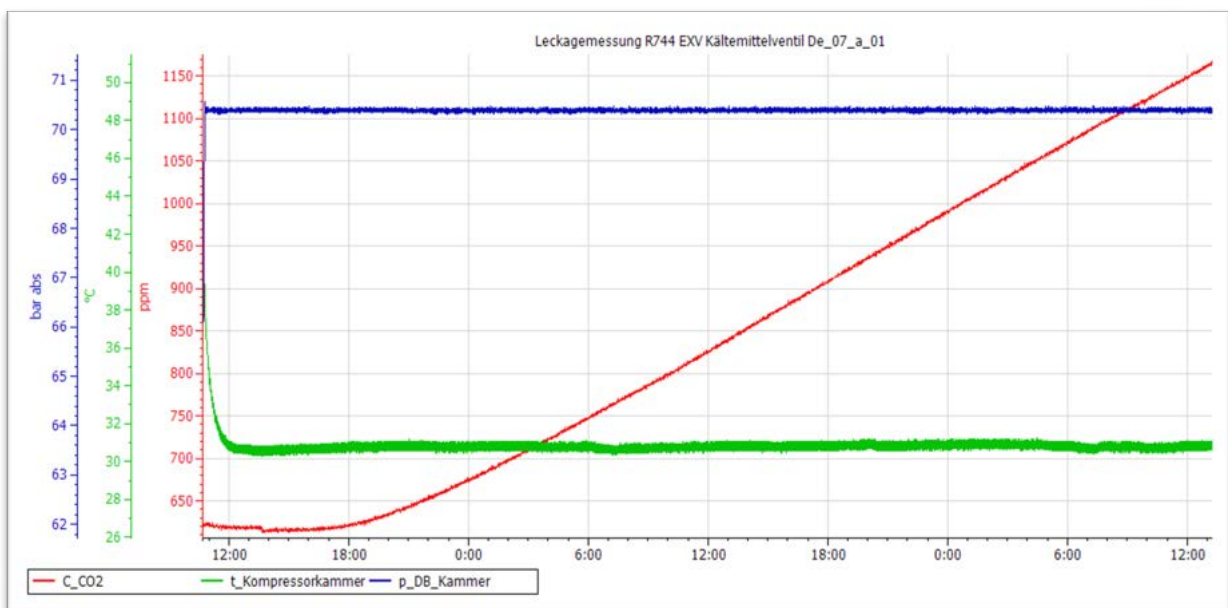


Abbildung 5: Messdaten: CO₂ Konzentration in ppm (rot), Kammertemperatur in °C (grün) und Systemdruck bar abs. (blau)

Anwendungsbeispiele

Leckagemessung nach Richtlinie 2006/40/EG und Maßgabe der Verordnung (EG) Nr. 706/2007

Z. B. gesamtes Klimasystem in der Systemkammer nach KBA Typgenehmigungsvorgaben. Das System wird aufgebaut und befüllt nach Kundenvorgaben. Die Messung findet bei 40 °C statt, der Druck stellt sich nach Stoffdaten ein. Vorkonditionierung über 20 Tage, Messung im Anschluss 24 Stunden. Kältemittel R134a für die Vergleichbarkeit und Berechnung mit Korrelationsfaktor.

Vorkonditionierung nach Option 1 oder Option 2

Z. B. Option 1 -> 20 Tage Vorkonditionierung bei 40 °C, dann die 24-Stunden-Messung; Option 2 -> > 10 Tage Vorkonditionierung bei 50 °C + 1 Tag Vorkonditionierung bei 40 °C, dann die 24-Stunden-Messung.

Leckagemessung an Klimaanlage

Z. B. gesamtes Klimasystem in der Systemkammer wird gemessen nach Kundenvorgaben oder IPETRONIK-Empfehlung. Das System wird aufgebaut und befüllt nach Kundenvorgaben.

Leckagemessung an Klimakomponenten

Z. B. Ventilblock, Klimakompressor oder Leitungen in der Komponenten-/Fittingkammer. Messung nach Kundenvorgaben oder IPETRONIK-Empfehlung.

Leckagemessung mit Temperaturrampen

Z. B. Messung eines Klimakompressors in der Komponentenkammer mit Temperaturprofil. Dadurch entstehen unterschiedlichste Beanspruchungen an das Material, gerade in Kombination von Metallen mit Gummidichtlippen. Der Alterungsprozess wird beschleunigt und Material-toleranzen gehen an ihre Grenzen.

Leckagemessung unterschiedlichster Kältemittel

Z. B. Gesamtsystem in der Systemkammer. Vergleichbarkeit der Leckage von unterschiedlichsten Kältemitteln oder Kältemittelgemischen. Fast alle gängigen Kältemittel im Pkw-Bereich können detektiert bzw. ein neuer Messfilter generiert werden.

Unterstützung beim Detektieren großer Leckagen bzw. zu verbessernder/fehlerhafter Bauteile

Z. B. Messung eines Klimakompressors in der Komponentenkammer. Sollte hierbei eine ungewöhnlich hohe Leckage festgestellt werden, leisten wir Hilfestellung beim Finden des Bauteils, welches die große Leckage verursacht. Ebenso bei Gesamtsystemen oder Komponenten jeglicher Art.

Geodätischer Aufbau der Klimaanlage vor Ort im Prüflabor

Dies bedeutet, dass der Kältekreis auf einem Gestell nach Kundenvorgaben und CAD-Zeichnungen aufgebaut wird. Der Aufbau entspricht somit der Lage der Komponenten, wie sie im Fahrzeug angeordnet sind.

Leitfähigkeitsanalyse von Ölen

Kompressor Entwicklung/Testing

Eines der State-of-the-Art-Themen rund um die Entwicklung des elektrischen Kältemittelkompressors ist die Analyse der Leitfähigkeit, bzw. der Einfluss des Kompressor-Öls auf die Statorwicklungen und den damit zusammenhängenden Isolationswiderstand. Mit dem im Bild gezeigten Equipment kann automatisiert eine Probe analysiert und mithilfe der zugehörigen Software ausgewertet werden.



IPETRONIK-Dienstleistung Leitfähigkeitsanalyse von Ölen

- ▶ Bestimmung der Leitfähigkeit der Probe und den zugehörigen Messwerten:
 - spezifischer Leitwert κ in nS/m
 - dielektrischer Verlustfaktor $\tan\delta$
 - spez. Widerstand in Mohm*m
 - relatives Dielektrikum ϵ_r
 - Kapazität in pF
 - Widerstand in Mohm
- ▶ Geeignet für Fluide mit geringer elektrischer Leitfähigkeit
- ▶ Digitale Erfassung der Messwerte und Ansteuerung des Messgeräts über zugehörige Software

Technische Daten

Messbereich	
Relative Dielektrizitätszahl – Messbereich	1 ... 10
Spezifische elektrische Leitfähigkeit – Messbereich	0 nS/m ... 600 μ S/m
Spezifische elektrische Leitfähigkeit – Auflösung	0,02 nS/m
Dielektrischer Verlustfaktor – Messbereich	0 ... 10000
Dielektrischer Verlustfaktor – Auflösung	0,003
Messgenauigkeit	+/- 1 %
Temperaturkonditionierung der Probe	30 ... 150 °C

ISO-R Leitfähigkeitsanalyse von Komponenten und Systemen

Neben der Analyse des Kompressor-Öls zählt auch die Messung des Isolationswiderstandes nicht nur zu den techno-logisch wichtigen Themen, sondern auch zur Sicherheit und im Umkehrschluss auch zur Produkthaftung eines Kältemittel-kompressors. Auch hier positioniert sich IPETRONIK zentral in der Gesamtentwicklung der Hauptkomponente Kompressor. Bei mit Kunden entwickelten Testmethoden bzw. Testprozeduren, werden entweder der gesamte Prüfling oder nur dessen Stator auf den Isolationswiderstand überprüft.



IPETRONIK-Dienstleistung Isolationswiderstandsmessungen

- ▶ Bestimmung des Isolationswiderstands mithilfe des Messgeräts Sourcetronic ST2684A und zugehöriger Software
- ▶ Digitale Erfassung der Messwerte und Ansteuerung des Messgeräts über zugehörige Software
- ▶ Wählbare Messbereiche, sowohl Hochspannung als auch Strom und Widerstand
- ▶ Wählbare Messzeit
- ▶ Strom- und Widerstandsmessung

Technische Daten

Einstellbereich Hochspannung	10 ... 1000 V
Genauigkeit Hochspannung	2 % vom Ablesewert
Strombegrenzung	2,25 mA oder 200 mA
Strommessung	
Bereich 1	100 μ A ... 1 mA / Eingangsimpedanz 10k Ω
Bereich 2	10 μ A ... 100 μ A / Eingangsimpedanz 10k Ω
Bereich 3	1 μ A ... 10 μ A / Eingangsimpedanz 10 Ω
Bereich 4	100 nA ... 100 μ A / Eingangsimpedanz 10k Ω
Bereich 5	10 nA ... 100 nA / Eingangsimpedanz 10k Ω
Bereich 6	1 nA ... 10 nA / Eingangsimpedanz 10k Ω oder 1M Ω
Bereich 7	10 pA ... 1 nA / Eingangsimpedanz 10k Ω oder 1M Ω
Widerstandsmessung	
Messbereich	10 k Ω ... 100 T Ω
Genauigkeit bei Messstrom >100 pA	2 %
Genauigkeit bei Messstrom <100 pA	2 % +/- Vtest / 2 pA
Dielektrischer Verlustfaktor – Messbereich	0 ... 10000
Dielektrischer Verlustfaktor – Auflösung	0,003
Messgenauigkeit	+/- 1 %
Temperaturkonditionierung der Probe	30 ... 150 °C

Anwendungsbeispiele

Isolationswiderstandsmessung am kompletten Prüfling oder am Stator



Kondensationstest mit Isolationswiderstandsmessung am kompletten Prüfling



Unterstützung Spezifikationsentwicklung

Konzepterstellung auf Basis von Messdaten, Erfahrungswerte aus Fahrzeugversuchen, Abgleich mit Transferpfadanalysen, Pilot-Test-Reihe am Aggregateprüfstand für neue Spezifikation

In der Entwicklung von Pkws stehen erprobungsfähige Fahrzeugprototypen in aller Regel erst im weiteren Verlauf der Gesamtentwicklungszeit zur Verfügung. Für die neu zu entwickelnden Komponenten und Aggregate werden daher Testspezifikationen benötigt, die sich unabhängig vom Fahrzeug auf Prüfständen nutzen lassen.

Die Zielausrichtung solcher Spezifikationen ist maßgeblich für die Qualität des im Vorfeld aller Fahrzeugversuche erreichbaren Designstands.

Bei IPETRONIK bestehen vielfältige Erfahrungswerte bezüglich Akustik-Testmethoden von Kältekreisen und der dazugehörigen Aggregate und Komponenten. So konnten im Lauf der vergangenen Jahre diverse Spezifikationen unter anderem für elektrische und riemengetriebene Klimakompressoren erstellt werden.

Die typische Herangehensweise zur Konzepterstellung einer Test-Spezifikation geht zunächst von der Einbausituation des Aggregats im Zielfahrzeug aus. Im Fall von eindeutigen Vorgängermodellen kann sich diese Herleitung in der Regel auf vorhandene Messdaten stützen; bei komplett neu konzipierten Fahrzeugen erfordert die Herleitung der Grundlagen zusätzliche Schritte, die sich auf Simulationen, auf andere Vergleichsfahrzeuge oder auf schlichte Festlegungen stützt.

Pos.	Drehzahl [min ⁻¹]	Hochdruck [bar]	Saugdruck [bar]	Überhitzung [K]/°C
2.1.1	1000	14	3	5
2.1.2	2000	16	3	10
2.1.3	3000	18	3	11
2.1.4	4000	19	3	12

Pos.	Messgröße	Vorrichtung	Spezifikation
1.3.1	Frequenz Hochdruck	Abtastrate: 12 kHz von Baum (Messung): 4096	Blocklänge: 0.1 s Blockabstand (Schrittwerte): 11
1.3.2	Pulszeit Saugdruck	Abtastrate: 12 kHz von Baum (Messung): 4096	Blocklänge: 0.1 s Blockabstand (Schrittwerte): 11

Pos.	Komponente
1.1.1	Messkabine

Draufsicht

Konzept	Betonsockel mit eingelassener Stahlplatte
Maße Stahlplatte	55 cm x 40 cm (Länge x Breite)
Breitenmaße Sockel	55 cm x 40 cm (Länge x Breite), oben plus 10 cm
Höhe Sockel	70 cm (Obersseite Stahlplatte zum Boden)
Positionierung	Abstand Mitte Stahlplatte zu Wänden ≥ 1 m

Spezifikation	VDA-Halterung mit 3-Punkt M8-Verschraubung zu mechanisch angetriebenem Kältemittelventil
---------------	--

Spezifikation	Heißgas-Muffler, Contours
---------------	---------------------------

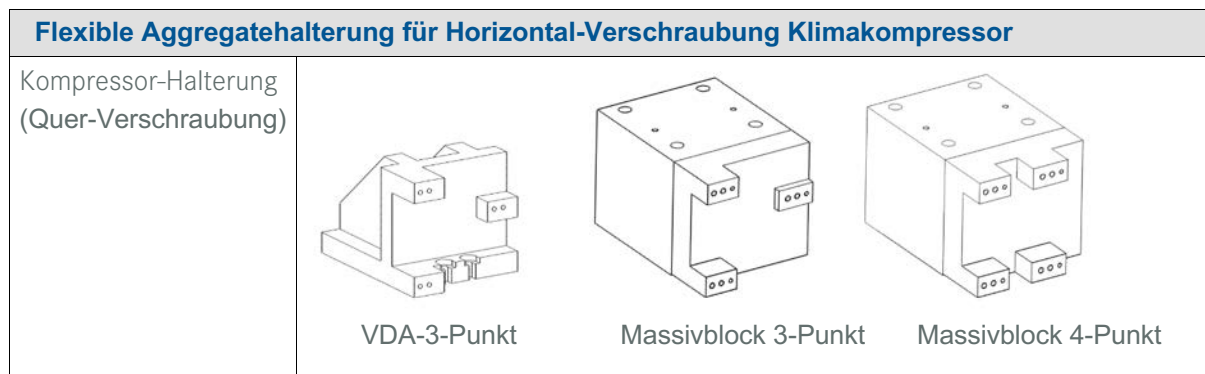
Spezifikation	Heißgas-Muffler, Contours
---------------	---------------------------

Beispiel für Testspezifikation am Akustik-Aggregate-prüfstand zur Bewertung von elektrischen Klimakompressoren; enthält Aufbau, Sensorik, Betriebsbedingungen, Analysemethode und Vorlage für spezifizierbare Grenzwerte

IPETRONIK-Dienstleistung Methodische Schritte zur Spezifikationsentwicklung Akustik

- ▶ Festlegung Akustik-Verhalten/Grenzwerte im Zielfahrzeug
- ▶ Rückverfolgung der Übertragungsketten, ausgehend vom Zielgeräusch im Fahrzeug über die Bewertung von Empfindlichkeiten des Übertragungsverhaltens bis zur zulässigen Anregung durch das Aggregat; Absicherung durch Analysen verfügbarer Messdaten oder über Simulation
- ▶ Festlegung eines Aufbaus am Aggregateprüfstand mit vibroakustischen Messgrößen an allen relevanten Schnittstellen zwischen Aggregat und Fahrzeug (dynamische Kräfte, Vibrationen, Gasdynamik/Pulsation, Luftschall) inklusive der kundenrelevanten Betriebsbedingungen
- ▶ Pilot-Test-Reihe mit Aggregaten aus Vorgängerfahrzeugen zur Verifizierung/Optimierung der neuen Spezifikation
- ▶ Finale Festlegung von Test-Spezifikation und Grenzwerten nach erster Anwendung auf neue Prüflinge

Im Rahmen von Spezifikationsentwicklungen für die Aggregate-Akustik konnten bei IPETRONIK auch gewisse Standards etabliert werden. Als Weiterentwicklung des VDA-Halters für Klimakompressoren mit drei M8-Schraubpunkten konnte ein Konzept aus einem massiven Kubus mit rückseitig verschraubten Wechselplatten abgeleitet werden. Dadurch lassen sich Kompressoren vielfältiger neuer Schraub-Layouts äußerst resonanzarm am Prüfstand installieren, so dass die Messung der dynamischen Kräfte gut reproduzierbar und mit minimierter Prüfstandsrückwirkung gelingt.



Ebenso hat sich die Anordnung von großdimensionierten Prüfstands-Mufflern (Pulsations-dämpfern) in den Kältemittelleitungen bewährt, die ähnlich dem Querschnittsprung z. B. am Kondensatoreingang im Fahrzeug ein typisches, gasdynamisches Impedanzverhalten aufweisen.

Auch im Bereich der allgemeinen Betriebstechnik am Kompressorprüfstand konnte für die Akustik-Erprobung eine IPETRONIK-eigene Entwicklung etabliert werden: Mit der IPEload, die in Varianten für Fluor-Kältemittel und für CO₂ verfügbar ist, kann der stationäre und drehzahlvariable Kompressorbetrieb hochgenau geregelt und reproduziert werden. Dabei lassen sich die Kältemitteldrücke, Temperaturen, Überhitzung und der Massenstrom überwachen und regeln.

Prototypenshop und Sonderkältemittel-Leitungsanfertigung

Im Rahmen von Applikation und Messaufgaben ist es mitunter von Nöten, spezielle Hardware-Lösungen zu konzipieren und zu fertigen. Hier steht neben erfahrenen Mitarbeitern ein umfassender Maschinenpark zur Verfügung.

IPETRONIK-Dienstleistungen im Themenfeld

- ▶ Sonderlösungen für Kältemittel- und Kühlwasser-Leitungen
- ▶ Fertigung von Schnittstellen für Sensoren
- ▶ Fertigung von Haltersystemen
- ▶ Gläserne Kältemittelleitungen
- ▶ Modifikation von Kältemittelkomponenten, z. B. Kältemittelverdichter



Abbildung 6: Gläserne Kältemittelleitung

Betriebsfestigkeit und Applikation

In unserem DMS-Labor applizieren wir jegliche Art von Bauteilen. Mittels Dehnungsmessstreifen erfassen wir verschiedenste Parameter. Mit den daraus gewonnenen Informationen können wir gezielte Änderungen zur Vorbeugung, beispielsweise von Materialermüdung, vornehmen. Ebenso beraten wir bei der optimalen Positionsfindung und übernehmen die Kalibrierung der Dehnungsmessstreifen sowie der kompletten Messkette.

Auch die Sonderapplikation von Drehmomentapplikationen inklusive Telemetrie gehören zu unseren Dienstleistungen.

IPETRONIK-Dienstleistungen im Themenfeld der Betriebsfestigkeit und Applikation

- ▶ DMS-Applikation
- ▶ Drehmomentmesssysteme
- ▶ Telemetrie
- ▶ Beschleunigungsaufnehmer
- ▶ Sonderlösungen (z. B. DMS-Schraube)
- ▶ Erarbeitung von Messsystemen (Sensor, Messwertaufnehmer, Software und Datenmanagement)

Anwendungsbeispiele

Erfassung des Drehmoments an Antriebswellen, Signalübertragung mittels Telemetrie System



Erfassung der Kräfte an Tankbändern mittels temperaturkompensierter DMS-Messstellen



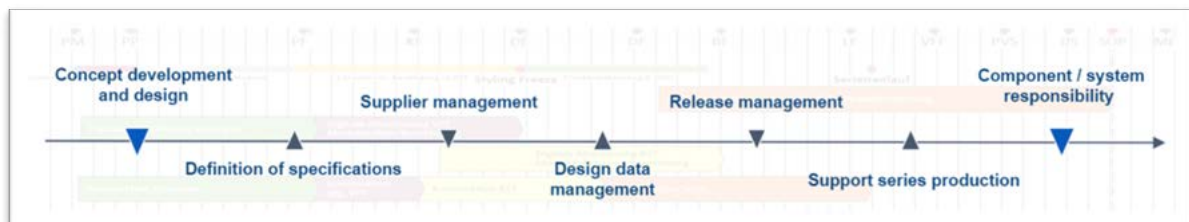
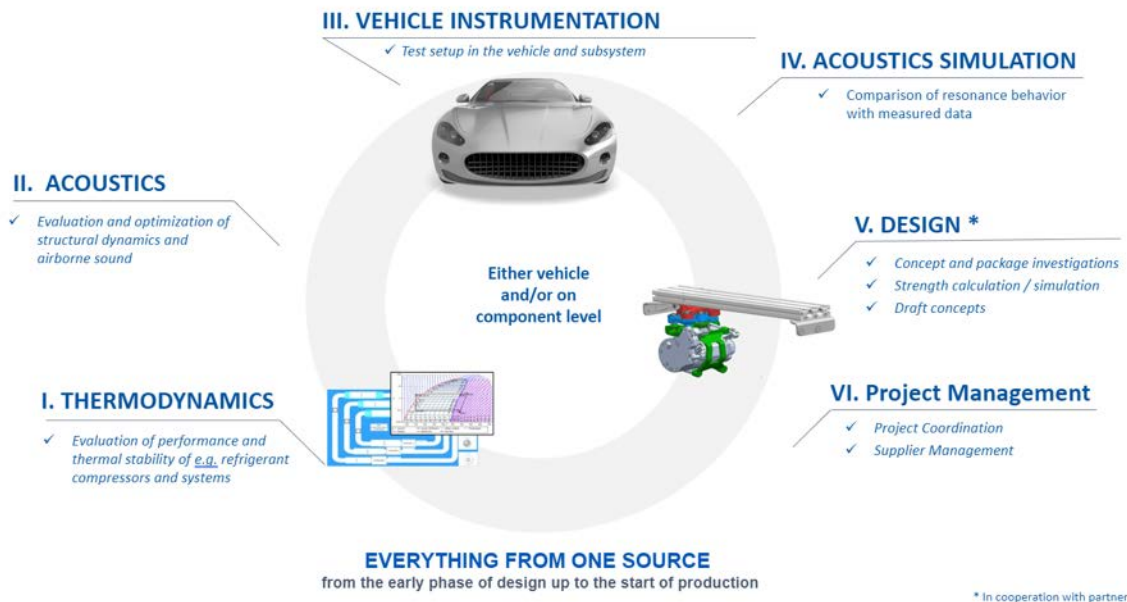
Erfassung der Zug- und Druckbelastung an Spurstangen



Automotive Projektmanagement BTV

Wir besitzen die Kompetenz, Ihr Bauteil oder Ihr System im Entwicklungsprozess von frühen Konzepten bis zur Serienreife und darüber hinaus zu betreuen.

Gemeinsam mit unserem Partner ARRK Engineering können wir den kompletten Produktentstehungsprozess abbilden. Von der Konstruktion, über die Simulation bis hin zu Versuch und Absicherung.



IPETRONIK-Dienstleistung Automotive Projektmanagement BTV

- ▶ Ganzheitliche Projektbetreuung
- ▶ Consulting
- ▶ Project Management
- ▶ Datenmanagement

Anwendungsbeispiele

Entwicklung von Kältekreisläufen & Be- und Entlüftungssystemen

Bei unterschiedlichen OEMs konnten wir unsere Kompetenz im Produktentstehungsprozess schon beweisen und haben sowohl Kältekreisläufe als auch Be- und Entlüftungssysteme erfolgreich in die Serie entwickelt. Mit Mehrlieferantenstrategie, unterschiedlichen Kältemitteln, diversen Marktanforderungen und Be- und Entlüftungssystem mit hoher Schnittstellenanzahl zu anderen Entwicklungsteams scheuen wir dabei auch vor hoher Komplexität nicht zurück. Zudem entwickelten wir komplett neue akustisch optimierte Verdichterlagerungskonzepte für Elektrofahrzeuge. Auch hier von der Konstruktion, über Simulation bis zur Absicherung.

Referenzen

- ▶ ASHOK Limited
- ▶ AUDI AG
- ▶ Automobili Lamborghini S.p.A.
- ▶ Bertrandt AG
- ▶ BMW AG
- ▶ Brabus GmbH
- ▶ DAF Trucks N.V.
- ▶ Daimler AG
- ▶ DEUTZ AG
- ▶ Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG
- ▶ FCA Germany AG
- ▶ Ferrari S.p.A
- ▶ Ford Motor Company
- ▶ General Motors Company
- ▶ Hyundai Motor Deutschland GmbH
- ▶ IAV GmbH
- ▶ JAGUAR LAND ROVER LIMITED
- ▶ JATCO Ltd
- ▶ Kia Motors Corporation
- ▶ Liebherr-International Deutschland GmbH
- ▶ Mahindra & Mahindra Ltd.
- ▶ MAN Truck & Bus SE
- ▶ Maserati S.p.A.
- ▶ Mazda Motors GmbH
- ▶ Mercedes-Benz AG
- ▶ MODINE MANUFACTURING COMPANY
- ▶ NISSAN Center Europe GmbH
- ▶ Opel Automobile GmbH
- ▶ PEUGEOT DEUTSCHLAND GMBH
- ▶ Renault Deutschland AG
- ▶ Rheinmetall AG
- ▶ Robert Bosch GmbH
- ▶ ŠKODA AUTO Deutschland GmbH
- ▶ Tesla Inc.
- ▶ Volkswagen AG
- ▶ Volvo Car Corporation

Welches Projekt dürfen wir für Sie realisieren?

Vereinbaren Sie ein Gespräch mit einem unserer Prüfstand-Spezialisten.

Ganz einfach per Mail an ipeeng@ipetronik.com

oder telefonisch unter +49 7221 9922 222.

Wir freuen uns auf das Gespräch mit Ihnen.

Ihr IPETRONIK Team

IPETRONIK GmbH & Co. KG

Im Rollfeld 28 | 76532 Baden-Baden | Germany

Telefon +49 7221 9922 222

Fax +49 7221 9922 100

Mail ipeeng@ipetronik.com

Website www.ipetronik.com

