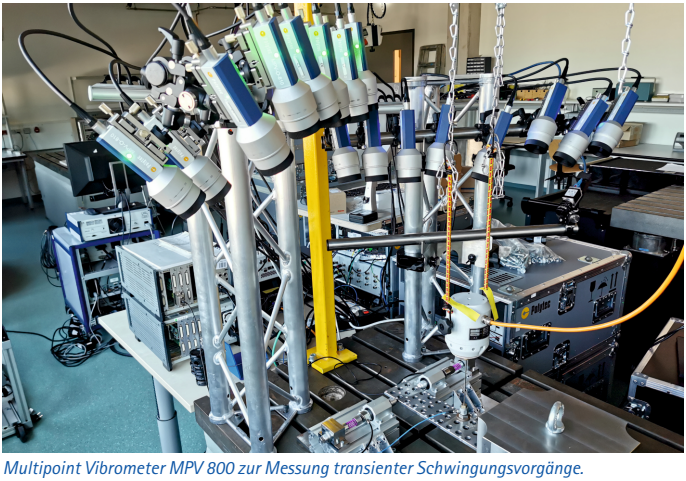
DYNAMIK UND SCHWINGUNGEN

MESSTECHNISCHE AUSSTATTUNG

Institut für Dynamik und Schwingungen
Leibniz Universität Hannover

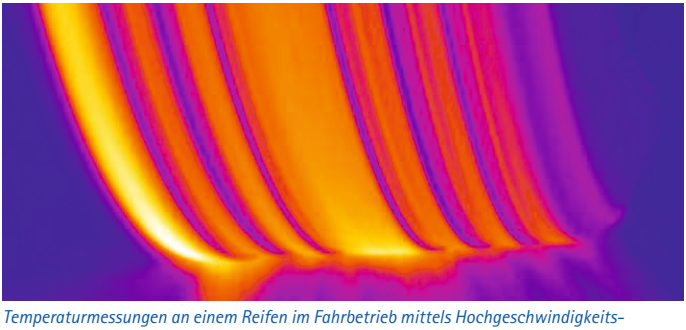
UNSERE SCHWERPUNKTE

Unsere Forschung am **Institut für Dynamik und Schwingungen** (IDS) ist stark auf Experimente ausgerichtet. Neben der Modellbildung stellen die experimentelle Charakterisierung dynamischer Systeme, sowie die Validierung eigener Simulationsroutinen an unseren Versuchsständen einen Schwerpunkt dar. Aus diesem Grund verfügt das IDS über eine sehr umfassende messtechnische Ausstattung. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Messung klassischer mechanischer Größen, wie Beschleunigung, Geschwindigkeit, Weg und Kraft aber auch auf der tribologischen Untersuchung von Materialien (Reibung und Verschleiß) sowie der Charakterisierung von Oberflächen mittels optischer Verfahren.



Multipoint Vibrometer MPV 800 zur Messung transienter Schwingungsvorgänge.

In der folgenden Broschüre möchten wir einen Auszug der zahlreichen messtechnischen Möglichkeiten am IDS aufzeigen. Unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter freuen sich darauf gegebenenfalls ausführlichere Informationen zur Verfügung zu stellen oder mit Ihnen individuelle Lösungen zu besprechen.



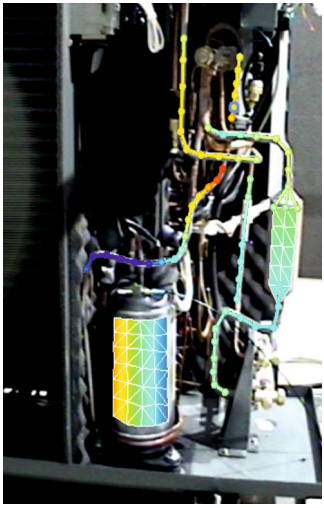
Temperaturmessungen an einem Reifen im Fahrbetrieb mittels Hochgeschwindigkeits-Infrarot-Kamera Orion SC7000.

LASERVIBROMETRIE

Unter Laservibrometrie versteht man die ***berührungslose optische Schwingungsmessung*** mithilfe eines Laserstrahls unter Ausnutzung des Doppler-Effektes. Dabei wird von dem Messsystem ein Laserstrahl emittiert, welcher von dem Messobjekt reflektiert und vom Messsystem ausgewertet wird. Anhand der Frequenzverschiebung des Laserstrahls wird die Oberflächengeschwindigkeit des Objektes bestimmt. Um ein optimales Messergebnis zu gewährleisten, muss das Messobjekt dazu unter Umständen mit einem reflektierenden Farbspray oder an den Messpunkten mit einer Folie versehen werden. Die Vorteile von Laservibrometern sind ihre hohe Genauigkeit und Frequenzbandbreite sowie die feine räumliche Auflösung. Ein einzelner Messpunkt entspricht etwa der Fläche eines kleinen Stecknadelkopfes. Das IDS verfügt über eine Vielzahl spezialisierter Laservibrometer der Firma POLYTEC, welche von uns anwendungsspezifisch eingesetzt werden.

▷ SCANNING VIBROMETER

Ein Scanning-Vibrometer verfügt über elektronisch verstellbare Spiegel, welche die Umlenkung des Laserstrahls ermöglichen. Dadurch kann ein Objekt in einem automatisierten Programmablauf an ***beliebig vielen verschiedenen Messpositionen aufeinanderfolgend vermessen werden***. Das ermöglicht uns die Visualisierung von Schwingungsformen, um beispielsweise die Betriebsschwingungen ganzer Maschinen zu untersuchen. Das IDS ist im Besitz von drei mobilen Scanning-Vibrometern des Typs PSV-400 mit einer Bandbreite von 2,5 MHz und einer Auflösung von 0,05 bis 10 m/s. Bei Bedarf lassen sich die drei Scanning-Vibrometer auch zu einem 3D-System kombinieren.



Schwingungsuntersuchung an einem Klimaaggregat im laufenden Betrieb.

▷ MICRO SYSTEM ANALYZER

Der Micro System Analyzer MSA-100-3D ist ein 3D-Laservibrometer, entwickelt speziell für ***kleine Strukturen und MEMS*** (Mikro-elektromechanische Aktoren und Sensoren). Es können somit Strukturen in der Größe von Microchips bezüglicher ihrer Schwingungseigenschaften untersucht werden, wobei selbst Amplituden im sub-Pikometer Bereich aufgelöst werden. Das MSA-100-3D verfügt über einen elektrisch verfahrbaren Kreuztisch mit einem maximalen Verfahrweg von 20x20 cm, welcher eine mikrometergenaue Positionierung des Objektes unter dem Sensor ermöglicht. Ähnlich wie beim Scanning-Vibrometer können so ganze Oberflächen von Objekten mit einer maximalen Größe von ca. 10x10x15 cm vermessen werden. Die Bandbreite liegt bei 25 MHz.

LASERVIBROMETRIE

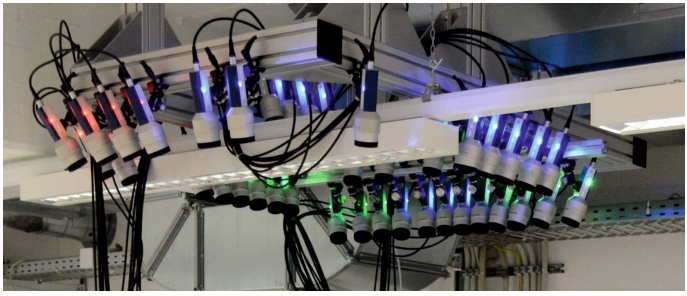
▷ FASEROPTISCHE VIBROMETER

In einem faseroptischen Vibrometer wird der Laserstrahl durch einen Strahlenteiler in zwei einzelne Messstrahlen aufgeteilt. Das ermöglicht uns die ***Messung der Relativgeschwindigkeit*** beider Messpunkte. Dadurch können unter anderem ***In-plane Messungen*** realisiert werden. Als In-plane werden die Geschwindigkeitskomponenten tangential zur Bauteiloberfläche bezeichnet. Das IDS verfügt über zwei mobile faseroptische Vibrometer des Typs OFV-552. Die Bandbreite und Auflösung des Systems betragen 2,5 MHz und 0,05 bis 10 m/s.

▷ MULTIPOINT VIBROMETER

Für die ***Erfassung von transienten Schwingungsvorgängen***, welche beispielsweise während der Hochlaufprozesse von Aggregaten auftreten können, verfügt das IDS über ein mobiles Multipoint-Vibrometer des Typs MPV-800. Das MPV-800 ermöglicht die simultane Messung von bis zu 48 ***Messpunkten, räumlich verteilt über eine beliebig große Fläche***.

Darüber hinaus lassen sich die Scanköpfe zu einem 3D-System mit bis zu 16 Kanälen vereinen, so dass an diesen 16 Messpositionen eine Schwingungsmessung in alle Raumrichtungen erfolgen kann. Das MPV-800 verfügt über eine Bandbreite von 100 kHz und eine Auflösung von 0,001 bis 1,75 m/s.



MPV-800 Multipoint-Vibrometer zur Messung von transienten Schwingungsvorgängen mit bis zu 48 Kanälen.

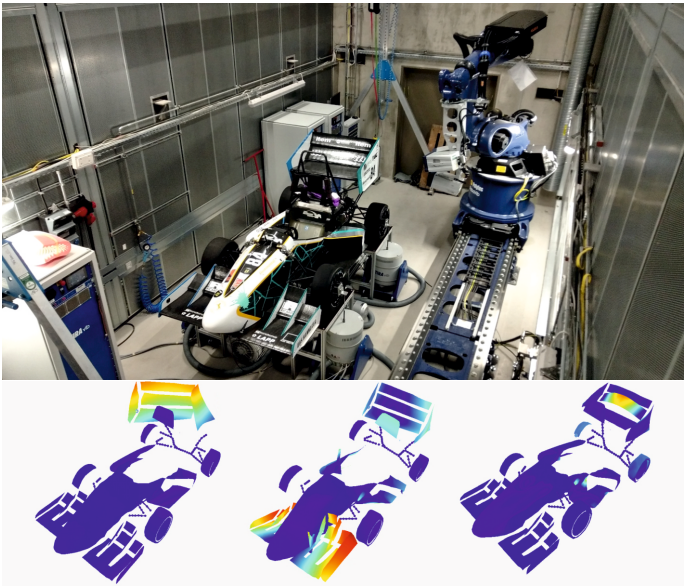
▷ DEROTATOR

Für die berührungslose Schwingungsmessung auf rotierenden Objekten besitzt das IDS einen Derotator vom Typ PSV-O-440. Der Derotator verfügt über ein rotierendes Spiegelsystem, welches sich mit der Drehzahl des Messobjektes synchronisieren lässt. Dadurch kann der Laserstrahl im körperfesten, mitrotierenden Bezugssystem der Rotation des Messobjektes folgen. Das ermöglicht uns beispielsweise die Schwingungscharakterisierung von Zahnrädern oder Lüftern. Der Derotator arbeitet im Verbund mit einem unserer PSV-400 Scanning-Vibrometer und hat daher identische technische Spezifikationen. Es können Drehzahlen von bis zu 24.000 1/min abgedeckt werden.

LASERVIBROMETRIE

▷ ROBOVIB

Der RoboVib kombiniert die ***3D-Scanning Vibrometer Technologie zur Schwingungsanalyse mit den Vorzügen eines weitspannenden Kuka Industrieroboters***. Das ermöglicht uns automatisierte Tests von komplexen und sehr großen Strukturen. Der Roboterarm trägt drei Scanning-Vibrometer vom Typ PSV-500 und verfährt diese innerhalb des Arbeitsraumes an jede beliebige Position. Die Vibrometer haben eine Bandbreite von 100 kHz bei einer Auflösung von 0,001 bis 12 m/s. Zusätzlich ist der RoboVib auf einer Linearachse verfahrbar, sodass wir die Vermessung von Prüflingen mit einer Größe von bis zu 6x2x2 m realisieren können. Neben den Vorteilen dieses großen Arbeitsraumes und der hochpräzisen automatisierbaren Ausrichtung der Messköpfe ermöglicht das System auch die optimale Einstellung der Laserstrahl-Geometrie an jedem Punkt der zu untersuchenden Oberfläche.



Schwingungstechnische Charakterisierung eines Rennwagens (Formula Student) durch den RoboVib. Die Schwingungsamplituden sind stark überzeichnet dargestellt.

AUSSTATTUNG LASERVIBROMETRIE

- ▷ Polytec PSV-400 3D-Scanning Vibrometer (2,5 MHz Option)
- ▷ Polytec OFV-552 Faseroptische Vibrometer (2,5 MHz Option)
- ▷ Polytec MPV-800 48-Kanal Multipoint Vibrometer
- ▷ Polytec PSV-O-440 Derotator
- ▷ Polytec RoboVib mit PSV-500 3D-Scanning Vibrometer
- ▷ Polytec MSA-100-3D Micro System Analyzer

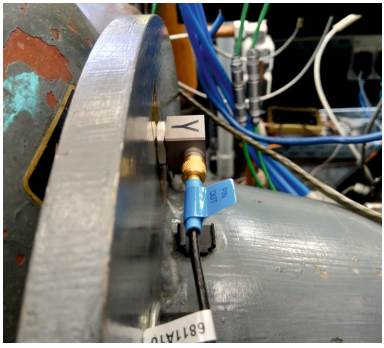
EXPERIMENTELLE MODALANALYSE
BETRIEBSSCHWINGUNGSANALYSE
SCHWINGPRÜFUNG

Die experimentelle schwingungstechnische Charakterisierung von Systemen ist eine der Kernkompetenzen des IDS. Dazu verfügt das Institut neben der notwendigen sensorischen Ausstattung (Beschleunigungssensoren und Kraftsensoren), auch über die Hardware zur Schwingungsanregung mit elektrodynamischen Shakern sowie entsprechende Systeme zur Messdatenerfassung und -verarbeitung.

▷ BESCHLEUNIGUNGSMESSTECHNIK

Eine Möglichkeit der Erfassung von Strukturschwingungen bietet die Messung der Beschleunigung mithilfe von Beschleunigungsaufnehmern. Je nach Ausführung des Sensors kann ein Messbereich von ca. 500 g und ein Frequenzbereich von ca. 1 Hz bis zu 20 kHz abgedeckt werden.

Das IDS ist sowohl im Besitz einer Vielzahl von ***uniaxialen Sensoren***, welche die Beschleunigung normal zur Strukturoberfläche messen, als auch ***triaxialen Sensoren***, welche die Beschleunigung in alle drei Raumrichtungen erfassen können.



Montagebeispiel eines triaxialen Beschleunigungssensors an einer Struktur zum Zweck der Modalanalyse.

▷ DATENERFASSUNG UND ANALYSE

Das IDS verfügt über verschiedene Systeme zur Messdatenerfassung und deren Auswertung. Unser Portfolio umfasst unterschiedliche mobile Messsysteme mit 8 bis 88 Messkanälen. Die Abtastraten betragen dabei bis zu 204,8 kHz. Als Softwarelösungen werden für die Modal- und Betriebsschwingungsanalyse der M+P ANALYZER und für die Schwingregelung das M+P VIBCONTROL eingesetzt. Darüber hinaus gehende Analysen können unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bedarfsgerecht in MATLAB realisieren.

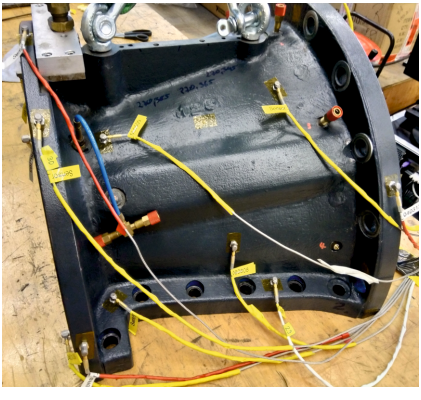
EXPERIMENTELLE MODALANALYSE BETRIEBSSCHWINGUNGSANALYSE SCHWINGPRÜFUNG

▷ ELEKTRODYNAMISCHE SCHWINGERREGER / SHAKER

Das IDS ist im Besitz von elektrodynamischen Schwingerregern unterschiedlichster Baugrößen. Diese kommen abhängig von Größe und Gewicht des Prüflings zum Einsatz. Unsere Palette an modalen Schwingerregern reicht von 3 N bis hin zu 2 kN dynamischer Nennkraft. Speziell die großen Shaker verfügen über ein aktives Kühlsystem, sowie elektronische Lageregelung und erlauben damit Untersuchungen an Objekten von der Größe eines Kleinwagens. Es kann ein Frequenzbereich von etwa 1 bis 5000 Hz abgedeckt werden.

▷ EXPERIMENTELLE MODALANALYSE

Unter der experimentellen Modalanalyse werden verschiedene Methoden zur Charakterisierung des dynamischen Verhaltens schwingungsfähiger Systeme anhand sog. modaler Parameter zusammengefasst. Dazu wird der Prüfling üblicherweise unter zuvor definierten Lagebedingungen extern durch einen sog. Modalhammer oder elektrodynamischen Schwingerreger (Shaker) angeregt. ***Die experimentelle Modalanalyse liefert Informationen über womöglich kritische Frequenzbereiche*** und dient häufig als unterstützendes Tool während der Produktentwicklungsphase, sowie zur Validierung von FE-Modellen. Wir verfügen über die notwendige Sensorik, Aktorik sowie Datenerfassung und Auswertesoftware um eine experimentelle Modalanalyse in- und außerhalb unserer Labore durchzuführen.



Bauteil mit Beschleunigungsaufnehmern in Vorbereitung für eine experimentelle Modalanalyse.

▷ BETRIEBSSCHWINGUNGSANALYSE

Die ***Schwingungsanalyse eines Systems unter realen Betriebsbedingungen*** wird als Betriebsschwingungsanalyse bezeichnet. Hierbei wird meist nur die systemeigene Anregung betrachtet. In Bezug auf die messtechnische Ausstattung und Auswertungssoftware sind die Anforderungen ähnlich zur experimentellen Modalanalyse. Um die realen Betriebsbedingungen sicherzustellen sind häufig Messungen am Aufstellort der Maschine unerlässlich. Unsere Messsysteme sind daher alle mobil und erlauben auch Messungen außerhalb der institutseigenen Labore.

EXPERIMENTELLE MODALANALYSE
BETRIEBSSCHWINGUNGSANALYSE
SCHWINGPRÜFUNG

▷ KRAFTMESSTECHNIK

Für die Messung dynamischer Kräfte werden am Institut hauptsächlich Sensoren verwendet, die den piezoelektrischen Effekt ausnutzen. Ein typischer Anwendungsfall ist das Messen der Anregungskraft eines Shakers z.B. im Rahmen einer Modalanalyse. Es können dabei dynamische Kräfte zwischen weniger als 1 N und über 120 kN erfasst werden.

Bei der Messung statischer Kräfte kommen Kraftsensoren zum Einsatz, die mithilfe von Dehnungsmessstreifen (DMS) arbeiten. Basierend auf dem linearen Zusammenhang zwischen der wirkenden Kraft und der elastischen Verformung des Sensors ist ein Rückschluss auf die Kraft möglich. Wir verfügen über Sensorik zur Erfassung von statischen Kräften von bis zu 1 kN.

▷ SCHWINGPRÜFUNG

Im Rahmen einer Schwingprüfung wird eine charakteristische Anregung aufgebracht, welche typisch für den realen Betrieb ist, um zu überprüfen ob ein Bauteil oder eine Baugruppe diesen Belastungen dauerhaft standhält. Schwingprüfungen sind daher häufig Bestandteile von Zulassungsprozessen. Im Allgemeinen werden dafür elektrodynamische Schwingerreger und eine spezielle Software zur Kraftregelung eingesetzt. Wir verfügen über die notwendige Ausstattung um im Bedarfsfall Schwingprüfungen mit dynamischen Kräften von bis zu 2 kN durchzuführen.

AUSSTATTUNG MODALANALYSE UND SCHWINGREGELUNG

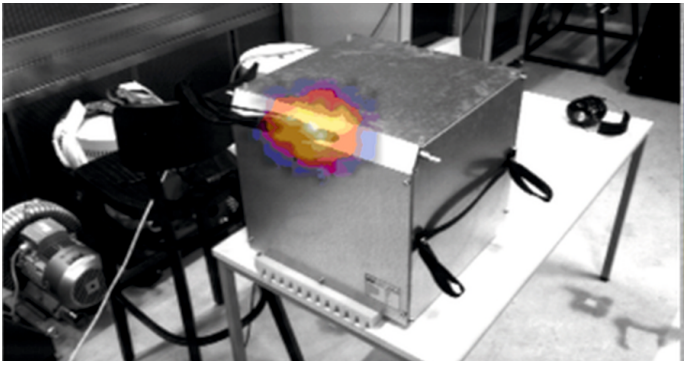
- ▷ Diverse IEPE Beschleunigungssensoren der Hersteller PCB und DYTRAN (uni- und tri-axial)
- ▷ Verschiedene Kraftsensoren (IEPE und DMS) der Hersteller PCB, DYTRAN und HBM
- ▷ Elektrodynamische Shaker von TIRA (S50303-M, S51130-MSC und TV50018) mit 3 N - 2 kN Nennkraft
- ▷ M+P VIBRUNNER mit 8 bis 88 Kanälen (204,8 kHz Abtastfrequenz)
- ▷ M+P ANALYZER Software zur experimentellen Modalanalyse
- ▷ M+P VIBCONTROL Software (inkl. Multi-axis Option) zur Schwingprüfung

AKUSTISCHE MESSTECHNIK

Luftschall und Strukturschwingungen stehen in einem direkten Zusammenhang. Zum einen, weil schwingende Objekte Luftschall im akustisch wahrnehmbaren Bereich (20 Hz bis 20 kHz) emittieren können, zum anderen weil der Luftschall auch ein Anregungsmechanismus für Strukturschwingungen sein kann. Aus diesem Grund verfügt das IDS über ein breites Portfolio an akustischer Messtechnik, bestehend aus Mikrofonen, Lasermikrofonen und Hydrofonen. Damit können wir Schalldrücke im Frequenzbereich von 20 Hz bis 1 MHz messen. Die Messungen können mobil oder in unserem hauseigenen reflexionsarmen Raum durchgeführt werden. Zur visuellen Ortung akustischer Quellen ist das IDS darüber hinaus im Besitz einer akustischen Kamera.

▷ AKUSTISCHE KAMERA

Eine Akustische Kamera ist ein Messgerät zur ***Lokalisierung von Geräuschquellen***. Dabei wird ein Mikrofon-Array eingesetzt, um anhand der Phasenbeziehung der Schalldruckpegel an den verschiedenen Mikrofonen die Ausbreitungsrichtung des Schalls zu berechnen (Holographie bzw. Beamforming Verfahren). Durch die eingebaute optische Kamera kann die Geräuschquelle so mit einem Videobild korreliert werden. Das IDS setzt eine Kamera des Herstellers CAE SOFTWARE & SYSTEMS ein (Bionic M-112). Diese Kamera verfügt über 112 Einzelmikrofone und kann Geräuschquellen mit einer Frequenz von 40 Hz bis 24 kHz orten.



Lokalisierung der Geräuschquelle an einer akustisch gekapselten Maschine. Der Schall dringt aus der Kabeldurchführung.

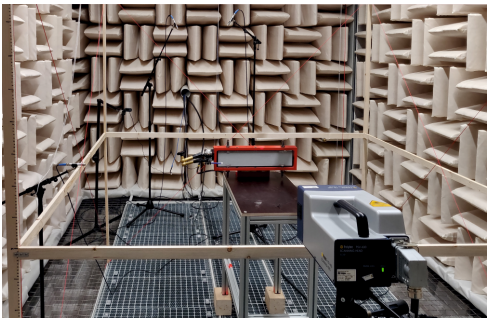
▷ OPTISCHES MIKROFON

Ein optisches- bzw. Lasermikrofon ermöglicht die ***Messung von Luftschall bis in den hohen Ultraschallbereich***. Es besitzt im Gegensatz zu herkömmlichen Mikrofonen keine Membran, sondern basiert auf einer optischen Messung der Schallwellen. Dadurch wird eine wesentlich höhere Bandbreite des Messbereiches realisiert. Das IDS verfügt über ein optisches Mikrofon vom Typ ETA250 ULTRA des Herstellers XARION. Mit diesem Messgerät kann ein Frequenzbereich von 1 Hz bis 1 MHz bei einem Dynamikumfang von 100 dB abgedeckt werden.

AKUSTISCHE MESSTECHNIK

▷ SCHALLREFLEXIONSARMER RAUM

Ein (Schall-)reflexionsarmer Raum (ugs. schalltoter Raum) ermöglicht repräsentative akustische Messungen, weil der von einem Objekt emittierte Schall von den Raumwänden, der Decke und ggf. dem Boden des Raumes größtenteils absorbiert wird. Es herrschen dadurch Freifeldbedingungen in dem Raum, was eine notwendige Bedingung ist, um Schallleistungsmessungen durchzuführen. Das IDS verfügt über einen so genannten reflexionsarmen Vollraum, das heißt alle sechs Raumseiten sind mit hochgradig absorbierendem Material ausgekleidet. Der Fußboden besteht aus einem Stahlgitter. Die Abmessungen des Raumes betragen 5,2x3,6x3,35 m.



Versuchsaufbau zur simultanen Messung von Strukturschwingung und Schallleistung im reflexionsarmen Raum.

▷ MIKROFONE UND HYDROFONE

Mikrofone sind allgemein bekannt und eignen sich zur Messung von Schalldruckpegeln in der Luft. Bei Hydrofonen handelt es sich hingegen um Mikrofone für Unterwasseranwendungen. Aufgrund der unterschiedlichen Schallkennimpedanzen von Flüssigkeiten und Gasen sind Hydrofone gegenüber Mikrofonen anders aufgebaut. Hydrofone basieren in der Regel auf einer vorpolarisierten piezoelektrischen Hohlkugel, welche durch Druckschwankungen verformt wird und Oberflächenladungen erzeugt. Mikrofone für messtechnische Anwendungen hingegen arbeiten meistens nach dem Kondensator-Prinzip mit einer Membran und einer Gegenelektrode. Das IDS verfügt sowohl über verschiedene Mikrofone als auch Hydrofone. Wir setzen für unsere Messungen Mikrofone des Herstellers PCB ein. Damit ist es möglich einen Frequenzbereich von 1 Hz bis 70 kHz bei Schall-druckpegeln bis 177 dB abzudecken. Für Anwendungen in Flüssigkeiten kommen Hydrofone von Teledyne Reson zum Einsatz. Diese bieten einen Frequenzbereich bis zu 470 kHz bzw. 800 kHz.

AUSSTATTUNG AKUSTISCHE MESSTECHNIK

- ▷ Akustische Kamera Bionic M-112 von CAE Software & Systems
- ▷ Diverse Mikrofone von PCB
- ▷ Optisches Mikrofon Eta250 Ultra von Xarion
- ▷ Hydrofone von Teledyne (TC4038 und TC4034)
- ▷ Reflexionsarmer Vollraum 5,2x3,6x3,35 m

TRIBOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

Die Tribologie befasst sich mit der wissenschaftlichen Untersuchung aufeinander einwirkender Oberflächen bei Relativbewegung. Tribologie schließt sowohl Wechselwirkungen zwischen Festkörpern als auch zwischen Festkörpern und Fluiden ein. Somit umfasst die Tribologie das Gesamtgebiet von Reibung, Verschleiß und Schmierung. Das Entwicklungsziel der Tribologie ist die Optimierung von Reibung und Verschleiß für den jeweiligen Anwendungsfall, um die Funktionalität, den Wirkungsgrad oder die Zuverlässigkeit des betrachteten technischen Systems zu erhöhen. Das IDS verfügt über eine Vielzahl anwendungsspezifischer Prüfstände, um Reibung und Verschleiß unter realen Einsatzbedingungen zu bestimmen.

Neben der Messtechnik bietet das IDS im Bereich der Tribologie unterstützende oder eigenständige Simulationen an, die mit gängiger Simulationssoftware wie ABAQUS, ANSYS oder MATLAB durchgeführt werden.

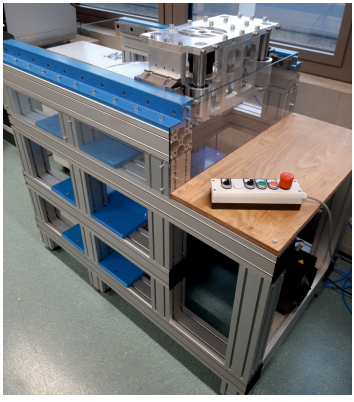
▷ HIGH SPEED LINEAR FRICTION TESTER (HILITE)

Der Highspeed Linear Friction Tester (HiLiTe) ist ein vom IDS entwickelter Prüfstand, der verwendet wird, um die ***Reibeigenschaften von Probekörpern auf unterschiedlichen Oberflächen zu ermitteln***. Der HiLiTe wird hauptsächlich zur Untersuchung von Reifenprofilklötzen eingesetzt. Die Gummiproben können in Form einzelner Profilklötze aus Sommer-, Winter- oder auch Flugzeugreifen entnommen und zur Reibungsanalyse in den Messkopf des Prüfstandes eingesetzt werden. Der Prüfstand befindet sich innerhalb einer Klimakammer, die einen Temperaturbereich von -20 bis 40° C abdeckt. Dadurch sind als Reibpartner neben Asphalt, Beton, Korund und Glas auch Eis und Schnee untersuchbar. Während der Versuche wird der Messkopf mit einer definierten Geschwindigkeit von maximal 10 m/s relativ zur darunterliegenden Oberfläche linear verfahren. Die maximale Messstrecke beträgt hierbei 4 m. Darüber hinaus wird die Gummiprobe über einen Balgzylinder mit einer einstellbaren maximalen Normalkraft von 1 kN auf die Oberfläche gepresst. Die im Messkopf integrierten Kraftsensoren ermöglichen uns die Aufzeichnung der Normalkraft und der Reibkraft. Mittels der LABVIEW basierten Steuerungs- und Auswertesoftware können wir folglich den Reibungskoeffzienten, welcher für die Charakterisierung der Gummireibung entscheidend ist, berechnen und ausgegeben.

Linear verfahrbarer Schlitten des HiLiTe, der die zu testende Probe enthält. Die darunterliegende Oberfläche ist beliebig wählbar.

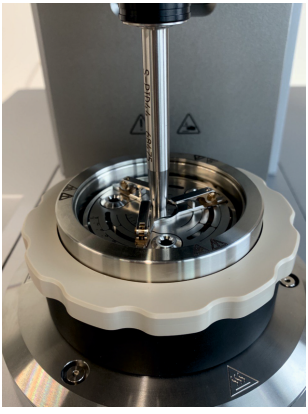
TRIBOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

▷ HOCHLAST-HOCHGESCHWINDIGKEITS-TRIBOMETER



Hochlast-Hochgeschwindigkeits-Tribometer.

Das vom IDS entwickelte Hochlast-Hochgeschwindigkeits-Tribometer dient der ***Untersuchung des Reibungs- und Verschleißverhaltens unterschiedlicher Materialpaarungen.*** Dabei wird ein Prüfkörper beliebiger Geometrie mit einer rotierenden Scheibe in Kontakt gebracht. Die Geometrie des Prüfkörpers ist so wählbar, dass wir die Reibung entweder im Punkt-, Linien- oder Flächenkontakt analysieren können. Neben der freien Werkstoffauswahl des Probenkörpers ist auch die Oberfläche der rotierenden Scheibe beliebig anpassbar. Die Normalkraft und die Relativgeschwindigkeit zwischen Prüfkörper und rotierender Gegenlauffläche können über die MicroLabBox des Herstellers dSpace vorgegeben werden. Hierbei sind die Normalkraft zwischen 0 und 6 kN und die Relativgeschwindigkeit zwischen 0 und 2 m/s stufenlos einstellbar. Sowohl Normalkraft als auch Reibkraft werden von uns über piezoelektrische Kraftsensoren je nach Anwendungsfall dauerhaft oder in variablen Intervallen über die gesamte Versuchsdauer gemessen. Aus den gemessenen Größen wird der für die Reibcharakteristik relevante Reibungskoeffzient in Echtzeit ermittelt. In einem nachfolgenden Schritt besteht die Möglichkeit den Verschleiß des Prüfkörpers und der Gegenlauffläche sowohl gravimetrisch mittels einer Feinwaage als auch volumetrisch mit Hilfe eines optischen 3D-Mikroskops zu bestimmen.



Tribologiemodul des Rheometers.

▷ RHEOMETER

Das Rheometer MCR 302e der Firma Anton Paar eignet sich für eine ***Vielzahl rheologischer Untersuchungen.*** Am IDS werden mit dem Rheometer unterschiedliche Polymere sowie Öle charakterisiert. Das Rheometer verfügt über einen Drehmomentbereich von 0,5 nNm bis zu 230 mNm und einen Normalkraftbereich von bis zu 50 N. Durch eine integrierte Kühlfunktion können Messungen in einem Temperaturbereich von -30° C bis 100° C durchgeführt werden.

TRIBOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

▷ UNIVERSAL-LINEARPRÜFSTAND

Der vom IDS konstruierte Universal-Linearprüfstand ermöglicht die Erfassung der ***Reibkraft im Kontakt linear beweglicher Bauteile***. Zu den Hauptanwendungen zählen neben pneumatischen und hydraulischen Dichtungen auch Spezialanwendungen wie die Führungskomponenten von Automobilscheiben. Während des Tests ist die spezifische zu untersuchende Komponente über einen Kraftsensor an den Schlitten der Linearführung des Prüfstandes gekoppelt. Der entsprechende Reibpartner wird, wie in der Abbildung anhand von Pneumatikzylindern exemplarisch dargestellt, auf einem Nutentisch fixiert. Die Vorgabe der Relativgeschwindigkeit, die zwischen 0 und 1 m/s variiert werden kann, und die Aufnahme des Reibkraftsignals erfolgt über eine dSPACE MICROLABBOX. Zusätzlich stehen uns Komponenten wie ein elektro-pneumatischer Druckregler mit maximal 10 bar Betriebsdruck oder eine Hydraulikpumpe mit maximal 400 bar Betriebsdruck zur Verfügung, welche die Messung der Bauteile unter realen Einsatzbedingungen ermöglichen.

Exemplarischer Aufbau des Universal-Linearprüfstands, an dem simultan fünf Pneumatikzylinder getestet werden.

AUSSTATTUNG TRIBOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

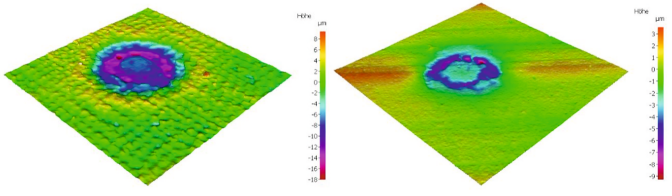
- ▷ High Speed Linear Friction Tester (HiLiTe)
- ▷ Hochlast-Hochgeschwindigkeits-Tribometer
- ▷ Universal-Linearprüfstand
- ▷ Rheometer
- ▷ Zubehör: dSPACE MICROLABBOX, Elektro-pneumatische Druckregler, Hydraulikpumpe, Feinwaage etc.
- ▷ Simulationssoftware: ABAQUS, ANSYS, MATLAB

OBERFLÄCHENCHARAKTERISIERUNG VIDEOBASIERTE MESSSYSTEME

Das IDS verfügt über verschiedene videobasierte Systeme für vielfältige Anwendungen. Für die detaillierte Betrachtung von Objekten und Oberflächen stehen Mikroskope zur Verfügung. Die Kameras können mobil eingesetzt und für dynamische Untersuchungen und thermische Analysen verwendet werden.

▷ OPTISCHES 3D-MESSSYSTEM

Mit Hilfe des optischen 3D-Messsystems ALICONA INFINITE FOCUS SL, das auf der Methode der Fokus-Variation basiert, besitzt das IDS die Möglichkeit zur präzisen Oberflächenmessung. Dabei können wir ***sowohl die Form eines Bauteils als auch dessen Rauheit*** während einer einzigen Messung aufnehmen und in Form von Bildern oder Punktwolken exportieren. Die maximale vertikale Auflösung von 20 nm ermöglicht uns die Oberflächenmessung und Bestimmung der Rauheitsparameter (R_a, R_q, R_z etc.) im Mikro- und Nanobereich.



Mikroskopaufnahme einer Oberflächentextur im Neuzustand (links) und im verschlissenen Zustand nach einer Reibungsmessung (rechts).

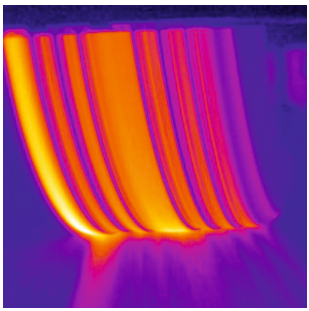
▷ STEREOMIKROSKOP UND MIKROSKOPKAMERA

Das LEICA M80 Stereomikroskop mit integrierter Mikroskopkamera IC90 E ermöglicht uns die schnelle Aufnahme von Objekten mit einem stufenlos einstellbaren Zoom von 7,5x bis 60x. Durch die eingebaute CMOS Mikroskopkamera lassen sich die erzeugten Bilder mit einer maximalen Auflösung von 10 Megapixeln und 35 Bildern pro Sekunde in Echtzeit auf dem Computer anzeigen und abspeichern. Ein besonderer Vorteil dieses Systems besteht darin, dass die Position des betrachteten Bauteils während des Aufnahmevorgangs angepasst und somit verschiedene Blickwinkel in einem Arbeitsschritt aufgenommen werden können.

OBERFLÄCHENCHARAKTERISIERUNG VIDEOBASIERTE MESSSYSTEME

▷ INFRAROTKAMERA

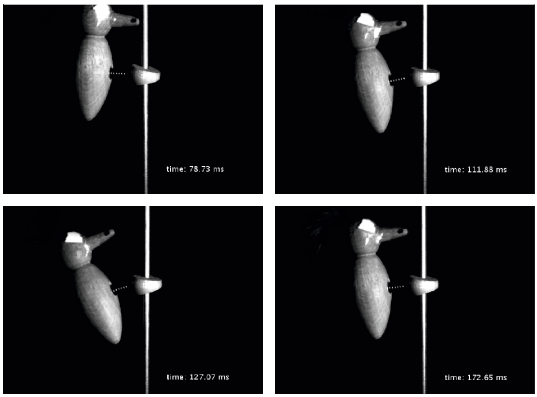
Mit der Infrarotkamera ORION SC7000 kann die ***Temperaturverteilung von Objekten*** als Bild oder als Video dargestellt werden. Die Kamera verfügt über eine Auflösung von 320x256 Pixeln und deckt einen Temperaturbereich von 5° C bis 300° C ab. Die Temperatursensitivität beträgt dabei bis zu 20 mK. Videos können mit einer Bildrate von bis zu 400 fps aufgezeichnet werden.



Aufnahmen mit der Infrarotkamera.

▷ HIGH-SPEED-KAMERA

Die Hochgeschwindigkeitskamera PHANTOM v710 kann ***dynamische Situationen mit bis zu 1.400.000 Bildern pro Sekunde*** aufzeichnen. Bei einer maximalen Auflösung von 2390x900 Pixel erreicht die Kamera eine Bildrate von 7500 fps. Die Belichtungszeit beträgt 1 µs. Für extrem dynamische Bereiche ermöglicht die Hochgeschwindigkeitskamera eine doppelte Belichtung pro Bild.



Aufnahmen eines Klopfspechtes mit 724 fps.

QR-Code zum Video

AUSSTATTUNG OBERFLÄCHENCHARAKTERISIERUNG UND VIDEOBASIERTE SYSTEME

- ▷ ALICONA Infinite Focus SL
- ▷ LEICA M80 Stereomikroskop & IC90 E Mikroskopkamera
- ▷ Infrarotkamera ORION SC 7000
- ▷ High-Speed-Kamera PHANTOM v710
- ▷ Inspektionskamera PCE-HSC 1660

SO FINDEN SIE UNS

▷ ANREISE MIT DER BAHN AUS RICHTUNG HANNOVER:

Begeben Sie sich vom Hauptbahnhof Hannover in Richtung 'Kröpcke'. In der Bahnstation 'Kröpcke' nutzen Sie die Straßenbahn 4 in Richtung Garbsen und fahren bis zur Station 'Hannover - Schönebecker Allee'. Von dort verkehrt ein Bus mit der Nummer 404, der Sie direkt an den Campus Garbsen und somit an das IDS bringt.

▷ ANREISE MIT DEM PKW:

Nutzen Sie die Ausfahrt 'Hannover - Herrenhausen' in Richtung Garbsen. Folgen Sie der B6 bis zur Kreuzung Bremer Straße/ An der Universität. Dort biegen Sie in die Straße 'An der Universität' ab.

ADRESSE:

Leibniz Universität Hannover
Institut für Dynamik und Schwingungen
An der Universität 1
30823 Garbsen
www.ids.uni-hannover.de