



Institut für Maschinenelemente

Kompetenz in Dichtungstechnik



Institut

Das Institut für Maschinenelemente (IMA) unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Andreas Nicolaumfasst fünf Forschungsbereiche. In der Antriebstechnik, CADTechnik, Dichtungstechnik, Zuverlässigkeitstechnik und Schienenfahrzeugtechnik ist das IMA seit Jahrzehnten erfolgreich in der Forschung aufgestellt. Zahlreiche Lehrveranstaltungen, darunter auch die Grundlagenvorlesung Konstruktionslehre, in der jeder angehende Ingenieur an der Universität Stuttgart seine Prüfung ablegen muss, vervollständigen dieses Bild.

ANTRIEBSTECHNIK
CAD
DICHTUNGSTECHNIK
ZUVERLÄSSIGKEITSTECHNIK
SCHIENENFAHRZEUGTECHNIK

„Der Dichtungstechnik verschrieben“

Seit 2017 leitet Prof. Dr.-Ing. Frank Bauer den Fachbereich Dichtungstechnik. Der Fachbereich Dichtungstechnik wurde ab 1995 von Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Haas geleitet, nachdem Prof. H.K. Müller diesen Bereich gegründet und entscheidend geprägt hatte. Schon seit 1962 wird am IMA im Bereich der Dichtungstechnik intensiv geforscht. Die Forschungsgebiete umfassen die statische und dynamische Dichtungstechnik. Durch das starke Engagement in diesen Bereichen haben Prof. Bauer und seine Mitarbeiter einen international anerkannten Ruf als Experten im Bereich der



Prof. Frank Bauer

Dichtungstechnik. So wird seit Jahren die vom VDMA Fluidtechnik ausgerichtete internationale Dichtungstagung ISC (International Sealing Conference) im Turnus von zwei Jahren unter der wissenschaftlichen Leitung von Prof. Bauer in Stuttgart ausgerichtet. Die intensive Beschäftigung mit der Dichtungstechnik und das weite Forschungsgebiet ist in dieser Form einzigartig in Deutschland und weit über diese Grenzen hinaus bekannt.

Lehre und Forschung vereint

Neben der Forschung stellt die Lehre einen wichtigen Punkt in der Arbeit des IMA dar. Schon im Bachelorstudium werden Studenten im Rahmen der Grundlagenvorlesung Konstruktionslehre mit den wesentlichen Grundlagen der Dichtungstechnik vertraut gemacht. Im Masterstudium können die Studenten in der Vorlesung Dichtungstechnik von Prof. Bauer ihr Wissen in der Dichtungstechnik vertiefen. In praxisnahen Bachelor-, Studien- und Masterarbeiten kann dieses Fachwissen weiter ausgebaut werden. Durch die vielen am IMA laufenden Forschungsprojekte, die eng mit der Industrie verzahnt sind, ist somit eine tiefgreifende und praxisnahe Ausbildung gewährleistet. Die so ausgebildeten angehenden Ingenieure sind spä-

Informationen zum Thema Dichtungstechnik können Online unter folgendem Link abgerufen werden.

<http://www.fachwissen-dichtungstechnik.de>



Forschung

„JEDES GELÖSTE PROBLEM IST EINFACH.“

Thomas Edison

Forschung ist der Grundstein für Innovation und Fortschritt. Die Dichtungstechnik stellt dabei ein komplexes und weit reichendes Themengebiet dar. Fast jede technische Anwendung ist auf Dichtungen angewiesen. Seien es Kraftfahrzeuge, Werkzeugmaschinen oder gar Haushaltsgeräte - ohne funktionierende Dichtung läuft nichts. Immer schärfer werdende Umweltrichtlinien und gestiegene Kundenanforderungen zwingen die Hersteller zu immer besseren Dichtsystemen. Leckage die früher toleriert wurde, wird heutzutage als grober Mangel angesehen. Eine immer komplexer werdende Technik verlangt nach neuen Dichtsystemen. Hinzu kommt ein immer größer werdender Kostendruck bei der Fertigung. Zur Optimierung von Dichtungen besteht deshalb ein wachsender Entwicklungs- und Forschungsbedarf.

FORSCHUNG ALS TRIEBFEDER

In über 14 Forschungsprojekten werden derzeit dichtungstechnische Problemstellungen untersucht. Die Forschung am Institut setzt mit statischen und dynamischen Dichtungen gleichermaßen Schwerpunkte. Die statische Dichtungstechnik beschäftigt sich mit der Abdichtung von Gehäusestrennstellen. Flüssigdichtmittel, die bei der Abdichtung von Getriebegehäusen eingesetzt werden, ha-

ben immer noch einen großen Forschungsbedarf. Insbesondere werden dynamische Dichtungen, wie Radialwellendichtringe (RWDR), Hydraulikdichtungen, Gleitringdichtungen (GLRD) oder auch berührungsfreie Wellendichtungen (BFWD), untersucht. Bei den berührenden Dichtungen stellt vor allem die Gestalt der Kontaktflächen einen Forschungsschwerpunkt am IMA dar. Untersuchungen zum Einfluss von Oberflächenstrukturen auf das Abdichtverhalten und neue Verfahren zur Beschreibung von Oberflächen ermöglichen innovative Fertigungsverfahren für Dichtungslauflächen. Forschungsbedarf im Bereich der berührungsfreien Dichtungen besteht vor Allem durch die zukünftigen Belange der E-Mobility, in der schnell drehende Wellen zuverlässig abgedichtet werden müssen.

KNOW HOW IN VERBINDUNG MIT PRAXIS

Das Institut baut auf einen reichen Erfahrungsschatz aus vorangegangenen Forschungsprojekten auf. Ein intensiver Austausch mit Anwendern und namhaften Dichtungsherstellern fördert einen schnellen Wissenstransfer. Eine gesunde Mischung von Grundlagenprojekten, die beispielsweise von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert werden, und industrienahen Projekten - gefördert von Forschungsvereinigungen wie der FVA oder dem FKM - ermöglichen eine praxisnahe Forschung, die sich an den Bedürfnissen der Industrie orientiert.



Dienstleister

Das IMA sieht sich als moderner Dienstleister für die Industrie. Die jahrelange Erfahrung in der Durchführung von Industrieprojekten ist die Grundlage dafür. Die Kombination von neuesten Forschungsergebnissen und Know How der Dichtungstechnik ermöglicht innovative Lösungen von dichtungstechnischen Problemen. Das Leistungsspektrum des IMA umfasst dabei einen weiten Bereich.

- Beratung und Gutachten
- Entwicklung von Dichtkonzepten
- Schadensanalyse
- Oberflächenuntersuchungen
- Analyse und Optimierung durch Simulation
- Experimentelle Prüfstandsuntersuchungen
- Forschungsprojekte
- Prüfstandsplanung
- Dichtungstechnische Seminare

KOMPETENZ

Namhafte Unternehmen aus dem In- und Ausland zählen zu den Kunden des IMA. Erfahrene, engagierte Mitarbeiter, eine zügige Bearbeitung von Industrieaufträgen sowie höchste Diskretion sind selbstverständlich.

BERATUNG

Dichtungen sind ein komplexes Themengebiet. Beispielsweise kann in einem Unternehmen jahrelang eine Dichtung problemlos eingesetzt sein. Aber nach einer kleinen konstruktiven Änderung treten massive und vordergründig unerklärliche Probleme auf. Vie-

le dieser Probleme konnten von uns schnell wieder gelöst werden. Wir helfen auch Ihnen dabei. Auch bei der Auswahl und Auslegung der richtigen Dichtung können wir beratend zur Seite stehen.

DICHTKONZEPTE

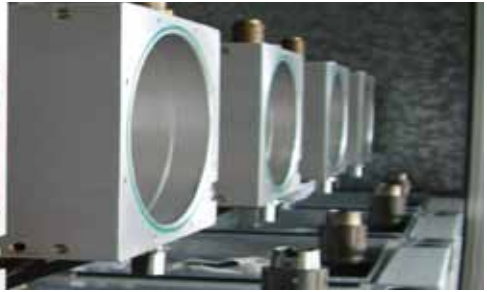
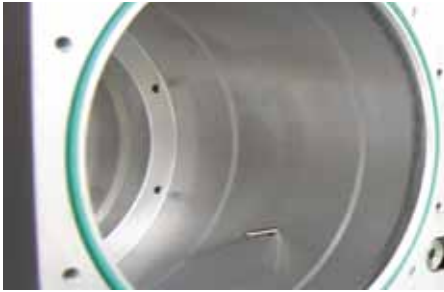
Spezielle technische Lösungen erfordern oftmals angepasste Dichtkonzepte, die nicht von der Stange zu haben sind. Nutzen Sie unsere Erfahrung in der Entwicklung von Dichtungen.

SCHADENSANALYSE

Plötzlich fallen Dichtungen aus unerklärlichen Gründen aus. Scheinbar sind alle Fertigungsvorgaben eingehalten worden. Ein Szenario, das gar nicht unrealistisch ist. Schneller Handlungsbedarf ist gegeben, schließlich steht der gute Ruf beim Kunden auf dem Spiel. Bei der Suche nach den Ursachen der Ausfälle kann das IMA behilflich sein. Wir untersuchen die ausgefallenen Dichtsysteme und gehen auf Ursachensuche. Durch die umfangreiche apparative Ausstattung mit Messtechnik und Prüfständen und die große Erfahrung in der Bearbeitung solcher Schadensfälle ist eine schnelle Abwicklung möglich.

DRALLMESSUNGEN

Drall auf Wellenaufläufen bereitet bei Dichtungen oft große Probleme. Zur Mes-



sung und Untersuchung von Drall stehen am IMA mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. Drall lässt sich mit der Fadenmethode und mit dem CARMEN Verfahren detektieren. Auch ein am IMA entwickeltes Auswerteverfahren zur Erfassung von Mikrodrall auf 3D Oberflächentopografien ist verfügbar.

OBERFLÄCHENUNTERSUCHUNGEN

Oftmals werden in einem Unternehmen nur sporadisch hochgenaue Oberflächennmessungen von technischen Oberflächen benötigt. Die Investition in teure Messtechnik lohnt sich meist nicht. Nutzen Sie unsere umfangreichen Messkapazitäten. Mit unseren optischen Oberflächentopographiesystemen lassen sich Topografien mit einer lateralen Auflösung von bis zu $0,2 \mu\text{m}$ erstellen. Genormte Rauheitsschriebe können mit dem Tastschnittgerät Hommel T8000 erstellt werden. Werden hochauflösende Bilder benötigt steht ein REM zur Verfügung.

PRÜFSTANDSUNTERSUCHUNGEN

Benötigen Sie zusätzliche Prüfkapazität oder ist Ihnen ein eigenes Prüffeld zu kostenintensiv? Unser Prüffeld ist durch Universalprüfstände an fast jeden beliebigen Dichtring anpassbar. Dabei kann ein großer Bereich an Drehzahlen, Temperaturen und Messprogrammen abgedeckt werden. Auch Messgrößen wie Reibmoment oder Dichtkanten-temperatur können erfasst werden. Schauen Sie in unsere Prüffeld-Beschreibung oder lassen Sie sich von uns unverbindlich beraten.

FORSCHUNGSPROJEKTE

Gerne führen wir zusammen mit Ihnen auch umfangreichere Forschungsprojekte durch. Die zahlreichen grundlagenorientierten und industrienahen Forschungsprojekte am IMA sind ein Garant für fundierte wissenschaftliche Arbeit und innovative Ergebnisse.

PRÜFSTANDSPLANUNG

Planen Sie einen eigenen Prüfstand zur Untersuchung von Dichtungen? Unser eigenes Prüffeld mit flexibel anpassbaren Universal Ein- und Mehrspindelprüfständen wurde komplett vom IMA selbst entwickelt und aufgebaut. Profitieren Sie von dieser umfassenden Erfahrung. Wir beraten Sie gerne!



SEMINARE

Das IMA bietet dichtungstechnische Seminare zur Schulung Ihrer Mitarbeiter an. Die Seminare können dichtungstechnische Grundlagen oder auch individuell abgestimmte Inhalte vermitteln. Profitieren Sie vom umfassenden Erfahrungsschatz des Instituts.





Messtechnik

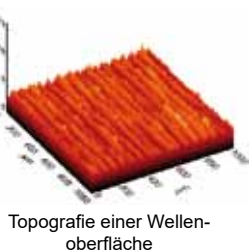
Modernste Messtechnik am IMA ermöglicht die Untersuchung der verschiedensten dichtungstechnischen Problemstellungen.

OBERFLÄCHENMESSTECHNIK

Mit den am Institut vorhandenen Oberflächenmessgeräten lassen sich Oberflächentopografien von Dichtungslauflächen erstellen. Diese Oberflächentopografien können mit am Institut entwickelten Auswerteverfahren und genormten Oberflächenkennwerten ausgewertet werden. Dichtungstechnisch relevante Oberflächenstrukturen werden erfasst und analysiert.

FRT MICROPROF CWL300

Das mit einem chromatischen Punktsensor ausgestattete Messgerät erlaubt die optische Vermessung von Oberflächen mit variablem Messfeld und Messpunktstand. Es ist somit Rauheits- und Topografiemessgerät in einem.



BRUKER NPFLEX-LA

Die Weißlichtinterferometrie ermöglicht aufgrund der hohen Messgeschwindigkeit be-

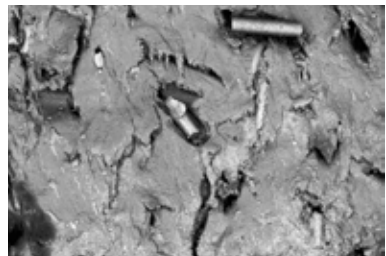
sonders große Messbereiche hochaufgelöst und in kurzen Zeiten zu vermessen. Mit der zusätzlichen Rotationseinheit ist das Bruker NPFLEX-LA ideal zur Vermessung von zylindrischen Proben und somit ideal für die Dichtungstechnik ausgestattet.



Oberflächenmessgerät
Bruker NPFLEX-LA

LASERSCANNING MIKROSKOP VK-9710

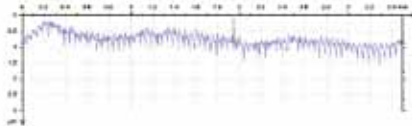
Hochaufgelöste 3D-Aufnahmen der Dichtungslaufläche sowie der Dichtung können mit dem Keyence VK-9710 Laserscanning Farbmikroskop angefertigt werden. Der Blick ins Detail erlaubt Ansichten, die bisher nur mit Rasterelektronenmikroskopen möglich waren.



Detailblick auf eine PTFE Dichtfläche
(Laserscanning Aufnahme)

HOMMEL T8000

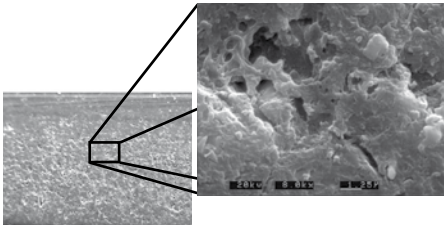
Mit dem Rauheitsmessgerät HOMMEL T8000 werden normgerechte Rauheitsschriebe und Konturschriebe von Dichtungskomponenten erstellt.



HOMMEL T8000 und Rauheitsschrieb einer Oberfläche

RASTERELEKTRONENMIKROSKOP PHENOM PROX

Mit dem Elektronenmikroskop Phenom ProX wird der Blick in die kleinsten Bereiche einer Dichtung ermöglicht. Das Materialgefüge und der Mikroverschleiß an einer Dichtkante können so untersucht werden. Mit dem integrierten EDX werden Elementanalysen durchgeführt, was gerade bei einer Schadensbegutachtung wichtige Hinweise über einen Ausfall eines Dichtrings geben kann.

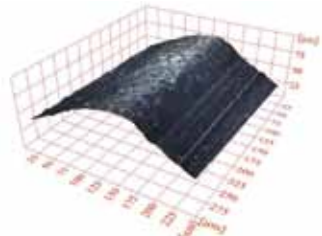


REM-Aufnahmen einer RWDR Dichtkante

KEYENCE VHX 1000- DIE DICHTUNG IM FOKUS

Mit speziellen für diesen Zweck entwickelten Vorrichtungen wird mittels des Digitalmikroskops VHX1000 die Dichtkante eines Dichtrings dreidimensional vermessen. Dabei kommt das extended focal imaging (efi) Verfahren zum Einsatz. Neben der Dichtkantengeometrie wird so auch das Ausse-

hen der Dichtkante detailliert untersucht. Mit dem Mikroskop werden auch die Dichtungslauflächen optisch untersucht. Mit der langjährigen Erfahrung des IMA bei der Beurteilung von Oberflächen kann so schnell dichtungstechnischen Problemen auf die Schliche gekommen werden.



3D-Dichtkantenuntersuchung

BLICK UNTER DIE DICHTKANTE

Zur visuellen Untersuchung der Strömung unter der Dichtkante wird ein Optik-Prüfstand eingesetzt. Eine Glashohlwelle und eine rotierbare Dichtringaufnahme sowie ein axial verfahrbares Optiksystm mit digitaler Videokamera bilden ein innovatives Untersuchungssystem. So kann die Strömung im Dichtkontakt unter verschiedensten Bedingungen betrachtet und analysiert werden.



Optischer Prüfstand zur Untersuchung der Strömung unter der Dichtkante

DRALLMESSUNG MIT DER FADENMETHODE

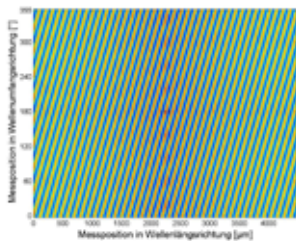
Die Drallmessung von Dichtungslauflächen ist ein Dauerthema in der Dichtungstechnik. Drall auf der Welle kann zu einem Ausfall des Dichtsystems führen. Eine Möglichkeit Drall qualitativ zu erfassen ist die Drallmessung mit der Fadenmethode.



Fadenprüfstand

DRALLMESSUNG MIT DER CARMEN-METHODE

Eine weitere Möglichkeit umlaufenden Drall auf Dichtungslauflächen zu messen ist die CARMEN-Methode. Hiermit werden durch, am Umfang der Welle verteilte, Rauheitschriebe Drallkennwerte berechnet. Diese können umlaufenden Drall zielsicher beschreiben.



„Pseudotopographie“ einer drallbehafteten Dichtungsgegenlaufläche

DRALLMESSUNG MIT DER MIKROSTRUKTUR-ANALYSE

Die Mikrostrukturanalyse ist ein weiteres, am IMA entwickeltes, Auswerteverfahren um Mikrodrall auf Dichtungslauflächen zu erfassen. Dabei werden auch feinste, gerichtete Mikrostrukturen erfasst, die bei den anderen Drallmessverfahren nicht berücksichtigt werden. In Kombination mit den weiteren Mess- und Auswerteverfahren sind so ganzheitliche Aussagen über die Drallwirkung von Dichtungslauflächen möglich.

KONTAKTWINKELMESSGERÄT

Das Benetzungsverhalten von Oberflächen mit unterschiedlichen Fluiden spielt in der Tribologie eine große Rolle. Mit dem Kontaktwinkelmessgerät kann dieses Benetzungsverhalten von technischen Oberflächen, beispielsweise von Dichtungslauflächen, gemessen und charakterisiert werden.



Kontaktwinkelmessgerät

VERFORMUNGSMESSUNG

Mit einem 3D-Verformungsmessgerät können Bauteilverformungen mit hoher Dynamik dreidimensional erfasst werden. So können beispielsweise dynamisch belastete



3D-Verformungsmessgerät

statische Dichtstellen an Flanschen und Gehäusen beobachtet und die auftretenden Verformungen (z.B. Klaffen) visualisiert und gemessen werden.

KRAFTVOLL - RADIALKRAFTMESSUNG

Die Anpresskraft eines Dichtrings hat grossen Einfluss auf das Reib- und Abdichtverhalten. Deshalb ist es unumgänglich, die Radialkraft eines Dichtrings exakt zu messen. Am IMA stehen hierfür mehrere Radi-

alkraftmessgeräte zur Verfügung, mit denen die Radialkräfte von fast allen Dichtringtypen bestimmt werden können.

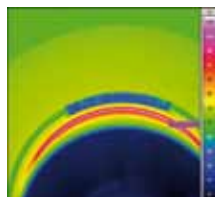
HÄRTEMESSUNG

Zur Messung der Elastomerhärte an realen Dichtelementen stand bislang nur das Verfahren nach IRHD-Micro zur Verfügung. Die ermittelten Härtewerte sind dadurch nicht mit den sonst üblichen Härtewertangaben (Shore A) vergleichbar. Das neue Verfahren der Elastomerhärtemessung nach micro Shore A hingegen liefert direkt vergleichbare Härtewerte, auch an dünnen Bauteilen. Die Messung von Hysteresekurven liefert Aufschluss über das elastische Rückstellverhalten des Elastomers. Damit werden Werkstoffveränderungen (Alterung, Versprödung) zielgerichtet detektiert.



INNOVATIVE TEMPERATURMESSUNG

Die Erfassung der Temperatur an der Dichtkante ist seit jeher eine Herausforderung. Eine berührende Messung während den Versuchsläufen ist nicht möglich. Deshalb steht am IMA eine innovative, berührungslose Temperaturerfassung mittels einer speziellen Thermografie-Kamera zur Verfügung. Die Besonderheit ist ein Präzisions-Mikroskopobjektiv mit dem ein Bildfeld von 6 x 6 mm mit einer Auflösung von 25 µm vermessen werden kann. Aber auch Strahlungs-Pyrometer können hierzu bei Prüfstandsläufen eingesetzt werden.



Thermografie Aufnahmen zur Bestimmung von Dichtkantentemperaturen

HOCHGESCHWINDIGKEITSKAMERA

Dynamisch hoch beanspruchte Dichtsysteme stellen hohe Anforderungen. Um Vorgänge die mit bloßem Auge nicht mehr zu erfassen sind aufzuzeigen, wird eine Hochgeschwindigkeitskamera eingesetzt. Mit dieser können komplexe Strömungen, Stick-Slip Effekte oder dynamische Anfahrprozesse sichtbar gemacht werden.

IM KONTAKT

An speziellen Messgeräten wird die Berührbreite eines Dichtrings im montierten Zustand am Umfang vermessen. Sogar eine Druckbeaufschlagung bis 25 bar ist möglich.

KLEINSTE SCHICHTDICKEN

Mit einem Schmierfilmdickenmessgerät (Ellipsometer) kann die Schmierfilmdicke auf Hydraulikstangen bestimmt werden. Die Messung erfolgt optisch direkt auf einer Hydraulikstange und ist damit zerstörungsfrei. Durch Vergleich von Schmierfilmen, einmal bei stehender und einmal bei ziehender Bewegung, wird die Abdichtwirkung ermittelt. Die Dickenauflösung liegt unter 1 nm. Schmierfilmtopografien erlauben die Untersuchung an größeren Bereichen.



Ellipsometer

UNTER DRUCK

Oftmals ist es interessant, die Verformung einer Dichtung im eingebauten und druckbeaufschlagten Zustand zu untersuchen. Am IMA wird dies durch eine Druckeingußvor-



Geschliffener Profilschnitt

richtung gemacht. Der Einbauzustand wird nachgebildet und die Dichtung anstelle von Öl mit Epoxid-Harz beaufschlagt, welches unter Systemdruck aushärtet. Ein Profilschnitt macht die Verformung der Dichtung sichtbar. Natürlich können Dichtungen auch drucklos eingegossen werden.

3D MESSUNG

Die Koordinatenmessmaschine der Firma Carl Zeiss ermöglicht in einem Messbereich von ca. 900 x 1200 x 650 mm geometrische Größen auszumessen, z.B. lässt sich damit der Durchmesser an der Dichtkante bestimmen, bzw. können Dichtungsnuten oder ganze Gehäuse ausgemessen werden.

PROFILPROJEKTOR TESA VISIO 300 GL

Im Institutsalltag ist es immer wieder erforderlich Bauteile auf ihre Maßhaltigkeit zu untersuchen. Nicht immer steht dabei ausreichend Zeit für eine 3D Koordinatenmessung zur Verfügung. Kleinere Bauteile können hochgenau und in kurzer Zeit auf dem Profilprojektor Visio 300 GL vermessen werden.

ZUGPRÜFUNG

Zur Ermittlung von Werkstoffkennwerten und beispielsweise zur Messung von Reib- oder Losbrechkräften an axial bewegten Dichtelementen steht eine moderne Zugprüfmaschine zur Verfügung. Zugkräfte bis 10 kN und verschiedene Messprogramme mit variablen Verfahrensgeschwindigkeiten sind realisierbar. Dehnungen werden berührungslos mit einem Videoextensometer erfasst. Mittels einer Temperierkammer können Versuche bis zu einer Temperatur



Zugprüfmaschine

von 150°C durchgeführt werden.

FINITE ELEMENTE SIMULATION

Mit Hilfe der Finite Elemente Simulation ist es möglich, die Spannungen und Verformungen von Dichtungen im Betrieb zu ermitteln. Neben der Bestimmung von Pressungsverläufen und Radialkräften kann die Verformung der Dichtung im Betrieb Rückschlüsse über die Funktion der Dichtung zulassen. Somit können auch Geometrieoptimierungen durchgeführt werden. Hierbei kommt die

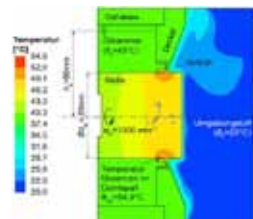


FE Simulation an einem Radialwellendichtring

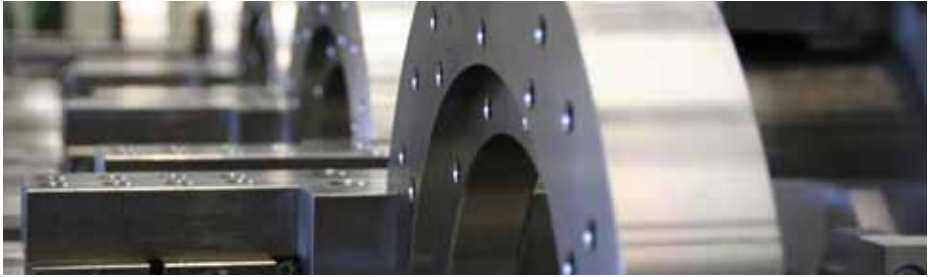
Software MSC Patran und MSC Marc/Mentat zum Einsatz.

CFD SIMULATION

Mit Hilfe der Numerischen Strömungssimulation (CFD) können die Strömungsverhältnisse in Dichtsystemen untersucht werden. Im Fokus der CFD-Simulation stehen die Schmierstoffversorgung und die Abfuhr der Reibwärme. Mittels kombinierter Wärme- und Strömungssimulation kann die Temperatur im Kontaktbereich von dynamischen Dichtsystemen ermittelt werden. Zur CFD-Simulation wird die Software ANSYS CFX eingesetzt.



Simulierte Temperaturverteilung in einem Dichtsystem



Das Prüffeld

Innovative, praxisorientierte Forschung benötigt auch ein passendes Forschungsumfeld. Das moderne Prüffeld am Institut für Maschinenelemente bietet hierfür den passenden Rahmen. Prüfstände zur Untersuchung aller gängigen dynamischen und statischen Dichtsysteme stehen zur Verfügung. Die stetige Erweiterung und Modernisierung der vorhandenen Prüfkapazitäten

sowie ständige Neubauten sorgen für eine kontinuierliche Entwicklung. Die meisten Prüfstände sind Eigenentwicklungen des Instituts. Somit sind die verfügbaren Prüfeinrichtungen ideal auf den jeweiligen Anwendungsfall abgestimmt und damit Garant für innovative Forschung auf dem Gebiet der Dichtungstechnik.



Kurzübersicht - Wellendichtungen

	Einspindelprüfstände drucklos	Einspindelprüfstände druckbeaufschlagt	Mehrspindelprüfstände
Wellendurchmesser	15 ... 50 ... 80 ... 160 mm	15 ... 50 ... 100 mm	20 ... 50 ... 80 ... 120 mm
axiale Wellenbewegung	möglich	keine	keine
Dichtungsaußendurchmesser	30 ... 100 ... 310 mm	30 ... 100 ... 310 mm	bis 140 mm
Drehzahlen (links/rechts)	0 ... 20.000 1/min	0 ... 24.000 1/min	0 ... 24.000 1/min
Beaufschlagung	trocken, überflutet, bespritzt	überflutet	überflutet
Reibmomentmessung	0,01 ... 8 Nm	bis 450 Nm	keine
Temperierung des Dichtraums	15 ... 130 °C	15 ... 170 °C	15 ... 135 °C
Druckbeaufschlagung	keine	bis 30 MPa	bis 5 MPa

Einspindel-Prüfstände für rotatorische Dichtungen

UNIVERSALPRÜFSTAND RWDR 1 + 2

Diese beiden Prüfstände sind speziell für die Untersuchung von RWDR ausgelegt. Hauptanwendung sind Förderwertmessungen an RWDR. Die Prü fzelle ist aerostatisch gelagert. Hierdurch kann das Reibmoment hochgenau gemessen werden.

TECHNISCHE DATEN:

Spindeldrehzahl: bis 8.000 1/min
Sumpftermperierung: 10 ... 130 °C
Innentemperierte Welle
Wellendurchmesser: 20 ... 120 mm
Reibmomentmessung: 0,1 ... 50 Nm
Leckagemessung

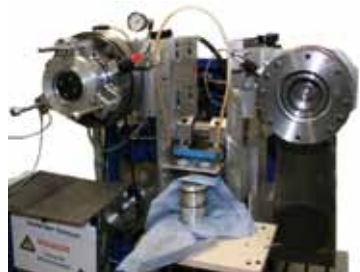


EINZELDICHUNGSPRÜFSTAND (EDP 1+2)

Der EDP zeichnet sich durch eine hohe Flexibilität und großen Umfang an Mess- und Prüfmöglichkeiten aus. Temperierung der Welle und Reibmomentmessung sind problemlos möglich. Entsprechende Anpassungen sind schnell vorgenommen.

TECHNISCHE DATEN:

Spindeldrehzahl: bis 3.000 1/min
Sumpftermperierung: bis 100 °C
Druckbeaufschlagung: bis 5 MPa
Reibmomentmessung
Leckagemessung



UNIVERSALPRÜFSTÄNDE I+II+III

Die Universalprüfstände am IMA zeichnen sich durch eine extrem hohe Anpassungsfähigkeit aus. Durch entsprechende Aufnahmen können eine Vielzahl von Dichtsystemen untersucht werden. Bespritzung, Temperierung und Leckagemessung lassen sich durch entsprechende Aggregate und Vorrichtungen je nach gewünschtem Untersuchungszweck einbinden. Aerostatische Lager erlauben hochpräzise Reibmomentmessungen. Da die Prüfstandsgeometrie als 3D CAD Datensatz vorliegt, können die entsprechenden Anpassungen schnell und effizient vorgenommen werden. Durch die institutseigene mechanische und elektrische Werkstatt mit qualifiziertem Personal und modernen CNC Maschinen können die entsprechenden Anpassungen schnell durchgeführt werden.

Bespritzungsaggregate:

- Staubbeaufschlagung



Universalprüfstand I

TECHNISCHE DATEN:

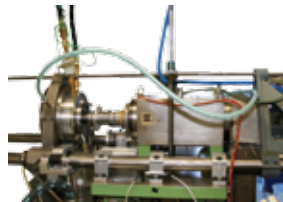
- Drehzahl: bis 15.000 1/min
- Reibmomentmessung
- Verschmutzungseinrichtung
- Partikelmessgerät
- Volumenstrommessgerät
- Bespritzung



Universalprüfstand II

TECHNISCHE DATEN:

- Spindeldrehzahl: bis 9.000 1/min
- Reibmomentmessung
- Leckagemessung
- Druck und Temperierung über diverse externe Aggregate



Universalprüfstand III

TECHNISCHE DATEN:

- Drehzahl: bis 20.000 1/min
- Reibkraftmessung
- Leckagemessung
- Druck und Temperierung über diverse externe Aggregate

ROTORDICHTUNGSPRÜFSTAND

Dieser Prüfstand ermöglicht die Untersuchung von Rotordichtungen in Drehübertrageranordnungen unter praxisähnlichen Bedingungen, wie sie z.B. in Rundtischen von Bearbeitungszentren und Drehmaschinen vorliegen. Die Wellenbewegung kann momenten-, drehzahl- und positionsgeregelt erfolgen. Dreh- und Schwenkbewegungen sind möglich.



TECHNISCHE DATEN:

- Gleitgeschwindigkeit: -3 ... 3 m/s
- Sumpftermperierung bis 120 °C
- Druckbeaufschlagung 0 ... 30 MPa
- Wellendurchmesser 50 ... 100 mm
- Reibmomentmessung +/- 1 ... 450 Nm
- Leckagemessung
- Dichtringe von links und rechts mit Öldruck beaufschlagbar.
- Druckwechsel frei programmierbar
- Frei variierbare Bewegungsabläufe

HOCHGESCHWINDIGKEITSPRÜFSTAND

Der Hochgeschwindigkeitsprüfstand zeichnet sich durch hohe Flexibilität und großen Umfang an Mess- und Prüfmöglichkeiten aus. Es können Untersuchungen bei extremen Temperaturen und hohen Drehzahlen erfolgen. So können selbst PTFE-Manschetten bis an ihre Einsatzgrenzen untersucht werden. Durch die aerostatisch gelagerte Prüfkammer ist eine genaue Messung des Reibmoments möglich.



TECHNISCHE DATEN:

Spindeldrehzahl: bis 24 000 1/min
Sumpfterperierung: -30 bis 170 °C
Wellendurchmesser: bis 120 mm
Druckbeaufschlagung: bis 5 MPa
Reibmomentmessung: 0,1 - 50 Nm
Leckagemessung

Dichtungsprüfstand für Industriegetriebe

Dieser variabel aufgebaute Prüfstand ermöglicht es zwei Industriegetriebe gleichzeitig zu untersuchen. Die Getriebe können in jede Raumlage geschwenkt werden, um so die Auswirkungen auf das Dichtungssystem zu untersuchen. Ein optionales Experimentalgehäuse erlaubt die Betrachtung und Variation des Dichtungsumfelds (Lager, Zahnräder, Laufflächen, ...)



TECHNISCHE DATEN:

Spindeldrehzahl: bis 7.500 1/min
Temperierung: 15 ... 120 °C
Anzahl Prüfstellen: 2
Temperatur- und Innendruckmessung
Neig- und schwenkbare Antriebseinheit

Triboprüfstände

TRIBOPRÜFSTAND ZUR VERSCHLEISSERMITTLUNG

Kernstück der Tribologie-Forschungen am Institut ist der sogenannte Triboprüfstand. Mit ihm lassen sich sowohl der Verschleiß eines Dichtungswerkstoffes, als auch das Reibmoment zwischen Dichtungswerkstoff und Gegenlauffläche messen. Er arbeitet nach dem Ring-Scheibe-Prinzip und bildet damit die tribologische Situation von Wellendichtungen deutlich besser ab als konventionelle Stift-Scheibe-Versuche.

Mit den am Triboprüfstand ermittelten Kennwerten lassen sich Kennfelder erzeugen, die Ausgangsbasis für die Verschleißsimulation mit der Finiten-Elemente-Methode sind.



TECHNISCHE DATEN:

maximale Geschwindigkeit: 4,7 m/s
Anpressung: 0 ... 10 N/mm²
Temperierung: 20 ... 100 °C
Druck des abzudichtenden Fluid: bis 1 MPa
Maximaler linearer Verschleiß: 1 mm

TRIBOMETER FÜR GRUNDLAGENUNTERSUCHUNGEN

Die grundlegende Betrachtung tribologischer Zustände ist an realen Bauteilen oft sehr schwierig. Aus diesem Grund werden abstrahierte Probenkörper an dem Rotationstribometer TE93 der Firma Phoenix Tribology Ltd. in verschiedenen Schmierzuständen untersucht. Betrachtet werden verschiedene Gegenlaufflächen, Betriebsparameter (Anpressung, Drehzahl) und Schmierstoffe (Fette, Öle). Reibmoment, Temperatur und Verschleiß sind die betrachteten Messgrößen.



TECHNISCHE DATEN:

max. Geschwindigkeit: 6.000 1/min
Anpressung: 0 ... 10 N/mm²
Temperierung: 20 ... 200 °C
Maximaler linearer Verschleiß: 1 mm
Oszillation (20° bis 90°) und Rotation

Mehrspindel Prüfstände für rotatorische Dichtungen

LANGZEITPRÜFSTAND RWDR

12-Zellen Prüfstand für Langzeituntersuchungen an Wellendichtungen. Alle Prüfzellen laufen mit der selben Drehzahl. Dabei können das Leckageverhalten und der Förderwert bestimmt werden. Eine Temperierung ist bis zu 130°C möglich.



TECHNISCHE DATEN:

Spindeldrehzahl: bis 8.000 1/min
Sumpftemperierung: 10 ... 130 °C
Wellendurchmesser: 20 ... 120 mm
Reibmomentmessung
Leckagemessung
Exzentrizität stat. + dyn.

6-ZELLEN LANGZEITPRÜFSTAND

6-Zellen Prüfstand für Langzeituntersuchungen. 3 x 2 Prüfzellen stehen zur Verfügung. Temperierung und Leckagemessung sind möglich.



TECHNISCHE DATEN:

Spindeldrehzahl: bis 8.000 1/min
Sumpftemperierung: 10 ... 80 °C
Wellendurchmesser: 20 ... 120 mm
Leckagemessung

12 + 2-ZELLEN DAUERLAUFPRÜFSTAND

In insgesamt 14 Prüfzellen lassen sich Dauerlaufversuche an Wellendichtungen durchführen. Die freie Sicht auf die Dichtstelle erlaubt eine visuelle Kontrolle der Dichtung im Betrieb.



TECHNISCHE DATEN:

Spindeldrehzahl: bis 10.000 1/min
Sumpftemperierung: 10 ... 130 °C
Wellendurchmesser: 20 ... 120 mm
Leckagemessung
Freie Sicht auf Dichtstelle
Druckbeaufschlagung

8-ZELLEN DAUERLAUFPRÜFSTAND

Der Prüfstand ist die Weiterentwicklung des 12+2-Zellen Dauerlaufprüfstands. Jede Prüfzelle kann mit einer anderen Drehzahl betrieben werden. Zudem ist der Aufbau von der Umgebung gekapselt.



TECHNISCHE DATEN:

Spindeldrehzahl: bis 10.000 1/min
Sumpftemperatur: 10 ... 140 °C
Wellendurchmesser: 20 ... 120 mm
Leckagemessung
Freie Sicht auf Dichtstelle
Druckbeaufschlagung

12-SPINDEL DAUERLAUFPRÜFSTAND

Der 12-Spindel-Prüfstand ermöglicht Langzeituntersuchungen unter Druckbeaufschlagung von bis zu 50 bar und Drehzahlen bis zu 24.000 1/min. Reibmoment-/Leckagemessungen sowie Sumpftemperatur bis 135°C erlauben vielfältige Untersuchungen.



TECHNISCHE DATEN:

Spindeldrehzahl: bis 24.000 1/min
Sumpftemperatur: 10 ... 135 °C
Wellendurchmesser: 20 ... 120 mm
Druckbeaufschlagung bis 5 MPa
Reibmomentmessung
Leckagemessung
hohe Dynamik
freie Sicht auf Dichtstelle
axial Verschiebbar (drucklos und unter Druck)

Prüfstand für Längsabstreifer

Prüfstand zur Untersuchung von linearen Dichtsystemen, wie beispielsweise Linearabstreifer. Durch die vom Prüfstand ausgeführte lineare Hubbewegung, können auch tribologische Verschleißuntersuchungen durchgeführt werden. Eine Verschmutzungseinrichtung ermöglicht die Untersuchung der Abstreif- und Dichtwirkung.



TECHNISCHE DATEN:

Hub: 1 ... 900 mm
Verfahrgeschwindigkeit: 0,001 ... 1,5 m/s
Schwenk- und neigbar: stufenlos bis 90°
Reib- / Normalkraftmessung
Verschmutzungseinrichtung
Optische Beobachtungseinrichtung

Prüfstände für Hydraulikdichtungen

LECKAGEPRÜFSTAND

Leckage, Verschleiß und Förderwert einer Dichtungs-Stangen-Kombination werden auf dem Leckageprüfstand ermittelt. Die Einsatzgrenzen liegen bei 35 MPa Druck und 1 m/s Verfahrgeschwindigkeit. Insgesamt können 10 Dichtungen gleichzeitig untersucht werden. Die Aufnahmen sind mit denen des Reibkraftprüfstands kompatibel. Somit können Dichtringe auf beiden Prüfständen untersucht werden, ohne dass sie aus ihrer Nut ausgebaut werden müssen.



TECHNISCHE DATEN:

Druckbeaufschlagung: 0,2 ... 35 MPa
Gleitgeschwindigkeit: 5 ... 1.000 mm/s
Hub: 1 ... 800 mm
Sumpftemperatur: bis 80 °C
Stangendurchmesser 50 mm
innengekühlte Stangen
Reibkraftmessung
Leckagemessung
Förderwertmessung

REIBKRAFTPRÜFSTAND

Die Reibkraft von Hydraulikstangendichtungen kann mit dem Reibkraftprüfstand getrennt für ein- und ausfahrenden Hub gemessen werden. Versuche bis 35 MPa Druck und Geschwindigkeiten bis 1 m/s sind möglich.



TECHNISCHE DATEN:

Druckbeaufschlagung: 0,2 ... 35 MPa
Gleitgeschwindigkeit: 5 ... 1.000 mm/s
Hub: 1 ... 250 mm
Reibkraftmessung getrennt für Einfahren und Ausfahren: 0 ... 2.000 N

Prüfstände für statische Dichtungen

FLÄCHENDICHTPRÜFSTAND

Zur Untersuchung des Materialverhaltens von Flächendichtungen steht ein Prüfstand zur Verfügung, der Betrachtungen an Flächendichtverbindungen unter definierten Betriebsbedingungen erlaubt. Kernstück ist ein stufenlos drehzahlregelbarer Antrieb, mit dem die Prüfdichtung einer wechselnden Scherbeanspruchung ausgesetzt werden kann, und ein PC-gesteuertes Hydropuls-Aggregat, mit dem die Dichtung mit einem statischen oder dynamischen Innendruck beaufschlagt wird. Die Flächenpressung der Flansche auf die Prüfdichtung kann statisch oder dynamisch erfolgen. Zwei Heiz-Kühl-Einheiten ermöglichen eine Temperierung.



TECHNISCHE DATEN:

Flächenpressung: 0 ... 50 MPa
Pressungsfrequenz: 0 ... 50 Hz
Temperatur: -10 ... + 200 °C
Scherfrequenz: 0 ... 17 Hz
Scherwinkelamplitude: 0 ... 2 °
Flanschform und -material: beliebig
Prüffluid: beliebig

INNENDRUCKPRÜFSTAND

Mit dem Innendruckprüfstand werden Flächendichtungen unter Innendruck und beliebiger Temperatur auf ihre Ausblassicherheit und Medienbeständigkeit hin untersucht. Die Dichtungen werden zwischen zwei Modellflanschen mit einer zentrischen Schraube verspannt. Dadurch wird eine homogene Flächenpressung gewährleistet und es können Aluminiumflansch-Stahlschrauben-Kombinationen untersucht werden. Durch einen Medientrenner können unterschiedlichste Prüfmedien verwendet werden.

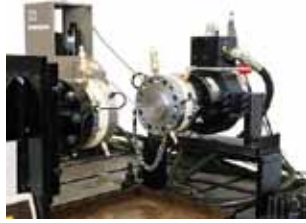


TECHNISCHE DATEN:

Flächenpressung: 0 ... 50 MPa
Innendruck: 0 ... 195 bar
Druckpulsationsfrequenz: 0 ... 50 Hz
Temperatur: -10 ... + 150 °C
Dichtungsform: ringförmig
Innendurchmesser: 40 mm
Außendurchmesser: 45 ... 76 mm
Dichtungsdicke: 0 ... 3 mm
Prüffluid: beliebig

TORSIONSPRÜFSTAND

Mit dem Torsionsprüfstand kann das Materialverhalten von beliebigen Flächendichtungen, beispielsweise in Gehäusetrennfugen, untersucht werden. Dazu wird ein Prüfgehäuse zwischen den



Torsionszylinder und das Gegenlager gespannt. Die Belastung der Flächendichtstelle erfolgt momenten- oder winkelgesteuert. Die Belastungsfunktion ist bis hin zu einem realen Belastungskollektiv beliebig wählbar. Zusätzlich kann das Gehäuse über die Heiz-Kühl-Einheiten temperiert werden. Versagenskriterium ist eine Relativverschiebung oder Leckage.

TECHNISCHE DATEN:

Torsionsmoment: 0 ... 2.100 Nm
Max. messbares Moment: 2.800 Nm
Scherwinkelamplitude: 0 ... 45 °
Scherfrequenz: 0 ... (20) ... 100 Hz
Temperatur: -10 ... + 160 °C
Modellgehäuse: beliebig
Prüffluid: beliebig

SERVOHYDRAULISCHER PRÜFSTAND

Gehäusetrennstellen werden heute oft mittel Klebeverbindungen statisch abgedichtet. Um bei derartigen Dichtstellen die Belastbarkeit auf schwingende Schub- und Axialkräfte zu untersuchen werden hohe Kräfte und Anregungsfrequenzen benötigt. Mit Hilfe des servohydraulischen Prüfstandes können diese verwirklicht werden.

TECHNISCHE DATEN:

Axialkraft: -100 ... 100 kN
Hub: -75 ... 75 mm
Pulsationsfrequenz: 0 ... 500 Hz
Prüffluid: beliebig

Zusatz Aggregate

TEMPERIERSYSTEM MAGNUM 91

Dichtungen werden über einen weiten Temperaturbereich eingesetzt. Nicht nur im KFZ Bereich kommt es zu außerordentlichen Bedingungen. Auch beispielsweise Dichtungen auf Offshore Windanlagen sehen sehr tiefe Temperaturen. Um diese Dichtsysteeme zu untersuchen erlaubt ein Temperieraggregat Temperaturen von -80 °C bis zu 150 °C auf unseren Prüfständen.



TECHNISCHE DATEN:

Temperierbereich: -80 ... +150 °C
Temperaturkonstanz: $\pm 0,05$... $\pm 0,2$ °C
Kälteleistung: 4kW bei -40 °C

Wussten Sie schon, dass ... ?



- ... der Forschungsbereich Dichtungstechnik am IMA bereits seit dem Jahre 1962 besteht?

Der Forschungsbereich Dichtungstechnik wurde 1962 von Prof. Müller begründet und seitdem kontinuierlich weiter ausgebaut. 1995 übernahm dann Prof. Haas die Leitung des Fachbereichs nachdem Prof. Müller altershalber ausschied.

- ... seit dem Bestehen des Fachbereiches Dichtungstechnik ca. 1500 Studenten die Vorlesung Dichtungstechnik gehört haben?

Der Bereich Dichtungstechnik wird immer stärker von der Industrie nachgefragt. Eine vergleichbare Vorlesung nur über die Dichtungstechnik gibt es deutschlandweit nicht. Die Hörerzahlen der zweisemestrigen Vorlesung haben sich daher seit dem Beginn der Vorlesung mit 30 Hörern pro Jahr zu einer Vorlesung mit über 100 Hörern in den letzten zwei Jahren entwickelt.

- ... Sie mit der flächenbezogenen Reibleistung, die im Dichtkontakt zwischen Radial-Wellendichtring und Gegenlauffläche umgesetzt wird, problemlos ein Spiegelei braten könnten?

Hintergrund: Die flächenbezogene Reibleistung zwischen Radial-Wellendichtring und Welle bei einer Drehzahl von 2000 U/min und einem Wellendurchmesser von 80 mm beträgt ca. 300 - 500 W/cm². Zum Vergleich: Die flächenbezogene Wärmeleistung einer handelsüblichen Schnellkochplatte beträgt 8 W/cm².

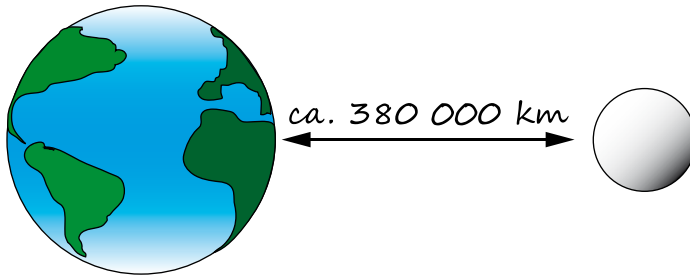


- ... die Aufhängung der EXPO-Kugel im deutschen Pavillon zur EXPO von Shanghai im Jahre 2010 am IMA konstruiert wurde?

Die Konstruktionsaufgabe kam über eine Firma an das Institut welche eine Ausschreibung gewonnen hatte und Hilfe bei der Umsetzung benötigte. Die Aufgabe bestand darin eine filigrane Verbindung der EXPO-Kugel zum Kreutztisch zu konstruieren. Die Kugel sollte den Eindruck erwecken sich frei schwebend durch den kegelförmigen Raum des deutschen Pavillons zu bewegen. Um dies bei der 1000 kg schweren Kugel zu bewerkstelligen war eine gleichzeitig filigrane aber stabile Aufhängung notwendig. Da die bei der Pendelbewegung auftretenden Rotationsmomente so hoch waren, dass ein starrer Aufbau dem nicht gewachsen gewesen wäre, musste die Aufhängung zusätzlich um die Rotationsachse entkoppelt werden.

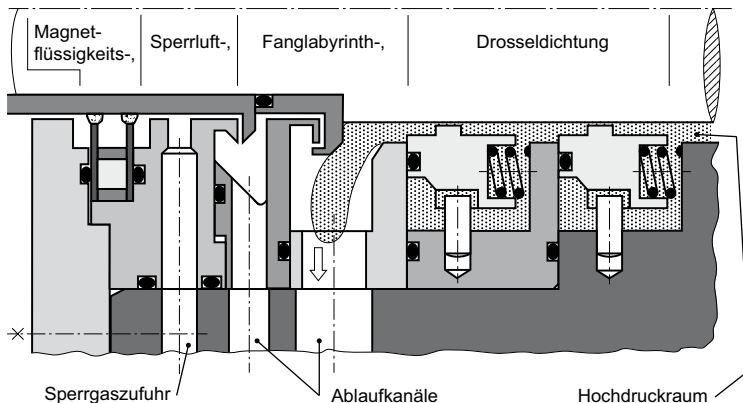


- ... in den letzten 10 Jahren am IMA Dauerlaufuntersuchungen mit über 56 Jahren kumulierter Laufzeit durchgeführt wurden? Der dabei zurückgelegte Gleitweg zwischen Welle und Radial-Wellendichtring beträgt dabei 1,5 Mio. Kilometer. Dies entspricht der etwa 38 fachen Distanz zwischen Erde und Mond.



- ... auch Flüssigkeiten unter höchstem Druck vollkommen berührungsfrei und hermetisch dicht abgedichtet werden können?

Die unten gezeigte Darstellung stammt aus der Habilitation von Prof. Haas und zeigt wie mit einem gewissen technischen Aufwand durch geschickte Anordnung verschiedenster Dichtsysteme, Flüssigkeiten unter hohem Druck hermetisch abgedichtet werden können. Dies soll zeigen, dass man mit genügend hohem Aufwand in der Lage ist, auch die schwierigsten dichtungstechnischen Probleme zu lösen.



- ... das Institut allein im Bereich Dichtungstechnik 504 nationale und internationale Veröffentlichungen vorzuweisen hat?

Eine komplette Veröffentlichungs- und Literaturliste des Fachbereichs Dichtungstechnik ist unter folgender Internetadresse zu finden:

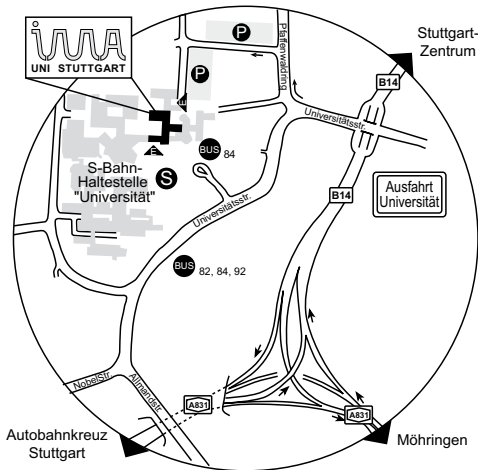
 <http://www.ima.uni-stuttgart.de/dt-literatur>

Kontakt

Institut für Maschinenelemente
Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 9
70569 Stuttgart

Telefon (+49 711) 685-66170
Telefax (+49 711) 685-66319

Email: sekretariat@ima.uni-stuttgart.de
Webseite: <http://www.ima.uni-stuttgart.de/dicht>



Vom Flughafen:

S-Bahn Linien S2 oder S3 in Richtung Stuttgart bis zur Haltestelle Universität (ca. 20 min Fahrtzeit).
Mit dem Auto vom Flughafen auf die A8 Richtung Stuttgart bis Kreuz Stuttgart. Dort Richtung S-Zentrum und an Ausfahrt Universität abfahren.

Vom Hauptbahnhof:

S-Bahn Linien S1, S2 oder S3 in Richtung Flughafen, Herrenberg oder Filderstadt bis zur Haltestelle Universität (ca. 10 min Fahrtzeit).

IMPRESSUM

Herausgeber: Institut für Maschinenelemente
Pfaffenwaldring 9
70569 Stuttgart



Anreise mit dem Auto:

A 81 aus Richtung Singen:

Autobahn in Richtung Stuttgart folgen, über Kreuz Stuttgart weiter fahren und dann Ausfahrt Universität nehmen.

A 81 aus Richtung Heilbronn:

Autobahn bis Dreieck Leonberg. Dann auf A8 in Richtung München fahren und am Kreuz Stuttgart in Richtung S-Zentrum ausfahren. Dann Ausfahrt Universität nehmen.

A 8 aus Richtung München und Karlsruhe:

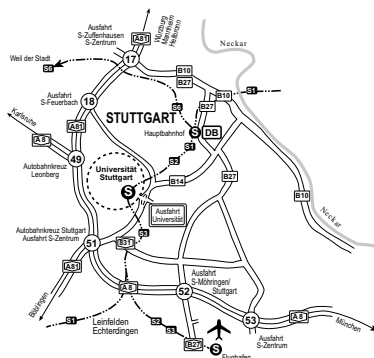
Autobahn in Richtung Stuttgart folgen, am Kreuz Stuttgart in Richtung S-Zentrum fahren. Dann Ausfahrt Universität nehmen.

Stuttgart Innenstadt:

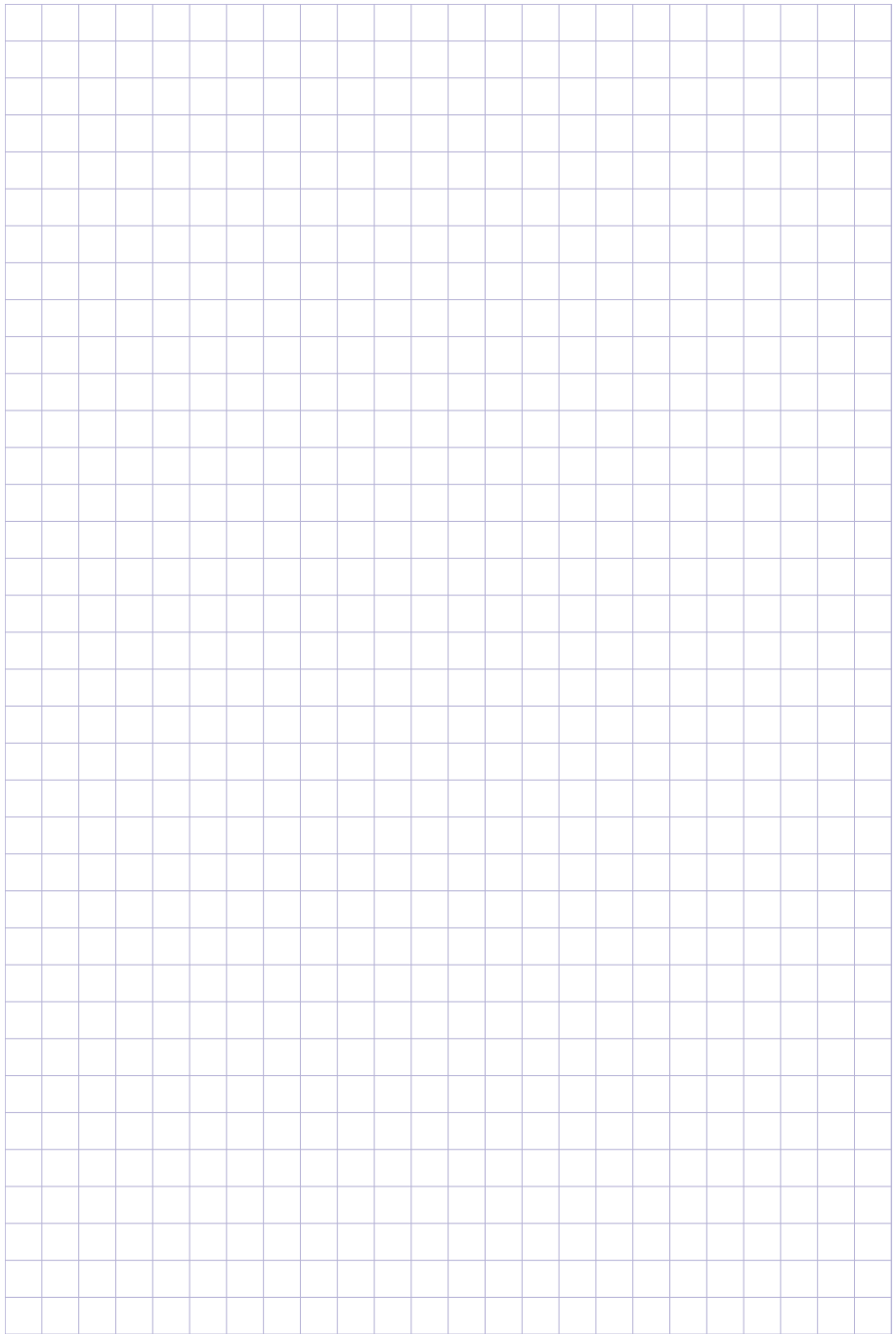
Auf die B14 (Hauptstätter Strasse - Teil des City Rings) in Richtung Autobahn A8 Karlsruhe fahren. Durch Heselacher Tunnel zum Schattenring und auf Schnellstrasse auffahren und gleich die erste Ausfahrt Universität nehmen.

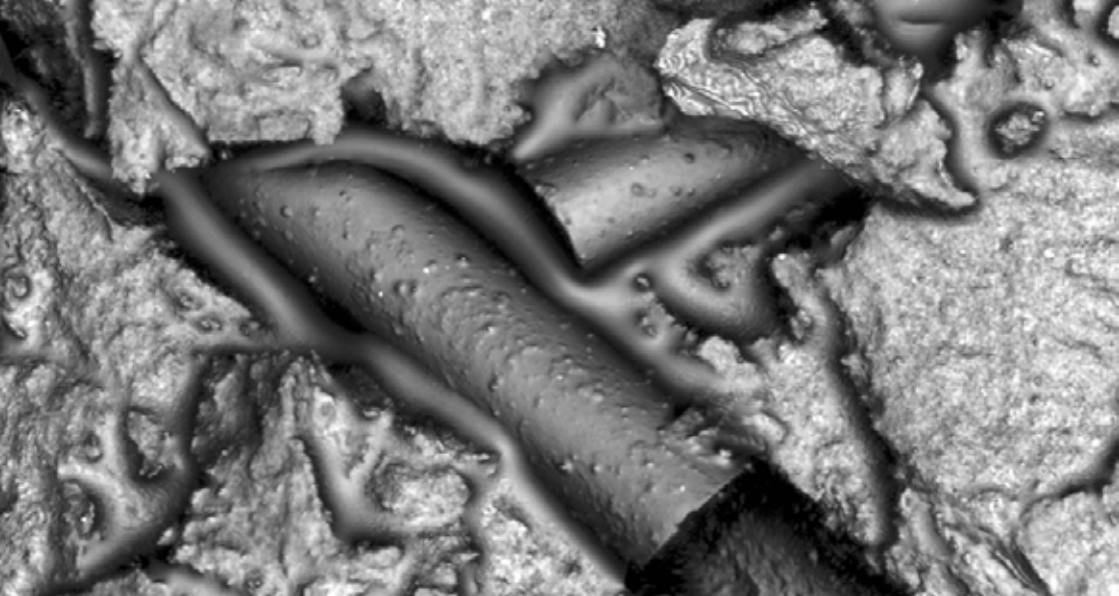
Navigationsgerät:

Zieladresse Pfaffenwaldring 9 - Stuttgart.
Kurz vor Ziel leiten die meisten Navigationsgeräte in die erste Einfahrt nach dem Einbiegen in den Pfaffenwaldring. Hier nicht Einbiegen, da verschlossene Schranke. Stattdessen die nächste Strasse links abbiegen und die Parkplätze anfahren.



Raum für Notizen





Laserscanningmikroskop-Aufnahme einer PTFE-Dichtung (Füllstoffe sichtbar).



Institut für Maschinenelemente
Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 9
70569 Stuttgart

Telefon (0711) 685-66170
sekretariat@ima.uni-stuttgart.de
<http://www.ima.uni-stuttgart.de/dicht>