



# Institut für Maschinenelemente

Kompetenz in Dichtungstechnik



Institut für Maschinenelemente

Direktor: o. Prof. Dr.-Ing. Bernd Bertsche Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Haas

Lehre und Forschung: Antriebstechnik • CAD • Dichtungstechnik • Zuverlässigkeitstechnik



## Institut

Das Institut für Maschinenelemente (IMA) unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Bernd Bertsche umfasst vier Forschungsbereiche. In der Antriebstechnik, CAD-Technik, Dichtungstechnik und Zuverlässigkeitstechnik 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**

### „DER DICHTUNGSTECHNIK VERSCHRIEBEN“

Der Fachbereich Dichtungstechnik wird seit 1995 von Prof. Dr.-Ing. habil. W. Haas geleitet, nachdem Prof. H.K. Müller diesen Bereich 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 im Bereich der Dichtungstechnik haben Prof. Haas und seine Mitarbeiter einen international anerkannten Ruf als Experten im Bereich der Dichtungstechnik. So wird seit Jahren die vom VDMA Fluidtechnik ausgerichtete internationale Dichtungstagung



Prof. Werner Haas

ISC (International Sealing Conference) im Turnus von zwei Jahren unter der wissenschaftlichen Leitung von Prof. Haas 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 Grundstudium werden Studenten im Rahmen der Grundlagenvorlesung Konstruktionslehre mit den wesentlichen Grundlagen der Dichtungstechnik vertraut gemacht. Im Hauptstudium können die Studenten in der Vorlesung Dichtungstechnik von Prof. Haas ihr Wissen in der Dichtungstechnik vertiefen. In praxisnahen Studien- und Diplomarbeiten 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 später gefragte Experten in der Industrie.

Umfangreiche 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 ist deshalb ein wachsender Entwicklungs- und Forschungsbedarf vorhanden.

### **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 Gehäusetrennstellen. Flüssigdichtmittel, die bei der Abdichtung von Getriebegehäusen eingesetzt werden, ha-

ben immer noch einen großen Forschungsbedarf. Aber auch dynamische Dichtungen wie Radialwellendichtringe (RWDR), Hydraulikdichtungen oder Gleitringdichtungen (GLRD) werden untersucht. Hierbei stellen 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 - gezielte Strukturierung reduziert Reibung und Verschleiß.

### **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 Projekte - gefördert von Forschungsvereinigungen wie der FVA oder dem FKM - ermöglichen eine praxisnahe Forschung, die sich an den Bedürfnissen der Industrie orientiert.

Eine komplette Veröffentlichungs- und Literaturliste des Fachbereichs Dichtungstechnik finden Sie unter folgenden Internetadresse:

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



## 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
- Entwicklung von Dichtkonzepten
- Schadensanalyse
- Oberflächenuntersuchungen
- Experimentelle Prüfstandsuntersuchungen
- Forschungsprojekte
- Prüfstandsplanung
- Dichtungstechnische Seminare

### **KOMPETENZ**

Nahmhafte 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. Viele 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**

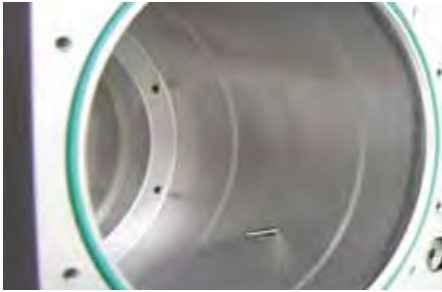
Spezielle technische Lösungen erfordern oftmals angepasste Dichtkonzepte, die nicht von der Stange zu haben sind. Nutzen Sie unsere Erfahrung in der Entwicklung von Dichtungen.

### **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 Wellenaufläichen bereiten bei Dichtungen oft große Probleme. Zur Messung 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 neues, gerade in der Entwicklung befindliches, Auswerteverfahren zur Erfassung von Drallstrukturen auf 3D Oberflächentopografien wird bald verfügbar sein.

### **OBERFLÄCHENUNTERSUCHUNGEN**

Oftmals werden in einem Unternehmen nur sporadisch hochgenaue Oberflächenmessungen von technischen Oberflächen benötigt. Die Investition in teure Messtechnik lohnt sich meist nicht. Nutzen Sie unsere Messkapazitäten. Mit unserem modernen optischen Oberflächentopografiesystem FRT MicroProf® lassen sich Topografien mit einer lateralen Auflösung von bis zu 1 µm erstellen. Lasermikroskopaufnahmen erlauben REM ähnliche Einblicke. Genormte Rauheitschriebe können mit dem Tastschnittgerät Hommel T8000 erstellt werden.

### **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 Dichtkantentemperatur 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 größtenteils 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 von dem umfassenden Erfahrungsschatz des Instituts.





## Messtechnik

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

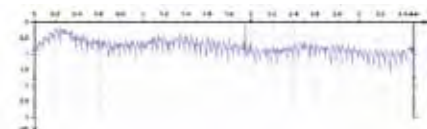
### **OBERFLÄCHENMESSTECHNIK**

Mit dem am Institut vorhandenen Oberflächenmessgerät FRT MicroProf® lassen sich hochgenaue Oberflächentopografien von Dichtungslauflächen erstellen. Diese Oberflächentopografien können mit am Institut entwickelten Auswerteverfahren und genormten Oberflächenkennwerten ausgewertet werden. Dichtungstechnisch relevante Oberflächenstrukturen werden erfasst und analysiert.



Topografie einer Wellenoberfläche

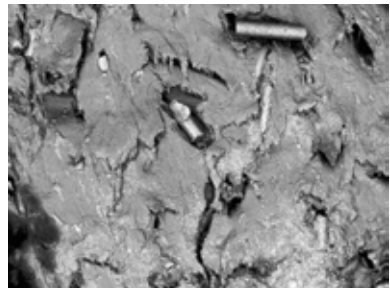
Mit dem Rauheitsmessgerät HOMMEL T8000 werden Rauheitsprofile und Konturschriebe von Dichtungskomponenten erstellt.



HOMMEL T8000 und Rauheitsschrieb einer Oberfläche

### **LASERSCANNING MIKROSKOP**

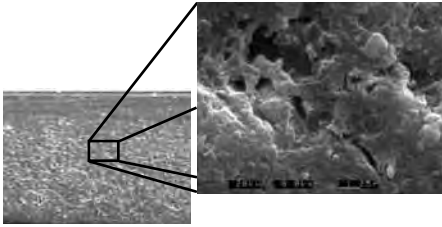
Hochaufgelöste 3D-Aufnahmen der Dichtungslaufläche sowie der Dichtung können mit dem Keyence VK-9700 Laserscanning Farbmikroskop angefertigt werden. Der Blick ins Detail erlaubt Ansichten, die bisher nur mit Rasterelektronenmikroskopen möglich waren.



Detailblick auf eine PTFE Dichtfläche (Laserscanning Aufnahme)

### **RASTERELEKTRONEN MIKROSKOP**

Mit dem Elektronenmikroskop wird der Blick in die kleinsten Bereiche einer Dichtung ermöglicht. Das Materialgefüge und der Mikroverschleiß an einer Dichtkante kann so untersucht werden. Was gerade bei einer Schadensbegutachtung wichtige Hinweise über einen Ausfall eines Dichtrings geben kann.



REM-Aufnahmen einer RWDR Dichtkante

### **DIE DICHTUNG IM FOKUS**

Mit speziellen für diesen Zweck entwickelten Vorrichtungen wird mittels eines Mikroskops die Dichtkante eines Dichtrings dreidimensional vermessen. Dabei kommt das extended focal imaging (efi) Verfahren aber auch das Laserscanning Mikroskop zum Einsatz. Neben der Dichtkantengeometrie wird so auch das Aussehen 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.

### **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**

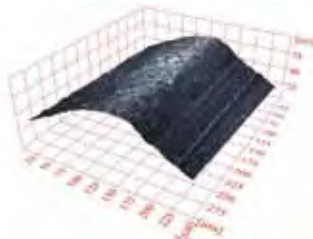
Die Drallmessung von Dichtungslauflächen ist ein Dauerthema in der Dichtungstechnik. Drall auf der Welle kann zu einem Ausfall des Dichtungssystems führen. Eine Möglichkeit Drall qualitativ zu erfassen ist die Drallmessung mit der Fadenmethode.



Fadenprüfstand

### **DRALLMESSUNG MIT DER CARMEN-METHODE**

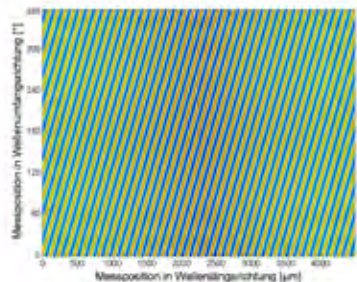
Eine weitere Möglichkeit umlaufenden Drall auf Dichtungslauflächen zu messen ist die CARMEN-Methode. Hiermit werden durch, am Umfang der Welle verteilte, Rauheits-schriebe Drallkennwerte berechnet. Diese können umlaufenden Drall zielsicher beschreiben.



3D-Dichtkantenuntersuchung

### **DRALLMESSUNG MIT DER MIKROSTRUKTURANALYSE**

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



3D-Verformungsmessgerät

### **KRAFTVOLL**

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

### **HÄRTEMESSUNG**

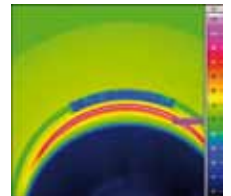
Zur Messung der Elastomerhärte an realen Dichtelementen stand bislang nur das Verfahren nach IRHD-Micro zur Verfügung. Die ermittelten Härtewerte sind dadurch nicht mit den sonst üblichen Härtewertangaben (Shore A) vergleichbar. Das neue Verfahren der Elastomerhärtemessung nach micro Shore A hingegen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



Härtemessgerät

### **INNNOVATIVE TEMPERATURMESSUNG**

Die Erfassung der Temperatur an der Dichtkante ist seit jeher eine Herausforderung. Eine berührende Messung während den Versuchsläufen ist nicht möglich. Deshalb wird 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-Phyrometer können hierzu bei Prüfstandsläufen eingesetzt werden.



Thermografie Aufnahmen zur Bestimmung von Dichtkantentemperaturen

### **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 stemmender 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 Druckeingußvorrichtung 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.



Geschliffener Profilschnitt

### **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.

### **ZUGPRÜFUNG**

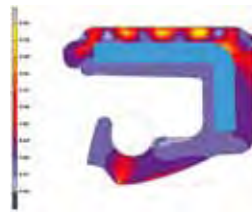
Zur Ermittlung von Werkstoffkennwerten und beispielsweise zur Messung von Reib- oder Losbrechkräften an axial bewegten Dichtelementen steht eine moderne Zugprüfmaschine zur Verfügung. Zugkräfte bis 10 kN und verschiedene Messprogramme mit variablen Verfahrensgeschwindigkeiten sind realisierbar. Dehnungen werden berührungslos mit einem Videoextensometer erfasst. Mittels einer Temperierkammer können Versuche bis zu einer Temperatur von 150°C durchgeführt werden.



Zugprüfmaschine

### **FINITE ELEMENTE / CFD 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 Software MSC Patran und MSC Marc/Mentat zum Einsatz. Zur Simulation von Strömungsverhältnissen wird das CFD Software Paket Fluent und Ansys eingesetzt.



FE Simulation an einem Radialwellendichtring



## 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 vorhanden Prüfkapazitäten, sowie stän-

dige 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 ... <b>50</b> ... <b>80</b> ... 160 mm	15 ... <b>50</b> ... 100 mm	20 ... <b>50</b> ... <b>80</b> ... 120 mm
axiale Wellenbewegung	möglich	keine	keine
Dichtungsaussendurchmesser	30 ... <b>100</b> ... 310 mm	30 ... <b>100</b> ... 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 ... 100 °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 Prüfwelle ist aerostatisch gelagert. Hierdurch kann das Reibmoment hochgenau gemessen werden.

#### TECHNISCHE DATEN:

Spindeldrehzahl: bis 8.000 1/min  
Sumpfterperierung: 10 ... 130 °C  
Innentemperierte Welle  
Wellendurchmesser: 20 ... 120 mm  
Reibmomentmessung: 0.1 ... 50 Nm  
Leckagemessung

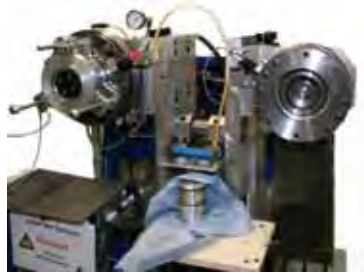


### EINZELDICHUNGSPRÜFSTAND (EDP 1+2)

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

#### TECHNISCHE DATEN:

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



### EINZELDRUCKDICHTUNGSPRÜFSTAND

Wie bei den Einzeldichtungsprüfständen zeichnet sich dieser Prüfstand durch eine hohe Flexibilität und großen Umfang an Mess- und Prüfmöglichkeiten aus. Die Untersuchung von Radialwellen Dichtungen unter Druckbeaufschlagung, Temperierung und Reibmomentmessung sind problemlos möglich. Der flexible Aufbau erlaubt schnelle Anpassungen an die zu untersuchen- den Systeme.

#### TECHNISCHE DATEN:

Spindeldrehzahl: bis 24.000 1/min  
Sumpfterperierung: 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 gewünschten 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
- Flüssig-/Feststoffaggregat



Universalprüfstand I

#### TECHNISCHE DATEN:

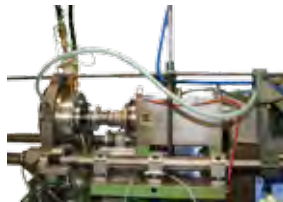
Drehzahl: bis 15.000 1/min  
Reibmomentmessung  
Verschmutzungseinrichtung  
Partikelmessgerät  
Volumenstrommessgerät  
Bespritzung



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 unter Rotordrageranordnung in 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  
Sumpftemperatur 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

## 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 Gegenauflfläche 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/mm<sup>2</sup>  
Temperierung: 20 ... 100 °C  
Druck des abdichtenden 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 Rotationstribo-meter TE93 der Firma Phoenix Tribology Ltd. in verschiedenen Schmierzuständen untersucht. Betrachtet werden verschiedene Gegenauflflächen, Betriebsparameter (Anpressung, Drehzahl), Schmierstoffe (Fette, Öle). Reibmoment, Temperatur und Verschleiß sind die betrachteten Messgrößen.

### TECHNISCHE DATEN:

max. Geschwindigkeit: 6.000 1/min  
Anpressung: 0 ... 10 N/mm<sup>2</sup>  
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  
Sumpftemperatur: 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  
Sumpftemperatur: 10 ... 130 °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  
Sumpftemperatur: 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  
Sumpftemperaturierung: 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 Belastungsprofil 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



# Kontakt

Institut für Maschinenelemente  
Universität Stuttgart  
Pfaffenwaldring 9  
70569 Stuttgart

Telefon ( 0711 ) 685-66170  
Telefax ( 0711 ) 685-66319

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



## 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.



### 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.

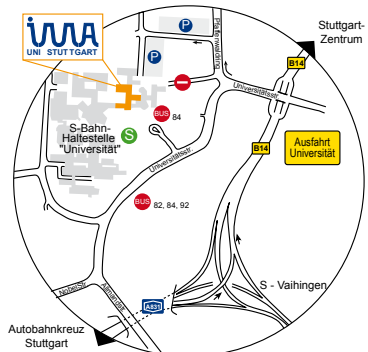
### Vom Hauptbahnhof:

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

## IMPRESSUM

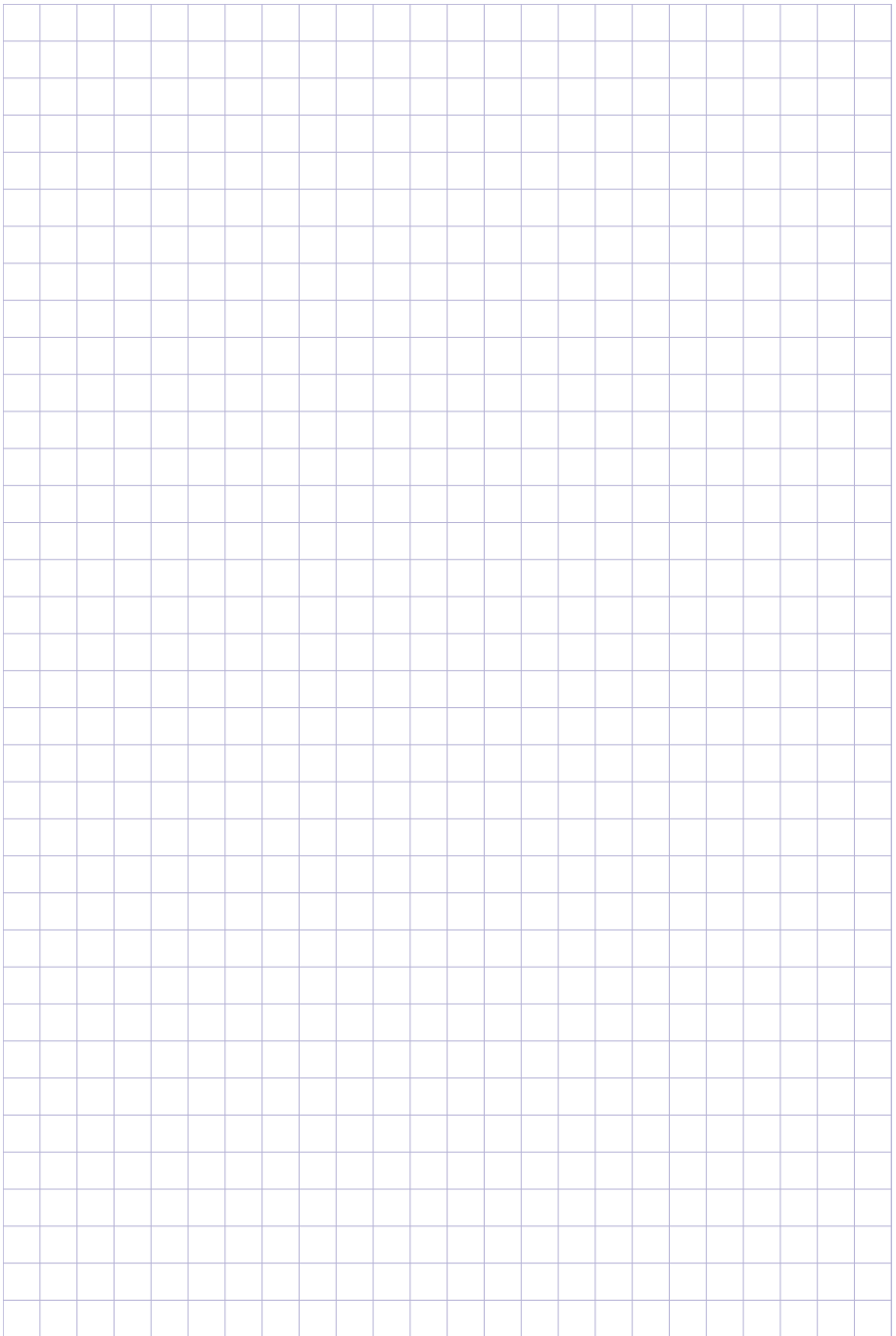
Herausgeber: Institut für Maschinenelemente  
Pfaffenwaldring 9  
70569 Stuttgart

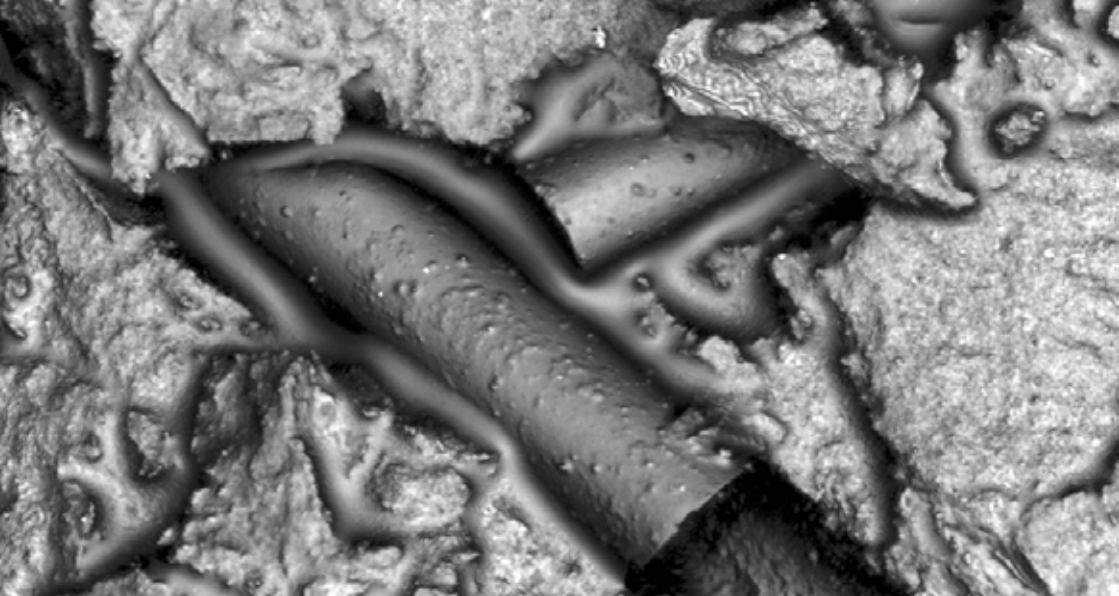
Redaktion: Gert Baitinger



# 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>