

**Summaries****Zusammenfassungen****I – Session 1: Introduction Lectures****I – Session 1: Einführungsvorträge**

I 1

**Dipl.-Ing. (FH) Dieter Albert**, Hunger DFE GmbH Dichtungs- und Führungselemente, Würzburg**Common Mistakes in Seal Applications****Häufige Praxisfehler bei Dichtungsanwendungen**  **DE**

Problems or failure causes in seal applications may have various reasons which, in many cases, turn out to be basic error sources. The lecture deals with specific, constructive, fitting or application errors which show a certain damage frequency in practice. These are explained by text and pictures and examples for prevention are given.

Probleme oder Ausfallursachen für Dichtungsanwendungen können unterschiedliche Gründe haben. Oft kristallisieren sich jedoch grundsätzliche Fehlerquellen heraus.

Im Vortrag werden spezifische, konstruktive, durch Montage bedingte oder aus der Anwendung resultierende Fehler angesprochen, die in der Praxis eine gewisse Schadenshäufigkeit aufweisen. Diese werden in Text und Bild erläutert und Beispiele zur Vermeidung aufgeführt.

I 2

**Dr. Patrick Wittmeyer**, Freudenberg Forschungsdienste KG,  
 Prof. Dr. Günter Stein, Freudenberg Dichtungs- und Schwingungstechnik GmbH & Co. KG,  
 Dr. Birger Lange, Freudenberg Forschungsdienste KG, Weinheim

**Reduced Friction by Nanotechnology****Reibungsreduzierung durch Nanotechnologie**  **DE**

In many of sealing applications elastomers have to fulfill high performance technological bulk properties as well as tailor-made surface properties like low friction or wear resistance. This paper describes different ways to improve the surface properties in order to reduce energy, to prevent stick slip or adhesion effects or simply to ensure easy assembly of the respective parts.

In vielen Dichtungsanwendungen müssen Elastomere sowohl im Bulk höchsten Anforderungen genügen als auch müssen maßgeschneiderte Oberflächeneigenschaften wie beispielsweise geringe Reibung oder Verschleißbeständigkeit realisiert werden. Im vorliegenden Beitrag werden verschiedene Möglichkeiten zur Verbesserung von Oberflächeneigenschaften dargestellt, die zur Energie-reduktion in der Anwendung beitragen, Stick-slip- oder Hafteffekte reduzieren oder leichtes Einbauen von Elastomerteilen in komplette Bauteile ermöglichen.

**A – Session 2: Rotary Shaft Seals****A – Session 2: Wellendichtungen**

A 1

**Dipl.-Ing. Markus Henzler**, Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Haas, IMA der Universität Stuttgart**Hard Turned Countersurfaces for Rotor Seals under Pressure Load****Hartgedrehte Gegenläufigflächen für druckbelastete Rotordichtungen**  **DE**

High pressure rotor seals are used to seal high hydraulic oil pressure on rotating shafts. Typical applications are rotating unions at slow rotating or swivelling shafts. At the Institute of Machine Components, tests have been done where the sealing contact was build by standard seal rings and a hard turned shaft. The intension was to figure out whether hard turned shafts could be an alternative

Mit Rotordichtungen wird hoher Hydraulikdruck rotatorisch abgedichtet. Typische Anwendung sind Drehübertrager mit langsamen Dreh- oder Schwenkbewegungen. Am Institut für Maschinenelemente wurden Versuche durchgeführt, bei denen auf hartgedrehten Gegenläufigflächen abgedichtet wurde. Im Mittelpunkt stand dabei die Frage, ob diese Flächen eine Alternative für gehärteten und

to the hardened and ground shafts. Results are shown.

geschliffenen Wellenauflfläche sein können. Der Beitrag stellt die Ergebnisse im Vergleich zur Referenzfläche vor.

## A 2

**Dipl.-Ing., Pat.-Ing. Steffen Jung**, Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Haas, IMA der Universität Stuttgart

### **Advanced Description for Shaft Counterfaces of Rotary Shaft Lip Seals**

### **Erweiterte Beschreibung von Gegenauflflächen für Radial-Wellendichtungen**

  DE

The rotary lip seal, the shaft counterface and the sealed fluid form a tribological system. The character of the shafts surface regarding roughness and topography is one of the main factors, which affects the sealing system considerably. It affects the lubrication and the produced friction torque as well as fluid transport in the sealing contact. Test results for the tribological behavior of different surface profiles are presented.

Die Radial-Wellendichtung stellt ein tribologisches System dar, bestehend aus dem Dichtring, der Gegenauflfläche und dem abzudichtenden Fluid. Dabei hat insbesondere die Beschaffenheit der Wellenoberfläche hinsichtlich Profilform und Topographie wesentlichen Einfluss auf das Dichtsystem. Sie wirkt sich auf die Schmierung und die erzeugte Reibleistung sowie den Fluidtransport im Dichtkontakt aus. Untersuchungsergebnisse zum tribologischen Verhalten unterschiedlichster Oberflächenprofile werden vorgestellt.

## A 3

**Dipl.-Ing. Benjamin Klein**, Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Haas, Prof. Dr.-Ing. Bernd Bertsche, IMA der Universität Stuttgart

### **Reliability Determination of Radial Shaft Seals based on Field Data**

### **Zuverlässigkeitsaussagen über Radial-Wellendichtringe aus der Auswertung von Ausfalldaten aus dem Feld**

  DE

In mechanical engineering Radial Shaft Seals (RSS) are widely used machine components. Until today there is still no method to calculate the life of those elements.

Der Radial-Wellendichtring (RWDR) wird in allen Bereichen des Maschinenbaus häufig eingesetzt. Ein Berechnungsverfahren für die Abschätzung der Lebensdauer ist bisher nicht verfügbar.

In this paper the results of the statistical analysis of field data is presented. Furthermore the focus is on the definition of leakage and the failure modes of RSS. The evaluation of censored data and of mixture distributions are discussed likewise.

In diesem Beitrag werden die Ergebnisse der Auswertung von Ausfalldaten aus dem Feld vorgestellt. Außerdem wird auf die Leckagedefinition und die auftretenden Ausfallmechanismen eingegangen. Die zensierte Auswertung der Daten und die Auswertung als Mischverteilung wird ebenfalls diskutiert.

## **A – Session 3: Rotary Shaft Seals**

## **A – Session 3: Wellendichtungen**

## A 4

**Dipl.-Ing. Pat.-Ing. Stefan Schmuker**, Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Haas, IMA der Universität Stuttgart

### **Load Cycle Design for Testing of Lip Seals**

### **Gestaltung von Lastkollektiven zur Untersuchung von Radial-Wellendichtungen**

  DE

Rotary shaft lip seals are examined in load cycle tests. Results of test runs with common and systematically new designed load cycles were compared. The damage effects of discrete operating conditions are exposed. This paper gives advice to aggregate manufacturers, in order to design practical load cycles for their applications.

Die Funktion von Radial-Wellendichtungen wird in Versuchen mit Lastkollektiven überprüft. Ein Vergleich bekannter und systematisch neu gestalteter Drehzahl-Temperatur-Kollektive erfolgte über Versuchsläufe. Schädigungswirkungen einzelner Betriebszustände wurden erarbeitet. Die im Beitrag dargestellten Erkenntnisse geben Aggregatherstellern Hinweise, um praxisgerechte Lastkollektive für ihre speziellen Anwendungen zu erstellen. Aussagekräftige Versuchsläufe ermög-

lichen so, kritische Dichtsysteme frühzeitig zu erkennen und zu optimieren.

## A 5

**Dipl.-Ing. Pat.-Ing. Gert Baitinger**, Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Haas, IMA der Universität Stuttgart

### **An Integrated Approach to Characterize the Topology of Sealing Contact Faces**

Common methods for measuring twist are not sufficient. Currently the Institute of machine components (IMA) develops a new approach to analyze twist in an integral way. Common methods for measuring twist and standard surface parameters will be combined with the new microstructure analysis developed at IMA. This new method analyzes directed microstructures. Quantitative parameters like position, direction, dimension, depth and shape will be evaluated.

### **Ganzheitlicher Ansatz zur Charakterisierung der Topologie von Dichtungsflächen**

Die bekannten Verfahren zur Drallmessung sind nicht ausreichend. Derzeit wird am Institut für Maschinenelemente (IMA) eine neue Herangehensweise erarbeitet, um Drall ganzheitlich zu erfassen. Hierzu werden bekannte Drallauswerteverfahren und genormte Oberflächenkennwerte mit der am IMA entwickelten Mikrostrukturauswertung kombiniert. Bei dieser werden gerichtete Mikrostrukturen ausgewertet. Quantitative Kennwerte wie Lage, Richtung, Abmessung, Tiefe und die Form werden erfasst.

  DE

## A 6

**Dipl.-Ing. Tobias Engelke**, Prof. Dr.-Ing. Gerhard Poll, Leibnitz Universität Hannover, IMKT, Dr. rer. nat Ulrich Giese, Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e.V. (DIK), Hannover

### **Compatibility of Seal Ring Materials and Synthetic Oils**

The reliability of radial shaft seals exposed to synthetic lubricants depends on the chemical, mechanical and thermal durability of the elastomer compound. Normally components or elastomer specimen are used for the investigations. A comparison of those different test methods with chemical analysis of deterioration mechanisms indicates a good correlation. An optimized test method is derived from the results of the investigations: a combination of static and dynamic test.

### **Dichtungsverträglichkeit von Synthetikölen**

Für die Zuverlässigkeit von Radialwellendichtringen ist bei der Verwendung von Synthetikölen die chemische, mechanische und thermische Beständigkeit des Werkstoffs maßgeblich. Bisher werden für die Untersuchungen teure Bauteilversuche oder meist wenig aussagekräftige Labortests verwendet. Vergleiche der angewandten Untersuchungsmethoden anhand chemischer Analysen zur Charakterisierung der Schädigungsmechanismen ergeben gut korrelierbare Ergebnisse, aus denen ein Vorschlag für ein neues Prüfverfahren als Kombination aus statischem und dynamischem Test abgeleitet wird.

  DE

## A 7

**Dr.-Ing. Eberhard Bock**, Dipl.-Ing. (FH) Martin Gramlich, Dr.-Ing. Ulrich K. Frenzel, Freudenberg Dichtungs- und Schwingungstechnik GmbH & Co. KG, Weinheim

### **A Novel Seal for Crankshaft Bearings**

At high operating temperatures, differences in the coefficients of thermal expansion for light metal engine blocks and steel crankshafts cause large bearing gaps to open up between the crankshaft and the main bearing shells. Significant amounts of oil are then needed to ensure an adequate supply of oil to the crankshaft main bearing and the connecting rod bearing. Throttle seals that are integrated into the bearing shells offer a completely new approach.

### **Neuartige Dichtung zum Abdichten von Gleitlagern**

Unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten von Motorblöcken aus Leichtmetall und Kurbelwellen aus Stahl verursachen bei hohen Betriebstemperaturen große Lagerspalte zwischen Kurbelwelle und Hauptlagerschalen. Erhebliche Ölmengen sind dann erforderlich, um eine ausreichende Ölversorgung der Hauptlager sowie Pleuellager zu sichern. Bei geringen Drehzahlen und vor allem im Heißleerlauf besteht zudem die Gefahr der Mangelschmierung. Einen völlig neuen Ansatz bieten Drosseldichtungen, die in die Lagerschalen integriert werden.

  DE

**A – Session 4: Application in Practice****A – Session 4: Anwendungsthemen****A 8**

**Dipl.-Ing. Bernhard Richter**, O-Ring Prüflabor Richter, Großbottwar

**Why O-rings Really Fail – a Summary of Over 500 Examined O-ring Failures**

O-ring failures cause every year millions euros of losses by directly or indirectly generated costs, either by machine break down, by product recall or by damages caused to the environment. Even worse than these costs of failure could be the loss of good reputation in the market of the concerned company. A really good o-ring is a seal, which the end-user seldom or never realizes, as long as there are no problems. The way to reach this, however, very often is harder than expected, even if the o-ring seal is based on an ingenious simple concept. One way to avoid errors by the seal design is to learn from the failures of other o-ring users.

**Warum O-Ringe wirklich versagen – eine Auswertung von über 500 durchgeführten Schadensanalysen an O-Ringen**

  **DE**

O-Ring Ausfälle verursachen jedes Jahr durch direkte und indirekte Folgekosten sicherlich 2- bis 3-stellige Millionenbeträge an volkswirtschaftlichem Schaden, sei es durch Maschinenstillstandskosten, durch Rückrufaktionen oder Umweltschäden. Noch schlimmer als der direkte Schaden können die daraus erwachsenden Imageprobleme am Markt für die betroffenen Unternehmen werden. Ein guter O-Ring ist eine Dichtung, die der Endanwender praktisch nicht oder kaum wahrnimmt, weil er keinerlei Probleme verursacht. Der Weg dorthin ist aber oft mühevoller, als man annehmen möchte, auch wenn eine O-Ring Abdichtung vom Konzept her genial einfach ist. Eine Möglichkeit, Fehler bei der Auslegung zu vermeiden, ist, von anderen Fehlern zu lernen.

**A 9**

**Dr.-Ing. Guido J. Wüstenhagen**, Dipl.-Ing. Dieter von Borstel, Merkel Freudenberg Fluidtechnik GmbH, Hamburg,  
Dr.-Ing. Steffen Eckert, Freudenberg Forschungsdienste KG, Weinheim

**Process of Engineering Seals for Heavy Industry**

  **EN**

The wide application range of heavy industry demands a wide range of sealing elements. Application engineering is supported by a product data management process. In a short time, a proposal has to meet a specific application of a suitable product made out of a suitable material. This process is supported by layout and calculation programs of the product types. Finite element simulations are used for this.

**Prozess beim Gestalten von Dichtungen für die Schwerindustrie**

Die vielseitigen Anwendungen des Schwermaschinenbaus erfordern ein weites Produktspektrum der Dichtungstechnik. Ein Produktdaten-Management-Prozess unterstützt die Anwendungstechnik, schnell und zuverlässig geeignete Bauformen aus geeignetem Material in die spezifische Anwendung zu bringen. Dieser Prozess wird unter anderem durch Auslegungs- und Berechnungsprogramme der Bauformen unterstützt. Dabei kommen unterschiedliche Finite Element Simulationen für unterschiedliche Aufgaben zum Einsatz.

**A 10**

**Dr. Dipl.-Ing. Thomas Schwarz**, Dipl.-Ing. Manfred Moitzi, Mario Mitterhuber, SKF ECONOMOS GmbH, Judenburg, **AUSTRIA**

**Failure Mechanism of Elastomeric Sealing Materials Exposed to Explosive Decompression**

  **EN**

This work deals with the investigation of the influence of the testing procedure and the sealing material on the ED performance and failure mechanism of the tested seals. Furthermore a newly developed methodology will be presented, that is able to observe the ED process and supports the analysis of the failure mechanism. The results are compared with all findings received from

**Versagensmechanismen von elastomeren Dichtungsmaterialien bei explosiver Dekompression**

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Untersuchung des Einflusses der Prüfmethodik und des Dichtungswerkstoffes selbst auf das Schadensausmaß und auf den Versagensmechanismus von Bauteilen, die einer schnellen Druckentlastung unterzogen werden. Weiters soll eine neu entwickelte Methodik, die eine instrumentierte Erfassung des Versagensherganges ermöglicht, vorgestellt und den Ergeb-

standard testing methods.

nissen aus klassischen Analysemethoden gegenübergestellt werden.

## A 11

**Dr. Hans Magg**, LANXESS AG, Leverkusen

**Elastomeric Materials Based on Hydrogenated Nitrile Rubber for Seals in Carbon Dioxide (R 744) High Pressure Service – Improving the Resistance against Explosive Decompression**



Paper withdrawn on September 17, 2008.

**Elastomere auf der Basis von Hydriertem Nitrilkautschuk (HNBR) für Dichtungen in Hochdruck-CO<sub>2</sub>-Anlagen – Verbesserung des Widerstandes gegen Explosive Dekompression**

Beitrag zurückgezogen am  
17. September 2008

## A – Session 5: Application in Practice

## A – Session 5: Anwendungsthemen

### A 12

**Dipl.-Ing. Eckart Gühne**, Heinz Blindzellner, Dipl.-Chem. Johann Mader, Dichtungstechnik Wallstabe & Schneider GmbH & Co. KG, Bogen

**Seals at Extreme Requirements**

Beside the extreme demands for price and development time, we are confronted with extreme values regarding temperature, substances, pressures and gaps, surface and roughness, assembling force, sliding properties, tolerances, demands for purity and long-term forecasts. There are methods of resolution for some selected extreme demands.

The costs for a seal are often infinitesimal low relating to the final product, e.g. a vehicle. On the other and, the consequences of e.g. a seal which has been designed on a low-cost basis due to financial reasons, could reach vast dimensions or in other words: no seal is as expensive as its failure.

**Dichtungen bei extremen Anforderungen**



Neben den extremen Forderungen Preis und Entwicklungszeit werden wir Dichtungstechniker mit Extremwerten bei den Temperaturen, Medien, Drücken, Spalten, Oberflächen und Rauheiten, Fügekräften, Gleiteigenschaften, Toleranzen, Reinheitsforderungen und Langzeitorhersagen konfrontiert. Für einige ausgewählte Extremforderungen sind Lösungsansätze beschrieben.

Die Kosten einer Dichtung sind oft infinitesimal klein bezogen auf das Gesamtprodukt – z.B. ein Fahrzeug. Andererseits können die Folgen einer z.B. aus Kostengründen grenzwertig ausgelegten Dichtung astronomische Dimensionen erreichen oder anders ausgedrückt: Keine Dichtung ist so teuer wie ihr Versagen.

### A 13

**Dr.-Ing. Stefan Geiß**, Dipl.-Ing. Lars Gerding, Freudenberg FCCT KG, Weinheim  
Matthias Adler, Freudenberg Forschungsdienste KG, Weinheim

**Seals for Fuel Cells – Challenges for Material and Technology**

The sealing material is essential to achieve lifetime targets in fuel cells. Amongst the mechanical properties of the material, the chemical stability in water, air, acid; coolant and eventually methanol are of importance as well as the general suitability for fuel cell applications. Cost targets can only be met by facilitating high volume processing like injection molding. The number of components can be reduced significantly by integrating the seal onto mechanically sensitive stack components like graphitic bipolar plates and gas diffusion layers. Therefore elastomere materials with a low viscosity

**Dichtungen für Brennstoffzellen – technische und werkstoffliche Herausforderungen**



Bei der Erreichung von Lebensdauerzielen in PEM-Brennstoffzellen, spielt der Dichtungswerkstoff eine entscheidende Rolle. Neben den mechanischen Eigenschaften des Werkstoffs, ist vor allem die Medienbeständigkeit gegen Wasser, Luft, Säuren, Kühlmittel und ggf. Methanol sowie eine allgemeine Brennstoffzellenverträglichkeit zwingend erforderlich.

Um Kostenziele zu erreichen, muss der Werkstoff eine Verarbeitung in einem großserienfähigen Verfahren erlauben. Die Anzahl der Komponenten einer Brennstoffzelle lässt sich u. a. durch die

are required.

A new type of sealing material based on polyolefin chemistry is presented, which meets the above mentioned requirements. Besides a good relaxation behavior and the necessary fuel cell compatibility its main advantage is the ease of processing, including the manufacturing process of integrated seals on fuel cell components.

Direktintegration der Dichtung auf geeignete Komponenten reduzieren. Bei langen Fließwegen und mechanisch empfindlichen Integrationspartnern, wie den Bipolarplatten oder den Gasdiffusionslagen, ist eine niedrige Viskosität des Dichtungswerkstoffes gefordert.

Zur Zielerreichung ist eine neue Werkstoffklasse basierend auf der Polyolefin-Chemie entwickelt worden. Sie besitzt eine gute chemische Beständigkeit und zeichnet sich durch eine hervorragende Brennstoffzellenverträglichkeit und eine sehr gute Verarbeitbarkeit zu integrierten, profilierten Dichtungen aus.

## A 14

**Dipl.-Ing. Michael Offerdinger**, Dr.-Ing. Dietmar Frey, ZF Friedrichshafen AG, Friedrichshafen

### Development Trends of Seal Rings

In powershift or automatic transmissions, the hydraulic shifting pressure for the shifting pistons is directed through rotating components. These dynamically loaded pressure supply points (hydraulic oil feeds) consist of groove recesses with inserted rectangular rings (piston seals). Gray cast rectangular rings have so far been used for the bulk of applications. Increasing loads and the need for optimized effectiveness require the use of other sealing ring materials, especially of high-performance plastics. The chances and potentials provided by these alternative seals are demonstrated on the basis of test bench results.

### Entwicklungstendenzen bei Druckölzuführungen

  DE

In Lastschaltgetrieben oder Automatgetrieben wird der hydraulische Schalldruck für die Schaltkolben durch rotierende Bauteile geführt. Diese dynamisch beanspruchten Druckübergabestellen (Druckölzuführungen) bestehen aus Nuteinstichen mit eingesetzten Rechteckringen (Kolbenringen). Ein Großteil der bisherigen Anwendungen wird mit Grauguß-Rechteckringen abgedeckt. Zunehmend höhere Beanspruchungen und Optimierungsbedarf im Bezug auf Wirkungsgradverbesserungen erfordern den Einsatz anderer Dichtringwerkstoffe, vornehmlich Hochleistungskunststoffe. Anhand von Ergebnissen aus Prüfstandsversuchen werden die Chancen und Möglichkeiten dieser alternativen Dichtungen aufgezeigt.

## A 15

**Bernd Murthum**, Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH, Stuttgart

### Global O-Ring Standard – Opportunities for the New ISO 3601

The quest for a viable solution facilitating the use of imperial and metric values led to the revision of the existing ISO 3601. The well established and accepted AS 568B standard with its respective O-ring dimensions has now been consolidated in two tolerance classes under the ISO 3601 in order to meet American, European as well as Asian requirements. The new set of ISO 3601 standards contains hardware design recommendations as well as relevant anti-extrusion ring (back-up ring) data. A definition of permissible O-ring surface defects and data related to material selection completes the work.

### Weltnorm für O-Ringe – Die Chancen der neuen ISO 3601

  DE

Auf der Suche nach einer praktikablen Lösung, die sowohl mit Inch-Angaben als auch metrischen Maßen arbeiten lässt, ist die ISO 3601 für O-Ringe überarbeitet worden. Die als Stand der Technik weitverbreiteten AS-568B-Abmessungen sind nun als ISO-Größen mit zwei Toleranzklassen kombiniert, um sowohl amerikanische als auch europäisch-asiatische Arbeitsweisen zu erfüllen. Dem Normungspaket wurden Konstruktionshinweise und Einbauempfehlungen sowie Angaben zu Stützringen hinzugefügt. Die Definition zulässiger Oberflächenfehler an O-Ringen und Angaben zur Werkstoffauswahl runden die ISO 3601 ab.

---

**A – Session 6: Energy Conservation / Friction / Wear**
**A – Session 6: Energieeinsparung / Reibung / Verschleiß**


---

**A 16**
**Dipl.-Ing. Claus Gerald Pflüger**, Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Haas, IMA der Universität Stuttgart

**Pushing the Limits – Systematic Texturing of Narrow Slide Faces**
**Energieeinsparung und hohe Leistungsgrenzen – schmale Gleitflächen gezielt strukturieren**
 **DE**

Narrow slide faces with hydrostatic and hydrodynamic textures are the best choice for contacting seals. These textures generate a stable, separating, lubricating and cooling fluid film between the slide faces, so the system practically works non-contacting, in this way. Extreme pressures and sliding speeds can be handled reliable. A huge reduction of friction can be achieved.

Schmale, mit hydrostatisch und hydrodynamisch wirksamen Strukturen versehene Gleitflächen, eignen sich hervorragend für berührende Dichtungen. Diese Strukturen bauen einen stabilen, trennenden, schmierenden und kühlenden Schmierfilm zwischen Gleitflächen auf. Die Dichtung läuft praktisch berührungsfrei. Extremer Druck und Gleitgeschwindigkeiten lassen sich so dauerhaft betriebssicher beherrschen. Die Reibleistung sinkt drastisch.

**A 17**
**Mohammad Bagher Rahaei**, Materials and Energy Research Center, Teheran, MSC Mojtaba Kholghi, Professor Ali Shafiye, University of Technology, Isfahan, **IRAN**
**Primary Evaluation of Fabrication of Mechanical Seal Rings by Combustion Synthesis Process**
**Grundlegende Bewertung des Herstellungsprozesses von Gleitringen durch Verbrennungs-Synthese-Prozess**
 **EN**

This paper describes the wear behavior of combustion synthesized TiB/Ti composites compared to SiC ceramics concerning their usability as mechanical face seal ring in aqueous environment.

Der Artikel beschreibt das Verschleißverhalten von pulvermetallurgisch hergestellten TiB/Ti Werkstoffen im Vergleich zur SiC-Keramik bezüglich eines Einsatzes als Dichttringwerkstoff für wässrige Medien bei Gleitringdichtungen.

Tribology tests, material test as well as tests in pumps demonstrated that TiB/Ti composites showed lower friction and less wear than SiC and therefore are a well suited alternative to SiC.

In tribologische Untersuchungen, Werkstoffuntersuchungen, als auch bei Test in Wasserpumpen zeigten die TiB/Ti Werkstoffe niedrigere Reibung, niedrigeren Verschleiß als SiC und sind somit interessante Alternativwerkstoffe.

**A 18**
**Dipl.-Ing. (FH) Dieter Ziegenbein**, Burgmann Industries GmbH & Co. KG, Wolfratshausen

**DiamondFaces® – The New Dimension in Coating Sliding Faces**
**DiamondFaces® – Die Innovation in der Gleitflächenbeschichtung**
 **DE**

The EagleBurgmann DiamondFaces technology is a micro-crystalline diamond coating for mechanical seals which provides outstanding wear protection in conditions of dry-running, mixed friction and abrasive media. As a result, the service life of mechanical seals for applications in oil and gas, chemical and pharmaceutical industry have increased many times, the maintenance intervals correspondingly extended.

Die Diamanttechnologie von EagleBurgmann, eine mikrokristalline Diamantbeschichtung für Gleitringdichtungen bietet guten Verschleißschutz im Trockenlauf, bei Mischreibung und abrasiven Medien. Die Lebensdauer von Gleitringdichtungen für Anwendungen in der Öl- und Gasindustrie, Chemie, und Pharma wird um ein Vielfaches erhöht, die Wartungsintervalle entsprechend deutlich verlängert.

This paper describes the development of crystalline diamond coating technology and the application in the mechanical seal sector.

Diese Ausarbeitung beschreibt die Entwicklung und Anwendungen der kristallinen Diamantbeschichtung in der Gleitringdichtungstechnik

**A 19**

**BSME David M. Toth**, Dr. Bhawani Tripathy, Frederick Hatch, Federal-Mogul Corporation, Ann Arbor, **UNITED STATES**

**CO<sub>2</sub> Emission Reduction Resulting from Low Energy Consuming Radial Lip Seal Designs**



To reduce CO<sub>2</sub> emissions, new sealing designs are being developed to lower the energy required to perform the dynamic radial shaft sealing function. A new approach to seal design using an enhanced, flexural-capability elastomer hinge is discussed. Torque testing comparisons of this new design to traditional are made. Estimates of power consumption and CO<sub>2</sub> emissions are also calculated.

**Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes durch energiesparende Radialwellendichting-konstruktionen**

Zur Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes werden neue Ansätze ermittelt, welche den notwendigen Energieverbrauch zur Aufrechterhaltung der Dichtfunktion verringern. Speziell zur Diskussion steht ein neues Dichtungskonzept, welches eine moderne, flexible, elastomere Anbindungstechnik der Dichtgeometrie verwendet. Drehmomentvergleiche dieser neuen Technologie zum aktuellen Stand der Technik werden gemacht. Energieverbrauchsmessungen werden mit CO<sub>2</sub>-Verbrauchsschätzungen abgeglichen.

**A – Session 7: Energy Conservation / Friction / Wear**

**A – Session 7: Energieeinsparung / Reibung / Verschleiß**

**A 20**

**Dipl.-Ing. Armin Hermann**, Prof. Dr. Thomas Dabisch, Merkel Freudenberg Fluidtechnik GmbH, Schwalmstadt

**Influence on Tribological Behaviour of Pneumatic Actuators due to Modifications of Polymer Compounds**



Polymer materials for sealing applications in pneumatic actuators are modified by compounding solid lubricants and plasma surface coating.

Application specific selection criteria derived from physical properties, microscopic scans and tribo tests on flat samples are demonstrated.

Scale-up from tribological test models to real application set up is introduced, concluded by a benchmarking of these models regarding their predictive information yield in real case application.

**Werkstoffmodifikationen und ihre Auswirkungen in pneumatischen Applikationen unter tribologischen Aspekten**

Polymerwerkstoffe für Dichtungsanwendungen in pneumatischen Aktuatoren werden durch das Eincompoundieren von Festschmierstoffen und Plasma-beschichtung modifiziert.

Anwendungsspezifische Auswahlkriterien abgeleitet von physikalischen Kennwerten, mikroskopischen Aufnahmen und tribologischen Tests an Prüfplatten werden beschrieben.

Die Übertragung tribologischer Modelle auf die reale Anwendung wird beschrieben, abgeschlossen mit einer Bewertung dieser Modelle im Hinblick auf ihre Aussagefähigkeit für reale Anwendungen.

**A 21**

**Dipl.-Ing. Matthias Wangenheim**, Leibniz Universität Hannover, Prof. Dr. Mihaly Kozma, M.Sc. Laszlo Mate, Institute of Machine Design, Budapest University of Technology and Economics, **HUNGARY**, Dipl.-Ing. Philipp Grönefeld, Leibniz Universität Hannover

**Friction Behaviour of Grease Lubricated Seals**



Simulation procedures were developed to determine the friction behavior of different types of elastomer seals for rods like O-rings, and sleeve seals. The rheological properties of the grease was measured and used to calculate the grease film thickness in standing position and during sliding taking into

**Reibverhalten von fettgeschmierten Dichtungen**

In dieser Veröffentlichung wird eine Berechnungsmethode vorgestellt, um das Reibverhalten von Stangendichtungen wie etwa O-Ringen vorherzusagen. Dazu müssen rheologische Materialdaten des Schmiermittels bestimmt werden, so dass die Schmierfilmdicke in stationärem und gleitendem



consideration the conditions of elastohydrodynamic lubrication and boundary lubrication. It was proved that hydrodynamic lubrication state can be developed in the contact zone of the elastomer seals of rods at higher sliding speed, while at very low sliding speed the boundary lubrication dominates, in spite of the fact that the yield point of grease ensures continuous grease films at standing position up to a limit applied pressure. Comparing the measured and the calculated values of friction force of O-ring, it can be concluded, that the friction force depends on the volume of grease filling a part of the bushing leading the sliding rod.

Zustand der Dichtung in elastohydrodynamischer bzw. Grenzschichttreibungsumgebung berechnet werden kann. Dabei konnte nachgewiesen werden, dass bei der untersuchten O-Ring Dichtung bei schnellen Gleitgeschwindigkeiten elastohydrodynamische Zustände vorherrschen, während bei kleinen Geschwindigkeiten Effekte der Grenzschichttreibung überwiegen. Ein Vergleich zwischen gemessenen und gerechneten Ergebnissen der Reibung zeigen gute Übereinstimmung, dies setzt jedoch eine genaue Kenntnis der Fettmenge im System und des Fettverhaltens unter der Dichtung voraus.

## A 22

**Dr.-Ing. Patrick Klein**, Parker Hannifin GmbH & Co. KG, Prädifa – Packing Division, Bietigheim-Bissingen,  
Dr.-Ing. Géraldine Theiler, Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM), Berlin,  
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Klaus Friedrich, Institut für Verbundwerkstoffe GmbH, Kaiserslautern

### Tribological Behaviour of Short Carbon Fiber Reinforced PTFE and PEEK Composites



PTFE and PEEK, both are materials with outstanding properties regarding chemical resistance, thermal stability and friction and wear behavior. In this study the tribological behavior of PTFE and PEEK based composites with short carbon fiber reinforcement were investigated on a pin-on-disk configuration between room temperature and temperatures in cryogenic environments. The results show that the tribological behavior at room temperature is strongly influenced by the fillers and reinforcing carbon fibers. Contrary to this the tribological behavior in cryogenic environments is dominated by the polymer matrix.

### Tribologische Eigenschaften kohlenstoffverstärkter PTFE- und PEEK-Verbundwerkstoffe

PEEK und PTFE, beides Werkstoffe mit besonderen Eigenschaften hinsichtlich chemischer Beständigkeit, thermischer Stabilität sowie Reibungs- und Verschleißverhalten. In der hier vorgestellten Arbeit wurden PTFE- und PEEK-basierende Verbundwerkstoffe mit Kohlenstofffaserverstärkung hinsichtlich ihrer tribologischen Eigenschaften mit Hilfe der Stift-Scheibe-Anordnung in einem Temperaturbereich zwischen Raumtemperatur und Temperaturen in kryogenen Medien untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass Reibung und Verschleiß bei Raumtemperatur durch die Füll- und Verstärkungsstoffe stark beeinflusst werden, wohingegen die Polymermatrix das Verhalten in kryogenen Medien dominiert.

## B – Session 2: Reciprocating Seals (Pneumatics)

### B 1

**Eng. Luigi Mazza**, Professor Guido Belforte, MSc Marcello Conte, Politecnico di Torino – DIMEC, Torino, ITALY

### Study on Pneumatic Cylinder Piston Seals Behaviour



This paper presents an experimental and a numerical analysis of three different pneumatic cylinder piston seals for different mounting conditions and taking into account machining tolerances. The numerical analysis was carried out by means of a commercial finite elements code developing axisymmetric models; experimental contact pressure evaluation was carried out by means of pressure sensitive films.

## B – Session 2: Translator. Dichtungen (Pneumatik)

### Studie über das Verhalten von Kolbendichtungen in Pneumatikzylindern

Dieses Papier stellt eine experimentelle und numerische Analyse von drei verschiedenen pneumatischen Zylinder-Kolben-Dichtungen vor. Die Analysen sind für verschiedene Montagebedingungen und unter Berücksichtigung der Bearbeitungstoleranzen durchgeführt worden. Die numerische Analyse wurde mit der Hilfe eines kommerziellen Finite-Elemente-Programms durch Entwicklung von axialsymmetrischen Modellen durchgeführt; der Anpressdruck wurde durch druckempfindliche Filme evaluiert.

**B 2**

**Dipl.-Ing. (FH) Gonzalo Barillas**, Dipl.-Ing. Patrick Kinsch, Jürgen Jäckel, Marco Schönwälder, Merkel Freudenberg Fluidtechnik GmbH, Schwalmstadt

### **Cushioning Behaviour of Pneumatic Cylinders Depending on their Cushioning Seal Design**

A new cushioning seal for pneumatic drives is described. Its function integrating design offers several valuable advantages compared to conventional cushioning seals:

- Dynamic behaviour (no piston rebound during cushioning phase)
- Simplified cylinder cap design
- Safe and easy to assemble
- Mechanical damping of piston included
- Reduced number of components in the cylinder design

The tested prototypes confirmed the design expectations and the design principles will be extended to other dimensions and to a heat resistant design (FKM material)

### ***Einfluss von Endlagendämpfungsdichtungen auf das Bewegungsverhalten von Kolbenstangen in Pneumatikzylindern (Dämpfungsverhalten)***

  **DE**

Es wird eine neue Dichtung mit integrierten Funktionseigenschaften für die Endlagendämpfung von Standard Pneumatik Zylindern vorgestellt, die zu den bisherigen Dichtsystemen folgende Vorteile bringt:

- Besseres dynamisches Verhalten (keine Hubumkehrung bzw. kein Rückprallen in der Dämpfungsphase)
- Vereinfachter, kostengünstiger Einbauraum (Ausführung von Deckel)
- Montagesicherheit
- Mechanische Dämpfung des Kolbens
- Verringerung der Anzahl von Bauteilen (Dichtung erfüllt statische Dichtung und zusätzliche Halterung der Dichtung im Deckel entfällt)

Diese Vorteile bieten für die Hersteller von Antrieben in mehrerer Hinsicht einen erheblichen Mehrwert. Die Eigenschaften der getesteten Prototypen (für Zylinderdurchmesser 32 mm) aus Polyurethan werden nun auf andere Durchmesser und auf Dichtungen aus FKM übertragen, so dass die Baureihe für die Standardabmessungen fertig gestellt wird.

**B 3**

**Dipl.-Ing. (FH) Alexander Wohlers**, Prof. Dr.-Ing. Hubertus Murrenhoff, Institut für fluidtechnische Antriebe und Steuerungen (IFAS), RWTH Aachen

### **Experimental Determination of Friction at Pneumatic Elastomer Seals in Highly Dynamic Applications**

The design of a test rig is presented to be used for analyzing the friction at pneumatic elastomer seals. The measurement of high relative velocities of up to 10 m/s is one of the keypoints within the concept. The possibility of applying a pressure at one side of the seal is another challenge in the design. The paper shows further more how forces appearing due to oscillating masses are compensated using a mass force compensation gear box.

### ***Experimentelle Untersuchung der Reibkraft an pneumatischen Elastomerdichtungen in hochdynamischen Anwendungen***

  **DE**

Es wird eine Prüfstandskonstruktion vorgestellt mit der die Reibung an pneumatischen Elastomerdichtungen untersucht werden kann. Der Fokus des Prüfstandskonzepts wird dabei auf die in einer Spezialanwendung auftretenden hohen Relativgeschwindigkeiten von bis zu 10 m/s gesetzt. Die Möglichkeit zur Aufbringung eines an der Dichtung einseitig wirkenden Systemdrucks stellt eine weitere große Herausforderung dar. Weiterhin wird gezeigt, wie die aufgrund der großen Beschleunigungen auftretenden Massenkräfte durch ein Massenkraftausgleichsgetriebe kompensiert werden.

## B – Session 3: Reciprocating Seals (Hydraulics)

## B – Session 3: Translator. Dichtungen (Hydraulik)

### B 4

**Dr. rer. nat. Edgar Freitag**, Jürgen Jäckel, Merkel Freudenberg Fluidtechnik GmbH, Schwalmstadt, Guido Hohmann, Freudenberg Forschungsdienste KG, Weinheim

#### HDR-2C Two-Component Polyurethane Seal for Extreme Loads

#### HDR-2C – Eine Zweikomponenten-Polyurethandichtung für extreme Belastung

  DE

As a basis for the idea of a seal consisting of different materials to suit the respective functional areas of the seal, a new rod seal, type HDR-2C, produced in 2 bonded PU materials was introduced. Due to the use of functional-oriented materials, the temperature range of the seal can be increased and the extrusion behaviour greatly improved. The temperature behaviour is 20 to 25 K lower compared with standard seals produced in standard materials with same load frequency. In the upper temperature range over 80°C, the gaps can be increased in such a way that metal to metal contact does not occur when using plastic guide rings. The permissible gap size for the HDR-2C is compatible to seals fitted with backrings.

Ausgehend von der Idee bei einer Dichtung auf die jeweilige Funktion abgestimmte Werkstoffe einzusetzen, wurde eine aus zwei unterschiedlichen, fest verbundenen Polyurethanen bestehende neue Stangendichtung HDR-2C vorgestellt. Auf Grund des Einsatzes von funktionsbezogenen Werkstoffen konnten der Temperatureinsatzbereich deutlich erweitert und das Extrusionsverhalten stark verringert werden. Das Tieftemperaturverhalten bei gleicher Belastungsfrequenz liegt 20 bis 25 K niedriger im Vergleich zu üblichen Dichtungen aus Standardwerkstoff. Im oberen Temperaturbereich über 80°C konnten die Spaltweiten so erweitert werden, dass es beim Einsatz von Kunststoffführungen nicht zum metallischen Anlaufen kommt. Die zulässigen Spaltweiten für die HDR-2C liegen in der Größenordnung derer von Dichtungen mit Backringen.

### B 5

**Dipl.-Ing. Frank Steep**, Dr.-Ing. Guido Wüstenhagen, Merkel Freudenberg Fluidtechnik GmbH, Hamburg

#### Counter Surfaces of Hydraulic Seals within Heavy-duty Applications

  EN

$R_{pkx}$  has been proved as a strong indicator for wear and lifetime of a hydraulic sealing element. Merkel Counter-surface Parameters (MCP) with a set of parameters from the  $R_k$ -group has been established and refers to hardened steel surfaces. A first set of parameters for ceramic coated rods is available. MCP should increase the performance of sealing systems.

#### Gegenläufigen für Hydraulikanwendungen in der Schwerindustrie

$R_{pkx}$  konnte als deutlicher Indikator für den Verschleiß einer Hydraulikdichtung herausgearbeitet werden. Merkel Counter surface Parameters (MCP) mit Parameter aus der  $R_k$ - Gruppe wurde etabliert und bezieht sich auf gehärtete Stahl-Oberflächen. Ein Ausblick auf keramische Stangen liegt vor. MCP sollte die Leistungsfähigkeit von Dichtsystemen erhöhen.

### B 6

**Dipl.-Ing. Ulrich Nißler**, Paal Verpackungsmaschinen GmbH & Co. KG, Remshalden, Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Haas, Dipl.-Ing. Lothar Hörl, IMA der Universität Stuttgart

#### Differences in Evaluating Leak-tightness by Different Evaluating Methods

#### Unterschiede in der Dichtheitsbewertung durch verschiedene Bewertungsverfahren

  DE

Leakage is a main point of criticism at hydraulic applications. The rod seal of a hydraulic cylinder is a crucial point, since there leakage gets directly into the environment. There are different procedures to detect a decreasing sealing ability even before leakage occurs.

Leckagen sind Hauptkritikpunkte an hydraulischen Geräten. Die Stangendichtung eines Hydraulikzylinders ist ein neuralgischer Punkt, da Leckage dort unmittelbar in die Umwelt gelangt. Es gibt verschiedene Bewertungsverfahren um eine abnehmende Dichtgüte zu detektieren bevor Leckage auftritt.

Results of leakage measurements, pumping rate

measurements, film thickness measurements and FE-calculations are presented. The differences between the individual procedures are described and discussed.

Ergebnisse aus Leckagemessungen, Förderwertmessungen, aus Schmierfilmdickenmessungen und FE-Simulationen werden gegenübergestellt, die Unterschiede zwischen den einzelnen Bewertungsverfahren werden erläutert und bewertet.

## B 7

**Dipl.-Ing. Jan Schumacher**, Dipl.-Ing. Claus Enekes, Prof. Dr.-Ing. Hubertus Murrenhoff, IFAS der RWTH Aachen, Dipl.-Ing. Alex Bagh, Prof. Dr.-Ing. Christian Brecher, WZL der RWTH Aachen

### Investigation of Interaction between Sealing Materials and Newly Developed Biological Esters

### *Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Dichtungswerkstoffen und neu entwickelten biologischen Estern*



The compatibility between sealing material and oil is a precondition for the function of a sealing system. This Paper confirms that FKM is a good sealing material for applications with esters. Furthermore it is shown that the ageing behavior is improved by the tested sealing materials. The results, achieved in the laboratory, are affirmed in a tribometer test bench.

Die Verträglichkeit zwischen Dichtungswerkstoff und Öl ist Voraussetzung für die einwandfreie Funktion eines Dichtsystems. Der Beitrag bestätigt, dass FKM der geeignete Werkstoff für Anwendungen mit Estern ist. Des Weiteren wird gezeigt, dass das Alterungsverhalten der Öle von den untersuchten Dichtungswerkstoffen verbessert wird. Die Laborergebnisse werden mit Versuchen an einem Tribometerprüfstand bestätigt.

## B – Session 4: Static Seals

## *B – Session 4: Statische Dichtungen*

## B 8

**Dipl.-Ing. Stephan Maier**, Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Oliver Göb, Dipl.-Ing. (FH) Reiner Drews, Elring Klinger AG, Dettingen

### Concepts of Static Seals for Automotive Transmissions

### *Konzepte statischer Automobil-Getriebeabdichtungen*



Properties of the different concepts for static seals for automotive transmissions metaloprint, soft materials bonded on metal plates and metaloseal are compared.

Eigenschaften der Getriebeabdichtungskonzepte Metaloprint, weichstoffbeklebter Stahloder Aluminiumgetriebeplatten und Metaloseal werden verglichen.

Two important proof tests for transmission gaskets, the pulsation test and the thermocycle test, are introduced.

Zwei wichtige Evaluierungstests für Getriebeabdichtungskonzepte, der Pulsationstests und der Thermozyklustest, werden vorgestellt.

From these tests results are shown for gaskets based on soft materials bonded on steel plates.

Ergebnisse aus Evaluierungstests an weichstoffbeklebten Stahlgetriebeplatten werden vorgestellt.

## B 9

**Dipl.-Ing. Stefan Reinhardt**, Dipl.-Ing. Jan-Peter Reibert, Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Haas, IMA der Universität Stuttgart

### Liquid Gaskets – Bolted Joint or Glued Joint

### *Flüssig abgedichtete Flächendichtstellen – Schraubenverbindung oder Klebverbindung*



The sealing principle of a liquid gasket is to bond two parts by means of adhesion between the sealing and the flanges. In the classical process of designing such a liquid gasket however, the influence of the gasket itself on the strength of the sealing system is not being taken into account at all. In the traditional dimensioning it is treated as a pure force-locked connection. In reality a liquid gasket sealing is a combination of a force-locked and an

Das Dichtprinzip einer flüssig abgedichteten Flächendichtstelle ist das Kleben an den Flanschen. Bei der klassischen Auslegung der flüssig abgedichteten Flächendichtstelle wird jedoch das Kleben in keinem Schritt berücksichtigt. Die Auslegung erfolgt als reine kraftschlüssige Verbindung. In der Realität ist die flüssig abgedichtete Flächendichtstelle eine Kombination aus kraft- und stoffschlüssiger Verbindung. Hieraus stellt sich die Frage, ob bei der

adhesive connection. Consequently the question can be raised whether the conventional dimensioning gives away the potential of the adhesive component.

This article discusses the potential of the adhesive component at different operating conditions. It takes also into consideration its influence on the fatigue strength of the sealing connection.

klassischen Auslegung nicht das Potential der stoffschlüssigen Verbindung verschenkt wird.

Der Artikel gibt Aufschluss, welches Potential bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen im stoffschlüssigen Anteil der Verbindung steckt. Dabei wird auch die Dauerfestigkeit der Dichtverbindung berücksichtigt.

## B 10

**Dipl.-Ing. Rolf Hahn**, Prof. Dr.-Ing. Eberhard Roos, Dr.-Ing. Hans Kockelmann, Materialprüfungsanstalt (MPA) Universität Stuttgart

### **Blow-out Safety Proof for Gaskets in Bolted Flange Connections**

### ***Nachweis der Ausblassicherheit für Dichtungen in Flanschverbindungen***

  DE

At MPA Stuttgart a test procedure for the blow-out safety proof for bolted flange connections was developed and validated. On this basis the aspect "blow-out safety" can be included in the design. In this presentation the results of numerous tests mainly on PTFE-based gaskets are reported, which are of particular interest in view of blow-out safety due to their low friction coefficient and the low gasket stress e. g. in glass fibre reinforced and enamelled flanges.

An der MPA Stuttgart wurde ein Prüfverfahren für den Nachweis der Ausblassicherheit von Flanschverbindungen entwickelt und validiert. Auf dieser Basis kann der Aspekt „Ausblassicherheit“ bereits in die Auslegung von Flanschverbindungen einbezogen werden. Über die Untersuchungsergebnisse vornehmlich an PTFE-basierten Flanschdichtungen, bei denen sich die Frage der Ausblassicherheit angesichts des geringen Reibkoeffizienten dieser Dichtungen und der häufig gegebenen geringen Pressung in Kunststoff- und emaillierten Flanschen in besonderem Maße stellt, wird in diesem Beitrag berichtet.

## B 11

**Dipl.-Ing. Norbert Weimer**, KLINGER GmbH, Idstein

### **Stable PTFE-material for Narrow Gaskets**

### ***Druckstandfeste PTFE-Materialien für schmalrandige Dichtungen***

  DE

This paper explains the behaviour of screw-type connections and the corresponding effects on flat gasket rings. Requirements for the gaskets will be defined and compared with the properties of different typical gasket materials. The application based selection of gasket material will be cross-checked with practical experiences with a special low creep PTFE-based gasket material. Application fields will be presented.

Das Paper beschreibt das Verhalten von Verschraubungen und erläutert die dadurch auftretenden Probleme für die Dichtungen. Ausgehend davon werden Anforderungen definiert und mit den Eigenschaften der verschiedenen üblichen Dichtungsmaterialien verglichen. Die drauffin erfolgte anwendungsgerechte Auswahl wird mit der Praxiserfahrung mit einem speziellen druckstandfesten Dichtungsmaterial auf PTFE-Basis gegengeprüft. Verschiedene Anwendungsbereiche werden vorgestellt.

## **B – Session 5: Material Characteristics**

## ***B – Session 5: Werkstoffeigenschaften***

## B 12

**Dr. rer. nat. Dipl.-Ing. Lucian Pasieka**, Festo AG & Co. KG, Esslingen

### **Reversible Resilience of Elastomers – Experimental Investigations and FEM Analysis**

### ***Reversibles Rückstellverhalten von Elastomeren – experimentelle Untersuchungen und FEM-Analyse***

  DE

Examinations relating to the compression set to DIN ISO 815 occurring in elastomers show that the samples, when observed further in the recovery phase, reset themselves only very slowly, but

Untersuchungen zum Druckverformungsrest nach DIN ISO 815 an Elastomeren belegen, dass die Proben bei weiterer Beobachtung in der Erholungsphase nur sehr langsam zurückstellen, bei wieder-

almost reach the original initial height when put back into storage at 100 °C. This process can be mainly interpreted as physical relaxation. Using a reversible, linear-viscoelastic model, an excellent concordance can be reached between measured values and FEM analysis. Deformations which remain insignificant as a result of irreversible changes are not represented by this model.

holter Einlagerung bei 100 °C jedoch nahezu die ursprüngliche Ausgangshöhe erreichen. Dieser Vorgang lässt sich überwiegend als physikalische Relaxation deuten. Mit einem reversibel linear-viskoelastischen Modell wird eine recht gute Übereinstimmung zwischen Messwerten und FEM-Analyse erreicht. Geringfügig bleibende Verformungen infolge irreversibler Veränderungen werden von diesem Modell nicht abgebildet.

## B 13

**Dr. Gert Wahl, Matthias Plefka, Schunk Kohlenstofftechnik GmbH, Heuchelheim**

### **Carbon Materials – New Developments for the Use in High Duty Axial Face Seals**

Carbon materials are known for their excellent marginally lubricated conditions and dry-running properties. That's why they are used whenever sliding and frictional contacts can not be lubricated or in contact with materials having themselves poor lubricity or if dry run might occur. Carbon materials are therefore also especially appropriate for being used as sealing ring in many high duty axial face seals. Both, the increasing variety of fields of application and operating conditions getting more and more critical, can overstress traditional carbon materials.

But also the further application oriented improvement of carbon materials goes ahead, focussing on:

- Extraordinary stability and dimensional accuracy
- Strongest chemical and temperature resistance
- Dry-running ability even under absolutely dry conditions
- Special material structures for the optimization of hydrodynamic effects.

Further development of advanced carbon materials will be presented.

### **Carbonwerkstoffe – Werkstoffentwicklungen für die Anwendung in hochbelasteten Gleitringdichtungen**



Carbonwerkstoffe zeichnen sich durch exzellente Not- und Trockenlaufeigenschaften aus. Sie werden daher immer dann eingesetzt, wenn Gleit- und Reibstellen nicht geschmiert werden können oder in Kontakt mit Medien, die selbst eine schlechte Schmierfähigkeit aufweisen bzw. wenn Trockenlauf auftreten kann. Kohlenstoffwerkstoffe sind daher auch prädestiniert für den Einsatz als Dichtungsring in vielen hochbelasteten Gleitringdichtungen. Die Anwendungsgebiete werden immer vielfältiger, die Einsatzbedingungen zunehmend kritisch, was herkömmliche Kohlenstoffwerkstoffe überlasten kann.

Aber auch die anwendungsnahe Weiterentwicklung der Carbonwerkstoffe schreitet voran mit Fokus auf:

- Außergewöhnliche Festigkeit und Maßstabilität
- Beste chemische und Temperaturbeständigkeit
- Trockenlauffähigkeit auch unter absolut trockenen Bedingungen
- Besondere Werkstoffgefüge zur Optimierung hydrodynamischer Effekte

Werkstoffentwicklungen werden vorgestellt.

## B 14

**Dipl.-Ing. (FH) Oliver Zach, Roland Mittelhammer, SGL TECHNOLOGIES GmbH, Meitingen**

### **Temperature Resistance of Graphite Sealing Materials – Test Methods, Analysis, Comparison**

Oxidation protected graphite materials offer in comparison to commercially available grades a significant higher temperature resistance.

Because of sealing failures due to inferior quality of sealing materials the Dutch chemical companies of the CAPI Group specified an oxidation test for graphite materials based on an existing test according EN 14772.

### **Temperaturverhalten von Graphitdichtungsmaterialien – Testmethoden, Untersuchungen, Vergleiche**



Im Vergleich zu handelsüblichen Graphitqualitäten weisen oxidationsgeschützte Graphitdichtungsmaterialien eine erheblich verbesserte Temperaturbeständigkeit auf. Aufgrund negativer Erfahrungen mit Dichtungsausfällen, die auf mangelnde Qualität des verwendeten Dichtungswerkstoffes zurückzuführen waren, haben die niederländischen Anlagenbetreiber der CAPI-Group einen Oxidationstest in ihre Spezifikation aufgenommen, welcher sich an einen bestehenden Oxidationstest in der EN 14772 anlehnt.

**B 15****Dr. Eddie McCarthy**, Precision Polymer Engineering, Blackburn, **UNITED KINGDOM****Factors Affecting the Coefficient of Thermal Expansion for Fluoroelastomer Sealing Material**

This paper examines the causes of elastomer thermal expansion, including experimental studies on empty and filled fluoroelastomer matrices. The main objective is to determine and explain the effect of filler loading on the thermal expansion coefficient of fluoroelastomers.

It is demonstrated that the greatest effect of filler loading on the value of the instantaneous thermal expansion coefficient occurs at temperatures below 100°C, with a negligible effect at temperatures in excess of this value.

**Faktoren, die den Wärmeausdehnungskoeffizienten von Dichtungsmaterial aus Fluorelastomer beeinflussen**

Diese Abhandlung untersucht die Hauptursachen von Wärmeausdehnung in Fluoroelastomeren einschließlich Versuchsstudien mit leeren sowie befüllten Fluoroelastomer-matrizen.

Das Hauptziel ist, den Einfluss von Füllern auf den Wärmeausdehnungskoeffizienten von Fluoroelastomeren zu bestimmen und zu erklären.

Dabei hat sich gezeigt, dass der größte Einfluss von Füllern auf den Wärmeausdehnungskoeffizienten bei Temperaturen unter ca. 373 °K auftritt. Bei Temperaturen über 373 °K kann dieser Effekt vernachlässigt werden.

**B – Session 6: Simulation****B – Session 6: Simulation****B 16****Dipl.-Ing. Stephan Rübartsch**, IAV GmbH, Chemnitz**Design and Optimization of Sealings Based on FEM-application**

In many cases the friction parameters of a sealing system are unknown or are available only as a rough approximate value. For a simulations of the system, the coefficients of friction must however in most cases be indicated. In this paper is presented, how by coupling of FEM simulation and modern optimization procedures, these coefficients accurately could be determined. Thus complex and longsome series of measurements are unnecessary .

**Anwendung der FEM zur Auslegung und Optimierung von Dichtungslösungen**

In vielen Fällen sind die Reibparameter eines Dichtsystems unbekannt oder liegen nur als grober Richtwert vor. Für eine simulative Abbildung des Systems müssen jedoch in den meisten Fällen Reibkoeffizienten angegeben werden. Im Beitrag wird vorgestellt, wie durch Kopplung von FEM-Simulation und modernen Optimierungsverfahren, diese Koeffizienten exakt bestimmt werden können. Somit entfallen aufwendige und langwierige Messreihen.

**B 17****Prof. Dr. Richard F. Salant**, Azam Thatte (M.S.), Georgia W. Woodruff School of Mechanical Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia, **UNITED STATES****Transient Model of a Hydraulic Rod Seal**

A transient numerical model of a hydraulic rod seal has been developed to take account of the varying rod speed. Typical results are presented for an injection molding application. These include the cyclic histories of such performance characteristics as the instantaneous flow (leakage) rate, net fluid transport, lubricating film thickness, contact pressure and fluid pressure distributions, and the friction force on the rod.

**Übergangsmodellierung hydraulischer Stangendichtungen**

Ein transientes numerisches Modell einer hydraulischen Stangendichtung wurde entwickelt, das die veränderliche Stangengeschwindigkeit berücksichtigt. Typische Ergebnisse für eine Anwendung aus der Spritzgusstechnik werden dargestellt. Diese umfassen das periodische Verhalten von charakteristischen Größen wie dem momentanen und dem resultierenden Fluid-Volumenstrom, der Schmierfilmdicke, der Flächenpressungs- und der Fluid-druck-Verteilung sowie der Reibungskraft an der Stange.

**B 18**

**PhD Bhagwati Gupta**, M.E Larry Castleman, Trelleborg Sealing Solutions Americas, Fort Wayne, Indiana, **UNITED STATES**

**Viscoelastic Effect on the Performance of Elastomeric and Plastic Seals by Finite Element Analysis (FEA) Method**



This paper describes FEA methods to calculate the viscoelastic effect (stress relaxation and creep) of seals. Test results of samples of a number of elastomeric and plastic materials are given, along with the results of viscoelastic analyses by FEA of these samples. Comparison is made to validate these results. A PTFE Stepseal is analyzed by FEA after it is installed and pressurized. The subsequent decay in sealing stress distribution, shaft force, increase in creep strain and shape change at different temperatures are presented.

**Einfluss des visko-elastischen Effekts auf das Leistungsvermögen von Elastomer- und Kunststoffdichtungen dargestellt mittels FEM**

Die Veröffentlichung beschreibt Finite Element Methoden (FEM) zur Kalkulation des visko-elastischen Effektes von Dichtungen. Testergebnisse für eine Anzahl von Materialien werden ebenso beschrieben wie die Simulation der Versuche mittels FEM. Für einen PTFE Stepseals wird die Veränderung der Druckpressungsverteilung und der Form bei unterschiedlichen Temperaturen berechnet.

**B 19**

**Mick Holland C. Eng M. Eng**, Eberhard Erb, Precision Polymer Engineering Limited, Blackburn, **UNITED KINGDOM**

**Practical Approaches to Design Optimisation through the Use of Finite Element Analysis (FEA)**



The paper demonstrates how, through the use of only cost effective, readily available, temperature specific uni-axial stress-strain data, Ogden and Yeoh models can be accurately generated and utilized for rapid design optimisation with finite element analysis.

**Design-Optimierung in der Praxis durch Einsatz der Finite Element Methode (FEM)**

Dieser Vortrag demonstriert, wie durch die Verwendung von kosteneffizienten, unmittelbar verfügbaren und temperaturspezifischen einachsigen Zugversuchsdaten Ogden und Yeoh Modelle erzeugt und für Rapid Design Optimierung in Verbindung mit Finite Elemente Analysen angewandt werden können.

**B – Session 7: Simulation****B – Session 7: Simulation****B 20**

**Dipl.-Ing. Johanna Peters**, Institut für Modellierung und Berechnung, Technische Universität Hamburg-Harburg,

Dr.-Ing. Manfred Achenbach, Parker Hannifin GmbH & Co. KG Prädifa – Packing Division, Bietigheim-Bissingen,

Dr.-Ing. Volkert Wollesen, Prof. Dr.-Ing. Otto von Estorff, Institut für Modellierung und Berechnung, Technische Universität Hamburg-Harburg

**On the Modelling of the Behaviour of Static Seals with Temperature as Influence Factor**

**Zur Beschreibung des Verhaltens statischer Dichtungen unter dem Einfluss der Temperatur**



The low-temperature behaviour of static seals is investigated. Based on data obtained from a cooling experiment a molecular interpretation of the characteristics is presented. Constitutive equations are subsequently derived from thermodynamics. The identification of the involved material parameters is discussed. After comparison of numerical and experimental results a sealing application from the fuel rail is presented.

Im Rahmen dieser Arbeit wird das Tief-temperaturverhalten statischer Dichtungen betrachtet. Hierzu wird zunächst das in einem Abkühl-experiment beobachtete Verhalten eines Probekörpers über Betrachtungen zum molekularen Aufbau elastomerer Werkstoffe interpretiert. Anschließend wird gezeigt, wie sich mittels Ansätzen aus der thermodynamischen Materialtheorie konstitutive Gleichungen ableiten und wie



sich die enthaltenen Materialparameter bestimmen lassen. Nach dem Vergleich von Experiment und Berechnung wird als Anwendungsbeispiel ein O-Ring im Kraftstoffkreislauf betrachtet.

---

## B 21

**Dipl.-Ing. Thomas Papatheodorou**, Dr.-Ing. Manfred Achenbach, Parker Hannifin GmbH & Co. KG Prädifa – Packing Division, Bietigheim-Bissingen

### Modelling of Friction Phenomenon in Pneumatic Cylinders



Seal friction of pneumatic cylinders possesses uncertain properties due to the interference of various factors, and it may cause stick slip when the piston is driven at extremely low speed. A deeper understanding of the friction force is required for avoiding stick slip motion, which results in deterioration of performance. The Carlson-Batista-model represents a constitutive relation for friction between sealing lip surface and counter surface. These state equations depends not only on the velocity of the piston and the sealing pressure acting on the cylinder wall, but also on an internal state variable, which represents factors, which account for past loading periods.

### Modellierung von Reibungsphänomenen in pneumatischen Zylindern

Die Dichtungsreibung in Pneumatikzylinder weist unterschiedliche Eigenschaften auf, die zurückzuführen sind auf die Wechselwirkung von verschiedensten Faktoren. Dies kann unter anderem dazu führen das Stick-Slip generiert wird, wenn der Kolben bei extrem langsamen Geschwindigkeiten betrieben wird. Daher ist es notwendig ein tieferes Verständnis bezüglich der Reibkraft zu entwickeln, damit Stick-Slip in der Anwendung vermieden wird, da dies zu einer Verschlechterung des Betriebsverhaltens des Systems führen würde. Das Carlson-Batista-Modell stellt einen grundlegenden Zusammenhang bezüglich der entstehenden Reibung zwischen Dichtungs- und Gegenlaufoberfläche dar. Diese Zustandsgleichungen hängen nicht nur von der Kolbengeschwindigkeit und des im System wirkenden Drucks, sondern auch von einer internen Zustandsvariablen, welche die Historie des Systems beschreibt.

---

## B 22

**Privatdozent Dr.-Ing. Herbert Baaser**, Dipl.-Ing. Guido Hohmann, Freudenberg Forschungs-dienste, Weinheim

### Modelling of Dynamic Elastomer Behaviour in Industrial Applications

### Modellierung des dynamischen Elastomer-Verhaltens für industrielle Anwendungen



The aim of the talk is the description of a phenomenological material model incorporating the static and dynamic behaviour of elastomers for industrial applications such as seals and dampers. These highly nonlinear effects are connected with the names of Mullins and Payne, respectively. In that sense, we identify stress softening (Mullins) and permanent deformation as inelasticity, and describe additionally the occurrence of viscoelasticity in parallel, which is typically known for elastomers to decrease the dynamic stiffness with increasing the strain amplitude (Payne effect).

In diesem Artikel beschreiben wir ein phänomenologisches Werkstoffmodell, welches das statische und dynamische Verhalten von Elastomeren für industrielle Anwendungen wie Dichtungen und Dämpfer abbildet. Dabei berücksichtigen wir viskoses, also zeitabhängiges Verhalten, bei dem sich zusätzlich zur Frequenzabhängigkeit die dynamische Steifigkeit bei Zunahme der Belastungsamplitude verringert (Payne-Effekt). Die Modellierung der Viskosität im Zeitbereich wird mit Hilfe einer Prony-Reihe realisiert, deren Parameter durch eine DMA-Messung bestimmt werden. Zusätzlich werden die dadurch bestimmten charakteristischen Moduli modifiziert. Eine ähnliche Formulierung ergibt sich auch durch eine Erweiterung des Modells von Kraus. Wir passen die obige Formulierung an ebenfalls aus diesen Messungen gewonnene Daten an, die eine zusätzliche Abhängigkeit vom aufgetragenen Scherwinkel zeigen. Die vorgestellte Modellierung ist im Finite-Elemente-System Abaqus über die Umat-Schnittstelle realisiert. An einem Beispiel aus der Dichtungstechnik wird die Leistungsfähigkeit der

These individual effects are covered separately in the constitutive law. This permits a largely modular design of the material description on the basis of user interfaces in commercial FE programs and a much easier parameter adjustment. The aforementioned description of stress softening in the hyperelastic part is additionally controlled by means of the first invariant of the elastic deformation. The branch of time domain viscoelasticity is realized by the use of a hereditary integral formulation and the help of Prony series, where a well-defined

parameter calibration is focused especially in that part of the presentation. In addition, the amplitude dependence is addressed by a factorization of the material moduli with respect to an equivalent shear angle. Numerical studies are shown for illustrative applications.

Modellierung und ihrer Implementierung aufgezeigt.

## C – Session 8: Closing Lectures

## C – Session 8: Abschlussvorträge

### C 1

**B.Sc. Gordon Micallef**, Trelleborg Sealing Solutions Malta, Marsa, **MALTA**  
Dipl.-Ing. Axel Weimann, Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH, Stuttgart

#### **Bio Fuel systems – New Challenges for the Sealing Technology**



This paper gives an overview on the types of biofuels and their effects on common fluorine containing elastomer sealing materials. The main findings are that a significant difference exists between testing under laboratory and service conditions. In particular, the negative impact of water contamination in biodiesel and the effect of ethanol in high pressure gasoline systems.

#### **Bio-Kraftstoff-Systeme – Neue Herausforderungen für die Dichtungstechnik**

Dieser Vortrag zeigt eine Übersicht von Biokraftstoffen und deren Einfluss auf Elastomere, die einen Fluor-Gehalt haben. Die Ergebnisse zeigen beträchtliche Unterschiede zwischen Tests unter typischen Laborbedingungen und Tests unter bestimmte Praxisbedingungen berücksichtigen. Hierzu zählen die Wasseraufnahme von Biodiesel und die Anwendung von Dichtungen in der Hochdruckanwendung mit Beimischung von Bioethanol.

### C 2

**Didier Fribourg**, CETIM, Nantes, **FRANCE**  
Samuel Durand, MECA, Nantes  
Alain Audrain, Samuel Lemarie, CETIM, Nantes

#### **Experimental and Numerical Study of Mechanical Face Seals Secondary Seal**



An experimental and numerical study of mechanical seal secondary O'ring seal friction behaviour is presented.

A test device is described allowing imposing to the seal specific fretting solicitations under pressure and temperature. Results concerning leak rate, friction curves and surface degradations are discussed.

A mechanical modelling is presented to explain the seal friction dynamic behaviour depending of the complete and partial sliding mode, frequency, fluid pressure and temperature.

#### **Experimentelle und numerische Untersuchung der Sekundärdichtung von Gleitringdichtungen**

Experimentelle und numerische Untersuchungen über das Reibverhalten von O-Ringen als Sekundärdichtung in Gleitringdichtungen werden vorgestellt.

Es wird ein Prüfstand vorgestellt, womit spezifische Reibschwingungen unter Druck und Temperatur aufgebracht werden können. Ergebnisse hinsichtlich Leckgerate, Reibkraftverläufe und Oberflächenabtrag werden erörtert. Ein mechanisches Modell wird vorgestellt, welches das dynamische Dichtungs-Reibverhalten für vollständiges oder teilweises Gleiten über der Frequenz, Temperatur und dem Druck erklärt.