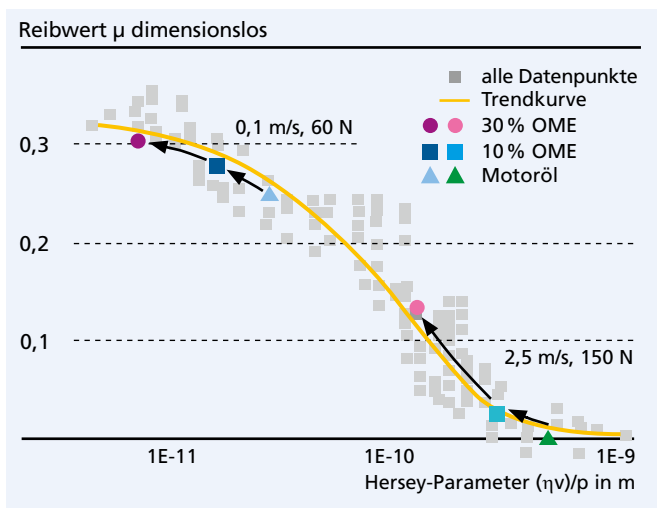


## CHARAKTERISIERUNG DER EINFLÜSSE REGENERATIVER KRAFTSTOFFE AUF DIE TRIBOLOGIE VON MOTORKOMPONENTEN

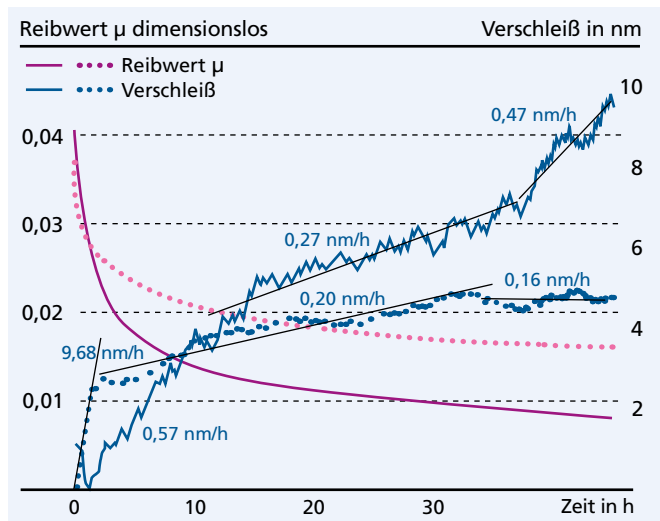
Durch Emissionsprobleme und durch das Aufkommen elektrischer Antriebe geraten Verbrennungsmotoren als Antrieb immer stärker unter Druck. In einigen europäischen Ländern wurde bereits ein Datum, nach dem Verbrennungsmotoren verboten werden sollen, festgelegt. Trotz des Trends zur Elektromobilität werden Verbrennungsmotoren aber weiterhin wichtig bleiben und noch lange im Einsatz sein, insbesondere im Transportbereich (LKW, Schiffe). Klimaschonende, synthetisch erzeugte Kraftstoffe, welche aus  $\text{CO}_2$  und Wasserstoff mit regenerativ erzeugtem Strom gewonnen werden sollen, könnten den Verbrennungsmotor »retten«. Dies wirft jedoch die Frage nach der Kompatibilität der vorhandenen Motor-komponenten mit einer erhöhten oxidativen Wirkung einiger regenerativer Kraftstoffe auf. Neben dem kraftstoffführenden System muss insbesondere der Brennraum aufgrund des erhöhten Temperaturniveaus und der Kraftstoffverschmutzung des Schmieröls hinsichtlich einer möglichen korrosiven Beeinflussung betrachtet werden. Als Teil der von der Fraunhofer-Gesellschaft und dem Land Baden-Württemberg geförderten »Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe« wurden die tribologischen Auswirkungen einer Verdünnung des Schmierstoffs durch Oxymethylenether (OME) untersucht und mögliche korrosive Effekte auf das System mit oberflächenanalytischen Methoden ermittelt.

### Die Reibung bestimmen hauptsächlich Viskositätseffekte

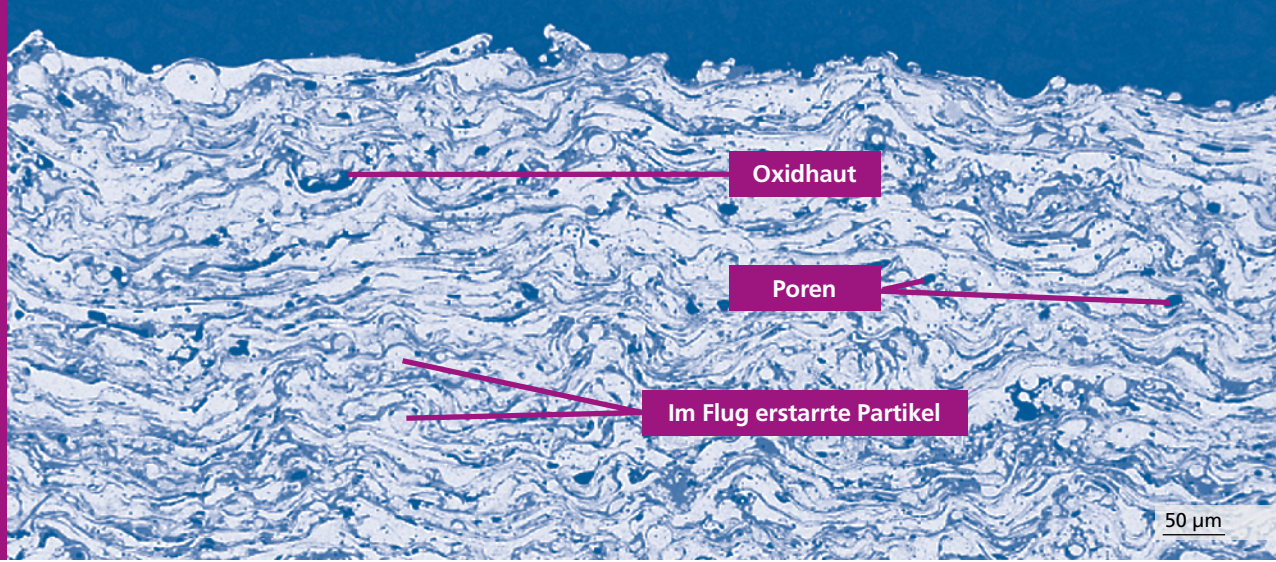
Um im Vorfeld von kostenintensiven motorischen Erprobungen zunächst die tribologischen Eigenschaften zu betrachten, wurden Tribometer-Tests mit unterschiedlichen OME-Konzentrationen in einem kommerziell verwendeten Motoröl durchgeführt. Die Öl-Kraftstoff-Mischungen enthielten 10, 20, 30 oder 50 Volumenprozent OME. Das Stiftmaterial für die tribologischen Experimente wurde speziell ausgewählt, um



1 *Stribeck-Diagramm des Reibungskoeffizienten als Funktion von Last, Gleitgeschwindigkeit und Viskosität.*



2 *Reibwerte und Verschleiß der Eisenspritzschicht als Funktion der Prüfzeit für unverdünntes Motoröl (gestrichelt) und für Öl mit 20 % OME-Verdünnung (durchgezogene Linie).*



3 Lichtmikroskopische Aufnahme der Mikrostruktur der in den tribologischen Experimenten eingesetzten Eisenspritzschicht.

einen DLC-beschichteten Kolbenring darzustellen, während das Scheibenmaterial eine moderne Zylinderlaufbuchsenoberfläche eines Verbrennungsmotors darstellen sollte. Die für das Scheibenmaterial auf Grauguss (EN-GJL-250) aufgebraute Spritzschicht wurde aus einem kohlenstoffarmen Stahl (EN 10016-2) abgeschieden und hatte nach der Abscheidung eine Dicke von bis zu 500 µm. Die wasserstoffhaltige PACVD DLC-Beschichtung wurde von der Gruppe »Tribologische und funktionale Schichtsysteme« beigesteuert. Zur Quantifizierung des Verschleißes im Modellsystem »DLC-thermische Spritzschicht« wurde die Radionuklidtechnik (RNT) eingesetzt, und so wurden die Verschleißraten der Spritzschicht hochaufgelöst in Echtzeit bestimmt.

Der Einfluss der OME-Verdünnung des Öls auf die Reibung lässt sich primär auf Viskositätseffekte zurückführen. Durch die Beimischung von OME wird die Viskosität reduziert und damit die Tragfähigkeit des Schmierfilms abgesenkt (siehe Abbildung 1). Weil sich bei hohen OME-Konzentrationen das Tribosystem in der Mischreibung aufhält, steigt der Reibwert mit zunehmender OME-Verdünnung an. Außerdem kann auch ein erhöhter Verschleiß der DLC-Schicht nach Versuchsende festgestellt werden. Die Echtzeit-Verschleißdaten der Eisenspritzschicht zeigen ebenfalls erhöhte Verschleißraten, allerdings verhält sich die Spritzschicht relativ gutmütig und kann als unkritisch eingeschätzt werden. Auf dem Gegenkörper können bei hohen OME-Verdünnung allerdings erste Anzeichen von abrasivem Verschleiß beobachtet werden, was auf den höheren Grenzreibungsanteil zurückzuführen ist.

### Keine korrosive Wirkung von OME

Um zu untersuchen, ob der erhöhte Sauerstoffgehalt des OME zu einer erhöhten Tribokorrosion führt, wurde mittels Rönt-

genphotoelektronenspektroskopie (XPS) in den Reibspuren, die mit reinem Motoröl und unter OME-Anteil gefahren wurden, oberflächennahe Tiefenprofile gemessen. In allen Reibspuren konnte unabhängig vom OME-Gehalt im Schmiermittel ein vergleichbarer Verlauf der Sauerstoffkonzentration detektiert werden. Dies ist in guter Übereinstimmung mit den bestimmten Verschleißraten, welche bei einem korrosiven Einfluss der OME-Verdünnung deutlich ansteigen müssten. Somit ist von keiner korrosiven Wirkung von OME bei diesem Tribosystem auszugehen.

Des Weiteren liegt eine Korrelation zwischen der Sauerstoffkonzentration und der Konzentration der Additive bei einer Tiefe von über 30 nm vor. Bei größer werdender OME-Konzentration werden zunehmend Oxide von bestimmten Additivelementen, nämlich Ca, Zn und P, registriert, welche gleichzeitig auch zum Anstieg der Sauerstoffkonzentration bei größeren Sputtertiefen führten. Zusammenfassend konnte durch oberflächenchemische Analysen keine Korrosion der Stahlspritzschicht nachgewiesen werden, sodass der Einsatz von OME als Kraftstoff sinnvoll erscheint. Eine Anpassung des Additivpakets auf neue regenerative Kraftstoffe ist dennoch zu empfehlen. Somit kann die hier erprobte Paarung von a-C:H-beschichteter Stift im Kontakt mit einer Eisenspritzschicht als aussichtsreiches Tribosystem für einen motorischen Betrieb mit OME gesehen und sollte in motorischen Versuchen genauer geprüft werden.

Prof. Dr. Martin Dienwiebel