

Gruppe

VERSCHLEISSCHUTZ, TECHNISCHE KERAMIK

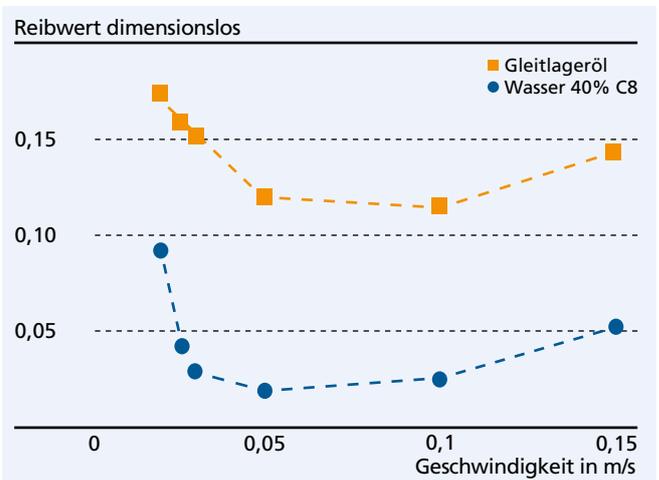
Dr. Andreas Kailer | Telefon +49 761 5142-247 | andreas.kailer@iwm.fraunhofer.de

BIOLOGISCH INSPIRIERTE, UMWELTFREUNDLICHE SCHMIERSTOFFE AUF WASSERBASIS

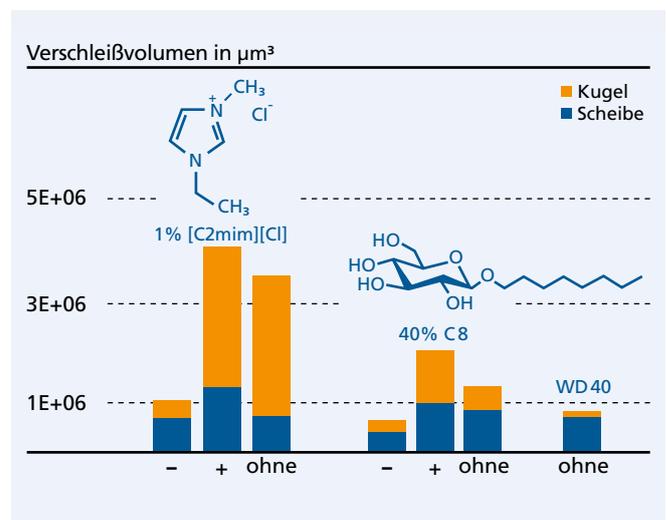
Reibung und Verschleiß verursachen weltweit Kosten von 250 Milliarden Euro und Emissionen von 8 120 Megatonnen CO₂ im Jahr. Nach heutigem Stand der Technik werden spezielle, auf die jeweiligen Anforderungen abgestimmte Schmierstoffe auf Mineralölbasis eingesetzt. Beispiele hierfür sind vielfältig eingesetzte Motor- und Getriebeöle. In Deutschland werden pro Jahr zirka 1 000 000 Tonnen Schmierstoffe verbraucht. Diese große Schmierstoffmenge ist mit erheblichen Belastungen für die Umwelt und mit hohen Kosten bei der Förderung, Herstellung und Entsorgung verbunden. Die Forschung des Fraunhofer IWM hat zum Ziel, Schmierstoffe auf Mineralölbasis durch wasserbasierte Schmierstoffe zu substituieren. Damit sollen niedrigere Reibungs- und Verschleißwerte realisiert werden. Das Ziel ist, den Einsatz umweltschädlicher Schmierstoffe zu verringern und zu effizienter Energienutzung und Nachhaltigkeit beizutragen.

Wasserschmierung millionenfach in Gleitlagern

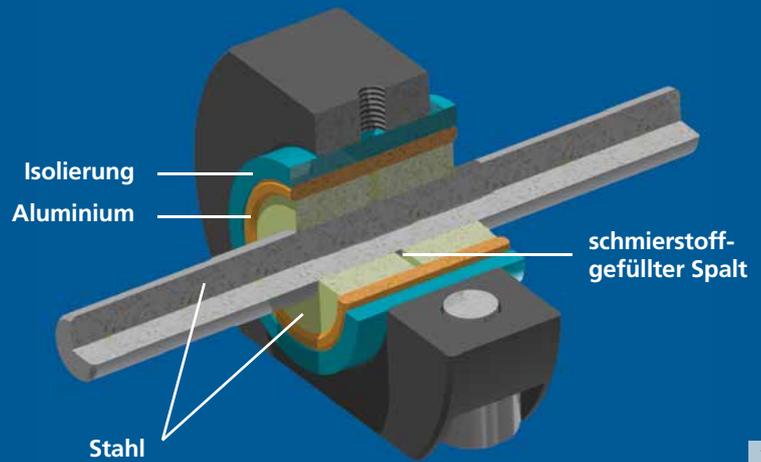
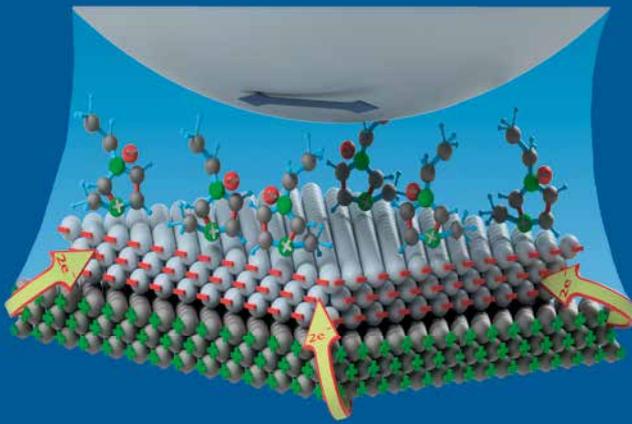
Im Anwendungsfokus stehen Gleitlager, da diese millionenfach in Elektromotoren und in der Feinwerktechnik eingesetzt werden. Als industrielle KMU-Projektpartner fungierten die Schmierstoffspezialisten der Dr. Tillwich GmbH Werner Stehr und die lolitec GmbH als Hersteller spezieller oberflächenaktiver ionischer Flüssigkeiten (ILs). In enger Kooperation mit der Universität Freiburg (IMTEK) wurden die grundlegenden Mechanismen und Wirkungen der wasserbasierten Schmierung untersucht. Das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg finanzierte dazu zwei aufeinander aufbauende Projekte. Zunächst wurden Grundlagen der Wasserschmierung erarbeitet, um die Realisierbarkeit in Anwendungen abzuschätzen. Dazu wurden spezielle oberflächenaktive Substanzen identifiziert, die sich als Additiv im Wasser eignen. Im Nachfolgeprojekt wurden die zuvor identifizierten Substanzen anwendungsnah an einem selbstentwickelten Tribometer für Radialgleitlager untersucht.



1 Reibwertermittlung. Nachweis der Reibwertreduzierung mit wasserbasiertem Schmierstoff im Vergleich zu einem Gleitlageröl in einem oszillierenden Modellreibversuch.



2 Verschleißbestimmung: Nachweis der Verschleißreduzierung mit wasserbasierten Schmierstoffen bei kathodisch induziertem Potenzial im Vergleich zu einem Gleitlageröl.



3 Galvanisch gesteuerte Anlagerung von Schmierstoffadditiven im Reibkontakt (links), ein Gleitlagerdesign mit galvanischer Kopplung (rechts).

Tribochemie und Korrosionsschutz

Die Nachteile von Wasser als Schmierstoff bestehen in der geringen Viskosität und hohen Korrosivität. Der innovative Lösungsansatz bestand daher in der kombinierten Verwendung von speziell additiviertem Wasser mit galvanisch induzierten elektrochemischen Potenzialen. Kernidee bei ersterem ist die Nutzung der tribologischen Wirkung oberflächenaktiver Fluide mit richtungsabhängigen Eigenschaften, die in Belastungsrichtung eine hohe, in Reibrichtung jedoch eine sehr niedrige Viskosität aufweisen. Dazu kommen Substanzen zum Einsatz, die unter Scherbedingungen eine flüssigkristalline Ordnung in der wässrigen Flüssigkeit annehmen (lyotrope Orientierung). Bei der galvanischen Induktion können korrosive Reaktionen, wie Oxidation, vermieden werden. Ein solches Potenzial wird auf einer Stahloberfläche beispielsweise durch Kopplung mit Aluminium in einem elektrisch leitfähigen wässrigen Medium erzeugt.

Die molekulare Wechselwirkung der Schmierstoffadditive mit der Oberfläche wird zusätzlich durch die induzierten Potenziale gesteuert. Dadurch lassen sich möglichst günstige Reibungs- und Verschleißbedingungen einstellen (Abbildung 3 links). Durch die Anlagerung der Moleküle auf der Stahloberfläche wird Verschleiß reduziert. Durch eine spezifische Molekülorientierung wird der Scherwiderstand in Gleitrichtung verringert.

Diese Oberflächeninteraktionen wurden mit einem Atomaren Kraftmikroskop AFM auf Nanoebene analysiert, um geeignete Zusatzmittel für Wasser zu identifizieren. Die gefundenen Zusatzmittel wurden tribologisch bei unterschiedlichen elektrochemischen Potenzialen untersucht. Basierend auf diesen Ergebnissen wurde ein Gleitlagerprüfstand mit einer galvanisch gekoppelten Lagerung entwickelt, um anwendungsnahe Prüfungen durchzuführen (Abbildung 3 rechts).

Additive mit höchster Energieeffizienz

Bei Reibversuchen mit oszillierender Gleitbeanspruchung wurden bei der Mischung von Wasser mit 40 Prozent nichtionischen Tensiden auf Zuckerbasis (Alkylpolyglucoside, C8) deutlich niedrigere Reibwerte als mit einem in der Praxis eingesetzten Gleitlageröl realisiert (Abbildung 1). Besonders wichtig bei der Anwendung im Gleitlager ist die Reduktion der Reibung über einen weiten Geschwindigkeitsbereich – sie wurde mit den verwendeten wasserbasierten Schmierstoffen deutlich nachgewiesen.

Beim Vergleich der Verschleißwerte wird die Effektivität der galvanischen Kopplung deutlich: Bei der Verwendung einer 40 Prozent C8 und 1 Prozent ionischen Flüssigkeit ([C2mim][Cl]) wird bei kathodischem Potenzial geringerer und bei anodischem Potenzial höherer Verschleiß als bei einer nicht polarisierten Probe erzeugt (Abbildung 2). Dadurch wird ein ähnlich geringer Verschleiß erzielt wie mit einem vollständig additivierten Gleitlageröl.

Entwicklung gebrauchsfähiger wasserbasierter Schmierstoffe

Die anwendungsnahe Gleitlagerprüfung mit den wasserbasierten Fluiden hat vielversprechende Ergebnisse gezeigt. Jetzt müssen aus diesen Fluiden vollständig additivierete Schmierstoffe entwickelt werden. Dazu ist ein Kooperationsprojekt mit den genannten Partnern beantragt. Zusätzlich besteht durch die Entwicklung des Gleitlagerprüfstands mit kontinuierlicher Verschleißmessung die Möglichkeit, direkt für Industriekunden tribologische Untersuchungen durchzuführen.

Dr. Tobias Amann, Dr. Andreas Kailer