



Dr. Johann Schnagl (l.) und Prof. Dr. Michael Moseler forschen an diamantähnlichen Kohlenstoffschichten und erklären im BINE-Interview, worum es sich dabei genau handelt.
© Dr. Matthias Unbehaun/K&S GmbH

Interview mit Johann Schnagl (BMW Group) und Michael Moseler (Fraunhofer IWM)

08.04.2015

Supraschmierung reduziert Reibung

Reibungskräfte spielen in Fahrzeugen eine zentrale Rolle. Sie führen zwangsläufig zu Mehrverbrauch und Verschleiß in und an allen beweglichen Teilen. Daher arbeiten Entwickler daran, die Reibung so gering wie möglich zu halten. Dabei erforschen sie auch diamantähnliche Kohlenstoffschichten, auch DLC – diamond like carbons genannt. Im Interview erklären Dr. Johann Schnagl, Projektleiter bei der BMW Group und Professor Dr. Michael Moseler vom Fraunhofer IWM, worum es sich dabei handelt.



Antriebskegelräder im Vergleich: Zu sehen ist ein Antriebskegelrad im Serienzustand, ein besonders geglättetes und eines mit einer diamantähnlichen Beschichtung versehen.
© BMW

BINE Informationsdienst: Im Forschungsprojekt Pegasus I haben Sie diamantähnliche Kohlenstoffschichten erprobt. Was kann man sich darunter vorstellen?

Dr. Johann Schnagl: Diamantähnlichen Kohlenstoff kann man als amorphe Variante des Diamanten ansehen. Er erreicht ähnliche Härten. Wir können mit speziellen Beschichtungsverfahren dünne Schichten auf Bauteilen abscheiden, die durch Reibung besonders belastet sind. Die Schichten werden in einem Vakuumprozess aus kohlenstoffhaltigen Gasen oder aus Graphit abgeschieden. Solche DLC-Schichten erreichen in Kombination mit angepassten Schmiermitteln extrem niedrige Reibungskoeffizienten. Neben der außerordentlichen Gleitfähigkeit zeichnet sich das Material durch Antihafteigenschaften, chemische Stabilität und in vielen Fällen durch eine hervorragende Verschleißbeständigkeit aus.

Wie groß ist der Reibungskoeffizient im Vergleich zur klassischen Schmierung?

Prof. Dr. Michael Moseler: Wenn Stahl auf Stahl ohne Schmierstoff gegeneinander reibt, dann resultiert ein Reibwert im Bereich zwischen 0,4 bis 1,2. Für ungeschmierte DLC-Schichten liegt er hingegen im Bereich von 0,1. Der Reibwert des Stahl-Stahl-Kontakts verbessert sich mit einem Schmierstoff auf ebenfalls etwa 0,1. Die Reibung von DLC-Beschichtungen lässt sich mit Standard-Schmierstoffen kaum verbessern. Das liegt daran, dass die Schmierstoffe in den letzten 100 Jahren für metallische Oberflächen optimiert wurden. Erst in den letzten Jahren wurde die Wechselwirkung der Schmierstoffe und der beschichteten Oberflächen genauer untersucht. Der sogenannte Superlubricity-Effekt zeigte sich unerwartet bei tetraedisch amorphen DLC-Beschichtungen in

Verbindung mit ganz speziellen Chemikalien als Schmierstoff. Es traten extrem niedrige Reibwerte in der Gegend von 0,01 auf.

Reibung vermindern – eine Aufgabe mit vielen Stellschrauben

Die klassische Tribologie – also die Erforschung von Reibung, Schmierung und Verschleiß – ist bereits weit entwickelt. Doch wie lässt sich Reibung überhaupt vermindern?

Schnagl: Eine grundsätzliche Erkenntnis ist, dass Reibung und Verschleiß Systemgrößen sind. Der Reibwert von reibenden Oberflächen ergibt sich aus der Beschaffenheit der Komponenten. Um niedrige Reibung zu erreichen, müssen die beiden Oberflächen, deren Beschichtungen und der Schmierstoff dazwischen genau aufeinander abgestimmt sein. Das allein genügt aber nicht. Man muss auch eine ganze Reihe von Einflussparametern einstellen: den zeitliche Verlauf von Temperatur, Geschwindigkeit, Pressung und den damit verbundenen Einlauf des Tribosystems.

Es gibt also eine ganze Reihe von Stellschrauben?

Moseler: Ja, dabei reicht es natürlich nicht aus, nur an einem Parameter zu drehen, wenn man ein Systemoptimum erreichen will. Es ist hierbei wichtig zu erkennen, dass man diese komplexe Optimierungsaufgabe nicht mit den traditionellen Versuchs-Irrtums-Zyklen im anwendungsnahen System lösen kann. Man muss mit geschickt abstrahierten Modellexperimenten und skalenübergreifender Simulation die aktiven Reib- und Verschleißmechanismen begreifen. Nur dann hat man eine Chance, das System in den Zielkorridor zur ultrakleinen Reibung zu steuern.

Können Sie an einem aktuellen Beispiel die wichtigsten Stellschrauben erläutern?

Schnagl: In der Regel will man ein Lager im hydrodynamischen Regime betreiben. Das heißt: Ein Schmiermittel-Film sorgt dafür, dass sich die Oberflächen nicht berühren. In diesem Fall dominiert das Schmiermittel infolge der viskosen Verluste die Reibung. Mit dünneren Schmierstoffen lassen sich die Verluste reduzieren, jedoch verschiebt man seinen Arbeitspunkt in Richtung Mischreibung. Die Oberflächen berühren sich punktuell, was gleichzeitig auch höheren Verschleiß nach sich zieht. Diesen können Sie durch eine verschleißbeständigere Oberfläche – beispielsweise durch eine Beschichtung – kompensieren.

Auch die Rauheit der Oberfläche spielt eine wesentliche Rolle?

Schnagl: Ja, mit glatteren Oberflächen haben Sie weniger Mischreibung und damit auch weniger Verschleiß. Der Übergang von der Mischreibung in die Flüssigkeitsreibung kann mit abgefahrenen Reifen auf nasser Fahrbahn als Aquaplaning sehr unangenehm werden.

Um das Zusammenspiel von Oberflächen und Schmiermitteln richtig einzustellen, braucht es Experten für Schmieröle und Beschichtungen sowie Menschen, die etwas von Oberflächenbearbeitung oder Hydrodynamik verstehen. Egal, wie viel Mühe man sich zum Beispiel mit der Glättung der Oberflächen gibt – zumindest in der Startphase kann man Grenz- und Mischreibung nicht ausschließen. Deshalb braucht man Experten, die von der Plastizität und der Chemie an Oberflächen Ahnung haben und eine reibarme Grenzreibung einstellen können.

[Hier geht es zu Teil 2 des BINE-Interviews ...](#)