



Tribologie in Deutschland

Querschnittstechnologie zur Minderung
von CO₂-Emissionen und zur Ressourcenschonung

DER BEGRIFF „TRIBOLOGIE“

Sir Peter Jost begründete erstmals 1966 den Begriff „Tribologie“. Die englische Originaldefinition

„Tribology is the science and technology of interacting surfaces in relative motion and of related subjects and practices“

kann man nach Czichos ins Deutsche folgendermaßen übertragen:

„Tribologie ist die Wissenschaft und Technik von Wirkflächen in Relativbewegung und zugehöriger Technologien und Verfahren“.

Die Elemente der Tribologie, Reibung, Verschleiß und Schmierung, zielen darauf ab, die Reibung kontrolliert zu nutzen, den Verschleiß für eine lange Gebrauchsdauer zu mindern und durch Schmierung den Bewegungswiderstand abzubauen, wie auch den Verschleiß. Tribologische Aufgaben sind nur in einer gesamtheitlichen Systembetrachtung mit einer interdisziplinären Konzeption zu lösen.

Tribologie in Deutschland

Querschnittstechnologie zur Minderung
von CO₂-Emissionen und zur Ressourcenschonung

KURZZUSAMMENFASSUNG DER GfT-TRIBOLOGIESTUDIE 2019

Tribologie, die Lehre von Reibung, Schmierung und Verschleiß, ist eine Querschnittstechnologie von volkswirtschaftlicher Bedeutung. Sie ermöglicht als Grundlagentechnologie Energieeffizienz und Ressourcenschonung durch Minderung von Reibung und Verschleiß sowie Verwendung von CO₂-neutralen Kraftstoffen (e-fuels, Wasserstoff, etc.).

CO₂-Einsparungen durch Reibungsminderungen

Die Reibungsminderung, insbesondere in der Mobilität, stellt, abgesehen von der Rekuperation, das Kernelement zur Verbesserung der Energieeffizienz dar. Dadurch reduzieren sich die CO₂-Emissionen und vermindert sich die Anhängigkeit von Importen von Energieträgern. Der Anteil der Reibungsverluste am globalen Primärenergieverbrauch beträgt 23%, wobei das realistische und langfristige Minderungspotential des globalen Primärenergieverbrauchs durch Reibungsverluste bei 8,6% liegt. Aus den Arbeiten des Forschungsclusters „Low Friction Power Train“ ergibt sich, dass die motorischen Reibungsverluste ein Minderungspotential von bis zu 30% offerieren. Dies ermöglicht eine Verbrauchsminderung von 0,94 l/100 km bzw. 12,1%. Dazu kommen Reduktionspotentiale im weiteren Antriebsstrang (Getriebe, Radlager, Nebenaggregate etc.). Wendet man die ermittelten -12,1% Minderungen im Kraftstoffverbrauch auf die in der Bundesrepublik Deutschland verkaufte Kraftstoffmenge an, so würde sich bei voller Ausschöpfung der Reibungsminderungspotentiale die verbrauchte Benzinmenge um rund 2,2 MT Benzin (oder 2,98 Milliarden Liter) verringern, was rechnerisch 6,92 MT weniger CO₂ entspricht. Der Verbrauch von Diesel ließe sich um rund 4,68 MT (oder 5,50 Milliarden Liter) mindern, was ca. 14,95 MT weniger CO₂ bedeutet. Insgesamt lassen sich also fast 22 Millionen Tonnen CO₂ oder 6,4% der bis 2030 von der Bundesregierung erwarteten CO₂-Reduzierungen allein durch Verringerung von Reibung einsparen und dies, ohne den Gebrauchswert zu beeinflussen.

Weitere Reibungsminderungspotentiale der Schmierungstechnik, insbesondere durch niedrigviskose Öle und/oder Schmierstoffe mit hohem Viskositätsindex, im Zusammenwirken mit der

Oberflächentopographie, offenbaren unzählige weitere Möglichkeiten zur Minderung der CO₂-Emissionen auf Basis einer hohen Funktionssicherheit. Die Reduzierung der Reibungswiderstände im gesamten Antriebsstrang ist eine Kernaufgabe für die zukünftige Mobilität und als solche unabhängig von der gewählten Antriebstechnologie.

Eine Viskositätsabsenkung des Motorenöls mit einer Verbrauchsminderung von nur 1% ergäbe auf Basis der CO₂-Emissionen des deutschen Straßenverkehrs in 2017 von ca. 170 Millionen Tonnen CO₂ allein eine rechnerische Ersparnis von 1,7 Millionen Tonnen CO₂.

Überträgt man die allgemein angenommenen Anteile der Reibungsgesamtverluste am Primärenergieverbrauch, so errechnet sich allein für Deutschland ein Einsparpotential von ca. 208 MT CO₂, was bis zu 60% der von der Bundesregierung angestrebten Reduzierung an Treibhausgasemissionen bis 2030 entspräche.

Über die Reibungsminderung hinaus ist die Tribologie in Systemen zur Rekuperation von Energie aus Abgaswärme eingebunden, welche weiteren Kraftstoffeinsparungspotentiale zwischen 5 und 10% offerieren..

Elektromobilität

Elektrische Antriebsstränge benötigen zwar keine Motorenöle, wohl aber spezifische Schmierstoffe und Funktionsflüssigkeiten, wie Schmierfette für Wälzlager, Kühlmittel (für Batterie, E-Motor und Leistungselektronik) und Getriebefluide (z.B. für hochdrehende Planetenradsätze). Andererseits bedarf es Neuentwicklungen, da die Getriebeöle, Kühlmittel und Fette mit elektrischen Modulen, Sensoren und Schaltkreisen sowie Isoliermaterialien oder Spezialkunststoffen in Kontakt kommen. Zudem erhöht jede Energieeinsparung durch Reibungsminderung die Reichweite bei gleichbleibender Batteriekapazität.

Luftreinhaltung

Ca. 90% der Partikelemissionen des Straßenverkehrs entstehen nicht in Verbrennungsmotoren, sondern durch Reifen-, Bremsen- und Straßena-brieb (non-exhaust emissions). Grundsätzlich wird sich daran bei batterie- und Brennstoffzellen betriebenen Fahrzeugen nichts ändern; einzig die

Rekuperationsleistung wird die Beanspruchung von Bremsen etwas verringern. Straßenbahnen und Eisenbahnen tragen auch zu den Partikelemissionen bei über Pentographen (Stromabnehmer), Radreifen (auch wenn aus Stahl!) und Bremsen. Die Tribologie kann hier einen großen Beitrag zur Minderung der Partikelemissionen über verschleißbeständigere Werkstoffe leisten und das unter Beibehaltung der anderen, funktionalen Eigenschaften.

CO₂-neutrale Energieträger

Die Beherrschung der Tribologie in Komponenten, welche mit alternativen Kraftstoffen in Berührung kommen, stellt eine Kernfrage für deren erfolgreiche Markteinführung dar. Die tribologischen Lösungsansätze umfassen Beschichtungstechnologien und neue Legierungen. Die CO₂-neutralen e-fuels, insbesondere e-Gase wie Wasserstoff und Methan, haben auch eine direkte Auswirkung auf die Formulierung von Motorenölen. Die Arbeiten der Tribologie ermöglichen für die "Wasserstoffwirtschaft" zukünftig den endverbraucher- und alltagstauglichen, wie auch wartungsfreien und langlebigen, Gebrauch der Komponenten und Netze. Die zu entwickelnden Werkstoffe müssen verschleißarm sein, um eine geringe Kontamination des Wasserstoffs mit Partikeln zu gewährleisten. Der Anwendungsfall einer motorischen Verbrennung erfordert neue, wasserlösliche Motorenöle. Anspruchsvoll sind darüber hinaus die Zusatzanforderungen nach der Beständigkeit gegenüber der Wasserstoffversprödung und den Kosten auf Basis „erschwinglicher“ Legierungen.

Umweltschonung

Die Schmierstoffmenge entspricht ca. 1% der Kraftstoffmenge in Deutschland. Die Rohstoffe für die an sich langlebigen Schmierstoffe können aus Biomasse synthetisiert werden, wobei die verschiedenen Syntheserouten Ester, Polyglykolen und Kohlenwasserstoffe erlauben. Bioschmierstoffe zeigen im Vergleich zu Mineralölprodukten allgemein niedrigere Reibung und belasten zudem die Ökosysteme in deutlich geringerem Maße.

Substitute für verbotene Stoffe

Durch die Umwelt- und Chemikalienpolitik der Europäischen Union entsteht ein Substitutionsdruck für bewährte und eingeführte Beschichtungen oder Werkstoffe sowie für viele in Schmierstoffen gebräuchliche Funktionsadditive. Die Tribologie leistet hier einen Beitrag für die Entwicklung von

alternativen, metallurgischen und schmierstofftechnischen Lösungen, die gleichzeitig die Erfüllung der funktionalen und toxikologischen Anforderungen erlauben.

Forschung

Im Gegensatz zur Vergangenheit stellt die Tribologie innerhalb der Forschungsträger DFG und BMBF heute kein besonderes und eigenständiges Förderungsfeld mehr dar, obwohl es als omnipräsente Querschnittstechnologie bedeutende Beiträge zur Erreichung technologischer und ökologischer Anforderungen leisten konnte.

Nach einigen Jahren mit geringem förderpolitischem Engagement der öffentlichen Hand hat allerdings das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Jahre 2017 das „Forschungsfeld Tribologie“ initiiert, das die Akteure aus Wissenschaft und Industrie branchenübergreifend unter dem Dach eines Forschungsnetzwerks vereint und dabei insbesondere das Ziel einer CO₂-Vermeidung durch Reibungsreduktion verfolgt.

An vielen Hochschulen und Universitäten werden tribologische Inhalte vermittelt, jedoch nicht in einer hinreichenden Breite und Tiefe. Deshalb ist es auch geboten, die Vermittlung der Grundlagen von Reibung, Verschleiß und Schmierung in den Studiengängen zu verstärken.

Grundlagenuntersuchungen stellen einen wesentlichen Teil tribologischer Entwicklungen dar. Zu ergänzen wäre noch, dass die heute bedeutendsten, tribologischen Prüfgeräte mit internationaler Durchdringung ihren Ursprung in Deutschland haben.

Herausgeber:
Gesellschaft für Tribologie e.V.,
Adolf-Fischer-Str. 34, D-52428 Jülich
www.gft-ev.de

