



© Matthias Müller

„Die größtmögliche Designfreiheit benötigt viel Energie“

Betriebsstoffe wie Öle und Fette standen bisher nicht im Fokus von Defossilisierungsmaßnahmen. Dabei werden diese bis dato aus fossilem Rohöl hergestellten Produkte auch in Fahrzeugen benötigt, mit denen sich Emissionsneutralität darstellen lässt. Bernhard Hagemann, Leiter des Innovationsmanagements und neue Märkte bei Fuchs Schmierstoffe, erläutert Herausforderungen und Chancen in Bezug auf Reibungsoptimierung und Defossilisierung.

MTZ _ Ist eine Defossilisierung von Schmierstoffen in ähnlicher Weise möglich, wie es bei Kraftstoffen der Fall ist?

HAGEMANN _ Ja schon, wenngleich nicht einfach. Erneuerbare, also biogene oder recycelte Schmierstoffe finden sich bereits jetzt in vielen verschiedenen Anwendungen, vom Hydrauliköl über Kühlschmier-

stoff bis zum Sägekettenöl. Aber auch Getriebe- und Motorenöle sind verfügbar, etwa in der Landtechnik oder bei Baumaschinen. Die hohen Anforderungen in der Automobilindustrie an Performance und Effizienz, verbunden mit dem Anspruch auf höchste Kosteneffizienz stellen uns jedoch vor Herausfor-

derungen. Wir haben über Jahre gewachsene, stabile Wertschöpfungsketten in der Mineralölindustrie, höchste Standards und zuverlässige Qualitäten. Die kostengünstige Verfügbarkeit hochwertiger Basisöle und leistungsstarker Additive aus fossilen Quellen hat so in der Vergangenheit den Wettbewerb ent-

Bernhard Hagemann (geboren 1968) studierte nach einer Berufsausbildung in Kommunikationstechnik Maschinenbau. Er begann seine Karriere als Entwicklungsingenieur für NVH-Optimierung von Autos mit Verbrennungsmotor. Danach wechselte er als Referent und Netzwerker für Antriebstechnik zum Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau VDMA. 2007 trat Hagemann in die Geschäftsführung der Forschungsvereinigung Antriebstechnik FVA ein und etablierte mit E-Motive eine neue Plattform von FVA und FVV für die gemeinsame Forschung und Kommunikation zum elektrischen Antrieb von Fahrzeugen und mobilen Maschinen. 2017 wechselte Hagemann zur Fuchs Schmierstoffe GmbH und koordinierte die Transformation und E-Mobility-Aktivitäten. Im April 2021 wurde er zum Leiter Innovationsmanagement und neue Märkte ernannt.



© Matthias Müller

schieden. Jetzt wird zunehmend neben dem Preis und der Performance auch nach der ökologischen Verträglichkeit und dem CO₂-Footprint gefragt. Biobasierte Öle und Fette aus vorzugsweise pflanzlichen, aber auch tierischen Quellen rücken dabei ins Rampenlicht. Neben etablierten Estern aus Pflanzenöl gibt es viele Möglichkeiten, aus nachwachsenden Rohstoffen Schmierstoffe herzustellen, jeweils mit eigenen Vor- und Nachteilen. Doch nachwachsende Rohstoffe dürften nur einen Teil der Lösung darstellen: In der Circular Economy wird versucht, durch intelligente Nutzungskaskaden wirtschaftliche, technische und ökologische Aspekte zusammenzuführen. Auf den Schmierstoff bezogen heißt das unter anderem: Wir bemühen uns um vermehrten Einsatz von Re-Raffinaten in bestimmten Anwendungen, aber auch um neue Ansätze zur Schmierstoffregeneration direkt an den Maschinen, an der geschmierten Anlage. Führen wir uns das Ziel der CO₂-Neutralität vor Augen, so wird klar, dass Alternativen für die Verwendung von Erdöl als Basisprodukt etabliert werden müssen. Das wird eine gigantische Aufgabe sein und nicht alles kann direkt aus biogenen Quellen bedient werden. Denn: Die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen darf nicht mit der Lebens- und Futtermittelproduktion konkurrieren, sonst entstehen globale Sekundäreffekte wie etwa steigende Landnutzung oder Eutrophierung, um die Lücke zu füllen. Eine besondere Chance liegt in Zukunft daher in einer energieeffizienten, höherwert-

tigen Verwertung von Altstoffen und Abfallprodukten. An diesen Themen forschen wir sehr intensiv: Im Forschungsprojekt „ZeroCarb Footprint“ etwa ist es uns gelungen, in gebrauchtem Frittierfett enthaltene Substanzen auf sanfte, nämlich enzymatische Weise zu selektieren und in Schmierstoffkomponenten umzuwandeln, quasi zu veredeln. Man kann aus unzähligen weiteren erneuerbaren Quellen Schmierstoffe herstellen: aus Haushalts- oder Gewerbeabfällen, aus Klärschlämmen. Was in der Vergangenheit aufwendig entsorgt wurde, dient in Zukunft potenziell als Rohstoffquelle. Rein technisch ist es möglich, Schmierstoffkomponenten aus CO₂ herzustellen, allerdings mit recht hohem Energieeinsatz. Wäre

„Schmierstoffe aus biogenen Quellen sind verfügbar“

Strom aus Wind und Sonne anderweitig gerade nicht nutzbar, könnte mit diesem Überschussstrom sogar eine negative CO₂-Bilanz erreicht werden. Im Kontext des Forschungsprojekts Reticus arbeiten wir zusammen mit Evonik daran, Schmierstoffkomponenten herzustellen, die über künstliche Photosynthese und nachgeschaltete biokatalytische Konversion aus CO₂ gewonnen wurden. Der Schlüssel für solche Ansätze wird immer die Verfügbarkeit von grüner Energie sein – andersherum kann man sich

vorstellen, hiermit überschüssige Energie quasi in Prozessen zu speichern.

Gibt es bereits Anlagen zur Produktion nichtfossiler Schmierstoffe?

Ja, synthetische Schmierstoffe aus biogenen Quellen sind verfügbar, wenn auch nicht in den Mengen und zu Preisen, die einen Großserieneinsatz etwa in der Automobilindustrie leicht machen. Am bekanntesten ist freilich die Biodieselproduktion – die dort hergestellten Methylester könnten auch die Basis für Schmierstoffe bilden. Mit den Anstrengungen um alternative Kraftstoffe und Recycling geht es auch für uns weiter mit großen Schritten in eine defossilisierte Zukunft. Für uns als Fuchs ist dieser Trend eine besondere Chance, können wir uns als unabhängiger Schmierstoffhersteller doch frei auch am Markt für erneuerbare Rohstoffe bedienen. Wir arbeiten mit Hochdruck an nachhaltigen Lösungen, welche die Vorarbeit der Natur für eine maximale Produkteffizienz nutzt – wir wollen Vorreiter in diesem Gebiet sein. Jenseits der Automobilindustrie sind wir schon heute der Schmierstoffanbieter mit der größten Palette an biogenen Produkten – für viele Anwendungen, vom Sägekettenöl bis zum Motorenöl. Gerne bringen wir unsere Erfahrung in den Non-Automotive-Bereichen auch in die Entwicklungen der Automobilindustrie mit ein.

Bieten diese Öle in ihren Schmier-eigenschaften mehr Designfreiheit als jene fossilen Ursprungs?

Die Vorteile von synthetischen Basisölen sind hinlänglich bekannt. Dabei spielt es eigentlich keine Rolle, aus welchen Quellen die Kohlenwasserstoffketten kommen. Diese werden heute in der Regel zunächst bis auf die Grundbausteine Ethylen und Propylen heruntergebrochen, um daraus die vielfältige chemische Welt aufzubauen. Damit hat man theoretisch die größtmögliche Designfreiheit, benötigt aber auch viel Energie. Wir suchen – Schritt für Schritt – nach Wegen, die Syntheseverleistung der Natur bestmöglich zu nutzen – das können Pflanzenöle sein, aber auch Zellulose, Lignin, Zucker und vieles andere. Für die schmierstofftechnische Adaption dieser „neuen“ Rohstoffe gibt es natürlich besondere Spielregeln – eine mögliche Designfreiheit muss gegenüber dem Energieaufwand bei der chemischen Umwandlung ausbalanciert werden.

Sind die bekannten Additive im Öl weiterhin notwendig, oder lässt sich das Basisöl schon mit verbesserten Eigenschaften ausstatten?

Auf beide Teilfragen kann ich mit Ja antworten: Ganz ohne Additive wird es nicht gehen. Aber tatsächlich sprechen wir bei vielen biogenen Grundstoffen von funktionellen Basisölen, soll heißen: Die enthaltenen chemisch-funktionellen, sauerstoffhaltigen Anteile haben – im Vergleich mit reinen Kohlenwasserstoffen – einige anwendungstechnische Vorteile. Beispielsweise reduzieren sie per se Reibung und Verschleiß, womit man Spezialadditive unter gegebenen Umständen entsprechend reduzieren kann. Die Defossilisierung dieser Additive ist allerdings derzeit noch schwierig: Die Spezialchemikalien lassen sich nicht ohne weiteres quantitativ ersetzen, sondern eben nur reduzieren. Aber wir arbeiten aktuell an einer völlig neuen Schmierstoffgeneration, die in Sachen Reibungsreduktion und Wärmetransport den herkömmlichen Ölen in einem Getriebe deutlich überlegen ist. Diese Fluide enthalten nennenswerte Mengen Wasser. So etwas funktioniert allerdings nicht als Drop-in-Lösung. Vielmehr muss die Getriebekonstruktion den besonderen Eigenschaften dieses neuen Superschmierstoffs folgen – dafür sind die Möglichkeiten zur Energieeinsparung in einer neuen Dimension. Wir haben dazu eine ganze Reihe

von Projekten mit den Technologieführern in der Automobilindustrie.

Wirkt sich das auf die Recyclingeigenschaften aus? Können nichtfossile Öle also besser wiederverwendet werden?

Zum Teil. Ein Design for Recycability ist generell auch bei Schmierstoffen möglich, hatte bisher aber keine Priorität. Das ändert sich nun. Wir haben bei unseren Forschungsprojekten ein besonderes Augenmerk darauf. So ist bei unseren wasserhaltigen Getriebeschmierstoff-Prototypen der Wasseranteil relativ leicht zu separieren. Generell ist Recycling in Zukunft Pflicht, auch bei biobasierten Schmierstoffen. Der Schmierstoff der Zukunft darf nach Ende seiner Gebrauchsdauer nicht mehr verfeuert werden. Anders lässt sich eine nachhaltige, CO₂-neutrale Welt nicht sinnvoll realisieren. Ein grundsätzliches Problem beim Recycling von Schmierstoffen ist leider das kontrollierte Sammeln an Gebrauchttölen – die sortenreine Sammlung bereitet logistische Schwierigkeiten, und das Recycling von Gemischen unbekannter oder schwankender Qualität senkt auch automatisch die Qualität des Produkts und der Prozesseffizienz. In der Folge sind zur Wiedergewinnung von Grundölen recht aufwendige Verfahren erforderlich – Filtration, Destillation, Hydrierung. So ist Recycling meist nicht wirtschaftlich,

und die Gebrauchttöle finden dankbare Abnehmer in der thermischen Verwertung. Wenn wir es schaffen, sozusagen sortenrein zu sammeln, könnte auch das Recycling deutlich spezifischer ansetzen.

Sehen Sie aus Sicht des Schmierstoffherstellers weitere Stellhebel, die Nachhaltigkeit der geschmierten Systeme zu verbessern?

Neben der Verwendung nachhaltiger Rohstoffe und Additive sowie der Optimierung der Produktionsprozesse leisten Schmierstoffe ja einen Beitrag zur Verlängerung der Fahrzeug-, Maschinen- beziehungsweise Anlagenlebensdauer. Neue Maschinen kosten Geld und viel Energie, bis sie als Ersatz für „verbrauchte“ Systeme bereitstehen. Der richtige Schmierstoff hilft, Verschleiß zu verringern und Korrosion zu verhindern. Insofern ist es auch ein nachhaltiger Zweck von Schmierstoffen, die Ausnutzung getätigter Investitionen auszudehnen. Der wahrscheinlich wichtigste Beitrag zur Nachhaltigkeit ist jedoch die reibungsreduzierende Wirkung beziehungsweise die Steigerung der Energieeffizienz. Daher ist die Reduzierung der Verluste ein ständiges Optimierungsziel. Hierbei gilt es auch, rheologische Verluste zu vermeiden. Deshalb wird die Viskosität immer weiter abgesenkt, und wir suchen darüber hinaus nach weiteren Möglichkeiten zur Verlustminimierung.

© Matthias Müller





„Wir arbeiten mit Hochdruck an nachhaltigen Lösungen, welche die Vorarbeit der Natur für eine maximale Produkteffizienz nutzt,“ sagt Hagemann

Wie weit lässt sich die Viskosität denn noch absenken? Ist eine möglichst niedrige Viskosität hier überhaupt zielführend, oder erhöht sich die Gefahr einer Leckage eher?

Wir sind hier schon ziemlich weit unten, der Aufwand – nicht nur bezüglich der Abdichtung – beginnt zu steigen. Ein grundlegender Systemwechsel scheint insgesamt sinnvoller. Daher verfolgen wir unter anderem den Ansatz mit wasserhaltigen Getriebeölen, die extrem niedrige Stahl-Stahl-Reibwerte mit sich bringen und darüber hinaus noch sehr effizient kühlen, eine Eigenschaft, die besonders bei E-Achsen gefragt ist. In einem Projekt konnten wir mit solch einem Prototyp in einem E-Drive-Getriebe in bestimmten Lastpunkten Wirkungsgrade von über 99 % erreichen.

Unterscheiden sich die Anforderungen an das eingesetzte Öl bei Ein- und Mehrganggetrieben in Elektrofahrzeugen?

Ja, denn bei mehrstufigen E-Drives kommen Schaltelemente wie Reibkupplungen zum Einsatz. In solchen Fällen muss auch der Schmierstoff einen signifikanten Beitrag zur Reibwertkontrolle leisten und zusätzliche Eigenschaften mit sich bringen. Unsere langjährige Erfahrung bei Doppelkupplungsgetrieben hat uns hier in einem prominenten E-Drive-Projekt mit einem Sportwagenhersteller weitergeholfen. Zusätzlich haben wir selbst-

verständlich die elektrischen Anforderungen im Blick, denn viele E-Drives stellen ganz neue Herausforderungen an Kompatibilität mit elektrischen oder elektronischen Komponenten.

Was meinen Sie damit? Wie hat sich ihre Arbeit durch die zunehmende Elektrifizierung verändert?

Neben den üblichen chemischen und mechanischen Eigenschaften der Schmierstoffe sind nun auch elektrische Eigenschaften wie die elektrische Leitfähigkeit oder auch Durchschlagfestigkeit gegen Spannung gefragt. Hierbei gilt es auch, neue Testmethoden zu entwickeln. Die Anforderungen der Kunden waren da recht unterschiedlich. Durch die Verzahnung der Branche in den vorwettbewerblichen Forschungsvereinigungen lassen sich diese Themen gemeinsam angehen und Standards entwickeln. Heute sind wir da schon ein gutes Stück weiter.

Bei Wasserstoffverbrennungsmotoren gilt der Blow-by von Öl in den Brennraum als eine Hauptquelle für CO₂-Emissionen. Welche Herausforderung stellt das Gas für den verwendeten Schmierstoff dar, und wie kann dem begegnet werden?

Die Verbrennung von Wasserstoff wird Herausforderungen, aber auch Chancen im Hinblick auf die Formulierung von Schmierstoffen bringen. Besonderes Augenmerk wird etwa auf der leichten

„Ganz ohne Additive wird es nicht gehen“

Entzündbarkeit und damit auch der Neigung zur Frühzündung von Wasserstoff liegen, die jedoch durch die Verwendung geeigneter Ölchemie positiv beeinflusst werden kann. Die Verträglichkeit des Motorenöls mit dem Verbrennungsprodukt Wasser wird ebenfalls Einfluss auf zukünftige Öltechnologie haben. Die bei der Mitverbrennung konventioneller Motorenöle auftretenden Restemissionen von CO₂ lassen sich zum Beispiel durch die Verwendung kohlenstoffarmer oder aus nachwachsenden Quellen stammender Grundöle und Additive wesentlich senken.

Müssten Schmierstoffe für den Einsatz alternativer Flüssigkraftstoffe im Verbren-

nungsmotor angepasst werden, obwohl die geltenden Normen erfüllt werden?

Dies hängt von der Art des Alternativkraftstoffs ab. Die sogenannten Fischer-Tropsch-Kraftstoffe sind diesbezüglich als besonders verträglich anzusehen, wobei man auch Unterschiede hinsichtlich Löslichkeit und Polarität sieht. Die gängigen Alkohole wie Methanol und Ethanol werden noch mit Anpassungen verwendet werden können. Bei der reinen Verwendung der letzteren wird auf den Umgang mit kondensiertem Wasser und den damit verbundenen Effekten auf Korrosion und Fließfähigkeit geachtet werden müssen. Aber hierzu gibt es ja in Regionen wie Südamerika viel Erfahrungen aus dem Serienbetrieb von biobasierten Alkoholen in hohen Konzentrationen.

Das Brennverhalten von Methanol erhöht die Belastung im Motor, und der Kraftstoff führt zu einer Versprödung von Dichtungen. Kann diesem Effekt auch durch eine Ölformulierung entgegengewirkt werden?

Einer höheren thermischen Belastung des Öls lässt sich durch den Einsatz der heutigen synthetischen Grundöle in Verbindung mit geeigneten Additiven wirksam begegnen. Dazu kann bei Fuchs auf eine breite Erfahrung zurückgegriffen werden. Auch auf die Versprödung gewisser Dichtungsmaterialien kann man über die Ölformulierung Einfluss nehmen. Hier können bei besonders hoher Belastung, in Kombination mit geeigneten Ölen, auch widerstandsfähigere Polymere in Betracht gezogen werden. Damit lässt sich eine sehr hohe Betriebssicherheit erzielen. Aber die größte Herausforderung ist, dass, wenn die Kraftstoffe erneuerbar werden, es letztlich auch die Schmierstoffe werden müssen. Im Bereich der synthetischen Grundöle sind bereits erste hervorragende Qualitäten auf Basis nachwachsender oder erneuerbarer Rohstoffe auf dem Markt zu finden und auch für den Einsatz in Motorenölen in der Erprobung. Allerdings muss bei deren Verfügbarkeit in großen Mengen und der weltweit einheitlichen Qualität noch nachgelegt werden.

Vielen Dank für dieses sehr interessante Interview, Herr Hagemann.

INTERVIEW: Marc Ziegler