

Ölqualität - Teil 4:

Additive - wenn Zusätze auch einen Zusatznutzen haben.

ON Service hat bereits mehrfach über die Qualität und die Wichtigkeit von Getriebeöl sowie die Auswirkungen auf den Verschleiß und die Standzeit von Hauptgetrieben in Windenergieanlagen (WEA) berichtet. In dieser Ausgabe widmen wir uns den sogenannten Additiven (Zusatzstoffen im Öl), denen eine ganz entscheidende Bedeutung zukommt. Wie entscheidend und überzeugend positiv deren Eigenschaften für WEA-Getriebe sind, zeigen wissenschaftliche Untersuchungen anhand eines konkreten Beispiels.



Stefan Bill ist Geschäftsführer der REWITEC GmbH. Schon seit vielen Jahren konzentriert sich das Unternehmen erfolgreich auf die Entwicklung und Forschung zur Verminderung von Reibung und Verschleiß, z.B. bei Getrieben in WEA.

► ON Service sprach dazu mit Dr. Markus Grebe, Leiter für industrielle Forschung und Laborbetriebsleiter des Kompetenzzentrums für Tribologie an der Hochschule Mannheim, und Stefan Bill, Geschäftsführer der REWITEC GmbH, die mit der Produktreihe DuraGear® eine innovative Nano-beschichtung auf Basis verschiedener synthetischer und mineralischer Silikatverbindungen entwickelt, produziert und weltweit vertreibt.

Pure Wissenschaft statt reines Wunder.

Additive wie REWITEC sind keine Wundermittel. Aber man wundert sich, welches Potenzial und welche positiven Eigenschaften darin stecken. Vor allem, wenn diese, wie in diesem Fall, wissenschaftlich belegt sind. Das war auch ein wesentlicher Aspekt für Stefan Bill, der die Wirkung des Getriebeöl-Additivs auf das Reibungs- und Temperaturverhalten an Zahnflanken am Kompetenzzentrum Tribologie der Hochschule Mannheim testen ließ.

Stefan Bill: „Klassisch gesehen handelt es sich bei unseren Technologien um Additive, also Zusätze für Getriebe- und Motoröle sowie Fette, die aus einer Kombination von bis zu sieben verschiedenen Rohstoffen bestehen. Insbesondere im Automotive-Bereich haben Additive jedoch oft den Ruf von ‚Wundermitteln‘. Und die versprechen nicht selten mehr, als sie letztendlich halten können. Wir möchten uns von solchen Versprechungen abgrenzen und haben uns daher entschlossen, einen wissenschaftlich fundierten Nachweis der positiven Eigenschaften unserer Additive zu erbringen. Dafür spricht auch, dass wir diese Produkte bereits seit 2007 erfolgreich in weltweit mehr als 800 Windenergieanlagen einsetzen.“

Tribologie:

Was wissenschaftlich fundiert klingt, ist es auch.

Für den von Stefan Bill selbst geforderten Nachweis beauftragte REWITEC das bereits genannte Kompetenzzentrum Tribologie der Hochschule Mannheim. Das Kompetenzzentrum wurde vor 20 Jahren mit Unterstützung der regionalen Industrie und der IHK Rhein-Neckar gegründet. Zum einen, um dem wichtigen Bereich der Tribologie an der Hochschule Mannheim mehr Beachtung zu schenken. Und natürlich auch, um wichtige Forschungskapazitäten zur Verfügung zu stellen.

Dr. Markus Grebe: „Heute beschäftigen wir 16 Mitarbeiter und haben mittlerweile 37 verschiedene Prüfstände. Somit gehören wir sicherlich zu den vergleichsweise größeren Instituten in Deutschland, die sich mit dem Spezialgebiet Tribologie beschäftigen.“

Tribologie?!

Der Begriff stammt aus dem Griechischen und bedeutet Reibungslehre. Im Fachbereich der Tribologie werden entsprechend die Reibung, die Schmierung und der Verschleiß geprüft. Zum Beispiel von Lagern, Getriebe- und Motorteilen oder anderen Maschinenkomponenten.



Wie man ein theoretisches Ziel praktisch erreicht.

Ziel des von Juli bis September 2012 durchgeführten Projektes war es, die Wirkung unterschiedlicher Zusatzstoffe im Getriebeöl auf das Wälzverhalten zu untersuchen. Die Versuche wurden auf einem modernen 2-Scheiben-Prüfstand durchgeführt, der zur Untersuchung der Bewegungsarten Rollen, Gleiten und Wälzen eingesetzt werden kann. Er ermöglicht es, die Vorgänge – wie sie üblicherweise auch in WEA-Getrieben zu finden sind – modellhaft abzubilden.

Dr. Markus Grebe: „In diesem konkreten Fall haben wir anhand von Simulationen an Probenkörpern untersucht, inwieweit sich das Reibungsverhalten und die Temperatur im Bereich von Zahnflanken in der Bewegungsart Wälzen durch Zugabe von REWITEC verändern.“

Alles andere als oberflächlich: willkommen im Mikrometerbereich.

Die Tests wurden mit zwei Getriebeölen durchgeführt: Agip Blasia 150, einem häufig in der Industrie eingesetzten Standardöl, und Agip Blasia SX320, einem Hochleistungsöl, das vielfach in Windenergieanlagen zum Einsatz kommt. Bei beiden wurden der Reibungskraftverlauf sowie die Temperatur gemessen. Jeweils ohne und mit Zugabe von 0,2% Additiv.

Darüber hinaus wurden die Oberflächen der Prüfscheiben vor und nach den einzelnen Testläufen mithilfe eines Weißlichtinterferometers topografisch untersucht. Weiß-

lichtinterferometrie ist eine berührungslose und damit zerstörungsfreie optische Messmethode, die die Interferenz von breitbandigem Licht (Weißlicht) ausnutzt. Damit sind feinste 3-D-Profilmessungen von Strukturen bis in den Mikrometerbereich möglich. Zusätzlich wurden mit einem Rasterelektronenmikroskop Aufnahmen der Oberflächen angefertigt, um die Wirkung der Zusätze auf den Oberflächen auch visualisieren zu können.

Stefan Bill: „Die Wirkung der Zusätze wurde in den 20-Stunden-Tests gewissermaßen in einem Zeitrafferverfahren dargestellt. Damit auch der Nachweis einer konstanten Wirkung über eine längere Anwendung der Zusätze, insbesondere im höherviskosen Öl, erbracht werden konnte, schlug Dr. Grebe eine weitere Testreihe über die Dauer von jeweils dreimal 20 Stunden vor. Hierbei lag demnach der Schwerpunkt auf dem Langzeitverhalten und den sich hierbei einstellenden Verschleißraten.“

Weniger sollte man nicht erwarten: mehr Reduktion der Reibkraft.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigten durch die Zusatzstoffe sowohl beim Standard- als auch beim Hochleistungsöl in den Kurzzeittests eine deutliche Reduzierung des Reibmoments und damit auch des Temperaturniveaus unter Wälzbedingungen im Vergleich zu den Getriebeölen ohne Zusatz. Aber warum ist das so?



Dr. Markus Grebe, Leiter für industrielle Forschung und Laborbetriebsleiter des Kompetenzzentrums für Tribologie an der Hochschule Mannheim.

Dr. Markus Grebe: „Die Wirkung beruht auf der Einglättung der Oberflächen unter Mischreibungsbedingungen, die wir sehr gut durch die Weißlichtinterferometrie belegen konnten. Durch diese positive Einglättung im Mikrobereich nimmt der hydrodynamische Anteil an Mischreibungsbedingungen zu.“

Grenzreibung?! Mischreibung?!

Als Laie kann man sich das gut am Beispiel eines Wasserskiläufers vorstellen, der zunächst im seichten Wasser steht und mit seinen Skiern beim Anziehen durch das Boot noch den Untergrund berührt. Dies wäre die Grenzreibung. Erhalten die Skier bei steigender Geschwindigkeit einen leichten Auftrieb, ist dies vergleichbar mit der Mischreibung. Ab einer bestimmten Geschwindigkeit erhalten die Skier so viel hydrodynamischen Auftrieb, dass der Sportler ohne Kontakt zum Untergrund auf dem Wasserski laufen kann.

In den Getrieben und Lagern herrschen vor allem da, wo es reibt, hohe Drücke und Temperaturen. „Wir vermuten, dass die Beschichtungspartikel unter diesen Bedingungen an den metallischen Oberflächen reagieren“, erklärt Dr. André Schirmeisen. Der Professor, der an der Uni Gießen am Lehrstuhl für Angewandte Physik lehrt, untersucht im Auftrag von REWITEC die wissenschaftlichen Zusammenhänge. Demnach findet ein physikalisch-chemischer Verbindungsprozess statt, bei dem sich die Silikatatome aus der Wirksubstanz mit den Atomen der metallischen Oberflächen verbinden. An der Justus-Liebig-Universität Gießen betrachteten die Forscher auf einem Tribo-

logie-Prüfstand auch das Einlaufverhalten mit und ohne Zugabe von REWITEC. Beim Einlaufen, auch Einfahren genannt, sollen sich die Verzahnungen möglichst optimal aufeinander anpassen. Hier schauten die Wissenschaftler nach, ob sich Reibung und Verschleiß durch die Zugabe des Additivs änderten. Die Testläufe wurden in Abhängigkeit von der Größe der Kontaktfläche der Reibpartner, des Druckes und der Temperatur durchgeführt. „Unsere Ergebnisse bestätigen, dass sich die ursprünglichen Materialeigenschaften durch Zugabe des Additivs deutlich verbessern“, sagt Dr. Schirmeisen. Bis zu 30% weniger Reibung konnten die Forscher messen. Aus der Sicht von Stefan Bill ist deshalb eine Zugabe des Wirksubstrats schon zum Anlagenstart sinnvoll: „Mögliche Schäden können so von Beginn an verhindert werden, bevor sie überhaupt entstehen.“ Der Prozess selbst ist wissenschaftlich noch nicht ganz geklärt. Erste Ergebnisse deuten aber darauf hin, dass die Additivpartikel im laufenden Prozess mit den Molekülen der Metalloberfläche eine wenige Nanometer dicke passivierende Metall-Silikat-Schicht ausbilden. Das Endergebnis wäre eine neue, sehr reibungsarme Oberfläche, die zudem günstigere Verschleißeigenschaften hat als die unbehandelten metallischen Reibpartner.

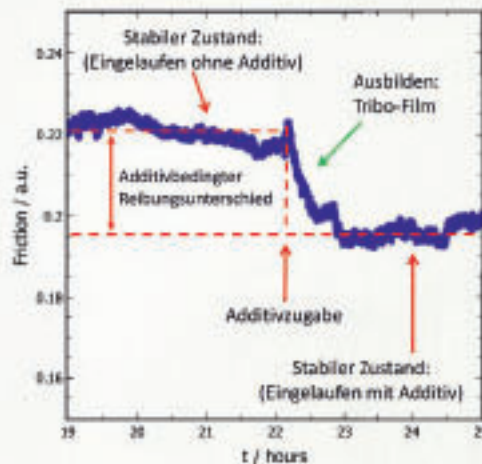
Mit dem höherviskosen Öl Agip Blasia SX320, so Dr. Grebe, stelle sich grundsätzlich ein niedrigeres Reibungsniveau ein, was auf einen höheren hydrodynamischen Anteil der Mischreibung deutet und wodurch die Wirkung des Zusatzes nicht mehr so deutlich sichtbar sei.

Dr. Markus Grebe: „Je höher die Viskosität des Öls, desto größer ist die hydrodynamische Wirkung. Es kommt somit zu einer schnelleren Trennung von Grund- und Gegenkörper (d. h. der sogenannte Ausklinkpunkt liegt bei einer niedrigeren Drehzahl). Daher wurden die Bedingungen für den 60-Stunden-Dauerlauf noch einmal verschärft und der Schlupf wurde auf 20% erhöht. Darüber hinaus wurde mit Blick auf eine reale Simulation der Temperaturentwicklung die Pressung der Probekörper geringfügig reduziert.“

Analyse des Einflusses des REWITEC-Zusatzes



Wälzverschleiß-Untersuchungen am 2-disc-Prüfstand.



Niedriger: Reibemoment und Temperatur.

Ohne Zusatz nahm beim Hochleistungsöl während der Langzeittests die Reibkraft in den ersten 20 Stunden von 260 N auf 210 N ab. Danach war während des gesamten Testverlaufs nur noch eine Abnahme auf 180 N erkennbar. Die Temperatur sank dabei nur minimal ab und lag während der gesamten Versuchsdauer bei circa 150 °C.

Mit Zusatz nahm das Reibemoment in diesen Tests jedoch sehr schnell ab und sank bereits in den ersten fünf Stunden von 285 N auf 145 N. Nach 60 Stunden lag die Reibkraft bei 120 N und war damit im Vergleich zum unbehandelten Öl um 33 % geringer. Hierdurch sank auch die Probekörpertemperatur, die sich auf rund 100 °C einpendelte. Damit lag sie 20 % unter der Temperatur des unbehandelten Öls.

Stefan Bill: „Die Ergebnisse zeigen, dass REWITEC gegenüber einem Standardmineralöl die Reibung um 23 % und die Temperatur um 8 % senkt. Die Kurzzeittests belegen ferner die positiven Eigenschaften der Additive bei höherviskosen Ölen: Die Reibung konnte um 18 Prozent und die Temperatur um 4 Prozent im Vergleich zu einem Hochleistungs-PAO-Öl abgesenkt werden. Im Langzeittest und unter höheren Belastungen senkt REWITEC gegenüber einem Hochleistungsöl die Reibung sogar um 33 %, die Temperatur um 20 % und Rauheitskennwerte um circa 50 %.“

Realistischer: Praxistest statt Prüflauf.

So überzeugend die theoretischen Testergebnisse schon waren, das Produkt musste natürlich auch im realen Einsatz seine Stärken unter Beweis stellen. Gemeinsam mit der Availon GmbH – die schon aufgrund ihrer jahrelangen Erfahrung mit Anlagen vom Typ GE® für einen solchen Versuch infrage kam – konnten die Resultate von REWITEC konkret an einem bereits vorgeschädigten Getriebe eindrucksvoll belegt werden.

Getriebebeschädigungen lassen sich je nach Laufzeit einer WEA und den Lasten, die auf den Triebstrang einwirken, über kurz oder lang nicht vermeiden. Ist ein Getriebe aber vorgeschädigt, muss das nicht immer einen sofortigen oder kurzfristigen Austausch bedeuten. Im Gegenteil.

Stefan Bill: „Wir haben in den letzten Jahren eine ganze Reihe solcher konkreten Beispiele für die positiven Eigenschaften von REWITEC sammeln können. Unter anderem in Zusammenarbeit mit der Availon GmbH am Getriebe einer Anlage vom Typ GE® 1,5 MW. Mittels Condition Monitoring konnten verschiedene Verschleißspuren identifiziert werden. Neben altersbedingten Laufspuren an den Zahnflanken und Lagerungen wurden dabei beginnende Abplatzungen in einem Lager vorgefunden. Dieses konnte aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nicht im Rahmen einer sogenannten On-Tower-Repair auf der Anlage gewechselt werden. In diesem Fall ist eine Schädigung der Lagerung einem kostenintensiven Getriebewechsel gleichzusetzen. Und das, obwohl die weiteren Bestandteile des Getriebes durchaus noch eine Standzeiterwartung von mehreren Jahren haben.“

Das Ergebnis: ein glatter Erfolg.

Für den Feldtest wurden neben den messbaren Parametern auch subjektive Parameter wie Vibrationen aufgenommen. Diese waren, ausgehend von der vorgeschädigten Lagerung, bereits vor dem Betreten der WEA am Fundament spürbar.

Um eine Verbesserung der Oberfläche zu erreichen oder zumindest ein Einfrieren des aktuellen Zustands für eine längere Laufzeit des Getriebes zu erzielen, wurde dem Getriebeöl der WEA ein Additiv von REWITEC zugesetzt. Nach rund einem halben Jahr untersuchte man dann die zuvor identifizierten Getriebestellen erneut. Die CMS-Auswertung und eine entsprechende Verifizierung der Messergebnisse durch eine Videoendoskopie erbrachten ein erfreuliches Ergebnis.

Stefan Bill: „Die Oberfläche wurde an den Bruchkanten geglättet und die Laufspuren beseitigt. Selbst die subjektiv wahrgenommenen Vibrationen im Regelbetrieb waren nicht mehr spürbar. Das vorgeschädigte Getriebe befindet sich nunmehr seit 1,5 Jahren im weiteren Betrieb. Dabei war bislang weder eine Teilreparatur noch der Wechsel des gesamten Getriebes nötig.“

Das sieht auch Jochen Holling so. Als Leiter Technischer Support & Entwicklung Mechanik bei Availon hat er die Testphase betreut.

Jochen Holling: „Ich lasse mich gern nach dem Motto ‚Belegen statt behaupten‘ überzeugen. Im Fall von REWITEC haben die Erfahrungen gezeigt, dass in Bezug auf Verschleiß und bestimmte Vorschädigungen die weiteren Mechanismen in ihrem Verlauf verzögert und im besten Fall eingefroren werden. Natürlich wird auch durch REWITEC ein Zahnausbruch im Getriebe nicht wieder rückgängig gemacht. Eine positive Wirkung auf die Standzeitverlängerung allerdings ist sowohl im Labor als auch in der Praxis belegt worden. Wir selbst setzen REWITEC ein und sind von der Wirkung überzeugt. Auch bei Getrieben mit Schädigungen. Dabei unterliegt der Einsatz jedoch immer einer Einzelfallprüfung. Insgesamt kann ich den Einsatz von REWITEC nur empfehlen.“

Höher: Lebensdauer und Wirkungsgrad.

Die Zahlen und Resultate sind unterm Strich durchaus beeindruckend, zumal sie auch im Praxistest nachweislich belegt worden sind. Von einem Wunder sollte man dennoch nicht sprechen, denn auch die Wirkung von Zusätzen ist begrenzt und muss von Fall zu Fall geprüft werden. Festgestellt und belegt werden konnte jedoch ein positiver Einfluss auf die Reststandzeit von verschlissenen und vorgeschädigten Getrieben. Insgesamt ergibt sich so ein ressourcenschonender Umgang mit einer wichtigen Hauptkomponente wie dem Getriebe. Was sich im Hinblick auf die weiteren Betriebskosten letztendlich auch positiv auf das Budget auswirkt.

Nach Einschätzung von Stefan Bill hat der Einsatz von Additiven in Getriebeölen von WEA jedoch nicht nur Auswirkungen auf die Lebensdauer der Getriebe, sondern auch auf deren Wirkungsgrad. Da der Zusatz auch die Temperatur des Öls und damit dessen Viskosität positiv beeinflusst, lässt sich mit REWITEC im Vergleich zu einem unbehandelten Öl auch eine bessere Schmierung über einen längeren Zeitraum erzielen.

Stefan Bill: „Wird der Wirkungsgrad eines Getriebes zudem mit dem Zusatz durch konstant niedrigere Öltemperatur und geringere Reibung nur um 1 % erhöht, hat sich die Investition in diese Technologie bereits in Form eines höheren Ertrags amortisiert.“ ■