

Bausteine zur wirtschaftlichen Absicherung



Dr. Heiko Hinrichs

Anschrift des Autors:
Overspeed GmbH
& Co. KG,
Marie-Curie-Str. 1,
26129 Oldenburg,
Tel. 0441/361163-00,
Fax 0441/361163-10

Langsamer als erhofft, aber dennoch stetig, setzt sich die Erkenntnis durch, dass Zustandsüberwachung als aktiver Investitionsschutz auch in der Windkraft unverzichtbar ist. Angestoßen durch die Versicherungsgesellschaften werden nun endlich vermehrt Condition-Monitoring-Systeme (CMS) in Windenergieanlagen nachgerüstet. Aufgrund der Schadenhäufungen am Triebstrang der Anlagen waren die Versicherungen gezwungen, durch Einführung einer Revisionsklausel gegenzusteuern. Die Statistik in Abbildung 1 verdeutlicht, dass teure Großkomponenten maßgeblich für lange Betriebsunterbrechungen und damit hohe Auszahlungen bei der Betriebsunterbrechungsversicherung verantwortlich sind. Die Revisionsklausel sieht ein Wartungskonzept mit einem zustandsunabhängigen Austausch wesentlicher Komponenten, wie zum Beispiel des Hauptlagers einer WEA, in einem festen Zeitrahmen vor. Infolge dieser Versicherungsbedingung ist ein wirtschaftlich sinnvoller Betrieb für viele Anlagen nicht mehr möglich. Als Alternative wurden Konzepte zum zustandsabhängigen Austausch diskutiert und eingeführt. Darin spielt der Einsatz von Zustandüberwachungssystemen (CMS) eine zentrale Rolle. Zusätzlich wurde von der Versicherungsseite die Erstattung vom Zeitwert einer Komponente abhängig gemacht. Dies wird durch den Abbau des Abnutzungsvorrates gerechtfertigt, der in

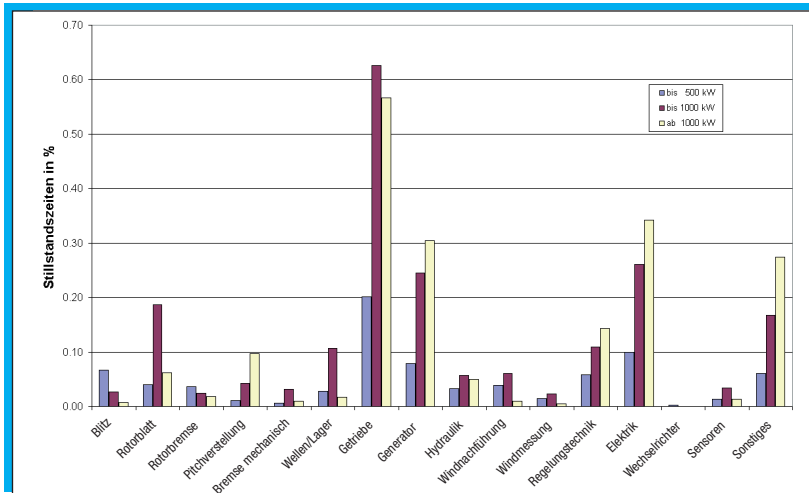


Abbildung 1: Die Statistik zeigt, dass Getriebe- und Generatorprobleme zusammen mit der Elektrik die Hauptursachen für Betriebsunterbrechungen bei Windkraftanlagen darstellen. Zudem steigt die Ausfallrate mit der Größe der Anlagen (zusammengestellt aus von der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein jährlich erhobenen Daten [2]).

den derzeitigen Konstruktionen aus Sicht der Versicherungswirtschaft und auch aus Sicht der Betreiber zu schnell aufgebraucht wird. Wie die Höhe der Erstattung im Falle eines Getriebeaustausches konkret nach den neuen Verträgen aussieht, zeigen die Abbildungen 2 und 3. In Abbildung 2 wird der durch die Versicherungswirtschaft gegebene Anreiz zur Installation von CM nochmals hervorgehoben.

CMS ja – aber

Die verschiedenen Gesellschaften unterscheiden sich hier zurzeit noch erheblich in der Höhe des Anreizes. Der Vorteil fällt für große Komponenten deutlicher aus, wie der Vergleich

zwischen Getriebe und Generator zeigt. Es lohnt demnach nicht, kleine Komponenten in die Überwachung mit aufzunehmen, was ebenfalls durch die geringere Ausfallrate laut Statistik in Abbildung 1 gerechtfertigt wird.

Die Situation stellt sich bei den geplanten Offshore-Anlagen durchaus anders dar. Hier ist eine möglichst umfangreiche Information über den Anlagenzustand erforderlich, um Reparaturen weit im Vorfeld im Detail planen zu können. Die Erreichbarkeit der Anlagen ist sehr durch Wellengang und Wetter eingeschränkt. Aus diesem Grund setzt man sich mit den Wartungs- und Reparaturkonzepten für Offshore-Windparks bereits in aktuellen EU-Projekten wie dem „Offshore Maintenance and Repair“ [3] auseinander.

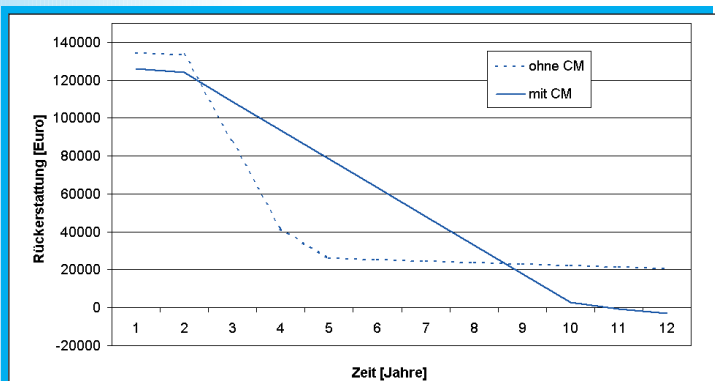


Abb. 2: Aktuelle Versicherungsverträge sehen eine zeitabhängige Verringerung der Rückerstattung vor, begründet durch den alterungsbedingten Verschleiß der Anlagenkomponenten. Hier ist die Ersatzleistung der Versicherung für ein Getriebe im Wert von 150.000 Euro in Abhängigkeit vom Ausfallzeitpunkt dargestellt. Diese Ersatzleistung fällt deutlich höher aus, sofern der Betreiber eine permanente Zustandsüberwachung einsetzt. Im gezeigten Beispiel werden ein Selbstbehalt von 10 %, einmalige CM Systemkosten von 10.000 Euro sowie akkumulierte jährliche Teleservicekosten von 1.200 Euro berücksichtigt. Die Versicherungsbedingungen sind an einen aktuellen Allianzvertrag angelehnt.

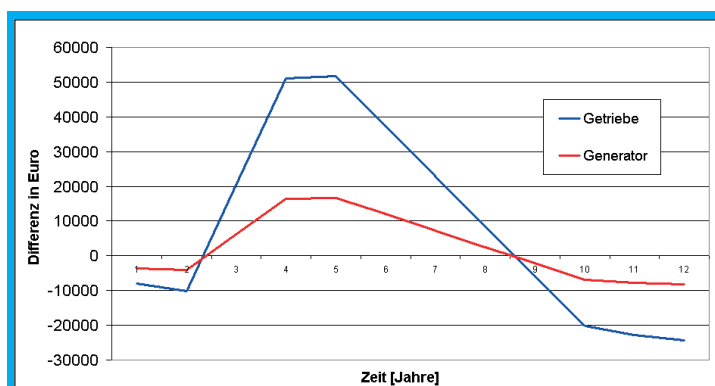


Abb. 3: Die absolute Differenz in der Erstattung von Reparaturkosten bei Einsatz und Verzicht auf CM ist abhängig vom Komponentenwert. Dies ist bedingt durch die Relation zu den CM-Systemkosten und den Folgekosten durch Betrieb und Teleservice. Das Maximum der Erstattungsdifferenz fällt zurzeit mit der Schadenhäufung nach etwa fünf Jahren Anlagenbetrieb zusammen.

Die Weiterentwicklung der zunächst nicht für die Überwachung von WEA optimal ausgelegten Systeme [1] wurde getrieben durch den Quasistandard, der durch das Allianz Zentrum für Technik (AZT) [4] gesetzt wurde. Die heute am Markt verfügbaren, angepassten und verbesserten Überwachungssysteme verdanken ihre Existenz ganz wesentlich dem Druck durch das Prüf- und Anerkennungsverfahren des AZT. Dies drückt sich auch durch die Übernahme der Anforderungen in die Zertifizierungsrichtlinie des Germanischen Lloyd [5] aus.

Beispiel: Lagerschaden einer 2-MW-Windenergieanlage

Dass mittlerweile die Zustandsüberwachung – auch bei noch nicht perfekter Anpassung der Systeme an die sehr schwierigen Bedingungen in der Windenergieanlage mit den in weiten Bereichen variierenden Lasten und Drehzahlen und auch unabhängig von den Forderungen der Versicherungen – mit großem Vorteil eingesetzt werden kann, verdeutlicht eindrucksvoll das nachfolgende Beispiel.

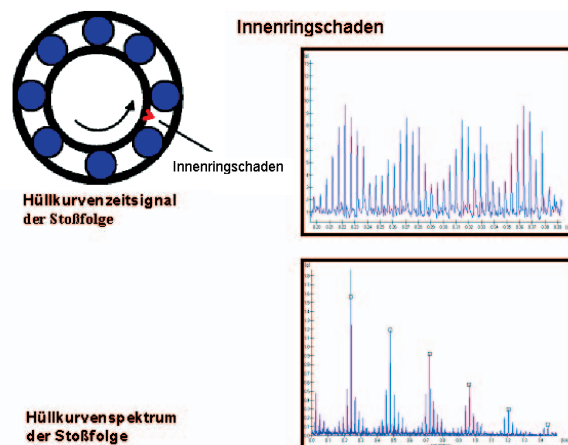
In einem kürzlich von der Projekt-GmbH in Oldenburg ausgerüsteten Park mit Anlagen der 2-MW-Klasse konnte durch die Überwachung schon nach wenigen Monaten Betrieb ein beginnender Lagerschaden aufgedeckt und somit ein möglicher Folgeschaden verhindert werden. Das in der Abbildung 4 dargestellte Ergebnis einer Hüllkurvenanalyse zeigt deutlich die typische Charakteristik eines Innenringschadens, sowohl im Hüllkurvenzeitsignal als auch im zugehörigen Hüllkurvenspektrum. Das Signal wurde durch ein Zustandsüberwachungssystem der Firma FAG/F'is an der Abtriebswelle eines Getriebes aufge-

zeichnet und löste einen entsprechenden Alarm aus. Dies zeigt, dass die Funktion eines solchen Systems zur Erkennung von Auffälligkeiten durchaus auch für Windenergieanlagen mit der erforderlichen Zuverlässigkeit realisiert werden kann. In der Folge wurde nun die Entwicklung des Schadens beobachtet.

Die möglichen Konsequenzen aus den Messergebnissen und der Trendinterpretation werden häufig ein Spannungsfeld zwischen Versicherung, Betreiber und Hersteller erzeugen. Die Dokumentation des Alarms erlaubt der Versicherung bei einem zeitlich späteren Ausfall des Lagers gegebenenfalls nachzuweisen, dass eine Schädigung bereits vorlag und von der technischen Betriebsführung nicht entsprechend rechtzeitig gehandelt wurde. Ohnehin obliegt es dem Betreiber, Folgeschäden zu verhindern. Solch eine typische Folge wäre in obigem Beispiel eine Beschädigung der Verzahnung durch ein nicht rechtzeitig ausgetauschtes Lager.

Grundsätzlich ist die Versicherung für solche vorhersehbaren Schäden nicht zahlungspflichtig, da der Betreiber durch eine rechtzeitig eingeleitete Reparatur den Folgeschaden hätte vermeiden können. Die Kosten für das Lager selbst werden im Rahmen des Versicherungsschutzes erstattet, sofern der Ausfall nicht auf normalen Verschleiß zurückzuführen ist. Im Gewährleistungsfalle hätte der Hersteller die erforderlichen Maßnahmen rechtzeitig einleiten müssen. Solange aber der Ausfall des Lagers noch nicht eingetreten ist, ist es schwer, eine Aussage zum verbleibenden Zeitraum für die Einleitung einer Reparatur oder auch nur zu einer wahrscheinlichen Restlebensdauer des betroffenen Bauteils zu treffen.

Abb.4: Die dargestellten Daten stammen aus einer Hüllkurvenanalyse, durchgeführt an einem Lager auf der Abtriebsseite eines Getriebes einer WEA, und wurden mit einem System der FAG/F'is aufgezeichnet. Die Ergebnisse zeigen in beeindruckender Deutlichkeit einen Innenringschaden mit der entsprechenden Modulation der Stoßfolge durch die Rotation der Schadstelle durch die Lastzone. Das zeigt sich im Hüllkurvenspektrum durch die Seitenbänder um die Grundschiwingung und deren Harmonischer zur Stoßfolgefrequenz.



Noch fehlen Erfahrungswerte

In der Regel ist der Anbieter der Zustandsüberwachung aus verständlichen Gründen vorsichtig in seinen Prognosen. Die Entscheidungslast liegt also beim Betreiber oder auch dem Hersteller. Die Erfordernisse eines leistungsreduzierten Betriebes mit dem Ziel, die Reparatur in eine günstigere Periode zu verschieben, sind ebenfalls nur schwer einzuschätzen. Es fehlt hier an entsprechender Erfahrung und auch an Modellen, wie die Trenddaten zu interpretieren sind und ein Zusammenhang mit einer daraus abzuleitenden wahrscheinlichen Restlebensdauer gefunden werden kann. Dies erfordert möglicherweise die Einbeziehung weiterer Größen wie Drehmomentmessungen zur Aufintegration der von den Bauteilen bereits erlittenen Lastwechsel. Für komplexe Bauteile mit stark variieren-

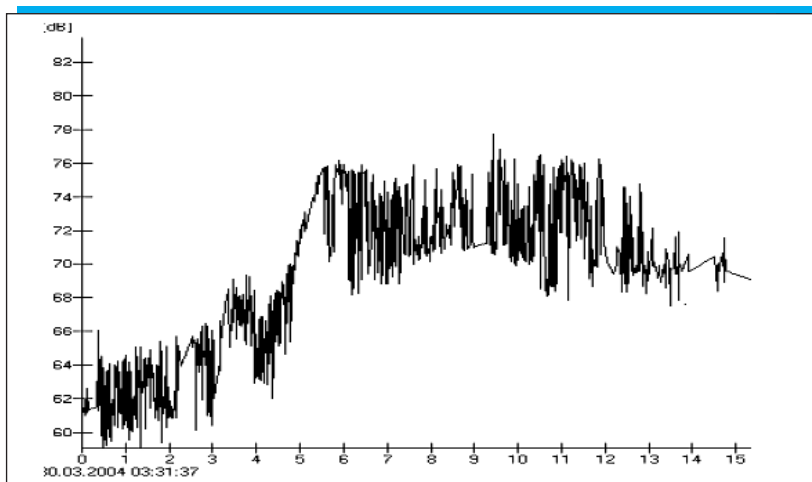


Abbildung 5: Die dargestellten Trenddaten zeigen einen deutlichen Anstieg innerhalb weniger Tage. Die Schädigung selbst war schon 2 Monate früher gut sichtbar in der Hüllkurvenanalyse (Einheit an der Zeitachse: Tage).

WINDTECHNIK GEIGER
 Windkraftanlagen und Zubehör
 von 1-5 kW
 Windener Str. 14, 85051 Ingolstadt
 Tel: 08450/7390 Fax 08450/923775
 e-mail: windtechnik.geiger@t-online.de
 Info unter www.windtechnik-geiger.de

**Biogas-, Solar- und
Windkraftanlagen
zu verkaufen!**
 (projektiert, neu errichtet oder bestehend)
 Törmer Consulting & Development
 Fon: 0391/25143-89 Fax: -90
 www.TOERMER.com

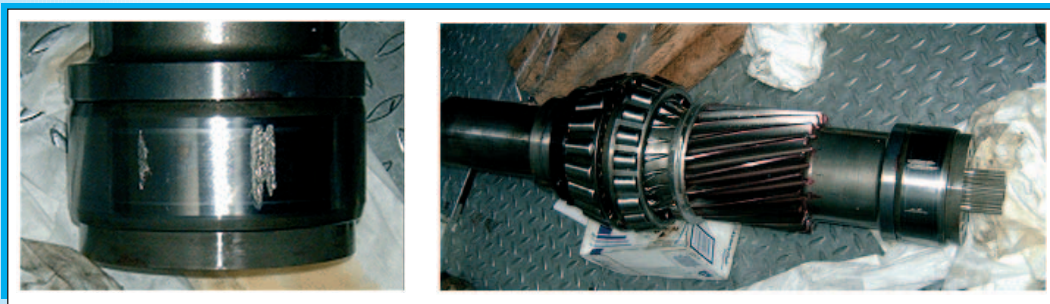


Abbildung 6: Das Lager der schnellen Welle eines Windkraftgetriebes zeigt in diesem Fall ein lokalisiertes Schadensbild auf dem Innenring, welches zu den typischen Stoßfolgen beim Überrollen durch die Wälzkörper führt und daher in der Hüllkurvenanalyse das in Abbildung 4 gezeigte Signalmuster hervorruft.

den dynamischen Belastungen wie den Triebstrang ist auch die Modellbildung zur Berechnung von Lebensdauern in der Theorie voranzutreiben. Erste realistische Ansätze für Triebstrangbelastungssimulationen sind vorhanden [6] und Ergebnisse aus Messkampagnen unter Einsatz von Lastwechselzählverfahren sind ebenfalls verfügbar [7].

Um bei der Prognose größere Sicherheit zu gewinnen, ist der Einsatz der von der Versicherungswirtschaft anerkannten Systeme in großer Zahl erforderlich. Bis die entsprechende Erfahrung gesammelt ist, sind Kompromisse beim Ausgleich von Schäden zwischen den Beteiligten notwendig. Zudem werden im Fall eines sich entwickelnden größeren Schadens Begutachtungen vor Ort unter Zuhilfenahme von Endoskopie und Ölanalyse unverzichtbar bleiben, um abgesicherte, weit reichende finanzielle Entscheidungen fällen zu können.

Konzepte zur Anlagen-Absicherung

Für den Betreiber ergaben sich bislang aufgrund der in Abbildung 2 aufgezeigten neuen Versicherungskonditionen zwei mögliche Konzepte zur Absicherung seiner Anlagen. Bei Verzicht auf Zustandsüberwachung müssen aufgrund der niedrigeren Absicherung höhere Rücklagen gebildet werden. Bei Installation von CM verbessert sich der Versicherungsschutz bei etwa gleichen Beiträgen erheblich. Eine Rücklagenbildung ist aber auch hier erforderlich. In beiden Fällen wird ein Wartungspaket vom Hersteller erforderlich sein. Betrachtet man die derzeitigen Kosten für schwingungsdiagnostische Gutachten auf jährlicher Basis und die damit verbundenen Unsicherheiten, kann auch für kleine Anlagen eine Investition in ein permanentes Überwachungssystem lohnen. Für Anlagen der Megawattklasse wäre es geradezu fahrlässig, auf die Installation zu verzichten. Der im Beispiel gezeigte Lagerschaden hätte unerkannt möglicherweise zu Verzahnungsschäden geführt und ein Getriebetausch wäre im gezeigten Fall konstruktionsbedingt unvermeidbar gewesen. So fielen lediglich die Reparaturkosten für ein Lager an. Die Kosten für einen Lagertausch beliefen sich auf etwa 5.000 Euro. Ein Getriebetausch wäre mit etwa 190.000 Euro zu veranschlagen gewesen. Mit dem Aufkommen der Vollwartungspakete verschiedener Hersteller, die mittlerweile zumindest für Neuanlagen Zeiträume von zehn bis 15 Jahren abdecken und auch Großkomponenten einschließen, ergibt sich eine weitere Alternative, die für den Betreiber die Beschränkung auf eine kaufmännische Betriebsführung eröffnet. Hier sollte auf die Rückversicherung des Paketes geachtet werden. Ein großer Betreiber wird mit einer eigenen technischen Betriebsführung

und Wartungspaketen, die derzeit nur beim Hersteller erhältlich sind, kostengünstiger fahren.

Ziel des Beitrags ist es, auf den Diskussionsbedarf bei der Interpretation der Ergebnisse einer Zustandsüberwachung aufmerksam zu machen und einen Dialog zwischen Betreibern und Herstellern anzustoßen. Insbesondere ist auch die Erfahrung der Anbieter von Zustandsüberwachungssystemen mit einzubeziehen. Auch mögliche wirtschaftliche Anreize für den Einsatz sind zu diskutieren. Langfristig sind die Erhöhung der Verfügbarkeit für den Betreiber und auch das frühzeitige Erkennen von Konstruktionsproblemen für den Hersteller als Vorteile hervorzuheben. Hinzu kommt für beide die Vermeidung teurer Folgeschäden, die nicht mehr in dem Maße, wie bislang üblich, durch eine Versicherung abgedeckt sind.

Literatur

- [1] Waldl, H.-P.; Hinrichs, H.: Condition Monitoring Systeme – Betriebserfahrungen in Windenergieanlagen und zukünftige Anforderungsprofile, 2. Rheiner Windenergie-Forum 2004, Kötter Consulting Engineers, Rheine, 17./18. März 2004
- [2] Eggersgluß, W.: Windenergie Praxisergebnisse 1995/1997/1998/1999/2000/2001 und 2002, Bildungs- und Beratungszentrum Rendsburg der Landwirtschaftskammer Schleswig Holstein, Rendsburg, 1995-2002
- [3] Advanced strategies for Offshore Wind Energy Converters (Offshore M&R), gefördert durch European Commission (Contract NNE5/2001/710)
- [4] Gellermann, T. et al.: Anforderungen an Condition Monitoring Systeme für Windenergieanlagen; Bericht Nr.: 03.01.068, Allianz Zentrum für Technik GmbH, München 2003
- [5] Germanischer Lloyd WindEnergie: Richtlinie für die Zertifizierung von Windenergieanlagen, Hamburg 2003
- [6] Schlecht, B.: Untersuchungen der Interdependenzen von Rotor-, Triebstrang-, und Gondelschwingungen von Multi-Megawatt Windenergieanlagen mittels Mehrkörpersimulation; AKIDA 2004, Aachen 2004
- [7] Söker, H.; Seifert, H.: Präventives Last-Monitoring und Condition Monitoring – damit die geplante Betriebsdauer ohne wirtschaftlichen Schaden erreicht wird, DEWI Magazin Nr. 23, Wilhelmshaven 2003.

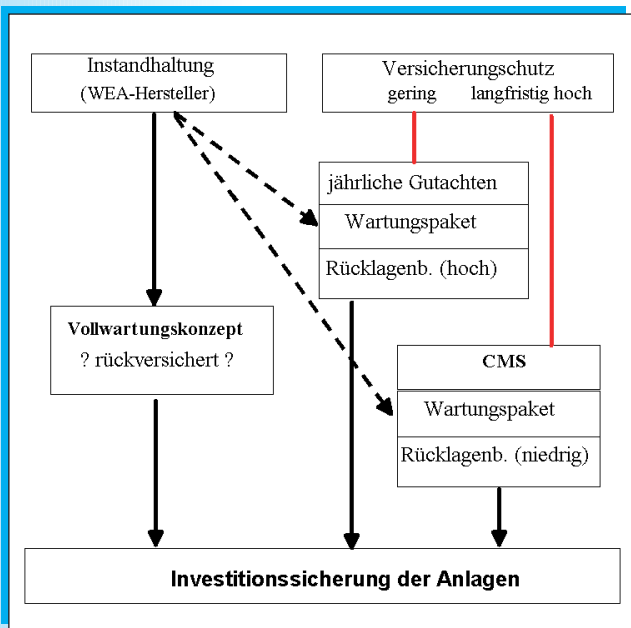


Abbildung 7: Bausteine zur Absicherung des wirtschaftlichen Betriebes einer WEA oder auch eines Windparks, die der Betreiber vom Hersteller, Versicherer und Drittanbieter einkaufen und geeignet zusammenstellen muss. Hier sind die drei zurzeit üblichen Zusammenstellungen dargestellt.