

# UNTERSUCHUNGEN ZU EINER MAGNETGELAGERTEN INDUSTRIEDAMPFTURBINE

**Christoph Grund**

*Turbinenwerk Görlitz*

*Siemens AG*

*Lutherstraße 54*

*02826 Görlitz, Germany*

*Tel.: +493581682577, Fax: +493581682258*

*Email: christoph.grund@siemens.com*

**Torsten Rottenbach, Frank Worlitz**

*Institut für Prozeßtechnik, Prozeßautomatisierung und Meßtechnik*

*Hochschule Zittau/Görlitz*

*Theodor-Körner-Allee 16*

*02763 Zittau, Germany*

*Tel.: +493583611383, Fax: +493583611288*

*Email: t.rottenbach@hszg.de, f.worlitz@hszg.de*

## **Kurzfassung**

Der Einsatz aktiver Magnetlager an Turbomaschinen in Kraftwerken reduziert die Brandmasse durch den Wegfall des Ölkreislaufes zur Lagerschmierung gegenüber konventionell gelagerten Turbomaschinen erheblich und verringert folglich das Gefährdungspotential. Die magnetlagerspezifisch geringe Lagerreibung führt zudem zu einer Erhöhung des Wirkungsgrades und zu einer Senkung des Wartungs- und Instandhaltungsaufwandes. Die Auswertung der inhärenten Signale der Magnetlagerung – Wellenlagen und Lagerströme – bietet zusätzliche Möglichkeiten der Überwachung und Diagnose der Magnetlager als auch des Gesamtsystems.

Zur Qualifizierung des Einsatzes aktiver Magnetlager an einer Speisepumpenantriebsturbine (SPAT) im Kraftwerk wurde in einem gemeinsamen Projekt zwischen der Siemens AG, der EAAT GmbH Chemnitz und dem IPM der Hochschule Zittau/Görlitz ein Großversuchsstand konzipiert und aufgebaut. Nach der Inbetriebnahme der komplexen Anlage wurden Versuche unter praxisrelevanten Bedingungen durchgeführt.

Der Beitrag gibt einen Überblick über die Versuchsanlage und stellt die Möglichkeiten der experimentellen Untersuchungen und erste Ergebnisse vor.

## **1 Zielstellung**

Ziel der experimentellen Untersuchungen am Großversuchsstand ist die Erprobung und Erüchtigung der Magnetlagertechnologie für den Einsatz an einer Speisepumpenantriebsturbine als Prototyp im Braunkohlekraftwerk Jänschwalde der Vattenfall Europe Generation AG. Der aufgebaute Versuchsstand hatte die geplante Prototypsturbine zum Vorbild. Rotorlänge, Lagerabstand und Rotormasse des Versuchsstandes entsprechen weitestgehend den Werten der Turbine.

Zum Nachweis der Eignung der Magnetlager für die Dampfturbine wurden für die experimentellen Untersuchungen am Versuchsstand drei Schwerpunkte festgelegt:

- Erprobung geeigneter Kühlsysteme
- Beherrschung der durch den Dampf verursachten Prozesskräfte am Rotor
- Nachweis der Funktion der Fanglager

Die Erprobung erfolgt unter möglichst kraftwerksnahen Bedingungen nach einem qualitätsgesicherten Entwicklungsprozess.

## 2 Großversuchsstand SFDT

### 2.1 Übersicht zur Versuchsanlage

Die Versuchsanlage wurde in einer Halle der Hochschule Zittau/Görlitz am Standort Zittau errichtet und umfasst den in einem 8 m x 4 m großen Schutzbunker untergebrachten Prüfstand mit Antrieb und Bremse und die zum Betrieb der Anlage notwendigen peripheren Geräte und Teilanlagen. Abb. 1 gibt eine Übersicht über die Versuchshalle.

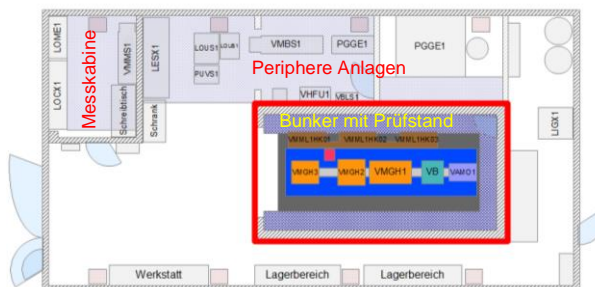


Abb. 1: Versuchshalle mit Bunker und Versuchsstand

Der Schutzbunker ist Bestandteil des Barriersystems der Versuchsanlage und schützt vor Gefährdungen, die von der rotierenden Welle und der darin gespeicherten Energie ausgehen. Abb. 2 zeigt den Versuchsstand während der Inbetriebsetzung im geöffneten Schutzbunker.



Abb. 2: Versuchsstand im Schutzbunker

### 2.2 Aufbau des Versuchsstandes

Abb. 3 zeigt schematisch den Aufbau des Versuchsstandes. Er besteht aus dem eigentlichen Prüfstand mit einer horizontal angeordneten, vollständig magnetgelagerten Welle und der Antriebseinheit mit frequenzgesteuertem Antriebsmotor und einer mechanischen Doppelscheibenbremse, die auf zwei separaten Grundrahmen auf einem 7 m x 2 m großen Maschinentisch montiert sind.

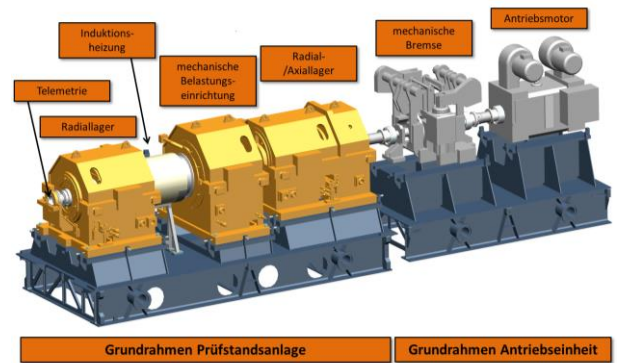


Abb. 3: Schematische Darstellung des Versuchsstandes

Mit dem Antriebsmotor wird die Welle auf eine Maximaldrehzahl von 5800 U/min beschleunigt und kann innerhalb von max. 30 s elektrisch oder über die mechanische Bremse abgebremst werden.

Zur Simulation der an einer SPAT vorherrschenden Bedingungen ist der Prüfstand mit einer thermischen und einer elektromagnetisch wirkenden mechanischen Belastungseinrichtung ausgestattet.

Die thermischen Lasten werden mit einer Induktionsheizvorrichtung iHzv aufgeprägt. Damit kann ein Wellenabschnitt auf im Bereich der Beschauelfung turbinenübliche Temperaturen von ca. 520 °C aufgeheizt werden.

Die auf den Rotor wirkenden mechanischen Prozesslasten werden über eine berührungslos arbeitende elektromagnetische Magnetlagerbelastungseinrichtung MLBE simuliert. Damit können statische und dynamische Belastungen von 35 kN in radialer Richtung auf den Rotor aufgeprägt werden.

Zur Aufnahme des Läufers bei Stillstand oder im Fehlerfall sind in die Radialmagnetlagergehäuse Fanglager der Firma Schaeffler integriert.

Tab. 1 gibt einen Überblick über die Hauptparameter des Versuchsstandes.

Nenndrehzahl	5760	U/min	
El. Antriebsleistung	280	kW	
El. Bremsleistung	640		
Tragkräfte	RML	25	
	AML	25/50	
	MLBE	35	
Läufer	Masse	2350	kg
	Länge	3746	mm
Heizleistung iHzv	40	kW	

Tab. 1: Hauptparameter Großversuchsstand SFDT

## 2.3 Magnetlagerkühlung

Ein wesentlicher Untersuchungsgegenstand zum Nachweis der Eignung der Magnetlagertechnologie für den Einsatz in Dampfturbinen ist die sichere Beherrschung der Abfuhr der Wärme, die durch den Prozessdampf über die Welle in die Bereiche der Magnetlager eingetragen wird. Zu diesem Zweck wurden die Radialmagnetlager und die MLBE des Prüfstandes mit drei Kühlsystemen zur Lagerkühlung ausgestattet:

- Rotorkühlung  
Zur Vermeidung unzulässig hoher Temperaturen im Bereich der Blechung der Rotoren der RML und MLBE wurden die Bleche auf axial durchbohrten Wellenhülsen aufgebracht, die mit Gebläseluft beaufschlagt werden.
- Luftspaltkühlung  
Die Luftspalte der RML und der MLBE werden über einen Kompressor mit Druckluft gekühlt, d. h. die Luftspalte zwischen dem Rotor und den Statorn als auch der verbliebene Raum zwischen den Lagerspulen in den Nuten der Statorn werden mit Druckluft durchströmt.
- Statorkühlung  
Die Statorgehäuse der RML und der MLBE sind wassergekühlt.

Abb. 4 zeigt die realisierte Magnetlagerkühlung eines Radialmagnetlagers im Viertelschnitt des 3D-Modells.

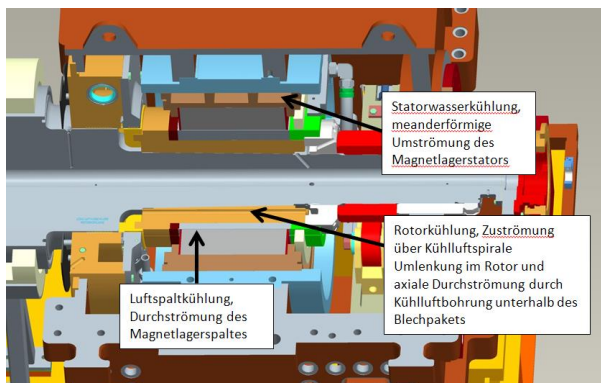


Abb. 4: Kühlsysteme eines Radialmagnetlagers

Ziel der Untersuchungen war der Funktionsnachweis der Lagerkühlung, speziell der Hülsenkühlung, unter praxisrelevanten Bedingun-

gen und die Optimierung des Kühlmitteldurchsatzes der Luft- und Wasserkühlung der aktiven Magnetlager.

## 2.4 Instrumentierung

Neben der für den Betrieb und den Anlagenschutz notwendigen Messtechnik wurde der Prüfstand mit umfangreicher Versuchsmesstechnik ausgestattet:

Zur Ermittlung der radialen und axialen Temperaturverteilung im Rotor wurden in diesem im Bereich des nicht antriebsseitigen Radialmagnetlagers (B-Seite), der iHzv und der MLBE 80 Thermoelemente montiert. Dazu wurde vom B-seitigen Wellenende eine Wellenbohrung von 51 mm Durchmesser bis an das A-seitige Ende der MLBE eingebracht, in diese je 40 Thermoelemente in zwei unterschiedlichen Profilen (Wellenschnitten) verbaut und die Wellenbohrung zu mechanischen Arretierung der Thermoelemente mit Sauereien ausgefüllt. Zur berührungslosen Übertragung der Temperaturwerte ist am B-seitigen Wellenende eine Telemetrieinheit mit Sendeeinheit und Empfangsteil angebracht, mit der bis zu 40 Temperaturwerte übertragen werden können. Abb. 5 zeigt die Anordnung der 40 Thermoelemente des Profils A im Rotor.

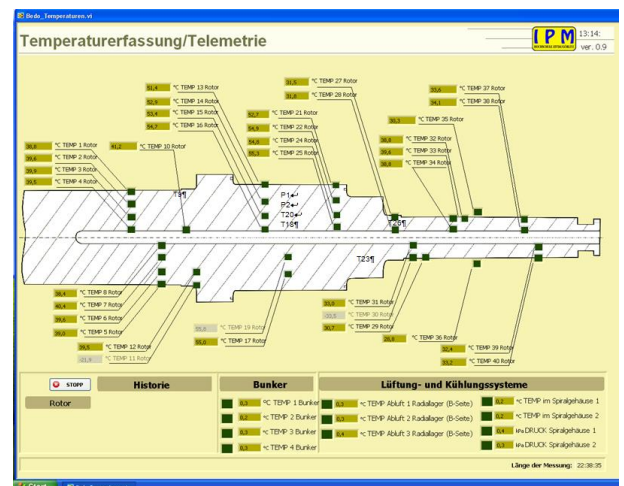


Abb. 5: Übersicht der Temperaturmessstellen (Profil A)

Die Messung der Oberflächentemperatur im Bereich der iHzv wird durch zwei Pyrometer realisiert.

Für Fanglageruntersuchungen ist der Versuchsstand an den Fanglagern mit je einer

Drehzahlmessung an den Innenringen, je sechs Temperaturmessstellen an den Außenringen und zur Zustandsüberwachung der aus Wälzlagern bestehenden Fanglagerung je eine Stoßimpulsmessung installiert. Zusätzlich wird an beiden Radialfanglagern die Umlaufgeschwindigkeit der Kugeln gemessen. Zur Ermittlung der beim Fanglagereingriff auftretenden Kräfte wurde das B-seitige Fanglager mit einer Kraftmesseinrichtungen im Bereich der Fanglageraufnahme am Lagergehäuse ausgerüstet.

Zur Bilanzierung der Kühlmittelströme erfolgt eine Temperaturmessung der Ein- und Austrittstemperaturen und eine Volumenstrommessung in allen Kühlkreisen. Zudem wird in allen Kühlluftkreisen der Druck am Eintritt gemessen. Zur Erreichung gleichbleibender Versuchsbedingungen werden die Temperaturen und die Volumenströme der Kühlmitteln geregelt.

Für die Maschinenüberwachung erfolgt an den Lagergehäusen eine Schwingungsmessung. Diese wird auch für Fanglageruntersuchungen genutzt.

Zur determinierten Kraftaufprägung auf den Rotor ist die MLBE beidseitig in jeder Achse mit Positionssensoren zur Ermittlung der Wellenlage ausgerüstet. Anhand der Strom- und Wellenlagemesswerte ist jederzeit eine Bestimmung der auf den Rotor aufgeprägten Belastungskräfte möglich.

### 3 Versuchsdurchführung

Der Aufbau und die Inbetriebsetzung des Versuchsstandes erfolgten von April 2011 bis September 2012. Direkt im Anschluss daran wurde der Versuchsbetrieb aufgenommen. Dieser gliederte sich in zwei Phasen:

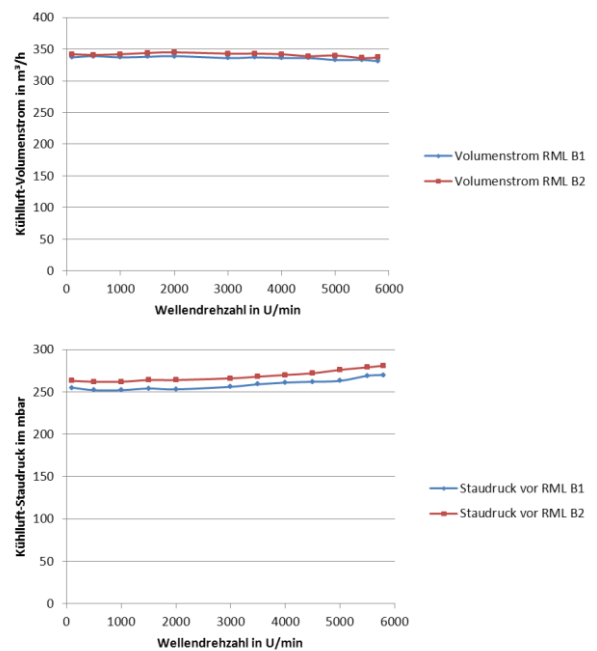
In der ersten Phase wurde die Funktion aller Teilsysteme und des Gesamtsystems getestet und nachgewiesen. In ersten Heißversuchen erfolgten der Test und die Verifikation der Funktion der ausgelegten und patentierten Hülsenkühlung.

In der zweiten Phase wurde in Langzeitversuchen die Magnetlagerkühlung optimiert und die erforderlichen Mindestdurchsätze der

Kühlmedien für verschiedene Arbeitspunkte der SPAT ermittelt. Daran anschließend wurden gemeinsam mit Schaeffler die Fanglager getestet. In ersten Versuchen wurden nach der Inbetriebnahme der MLBE-Ansteuerung statische Kräfte bei verschiedenen Drehzahlen auf den Rotor aufgeprägt. Nachfolgend werden erste Versuchsergebnisse vorgestellt.

#### 3.1 Test der Hülsenkühlung

In einem Vorversuch wurde getestet, ob die Kühlluft auch bei hohen Drehzahlen durch die Axialbohrungen der Lagerhülsen befördert wird. Dazu wurden der Volumenstrom, der Staudruck und die Stromaufnahme des Gebläse-Frequenzumrichters für verschiedene diskrete Drehzahlen bei konstanter Stellung der Regelventile und konstanter Vorgabe des Druckes der Gebläsezufluft aufgezeichnet.



**Abb. 6:** Gebläsevolumenstrom- und Kühlluftstaudruck-Drehzahlkennlinien für das B-seitige Radialmagnetlager der Halbspiralen 1 und 2

Mit steigender Drehzahl der sinkt Durchsatz an der Magnetlagerhülse um 6 m³/h bzw. 5 m³/h an den Halbspiralen 1 und 2, dementsprechend steigt der Staudruck um 15 bzw. 18 mbar. Dabei steigt der vom Gebläseumrichter aufgenommene Strom um 2,1 A. Das ist auf einen erhöhten Strömungswiderstand am Eintritt in die Bohrungen der Rotorhülse zurückzuführen.

## 3.2 Heißversuche

In einem ersten Heißversuch wurde getestet, ob der Rotor im aufgeheizten Zustand mit Nenndrehzahl betrieben werden kann. Dazu wurde der Rotor bei 500 U/min mit der iHvz auf 510 °C aufgeheizt. Abb. 7 zeigt die Temperaturverläufe an den Messstellen (vgl. Abb. 5) und der Pyrometer, die Heizleistung und das Drehzahlsignal. Nach Erreichen eines stabilen Zustandes wurde die Rotordrehzahl auf 3000 U/min erhöht, wodurch sich der Rotor infolge der veränderten Wärmeübergangsbedingungen abkühlte. Durch Anpassung der Heizleistung wurde der Rotor wieder auf 510 °C aufgeheizt. Danach wurden die Wellendrehzahlen 5000 U/min, 5500 U/min, 5760 U/min und 5460 U/min angefahren und der Rotor wieder aufgeheizt.

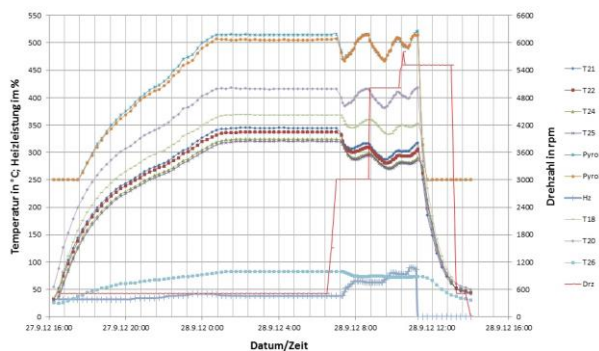


Abb. 7: Drehzahltest mit aufgeheizter Welle

Es konnte nachgewiesen werden, dass der bis auf nahezu Frischdampf Temperatur aufgeheizte Rotor bis zur Maximaldrehzahl stabil in den Magnetlagern gelagert werden kann. Zudem wurde die Funktion der Hülsenkühlung im Betrieb mit heißem Rotor nachgewiesen.

Die weiteren Untersuchungen wurden zur Optimierung der Lagerkühlung durchgeführt. Ziel war es, die Kühlmittelströme für die Arbeitspunkte der Turbine auf ein zum sicheren Betrieb der Magnetlager erforderliches Minimum zu reduzieren. Dazu wurden in Langzeitheißversuchen die Kühlmittelströme der verschiedenen Kühlsysteme, beginnend mit der Stator- kühnung, reduziert und die Rotor- sowie Spul- entemperaturen der Magnetlager gemessen und aufgezeichnet. Dabei wurden auch die Umgebungstemperaturen im Bunker zwischen 20° C und 40 °C variiert. Die Untersuchungen erfolgten ohne zusätzliche mechanische Belas-

tung des Rotors. Als Grenzwerte wurden 95 °C für die Spulentemperaturen und 180 °C für die Temperaturmessstelle T26 (vgl. Abb. 5) am Wärmeeintritt unterhalb der Rotorbüchse des B-seitigen RML festgelegt.

Im Ergebnis der Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass unter den o. g. Bedingungen auf die Stator- und auf die Luftspalt- kühlung verzichtet werden kann. Es wurden für alle Betriebsdrehzahlen stationäre Arbeits- punkte ermittelt, bei denen die Spulen- und Hülsentemperaturen in unkritischen Bereichen unterhalb der festgelegten Grenztemperaturen lagen. Für diese Arbeitspunkte wurden die Minima der Luftströme für die Hülsenkühlung ermittelt und liegen zwischen 75 m<sup>3</sup>/h und 150 m<sup>3</sup>/h für das B-seitige Radialmagnetlager.

## 3.3 Fanglagerversuche

Ziel der Fanglagerversuche war der Nachweis der Funktion der Schaeffler-Fanglager. Dazu wurden Abwurfversuche bei sieben verschiedenen Drehzahlen bis zur Maximaldrehzahl von 5760 U/min durchgeführt. Vor bzw. nach jedem Abwurf wurde durch Schaeffler ein Condition-Monitoring der Fanglager bei den drei Drehzahlen 150 U/min, 300 U/min und 540 U/min durchgeführt, um den Zustand der Fanglager zu überprüfen. Abb. 8 zeigt beispielhaft den Wellenlage- und Drehzahlverlauf in der geometrischen X-Achse des antriebsei- tigen Radialmagnetlager (DE – Drive End) des Abwurfversuchs von 5760 U/min. Der Rotor wird nach dem Abwurf aus der Null-Lage

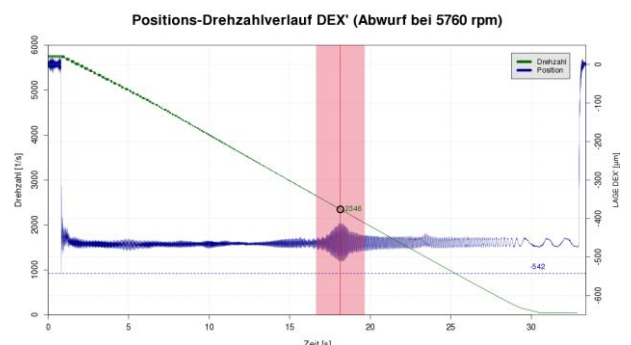
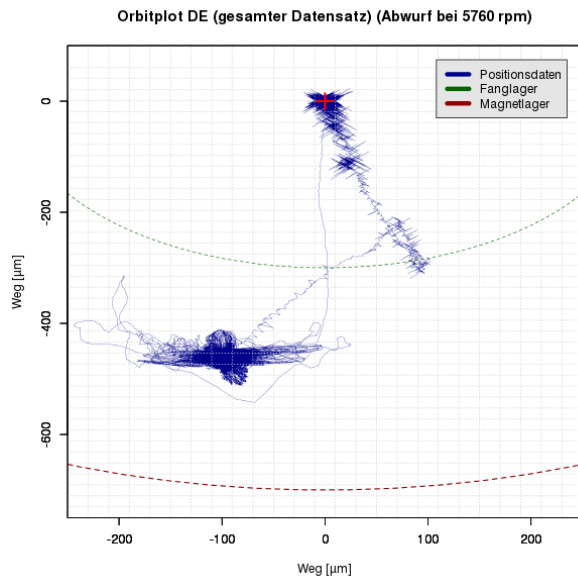


Abb. 8: Wellenlage- und Drehzahlverlauf Achse DEX'

durch den Motor in ca. 29 s auf 50 U/min abgebremst, danach erfolgte wieder die Zuschaltung der Magnetlagerung. Die maximale Roto- rauslenkung beträgt beim Einschlag -542 µm, eine Eigenfrequenz kann bei 2346 U/min (ent- spricht 39,1 Hz) beobachtet werden. Abb. 9

zeigt den dazugehörigen x-y-Plot der Wellenlagesignale. Die grüne und rote Strichlinie gibt die theoretischen Grenzen der Fang- und Magnetlagerung an. Der Signalverlauf zeigt, dass der Rotor im DE-seitigen Fanglager ca. 100  $\mu\text{m}$  außermittig liegt. Ursachen dafür sind ggf. die Einbaulage des Fanglagers oder eine Verschiebung der magnetischen Mitte des Magnetlagers



**Abb. 9:** x-y-Plot des Abwurfversuches von 5760 U/min

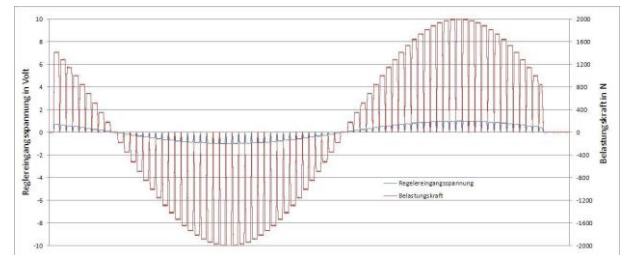
Es konnte nachgewiesen werden, dass die ausgelegte Fanglagerung den Anforderungen entspricht. Der Rotor zeigte bei allen Abwurfversuchen ein gutmütiges Verhalten beim Auslauf in den Fanglagern. Ein Backward-Whirl trat nicht auf.

Die Ergebnisse des Condition-Monitoring der Fanglager zeigten, dass die Fanglager nach den Abwurfversuchen nur sehr geringe Schädigungen aufweisen und für weitere Versuche verwendet werden können.

### 3.4 Simulation prozessspezifischer mechanischer Belastungen des Rotors

Nach der Implementierung des Regelalgorithmus zur Ansteuerung der mechanischen Belastungseinrichtung MLBE wurde diese in Betrieb genommen und getestet. Mit der MLBE ist es möglich, radiale Belastungskräfte unterschiedlicher Beträge und Angriffswinkel statisch oder dynamisch berührungsfrei auf den Rotor aufzuprägen. Die Ansteuerung erfolgt PC-gestützt über ein eigens dafür entwickeltes Ansteuerungsprogramm.

Ziel der Untersuchungen war zunächst der Funktionsnachweis der MLBE einschließlich der Ansteuerung und Regelung. In weiteren Versuchen wurden Belastungen unterschiedlicher Beträge und Angriffswinkel auf die stehende und mit verschiedenen Betriebsdrehzahlen rotierende Welle aufgebracht. Ziel dabei war es, die Auswirkungen dieser zusätzlichen Belastungen auf die Magnetlagerung zu testen und ein stabiles Schweben des Rotors beizubehalten. Der Betrag dieser Belastungen wurde auf maximal das Doppelte der bei einer SPAT wirkenden Regelradkraft von 7 kN festgelegt. Abb. 10 zeigt eine umlaufende Belastungskraft von 2 kN in 5°-Schritten bei stehender Welle. Dabei wurde je eine Rampe von 1 s zum Auf- und Abbau des Kraftbetrages und 5 s Haltezeit eingestellt.



**Abb. 10:** Belastungskraft umlaufend

In einer zweiten Versuchsreihe sollten die Auswirkungen der Belastungen auf die Magnetlagertemperaturen in Langzeitversuchen getestet werden. Diese Versuchsreihe wurde bis dato noch nicht realisiert.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Schwerpunkte der Untersuchungen am Großversuchsstand SFDT waren

- der Nachweis der Eignung der Magnetlagertechnologie für den Einsatz an Industriedampfturbinen mit den dafür vorgesehenen Kühlsystemen
- die Beherrschung der an einer SPAT wirkenden mechanischen Prozesskräfte
- und der Funktionsnachweis der Fanglager.

Nach dem Aufbau und der Inbetriebnahme der Versuchsanlage und der zu ihrem Betrieb erforderlichen peripheren Geräte und Anlagen wurden durch Siemens Görlitz und dem IPM Versuche zur Erfüllung obiger Zielstellung in

zwei Phasen durchgeführt. In der ersten Phase wurde die Funktion des Versuchstandes nachgewiesen und in ersten Heißversuchen die Kühlsysteme, speziell die patentierte Hülsenkühlung, erfolgreich getestet. In der zweiten Phase wurde die Lagerkühlung optimiert und die Funktion der Fanglagerung nachgewiesen. Zusätzlich wurden erste Untersuchungen mit der mechanischen Belastungseinrichtung durchgeführt.

Die erzielten Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

- Der Versuchstand kann mit aufgeheizter Welle bis zur Maximaldrehzahl von 5760 U/min betrieben werden.
- Die Wirksamkeit der Lagerkühlung, speziell der Hülsenkühlung, wurde nachgewiesen.
- Auf die Stator- und Luftspaltkühlung der Radialmagnetlager konnte bei einer Umgebungstemperatur bis max. 40 °C verzichtet werden.
- Für alle Betriebsdrehzahlen wurden stationäre Arbeitspunkte ermittelt, bei denen die Spulen- und Hülsentemperaturen in unkritischen Bereichen lagen, und dafür die minimalen Kühlluftströme der Hülsenkühlung ermittelt.
- Die Funktion der Fanglager wurde nachgewiesen, die Fanglager sind für weitere Versuche geeignet.
- Die MLBE wurde in Betrieb genommen und erste Belastungsversuche durchgeführt.

Auf Grund des komplizierten Aufbaus der Hülsenkühlung ist zu untersuchen, ob nicht auch die Kühlung dahingehend optimiert werden kann, dass die Luftspaltkühlung eine ausreichend gute Kühlwirkung erzielt und die Hülsenkühlung entfallen kann. Dadurch wäre eine wesentlich einfachere konstruktive und fertigungstechnische Gestaltung der Luftkühlung möglich.

Die durchgeführten Heißversuche erfolgten ohne zusätzliche mechanische Belastungen. Deren Kompensation führt zu erhöhten Lagerbelastungen und einer erhöhten Eigenerwärmung der Magnetlager. Mit Hilfe der MLBE lassen sich derartige Belastungen in radialer

Richtung berührungsfrei auf die Welle aufprägen. Für weitere Untersuchungen sollten praxisrelevante statische Belastungen berücksichtigt und simuliert werden. In Langzeitversuchen sind die Auswirkungen dieser Belastungen auf die Eigenerwärmung der RML und auf die Lagerkühlung zu untersuchen.

Neben statischen Belastungen können mit der MLBE auch dynamische Belastungen simuliert werden. Dazu sind für das System MLBE, Regler und Leistungselektronik die Systemzeitkonstanten und erreichbaren Grenzfrequenzen experimentell zu ermitteln.

Ausgehend von den Ergebnissen dieser Versuche sind Untersuchungen zur Wirkung statischer/dynamischer mechanischer Belastungen in Verbindung mit der aufgeheizten Welle auf die Magnetlagerung und deren Kühlung erforderlich.

Zur Optimierung der Kühlung ist es möglich, höhere Spulentemperaturen entsprechend der Isolationsklasse H (max. 180 °C) zuzulassen. In Absprache mit dem Magnetlagerhersteller sind die Reserven diesbezüglich auszuloten und zu testen.

Für den Einsatz im Kraftwerk sind die thermischen Zeitkonstanten der magnetgelagerten SPAT im Fall eines Ausfalls der Kühlung von Interesse. An der Versuchsanlage lassen sich derartige Untersuchungen auf Grund der umfangreichen Instrumentierung und Kühlmöglichkeiten sehr gut durchführen.

Ein weiterer Untersuchungsgegenstand ist die Möglichkeit der Regelung der Kühlung. Hier ist z. B. eine Temperaturregelung denkbar.

Mit den durchgeführten Versuchen konnte die Eignung der Magnetlager für die Anwendung an Industriedampfturbinen nachgewiesen werden. Die dabei gesammelten Erfahrungen fließen in die Entwicklung der Prototypurbine ein, deren Installation und Einsatz im Kraftwerk Jänschwalde der Vattenfall Europe Generation AG geplant ist. Dies ist ein erster Schritt, den gesamten Strang, bestehend aus Antriebsturbine, Getriebe, Vorpumpe und Hauptpumpe, ölfrei zu gestalten.