

AIF-Project No. 14402: MARHAS – Model based approach for the design and lifetime prediction of hoist winch systems (As example the cantilever of a bucket wheel excavator)

AIF-Vorhaben Nummer 14402: MARHAS – Modellbasierter Ansatz zur Auslegung und Restlebensdauerabschätzung von Hubwindensystemen (am Beispiel der Ausleger eines Schaufelradbaggers)

PAUL BURGWINKEL, JÖRN LACHMANN, DANIEL VREYDAL, Germany

Summary

The operating large-scale equipment in the German lignite open cast mines have been consistently operated, partially since 50 years now. The components and mechanical parts of this equipment have so far endured already heavy operating loads. Indeed during the construction of this large-scale equipment it was taken into consideration such a long operating duration, however the conveying conditions have been and will be with greater increasing depth more and more demanding.

In order to be continuously capable of ensuring the availability of the equipment despite the hindering conditions and optimising the continuously more complex maintenance planning and measures, appropriate efforts must be implemented by the operating team in the future. Within this context, with the help of computer aided simulation the prognosis of component deterioration and lifetime should be enhanced.

At the Institute of Mining and Metallurgical Machine Engineering at the Aachen University of Technology and within the frame work of the AiF requested research project No. 14402 "MARHAS – Model based approach for the design and lifetime prediction of hoist winch systems (As example the cantilever of a bucket wheel excavator)", a simulation model of the drive train of the hoist winch has been developed.

This model simulates the torsional vibrations in the drive train, so that specific to every component, the endured load due to the

Zusammenfassung

Die in deutschen Braunkohletagebauen eingesetzten Großgeräte befinden sich im Dauereinsatz – teilweise bereits seit fünfzig Jahren. Die Komponenten und Bauteile dieser Geräte haben somit bereits große betriebliche Belastungen erfahren. Zwar wurde bei der Konstruktion der Großgeräte eine solch lange Betriebsdauer vorgesehen, die Förderbedingungen wurden und werden mit größer werdenden Teufen zunehmend anspruchsvoller.

Um die Verfügbarkeit der Geräte trotz erschwelter Bedingungen weiterhin gewährleisten zu können und zur Optimierung der immer komplexeren Instandhaltungsplanung und -maßnahmen müssen zukünftig entsprechende Anstrengungen der Betreiber unternommen werden. In diesem Zusammenhang sollen mit Hilfe computergestützter Simulation die Vorhersagen bzgl. Alterung von Bauteilen bzw. Restlebensdauer verbessert werden.

Am Institut für Bergwerks- und Hüttenmaschinenkunde der RWTH Aachen wurde im Rahmen eines durch die AiF geförderten Forschungsprojektes mit der Vorhaben-Nr. 14402 „MARHAS – Modellbasierter Ansatz zur Auslegung und Restlebensdauerabschätzung von Hubwindensystemen (am Beispiel der Ausleger eines Schaufelradbaggers)“ ein Simulationsmodell des Antriebsstranges der Hubwinde eines Schaufelradbaggers entwickelt. Dieses Modell bildet die Torsionsschwingungen in dem Antriebsstrang ab, so dass bauteilspezifisch die aufgrund des Betriebes der Hubwinde zu ertragende Last ermittelt werden kann. Basierend auf der ermittelten Belastung der Bauteile, kann durch Anwendung der Grundsätze der Betriebsfestigkeitsrechnung eine Restlebensdauerabschätzung erfolgen, wie durch das Beispiel am Ende des Textes gezeigt wird.

1 Einleitung und Problemstellung

In den deutschen Braunkohletagebauen werden zahlreiche Großgeräte zum Abbau der Kohle und zur Verkipfung des Abraumes eingesetzt. Die Produktivität eines Tagebaus hängt wesentlich von der Verfügbarkeit der Großgeräte, wie z.B. eines Schaufelradbaggers, ab. Im rheinischen Braunkohlerevier werden durch RWE Power die größten Schaufelradbagger der Welt eingesetzt. Diese Bagger können bis zu 240 000 fm³ Kohle oder Abraum am Tag fördern. Einer dieser Bagger, der Schaufelradbagger 293

Prof. Dr.-Ing. Paul Burgwinkel
Tel.: +49 (0)241-809 75 69
burgwinkel@ibh.rwth-aachen.de
Dipl.-Ing. Jörn Lachmann
Tel.: +49 (0)241-809 38 46
lachmann@ibh.rwth-aachen.de
Dipl.-Ing. Daniel Vreydal, Aachen
Tel.: +49 (0)241-809 45 21
vreydal@ibh.rwth-aachen.de

All: RWTH Aachen, Institut für Bergwerks- und Hüttenmaschinenkunde, Wüllnerstraße 2, 52062 Aachen, Germany

operation of the hoist winch can be determined. Based on the determined load on each component, a lifetime-estimation can be performed through the application of the principles of the operational calculation of strength, as being demonstrated through the example at the end of the text.

1 Introduction and problem description

In the German lignite open cast mines, numerous large-scale equipment are being operated to reclaim lignite and to dump soil. The productivity of an open-cast mine depends considerably on the availability of the large-scale equipment, such as the bucket wheel excavator. In the Rhenish lignite mining area, the world's largest bucket wheel excavators are being operated by RWE Power, which can reclaim as much as 240,000 m³ coal or soil per day. One of these excavators is the bucket wheel excavator 293 from the Hambach open-cast mine, which was the subject of the following presented research project.

The excavator has been commissioned in the early 90's. It's quite clear now, that it will continue in operation for the lifetime of the Hambach open-cast mine. The loads on the entire equipment over such a period of time (at least 40 years) are immense, which will lead to larger expenditure on maintenance and repair measures, in order to maintain the availability of the equipment at a high level.

Such expenditure will lead to higher costs. Therefore currently different solutions are investigated, in order to reduce expenditure and maintenance costs. An approach is to have a more enhanced prognosis of the current condition of a component, as well as a more enhanced estimation of its lifetime. With the help of such prognosis and estimations, upcoming maintenance measures can be better planned and specifically customised to components. Thus completely avoiding future premature measures as well as of course retarded measures.

Within the framework of the research project MARHAS (AIF-No. 14402), a simulation model of the hoist winch drive train of the cantilever of the bucket wheel excavator 293 has been developed. With the help of such a model as an example, above mentioned estimations for the hoist winch drive subassembly in general can be pursued. Within the model built using the software ITI-Sim®, the endured torsional vibrations of the drive train are simulated.

2 Operational measurements on the excavator 293 and the collection of the measurement data

In order to verify the simulation model, extensive measurements were performed over a period of one year on the excavator 293. Totally a number of 18 measurement signals have been continuously recorded with sampling rates ranging between 200 and 500 Hz. Since RWE Power has already performed measurements on the excavator, the Institute of Mining and Metallurgical Machine Engineering at the Aachen University of Technology has additionally installed an inductive torque measurement location (Figure 1).

On the rotating shaft, strain gauges have been installed and connected to a built in telemetry, inside a plastic ring. The telemetry in turn has been connected to the copper antenna, which lies outwards on the ring enclosing the strain gauge. The fixed induction head supplies the telemetry with the necessary power, records the measurement signal and transmits it to the measurement control unit. The measurement procedure is illustrated in Figure 2.

Figure 3 shows a technical drawing of the hoist winch drive system with all four cable drums and all four drive motors. Additionally the applied torque measurement location is also illustrated. Due to the limitations of the available space on the drive shaft, the installation of a measurement location was only possible on the selected position.

aus dem Tagebau Hambach, war Gegenstand des im Folgenden vorgestellten Forschungsvorhabens.

Der Bagger 293 ist Anfang der neunziger Jahre in Betrieb genommen worden. Schon jetzt ist klar, dass er bis zum Ende des Kohleabbaus im Tagebau Hambach eingesetzt wird. Die Belastungen des gesamten Gerätes über einen solchen Zeitraum (mindestens vierzig Jahre) sind immens. Daher wird ein großer Aufwand an Instandhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen betrieben, um die Verfügbarkeit der Großgeräte auf einem hohen Niveau zu halten.

Ein solcher Aufwand verursacht entsprechende Kosten. Daher wird aktuell nach Lösungen gesucht, Aufwand und Kosten reduzieren zu können. Ein Ansatz zur Reduktion ist eine verbesserte Aussage über den aktuellen Zustand eines Bauteils sowie eine verbesserte Abschätzung seiner Restlebensdauer. Anhand solcher Vorhersagen und Abschätzungen lassen sich kommende Instandhaltungsmaßnahmen gewichten und bauteilspezifisch anpassen. Dadurch sollen zukünftig vorzeitige aber natürlich auch verspätete Maßnahmen vollständig vermieden werden.

Im Rahmen des Forschungsprojektes MARHAS (AIF-Nr. 14402) wurde ein Simulationsmodell des Hubwindenantriebsstranges des Auslegers des Schaufelradbaggers 293 entwickelt, mit dessen Hilfe exemplarisch für die Baugruppe Hubwindenantrieb oben genannte Abschätzungen in Zukunft getroffen werden können. In dem Modell, das mit Hilfe der Software ITI-Sim® entworfen wurde, werden die zu ertragenden Torsionsschwingungen des Antriebsstranges simuliert.

2 Betriebsmessung am Bagger 293 und Kollektivierung der Messdaten

Zur Verifizierung des Simulationsmodells wurden über den Zeitraum von einem Jahr umfangreiche Messungen auf dem Bagger 293 durchgeführt. Insgesamt wurden kontinuierlich 18 Messsignale mit Abtastraten zwischen 200 und 500 Hz aufgezeichnet. Da RWE Power bereits Messungen auf dem Bagger durchgeführt hat, wurde vom Institut für Bergwerks- und Hüttenmaschinenkunde noch eine induktive Drehmomentmessstelle appliziert (Abbildung 1).

Auf der drehenden Welle wurden Dehnungsmessstreifen (DMS) aufgebracht und diese an eine in einem Kunststoffring eingebaute Telemetrie angeschlossen. Die Telemetrie wiederum wurde mit der Kupferantenne verbunden, die außen auf dem die DMS einschließenden Ring liegt. Der feststehende Induktionskopf versorgt die Telemetrie mit der notwendigen Energie, nimmt die Messsignale auf und leitet sie an den Messrechner weiter. Das Messprinzip ist in Abbildung 2 dargestellt.



Fig. 1: Inductive torque measurement location
Abb. 1: Induktive Drehmomentmessstelle

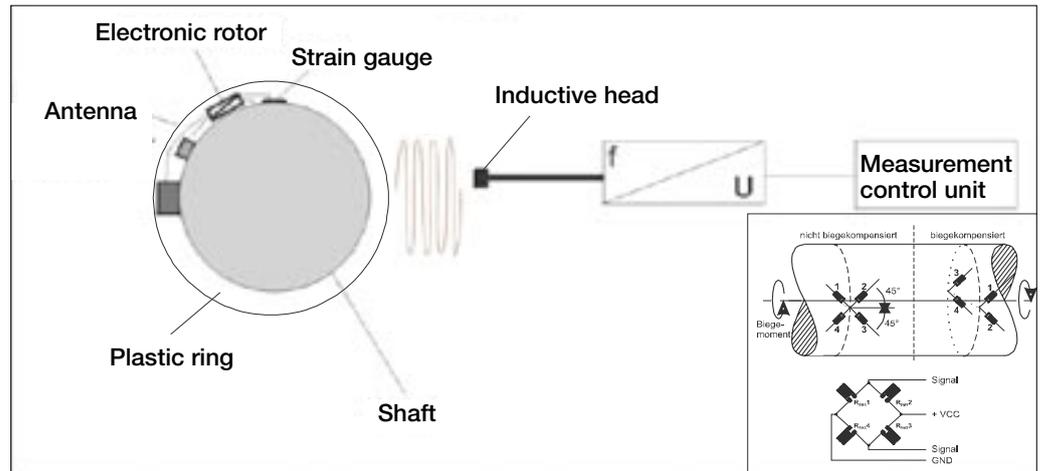


Fig. 2: Measurement procedure for inductive torque measurement

Abb. 2: Prinzip der induktiven Drehmomentmessung

Figure 4 shows an exemplary measurement record. Interesting in this measurement record is the interval marked red. The blue curve is the recorded torque via the installed measurement location on the hoist winch drive train. The red curve (in Figure 4 above) shows synchronously the speed of one of the four hoist winch drive motors. The speed hardly changes which means that the motor hasn't reached its rated speed during startup (approx. 1000 rpm). The torque however parallelly rises from -0.61 kNm to 4.3 kNm, so that the entire drive train in this situation becomes heavily stressed. The drive train continues to be stressed until the brakes are once again released, which is a typical operational behaviour under multi-motor drive [1]. Furthermore, the torque curve in Figure 4 shows negative peaks during lowering operations. These peaks emerge due to the engagement of the brakes on the drive train, during the lowering motion of the bucket wheel cantilever.

Based on the recorded measurement signals, the corresponding load collectives have been determined depending on the conveyed material for one hour of hoist winch drive train operation. Additionally, the measurement signal from the hoist winch (HW)-Drehmoment has been collected using the rainfall calculation method. At the Institute of Mining and Metallurgical Machine Engineering, a software application has been programmed especially for this purpose using the HCM-Algorithm of SEEGER [2].

Abbildung 3 zeigt eine technische Zeichnung des Hubwindenantriebsstrangs mit allen vier Seiltrommeln und allen vier Antriebsmotoren. Zusätzlich ist in der Zeichnung der Ort der applizierten Drehmomentmessstelle eingezeichnet. Aufgrund der Platzverhältnisse am Antriebsstrang war lediglich die Installation einer Messstelle an der ausgewählten Position möglich.

Abbildung 4 zeigt einen exemplarischen Messschieb. Interessant an diesem Messschieb ist der rot markierte Bereich. Bei der blauen Kurve handelt es sich um das Drehmoment, welches im Hubwindenantriebsstrang durch die applizierte Messstelle gemessen wurde. Die rote Kurve (in Abbildung 4 von oben) zeigt zeitsynchron die Drehzahl eines der vier Hubwindenantriebsmotoren. Die Drehzahl ändert sich kaum, d.h. der Motor wurde nicht bis auf Nenn Drehzahl (ca. 1000 U/min) hochgefahren. Das Drehmoment jedoch macht parallel einen Sprung von -0,61 kNm auf 4,3 kNm, so dass der gesamte Antriebsstrang in dieser Situation stark verspannt wird. Diese Verspannung bleibt im Antriebsstrang anliegen, bis die Bremsen das nächste Mal geöffnet werden. Dabei handelt es sich um ein typisches Betriebsverhalten bei Mehrmotorenantrieben [1]. Weiterhin weist der Drehmomentverlauf in Abbildung 4 bei Senkvorgängen negative Drehmomentsspitzen auf. Diese Spitzen entstehen durch das Einfallen der Betriebsbremsen des Antriebstranges, während der Schaufelradausleger noch in der Senkbewegung ist.

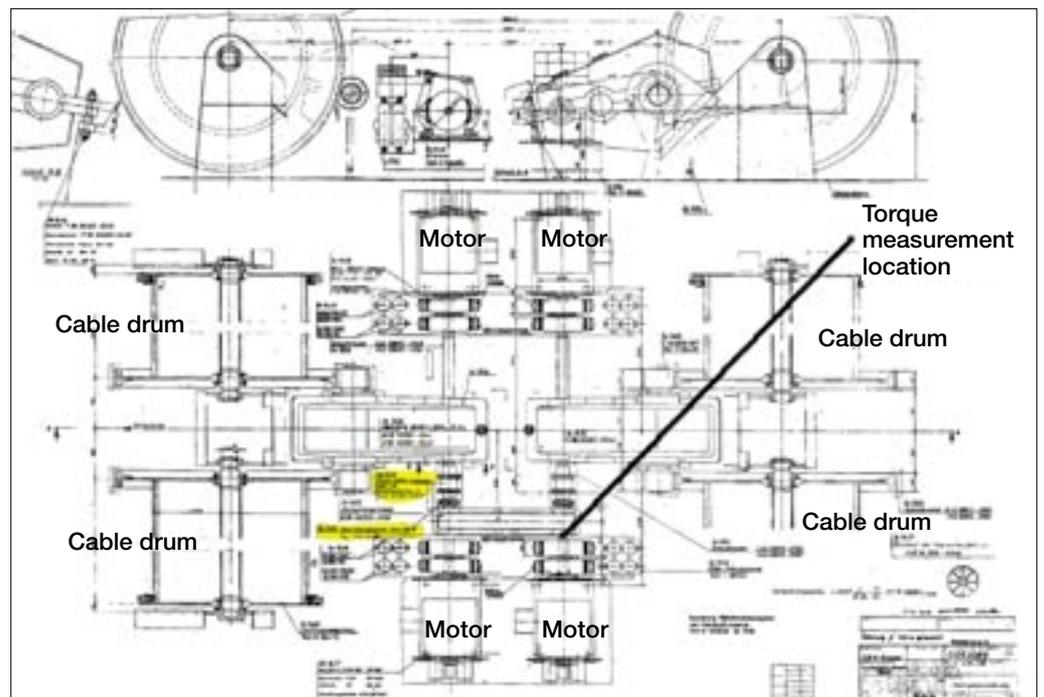


Fig. 3: Technical drawing of the hoist winch drive train

Abb. 3: Technische Zeichnung des Hubwindenantriebsstranges

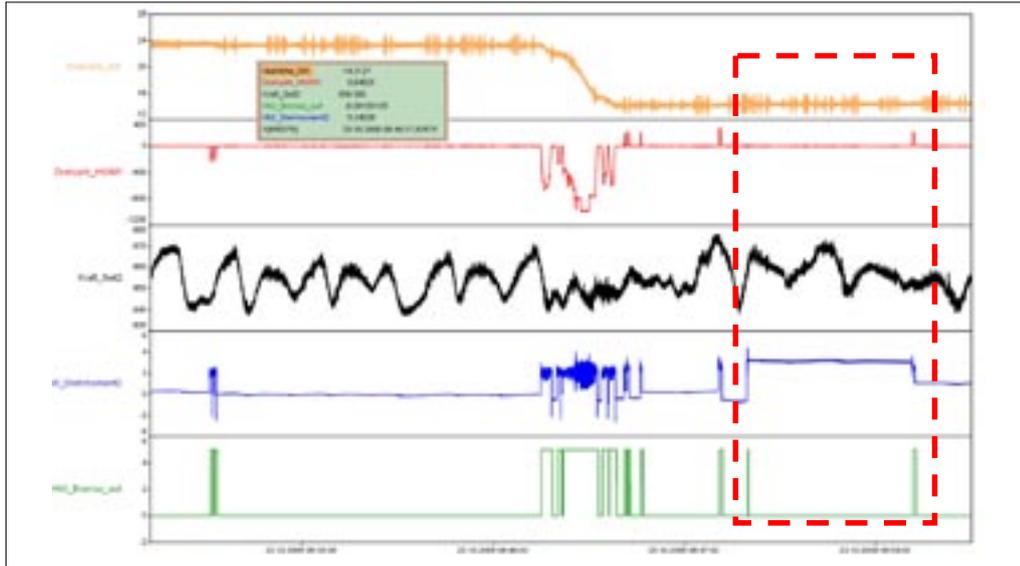


Fig. 4: Measurement record during the raising and lowering operations of the bucket wheel cantilever
 Abb. 4: Messschrieb mit Hebe- und Senkvorgängen des Schaufelradauslegers

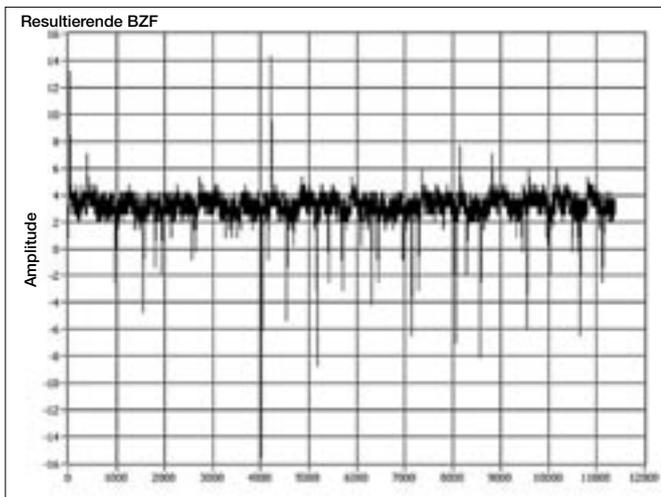


Fig. 5: Calculated loading time function for material grade 2
 Abb. 5: Berechnete Belastungszeitfunktion für Materialklasse 2

For each one of the three material grades conveyed by the excavator during the measurement period, a corresponding rainflow matrix emerged. The model is then loaded with a loading time function based on the rainflow matrix. Hence a corresponding hourly loading time function exists for each conveyed material grade. As an example, the function for the material grade 2 is illustrated in Figure 5.

3 Construction of the simulation model

The drive train of the hoist winch of the bucket wheel cantilever has been completely modelled using the software ITI-Sim®. Additionally, the built-in components of the drive train have been grouped in discrete spring-damper elements and mass inertias. Figure 6 demonstrates this procedure taking a simple shaft as an example.

The torsional vibration model of the drive train constitutes of 33 mass inertias and 32 spring-damper elements. Figure 7 illustrates how the model has been built. In addition to the motors and cable drums drawn in Figure 3, Figure 7 also illustrates how the linkage and gearing have been simulated. The linkage is the mechanical connection between the two redundant drive shafts. In case two motors on one shaft fail, the linkage ensures that the cable on the affected drum can be nevertheless wound up, in order to avoid any damage or blocking to the hoist winch.

Auf Basis der aufgezeichneten Messsignale wurden in Abhängigkeit des geförderten Materials repräsentative Belastungskollektive für eine Stunde Förderbetrieb des Hubwindenantriebsstranges ermittelt. Dazu wurde das Messsignal Hubwinde(HW)-Drehmoment nach dem Rainflow-Verfahren kollektiviert. Am Institut für Bergwerks- und Hüttenmaschinenkunde wurde dazu eigens eine Software nach dem HCM-Algorithmus von SEEGER [2] programmiert.

Für jede der drei Materialklassen, die der Bagger im Zeitraum der Messung gefördert hat, entstand durch die Rainflowkollektivierung die zugehörige Rainflowmatrix. Das Modell wurde mit einer Belastungszeitfunktion auf Basis der Rainflowmatrix belastet [3]. Somit liegt eine einstündige repräsentative Belastungszeitfunktion für jede geförderte Materialklasse vor. Beispielhaft ist in Abbildung 5 die Funktion für die Materialklasse 2 zu sehen.

3 Aufbau des Simulationsmodells

Der Antriebsstrang der Hubwinde des Schaufelradauslegers wurde vollständig in ein Torsionsschwingungsmodell in der Software ITI-Sim® überführt. Dazu wurden die im Strang verbauten Komponenten in diskrete Feder-Dämpfer-Elemente und Massenträgheiten unterteilt. Am Beispiel einer Welle ist dieses Vorgehen in Abbildung 6 dargestellt.

Das Torsionsschwingungsmodell des Antriebstranges besteht aus 33 Massenträgheiten und 32 Feder-Dämpfer-Elementen. Eine Abbildung des Modells zeigt Abbildung 7. Neben den aus Abbildung 3 bekannten Motoren und Seiltrommeln sind in Abbildung 7 auch das Koppelgetriebe und die Hauptgetriebe kenntlich gemacht. Das Koppelgetriebe ist die mechanische Verbindung zwischen den

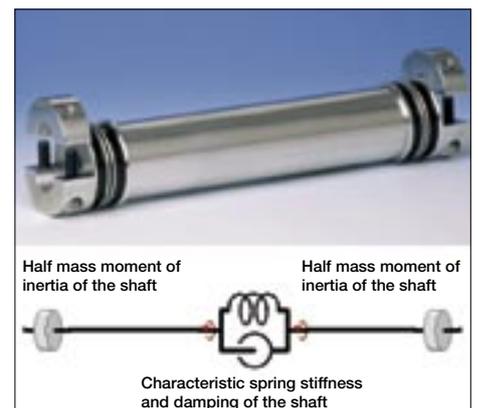


Fig. 6: Modelling procedure
 Abb. 6: Prinzip der Modellierung

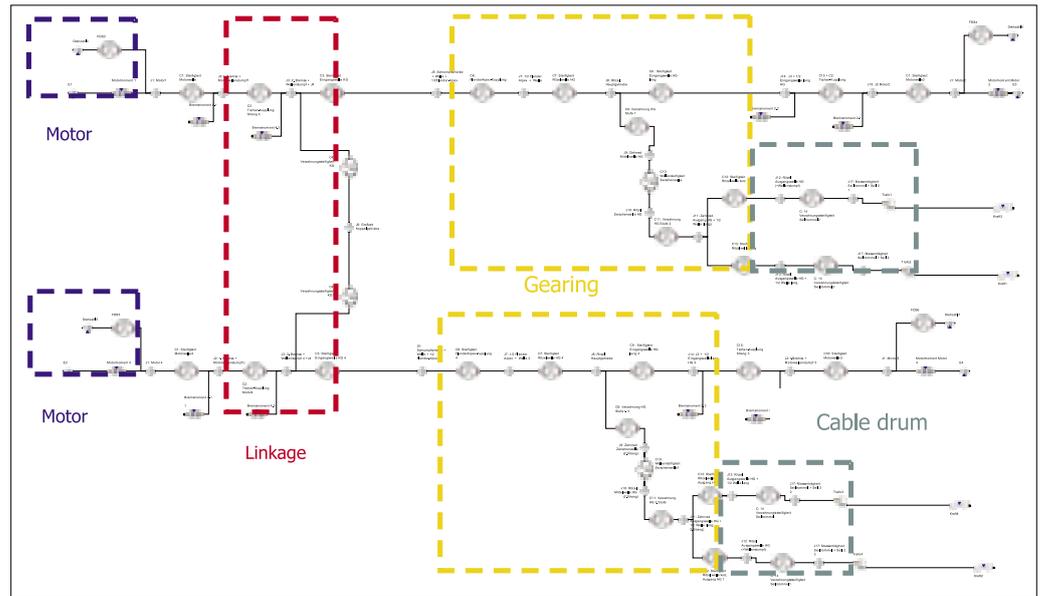


Fig. 7: Illustration of the torsional vibration model of the hoist winch drive train

Abb. 7: Ansicht des Torsionschwingungsmodells des Hubwindenantriebsstranges

Depending on the respective natural frequency of the examined element, the damping values of the spring-damper elements have been calculated according to the following formula [4]:

$$k_i = \frac{2 \cdot D_i \cdot c_i}{\omega_m}$$

with D_i damping coefficient from [1]
 c_i spring stiffness
 ω_m natural frequency

As one of the features of the software ITI-Sim®, the natural frequencies of the model can be directly produced from the program's interface.

Based on the recorded measurement records, the model can be verified with regard to the quality of the modelling. Figure 8 shows the measured signal from the Hoist Winch (HW)_Drehmoment2. The curve in red is the signal smoothed by eliminating the distortion influences from it. Now this smoothed signal should be reproduced in the simulation model.

Additionally, the simulation model has the following inputs: the speed of the motors, the forces on the cables, Cable1 and Cable2, and the timings of the releasing and the application of the brakes.

In Figure 9, the simulated torque is represented. This torque has been extracted as a resulting quantity from the spring-damper element, which represents the measurement location in the model.

beiden redundanten Hauptantriebswellen. Sollten zwei Motoren auf einer Welle gleichzeitig ausfallen, wird aufgrund des Koppelgetriebes sichergestellt, dass das Seil der betroffenen Trommeln trotzdem aufgewickelt wird und nicht zu Beschädigungen oder zur Blockierung der Hubwinde führen kann.

Die Dämpfungswerte der Feder-Dämpfer-Elemente wurden nach [4] in Abhängigkeit der zugehörigen Eigenfrequenz des betrachteten Elementes nach folgender Formel berechnet:

$$k_i = \frac{2 \cdot D_i \cdot c_i}{\omega_m}$$

mit D_i Dämpfungsgrad aus [1]
 c_i Federsteifigkeit
 ω_m Eigenfrequenz

Die Eigenfrequenzen können unmittelbar nach der Modellerstellung der Software ITI-Sim® entnommen werden.

Anhand aufgezeichneter Messschriebe wurde das Modell hinsichtlich der Güte der Simulation überprüft. Abbildung 8 zeigt das gemessene Signal Hubwinde (HW)_Drehmoment2. In rot liegt darüber das geglättete Signal, bei dem das Signal störende Einflüsse eliminiert wurden. Dieses geglättete Signal sollte nun im Simulationsmodell nachgebildet werden.

Dazu wurde das Simulationsmodell mit der Drehzahl der Hubwindenmotoren, den Seilkräften Seil1 und Seil2 und den Zeiten des Bremsenöffnens und -schließens belastet. Wie bereits beschrieben



Fig. 8: Measurement record that verifies the simulation model

Abb. 8: Messschrieb zur Verifizierung des Simulationsmodells

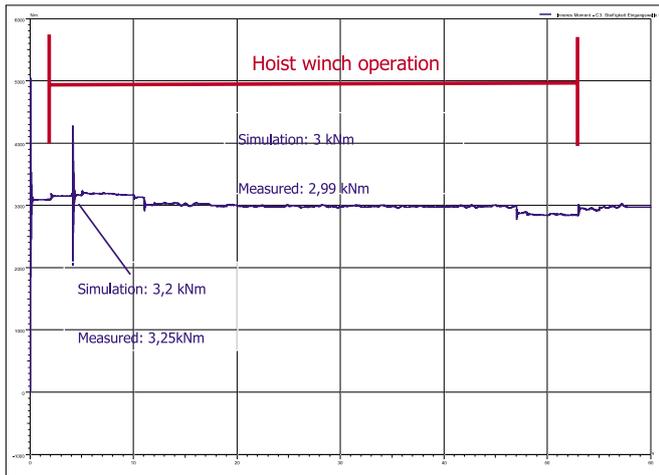


Fig. 9: Simulated torque

Abb. 9: Simuliertes Drehmoment

For the operational period of the hoist winch, the results of the simulation reach a very good approximation to the real measurement record, which indicates a very good quality of the constructed model. If however the hoist winch drive is shut down, the corresponding tensions on different torque levels of the drive train, which can be found in the measurement data, cannot be reproduced with the help of the simulation.

The load time functions that depend on the conveyed material grade, which are described in chapter 2 can be imported over a program interface in the simulation software ITI-Sim®, in order to use them in the model as loading signals.

4 Lifetime prediction

For the lifetime prediction, one of the loading time functions collected in the measurement data is given as input to the model. This loading time function, based on the counting algorithms of the collection process, observes in the switched off state the stresses on the drive train, which are described in chapter 3.

To determine the loading time function, the conveyed material as well as the period of the operation must be known. Based on these parameters, the loading function can be constructed. During the simulation, the component specific torque in every spring-damper element of the model is calculated for each modelled component. This component specific torque is collected and the collection is then compared with the Wöhler curve of each component. Thus with the help of the simulation model, a lifetime prediction i.e. an estimation of the deterioration due to the simulated loads on each modelled component of the train drive can be obtained.

wurden diese Signale zeitsynchron zu dem HW_Drehmoment2 aufgezeichnet.

In Abbildung 9 ist das simulierte Drehmoment dargestellt. Dieses Drehmoment wurde als Ergebnisgröße dem Feder-Dämpfer-Element entnommen, das im Modell die Messstelle repräsentiert.

Für den Zeitbereich des Betriebes der Hubwinde erreichen die Ergebnisse der Simulation eine sehr gute Annäherung an den realen Messschrieb, so dass hier von einer guten Abbildungsqualität des Modells gesprochen werden kann. Ist der Hubwindenantrieb jedoch ausgeschaltet, finden sich in den Messdaten (Abbildung 8) die bereits angesprochenen Verspannungen auf unterschiedlichen Drehmomentniveaus des Antriebsstranges wieder, die mit Hilfe der Simulation nicht abgebildet werden können.

Die in Kapitel 2 beschriebenen fördermaterialabhängigen Belastungszeitfunktionen können über eine Programmschnittstelle in die Simulationssoftware ITI-Sim® importiert werden, um im Modell als Signal zur Belastung verwendet zu werden.

4 Restlebensdauerabschätzung

Zur Restlebensdauerabschätzung wird das Modell mit einer aus den kollektivierten Messdaten gebildeten Belastungszeitfunktion belastet. Diese Belastungszeitfunktion berücksichtigt aufgrund des Zählalgorithmus der Kollektivierung die in Kapitel 3 beschriebenen Verspannungen des Antriebsstranges im ausgeschalteten Zustand.

Zur Ermittlung der Belastungszeitfunktion müssen das geförderte Material sowie die Dauer des Betriebes bekannt sein. Entsprechend diesen Parametern kann die Belastungsfunktion zusammengestellt werden. Während der Simulation wird in jedem Feder-Dämpfer-Element des Modells für das jeweils abgebildete Bauteil das bauteilspezifische Drehmoment berechnet. Dieses bauteilspezifische Drehmoment wird ebenfalls kollektiviert und das entstandene Kollektiv wird dann mit der bauteilzugehörigen Wöhlerlinie verglichen. So kann mit Hilfe des Simulationsmodells eine Restlebensdauerabschätzung bzw. eine Abschätzung der durch die simulierte Belastung erfahrenen Alterung für jedes im Modell abgebildete Bauteil des Antriebstranges erfolgen.

Dieses Vorgehen ist exemplarisch an der Eingangswelle des Hauptgetriebes durchgeführt worden, genau gesagt wurde der Absatz zur Verzahnung auf der Welle untersucht. In Abbildung 10 links ist das für die Welle simulierte Drehmoment dargestellt, das zugehörige Kollektiv ist in Abbildung 10 rechts zu sehen.

Abbildung 11 zeigt das ermittelte Kollektiv im Vergleich zu der zugehörigen Bauteilwöhlerlinie. Da im behandelten Beispiel lediglich eine Stunde Betrieb simuliert wurde, liegt erwartungsgemäß bei dieser Belastung die Gefahr einer Schädigung des Bauteiles nicht vor.

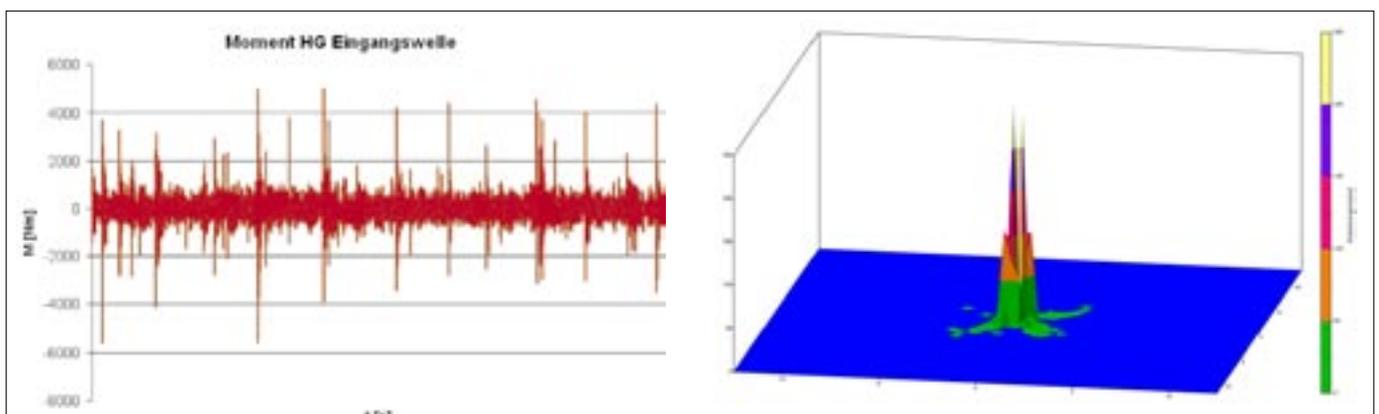
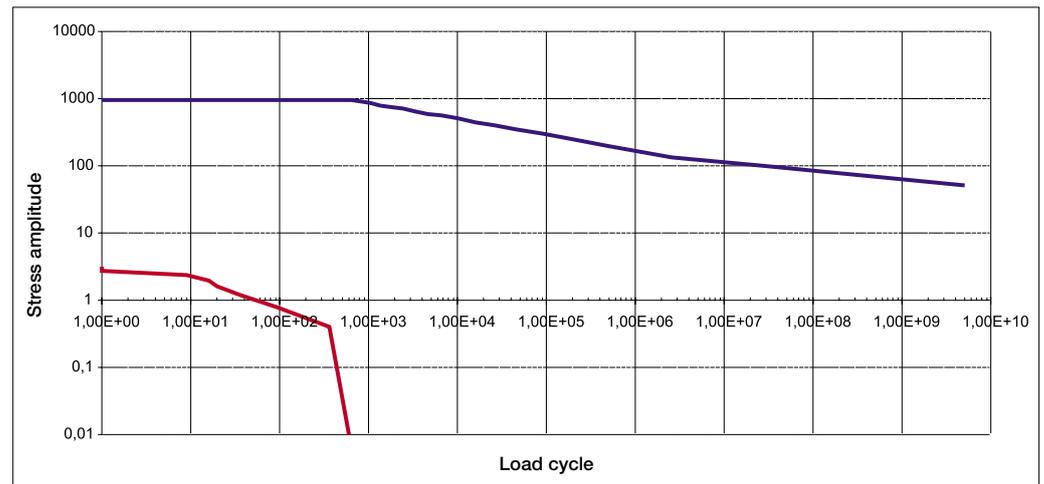


Fig. 10: Simulated torque on the input shaft of the gearing unit (left), the respective data collection (right)

Abb. 10: Simuliertes Drehmoment an der HG-Eingangswelle (links), zugehöriges Kollektiv (rechts)

Fig. 11:
Life time prediction based on the component Wöhler curve of the input shaft of the gearing unit

Abb. 11:
Restlebensdauerabschätzung mit Bauteilwöhlerlinie der HG-Eingangswelle



This procedure has been exemplarily performed on the input shaft of the gearing unit in order to examine the mounting point of the gearing (shoulder) on the shaft. In Figure 10 (left), the simulated torque for the shaft is illustrated, the respective data collection is illustrated in Figure 10 (right).

Figure 11 illustrates the determined data collection compared with the respective Wöhler curve of the examined component. Since only one hour of operation has been simulated in the examined example, the danger of damage to the component as expected due to the loading does not exist.

5 Conclusion and future prospects

Based on this example, the feasibility of simulation to support the prognosis of the deterioration of a component under load could be highlighted. Through adequate modelling of the simulation model using temporary operation measurements, a tool would be available, which conveniently calculates the loads for the individual components of a machine or a drive train.

Enhancements to the model as far as Multi-body simulation is concerned are likewise possible using the appropriate software. The software ITI-Sim® doesn't offer this possibility. However, there are already software launched by ITI, that are capable of performing Multi-body simulation. On the other hand, the corresponding demand on the hardware will then be higher.

5 Fazit und Ausblick

Anhand des Beispiels konnten die Möglichkeiten der numerischen Simulation zur Unterstützung in der Schadensvorhersage belasteter Bauteile aufgezeigt werden. Bei entsprechender Vorbereitung der Simulation durch temporäre Betriebsmessungen, steht ein Tool zur Verfügung, das die Belastungen für die einzelnen Bauteile einer Maschine oder wie hier eines Antriebstranges komfortabel berechnet.

Erweiterungen der Modelle hinsichtlich Mehrkörpersimulation (MKS) sind unter Verwendung entsprechender Softwaresysteme ebenfalls möglich, die Software ITI-Sim® bietet diese Möglichkeit nicht. Es gibt aber aus dem Hause ITI bereits eine Software, die MKS beherrscht. Allerdings sind dann die Anforderungen an die einzusetzende Hardware höher.

Danksagung

Das Forschungsvorhaben „Modellbasierte Auslegung von Hubwindensystemen – MARHAS“ (AiF-Vorhaben: 14402 N) wurde aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) gefördert.

References

- [1] SEELIGER, A., WÜNSCH, D. (1975): Betriebliche Verspannungsbeanspruchung in Getrieben bei Mehrmotorenantrieb. (Verlag?) Berlin
- [2] SEEGER, T. (Erscheinungsjahr?): 5. Hysteresisschleifen – (Rainflow-) Zählverfahren einschließlich Behandlung von Beispielen (Verlag?)
- [3] KRÜGER, W., SCHEUTZOW, M., BESTE, A., PETERSEN, (Initial Vorname?) (Erscheinungsjahr?): Markov- und Rainflow-Rekonstruktionen stochastischer Beanspruchungszeitfunktionen; (Verlag?) Kaiserslautern und Ingolstadt
- [4] LASCHET, A. (1988): Simulation von Antriebssystemen, (Verlag?) Berlin