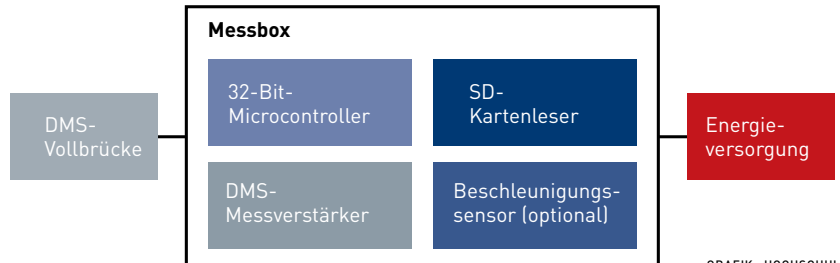


# Messung an einem Chargierkran

## Verfahren zur Erfassung der Belastungskenngrößen von Kranhubwerken

Das in [1] vorgestellte Konzept zur Erfassung der Belastungskenngrößen von Kranhubwerken wurde realisiert und bereits mehrmals erfolgreich eingesetzt. So konnten z. B. bei einem Chargierkran mit fehlerhaften Daten aus dem Lastkollektivspeicher die geleisteten Volllastbetriebsstunden auf Basis einer repräsentativen Messung rekonstruiert werden. Darüber hinaus konnte der Hublastbeiwert bestimmt werden.



GRAFIK: HOCHSCHULE ANHALT

2 Schematischer Aufbau des Messsystems

Die tatsächliche Nutzung  $S$  eines Hubwerks wird im Normalfall durch Lastkollektivspeicher erfasst, die die Zeit des Hebens bzw. Senkens einer angeschlagenen Last in äquivalente Volllastbetriebsstunden umrechnen. Überschreitet diese Nutzungsdauer die theoretische Nutzung  $D$ , ist eine Generalüberholung (GÜ) des Hubwerks vorzusehen [2]. Infolge der unumgänglichen Unschärfe der Berechnung sowie der Tatsache, dass nicht alle Krane mit der entsprechenden Messtechnik ausgestattet sind, bedarf es alternativer Möglichkeiten zur Erfassung der Kranbelastung. Weiterführend naheliegend ist die automatisierte Berechnung der theoretischen Restlebensdauer der Hubwerkskomponenten auf

Basis der ermittelten Belastungskenngrößen. Das vorgestellte Konzept nutzt die lastabhängige Verformung der Bordscheibe von Seiltrommeln, um die Arbeitsweise eines Hubwerks vollständig zu erfassen und zu protokollieren. Ein Punkt auf der Bordscheibenoberfläche erfährt je Umdrehung abwechselnd eine Zug- und eine Druckbeanspruchung, weshalb daraus ein periodisches Signal resultiert (Bild 1).

und einem (optionalen) Beschleunigungssensor (Bild 2). Für die Speicherung der Daten ist ein SD-Kartenleser integriert. Die für weiterführende Berechnungen benötigten Kenngrößen Hublast, Hubweg und Hubzeit lassen sich allesamt aus dem Messsignal ableiten:

### Messsystem und Auswertung

Das Messsystem besteht aus einem DMS-Messverstärker, einem 32-Bit-Mikrocontroller

- Bei gleicher Seilablaufposition (SAP) und unterschiedlicher Hublast liefert das Signal sowohl unterschiedliche Amplituden als auch Amplitudenänderungen je Umdrehung.
- Der Hubweg ergibt sich mit dem Seiltrommeldurchmesser  $D_T$  zu

$$s_H = \frac{\pi \cdot D_T \cdot n}{i} \quad (1)$$

wobei  $n$  die Anzahl der Schwingspiele und  $i$  die Übersetzung des Seiltriebs ist.

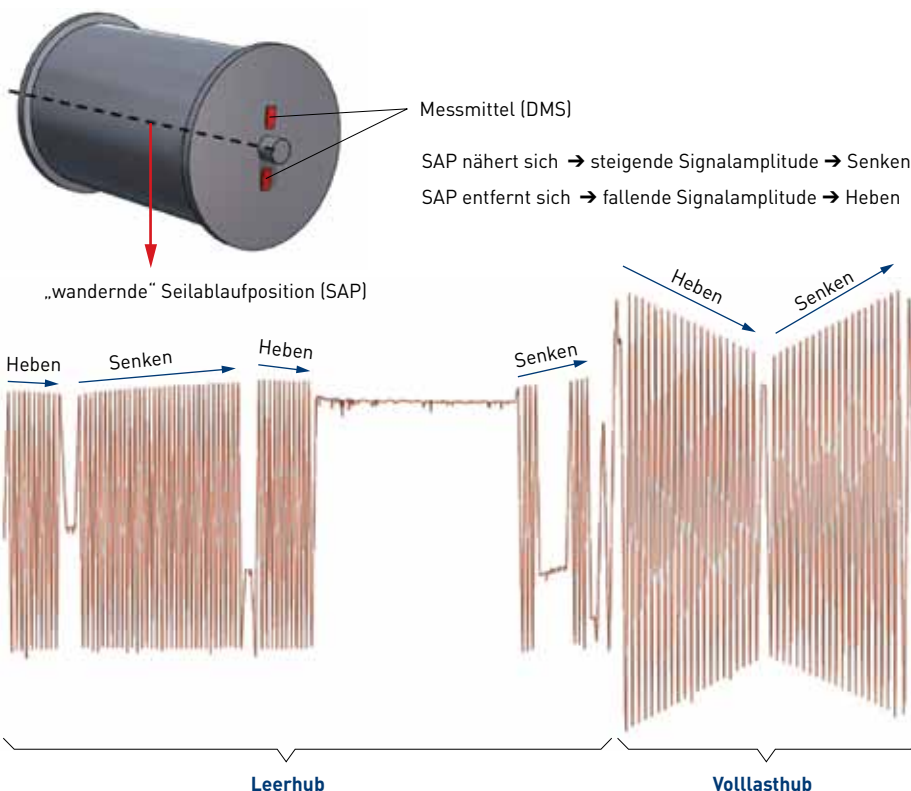
- Die Hubzeit kann direkt aus dem Zeitsignal entnommen werden.

Mit der aus der Hublast und den Parametern des Seiltriebs (Anzahl der Rollen, Wirkungsgrad usw.) ermittelbaren Seilkraft lassen sich dann komponentenspezifische Lastkollektive aufstellen, die die Basis für Lebensdauerberechnungen darstellen. Für ein Seilrollenlager z. B. ist die äquivalente dynamische Belastung gleich der doppelten Seilkraft, und die Anzahl der Umdrehungen liegt in Abhängigkeit des Seilwegs vor.

### Messung an einem Chargierkran

Zuletzt konnte eine dreitägige Messung an einem Chargierkran durchgeführt werden (Bild 3). Motivation zur Messung waren Unsicherheiten des Betreibers hinsichtlich der erlebten Lastspiele bzw. hinsichtlich der Terminierung der anstehenden GÜ. Tabelle 1 zeigt die relevanten Ergebnisse der Messdatenauswertung.

Für das aktuelle Einsatzspektrum des Krans konnten folglich rd. 3 Volllastbetriebsstunden während der Messdauer ermittelt werden. Der Mehrwert im Vergleich zu anderen Systemen



GRAFIK: HOCHSCHULE ANHALT

1 Seiltrommel mit DMS und (gemessener) Signalverlauf

ist, dass nicht nur Volllastbetriebsstunden als Ergebnis vorliegen, sondern auch alle Kenngrößen der Belastung und damit auch die bauteilspezifischen Lastkollektive bzw. die konkrete Restlebensdauer einer jeden Komponente. Darüber hinaus konnte noch eine weitere Größe aus den Messdaten abgeleitet werden.

### Ermittlung von Hublastbeiwert $\varphi_H$ / Dynamikbeiwert $\varphi_2$

Nach DIN 15018 wurde der sog. Hublastbeiwert  $\varphi_H$  ermittelt aus Hubklasse und Hubgeschwindigkeit und beschreibt die Überhöhung der Last durch dynamische Effekte während des Anhebens einer Last. Chargierkrane wurden im Normalfall der Hubklasse H3 zugeordnet, so dass bei geringen Hubgeschwindigkeiten ein Hublastbeiwert von

$$\varphi_H \approx 1,3 \quad (2)$$

resultiert. In der inzwischen gültigen DIN EN 13001-2 bedeutet der schlicht genannte „Dynamikbeiwert  $\varphi_2$ “ inhaltlich dasselbe, ist aber in leicht veränderter Form zu ermitteln. Hinsichtlich der Hubklasse hat sich in der DIN EN 13001 lediglich die Bezeichnung verändert, die Klasse wird nun HC3 genannt. Daraus folgen der Wert  $\varphi_{2min} = 1,15$  als auch der Gewichtungsfaktor  $\beta = 0,51$  der Hubgeschwindigkeit. Nun ist die maßgebende Hubgeschwindigkeit  $v_h$  entsprechend dem Hubwerkstyp und dessen Betriebsart festzulegen, die zwischen Null und der maximal (stetigen) Hubgeschwindigkeit liegen kann.

Für den betrachteten Chargierkran beläuft sich der Wert schließlich auf

$$\varphi_2 = 1,24, \quad (3)$$

ist also geringfügig kleiner als nach DIN 15018. Im gemessenen Signal lassen sich bei einigen Hüben überlagerte Peaks identifizieren, die zu Beginn des Hubvorgangs auftreten und ein Maß für den Hublastbeiwert sind (Bild 1). Neben der Relation zum Sollwert des Signals muss jedoch zusätzlich das Auftreten des Peaks, bezogen auf die Seiltrommel bzw. Messmittelposition, herangezogen werden: Ein Laststoß zeitgleich zum Nulldurchgang des Signals ist nicht identifizierbar, während der Stoß synchron zum Wertemaximum ebenfalls maximal wird.

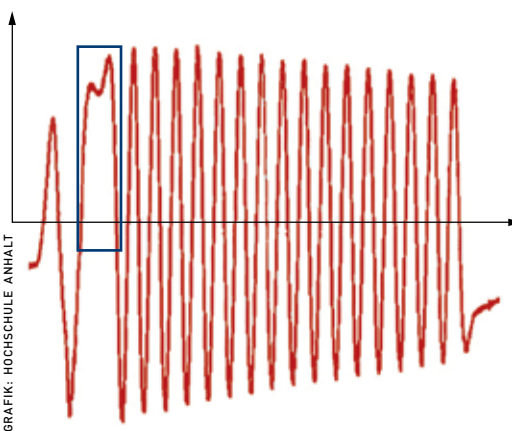
Die ermittelten Werte des Hublastbeiwerts liegen im Bereich von 1,03 bis nahezu 1,5 und



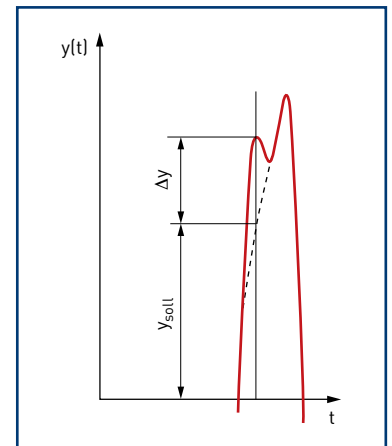
BILDMONTAGE: HOCHSCHULE ANHALT



### 3 Messsystem im Einsatz



GRAFIK: HOCHSCHULE ANHALT



### 1 Ermittlung des Hublastbeiwerts (links: Zeitsignal, rechts: Ausschnitt mit Überhöhung $\Delta y$ )

hängen auch von der Hublast selbst ab: Bei geringeren Lasten liegen größere Hublastbeiwerte vor als bei größeren Hublasten. Dies deckt sich mit den Ergebnissen einer anderen Messung an einem baugleichen Kran, wobei das in [3] vorgestellte Messsystem verwendet wurde.

### Zusammenfassung und Ausblick

Das entwickelte Messsystem kam mehrmals erfolgreich zum Einsatz und konnte auch den widrigen Umgebungsbedingungen in Stahlwerken standhalten. Außer den Belastungskenngrößen konnte auch der Hublastbeiwert ermittelt werden. Im Rahmen weiterer Untersuchungen soll nun gezeigt werden, dass das System zusätzlich in Form von Condition-Monitoring-Maßnahmen verwendet werden kann, da sich beispielsweise Schwingungen aus dem Seiltrommellager infolge der baulichen Nähe problemlos erfassen lassen. Ferner soll auf Basis des Systems ein Tool zur Instandhaltungsplanung entstehen, das mit den ermittelten Komponentenlebensdauern bzw. Nutzungsdauern dem Betreiber größtmögliche Planungssicherheit geben soll. So kann er vor allem bei einer Vielzahl von Krananlagen längerfristig und sicherer Instandhaltungsmaßnahmen planen, um die Verfügbarkeit möglichst zu maximieren.

### Literatur

- [1] Voigt, S.; Goedeke, A.; Kral, C.: Was Volllastbetriebsstunden aussagen. Konzept zur Erfassung der Belastungskenngrößen von Kranhubwerken. Technische Logistik, Berlin 62 (2022) 3, S. 16–17.
- [2] BGHM – Berufsgenossenschaft Holz und Metall: DGUV Vorschrift 54 – Winden, Hub- und Zugeräte, November 2013.
- [3] Goedeke, A.; Schulz, C.; Gruss, H.; Gläser, T.: Predictive Maintenance im Kranbau. Erfassung des Belastungszustands von Krantragwerken. Hebezeuge Fördermittel, Berlin 58 (2018) 6, S. 30–31.



**Stephan Voigt, M. Eng.,**  
Laboringenieur Konstruktion im  
Fachbereich EMW  
der Hochschule Anhalt, Köthen



**Dr.-Ing Arne Goedeke,**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
im Fachbereich EMW  
der Hochschule Anhalt, Köthen



**Christopher Kral, M. Eng.,**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
im Fachbereich EMW  
der Hochschule Anhalt, Köthen

### Tabelle 1 Messdatenauswertung

Messdauer	70,5 h
Laufzeit des Hubwerks	8,07 h
Anzahl registrierter Hubvorgänge (Heben oder Senken mit oder ohne Last)	661
Belastungsspektrum	0,383
Volllastbetriebsstunden	3,09 h