

LongLife: Identifizierung einzelner Beanspruchungs-Zyklen anhand erfasster Sensor- und Betriebsdaten zur Ableitung eines Lastkollektivs

Der verfolgte Modellansatz zur Bestimmung der Restnutzungsdauer wurde im Papier [„Sensorüberwacher Zustand von ausfallkritischen Komponenten einer Einspritzeinheit“](#) vorgestellt.

Noch einmal kurz an dieser Stelle zusammengefasst ist es Ziel im Forschungsvorhaben, anhand von Sensordaten den Zustand kritischer Komponenten in einem System zu ermitteln. Dieses soll über ein „SOLL/IST-Vergleich“ erfolgen und ein notwendiger Parameter ist hierbei die Belastung, die i.A. nicht konstant (statisch), sondern dynamisch auf die Komponenten wirkt. Notwendig ist entsprechend die Ableitung eines gemittelten Lastkollektivs für die vergleichende Auslegungsberechnung.

Im Projekt LongLife werden derzeit Tests in den Anwendungsfällen durchgeführt, die u.a. zur Ableitung eines Lastkollektivs dienen. Ein Lastkollektiv ist hierbei ein Datensatz, der die Beanspruchung der identifizierten kritischen Bauteile über einen überwachten Zeitraum abbildet. Für die Ermittlung eines Datensatzes ist die Identifizierung einzelner Zyklen anhand der vorliegenden Sensordaten erforderlich, um mit der Beanspruchungs-Zeit-Funktion auf anliegende Bauteilbeanspruchungen und Anomalien (Abweichungen) zu schließen. Es ist also notwendig, einen gemittelten Zyklus aus einer Zeitreihe zu bestimmen und stark vom gemittelten Zyklus abweichende Zyklen (Anomalien) sollen dabei nicht berücksichtigt werden.

Ergebnisse, Unterschiede und Herausforderungen bei der Abgrenzung der Beanspruchungs-Zyklen in den betrachteten Anwendungsfällen

Ein Lastkollektiv wird im Maschinenbau üblicherweise für die betriebsfeste Auslegung von Bauteilen verwendet. Da nicht für jeden Anwendungsfall ein Langzeitversuch durchgeführt wird, werden i.A. Bauteile nach dem Stand der Technik ausgelegt. Wird ein Bauteil hingegen über die ganze Nutzungsdauer überwacht oder kann im Langzeittest untersucht werden, kann bei anliegenden zyklischen Beanspruchungen ein tatsächlich auftretendes Lastkollektiv bestimmt werden. Aufgrund der Vielzahl der Beanspruchungszyklen, ist eine automatisierte Bestimmung der einzelnen Zyklen unumgänglich, was eine Herausforderung in einem der beiden Use-Cases des Vorhabens war.

Im einfachen Fall des Use-Case-Rolltor erfolgt eine Bestimmung der einzelnen Beanspruchungszyklen anhand verschiedener Antriebsparameter wie Ist-Drehzahl, -Drehmoment, -Position und -Motorstrom. Ein Beanspruchungszyklus resultiert hierbei aus dem Öffnen und dem Schließen eines Rolltors und dieser Vorgang dauert ca. fünf Sekunden. Unter der realistischen Annahme, dass ein Rolltor ca. 200 Mal täglich geöffnet bzw. geschlossen wird und den Angaben seitens des Herstellers bzgl. der Lebensdauer (ca. 500.000 Beanspruchungszyklen), würden sich hieraus langandauernde Feldversuche ergeben, die so nicht umzusetzen wären. Es bleiben also nur geraffte Tests, die in speziellen Versuchsaufbauten einen Dauerbetrieb simulieren. Im Use-Case-Rolltor wurde dieses über die Steuerung des Rolltors realisiert und hierbei wird das Tor ca. 6400 Mal täglich geöffnet bzw. geschlossen. Derzeit hat der Langzeittest 820.000 Beanspruchungszyklen, die über die Einsatzzeit von ca. 130 Tagen eingebracht wurden.

Die Vielzahl der im Langzeittest durchgeführten Beanspruchungen über das Öffnen bzw. Schließen des Rolltors verdeutlicht die Notwendigkeit einer automatisierten Identifizierung der einzelnen Zyklen sowie die Bestimmung der Beanspruchungsgrößen. In der Abbildung 1 ist beispielhaft der Beanspruchungszyklus (Öffnungszyklus des Rolltores) in Abhängigkeit der Lastspielzahl und des

Drehmoments abgebildet. Das bestimmte Lastkollektiv beschreibt anhand der abgeleiteten Beanspruchungs-Zeit-Funktion (Rot) das Normalverhalten des Systems über die Nutzungsdauer (Langzeittest) und lässt innerhalb der Zyklen auf anliegende Anomalien schließen.

Eine Anomalie ist in der Abbildung 1 dargestellt (grün-gestrichelt) und wird automatisiert identifiziert, da der Verlauf der Beanspruchung des Öffnungszyklus nicht in erwarteten Normalbereich (schwarz gestrichelt) liegt. Für die algorithmische Erkennung von Anomalien wird die Abweichung des aktuellen Beanspruchungszyklus zur Beanspruchungs-Zeit-Funktion berechnet. Liegt die Abweichung außerhalb des berechneten Normalbereichs (schwarz gestrichelt), wird dieses als Anomalie gekennzeichnet.

Bei stetiger Abweichung der aktuellen Daten zum Normalbereich wird aktuell eine Anpassung des Normalbereichs vorgenommen, da der Langzeittest noch nicht abgeschlossen und somit das Lastkollektiv über die gesamte Nutzungsdauer der Bauteile nicht bestimmt ist.

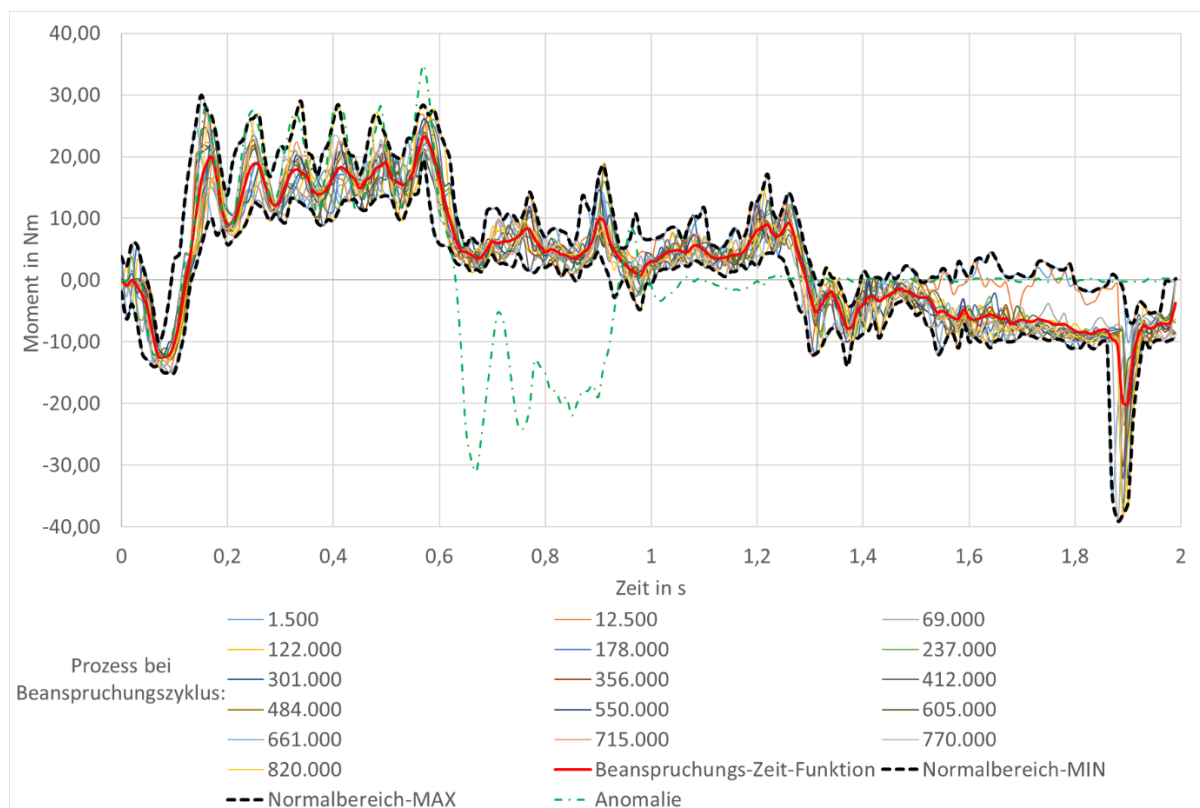


Abbildung 1: Aktueller Normalbereich, aufgetretene Anomalie und abgeleitete Beanspruchung-Zeit-Funktion anhand bestimmter Beanspruchungszyklen (Rolltor-Öffnungszyklen) aus dem Langzeittest im Use-Case Rolltor (© LongLife).

Im Falle dieses Use-Cases ist die Abgrenzung der Zyklen und damit die Bestimmung eines Lastkollektiv vergleichsweise einfach. Komplexer ist es bei dem Use-Case mit der Antriebsspindeleiner Schuhmaschine, insbesondere auch, da es sich um eine Produktionsumgebung handelt. Die Bestimmung der einzelnen Beanspruchungszyklen aus den Betriebsdaten erfordert eine höhere zeitliche Auflösung (Abtastrate) der Parameter, da sich diese in einem sehr engen Zeitfenster verändern. Dies hat zur Folge, dass zusätzlich die maximale Übertragungsrate des gegebenen Netzwerks eine wesentliche Einflussgröße darstellt und damit die sensorische Erfassung der Daten im Betrieb beeinträchtigt. Dieses gilt insbesondere für die Parameter der Steuerungsdaten aus der systemeigenen Überwachung. Die in LongLife entwickelte Sensorbox hingegen verfügt über eine ausreichende Abtastrate, u.a. für den Parameter der Wechselbeschleunigung.

Aus Versuchen bei verschiedenen Anlagebetreibern ging allerdings hervor, dass allein durch den Parameter Wechselbeschleunigung die Beanspruchungszyklen nicht eindeutig identifiziert werden können und um nun den zeitlichen Beginn und das Ende eines Zyklus zu bestimmen, wird eine zusätzliche Erfassung des Materialdrucks vom verflüssigten PU-Material vorgenommen. Anhand korrelierender Merkmale zwischen Materialdruck und Wechselbeschleunigung wird der Beanspruchungszyklus zeitlich identifiziert und zur Bestimmung des Datensatzes für das Lastkollektiv verwendet. Aus den bestimmten Beanspruchungszyklen erfolgt dann, wie in der Abbildung 1 dargestellt, die Berechnung und Visualisierung.