

## Freilauf-Prüfstandssteuerung mit einem Gantner Instruments Q.Gate-Controller (1)

Martinewski, V.

*Neu zu untersuchende Bauteilbelastungen erfordern angepasste oder neu konstruierte Prüfstände. Im Bereich der Freiläufe wurden am IMW bereits Prüfstände zur Berücksichtigung von Axial- und Radiallasten zusätzlich zum Sperrmoment aufgebaut. Die Prüfstände bestehen aus einer Antriebseinheit und einer Messeinheit, die jeweils mittels Computer bedient werden. Der Prüfablauf erfolgt derzeit größtenteils manuell. Um die Bedienung zu erleichtern und damit den Kreis potentieller Nutzer zu vergrößern, wird exemplarisch ein Steuerprogramm entwickelt, welches die Anforderungen an die durchzuführenden Schaltversuche berücksichtigt. Genutzt wird hierfür der PAC (Programmable Automation Controller) des verwendeten Q.Gate-Messverstärker-Controllers.*



*For the examination of individualized loads, new test rigs are constructed. Regarding freewheel clutches, different test rigs already have been set up considering axial or radial loads in addition to the clamping torque. The test procedure is currently mostly manual. In order to simplify the operation and thus increase the circle of potential users, a control program is developed. For this, the PAC of a Q.Gate-Controller is used.*

### Einleitung

Die am Institut für Maschinenwesen aufgebauten Freilauf-Prüfstände wurden von den Mitarbeitern eigens konstruiert und an die zu realisierenden Belastungszustände individuell angepasst. Da sowohl die Auswahl der Antriebs- und Messeinrichtungen, sowie die Erstellung der Steuerprogramme in Eigenregie erfolgte, liegt die Kenntnis zur richtigen Bedienung nur bei einigen wenigen Personen. Die an Forschungsinstituten gängige hohe Fluktuation der Mitarbeiter verstärkt diesen Effekt. Mit der Erstellung eines automatisierten Prüfablaufs soll diesem Zustand entgegengewirkt werden, indem ein automatisierter Prüfablauf für Freilauf-Schaltversuche programmiert wird. Um die Anzahl benötigter Software auf einem Minimum zu halten, wird die gesamte Steuer- und Messeinheit mit Hilfe des Gantner Instruments Q.Gate (T-Version) Messcontrollers erstellt, welcher über digitale Ein- und Ausgänge mit dem Servomotor-Umrichter kommuniziert.

Um die volle Performance auszunutzen, wird in der Regel eine wegbasierte Steuerung gewählt. Dies hat den Effekt, dass bei Vorliegen erster Ermüdungserscheinungen das resultierende Drehmoment bei gleichem Verdrehweg sinkt. Das automatische Nachjustieren des Verdrehwegs, sowie das Erkennen einer Grenzwertvorgabe sind zentrale Elemente des zu realisierenden Prüfprogramms.

Die Realisierung soll aufbauend in drei Schritten erfolgen:

1. Lastwechselzähler und Drehmomentmittelwertbildung
2. Automatische Nachjustierung der Verdrehwegsteuerung
3. Vollautomatischer Prüfbetrieb nach Lastvorgabe und Grenzwertdefinition

### Anforderungen

Die Lastgröße für die Untersuchung von Freilaufen stellt stets ein Drehmoment dar. Dieses wird im Freilauf durch die spezielle Klemmgeometrie erzeugt, sobald ein Verdrehweg zwischen dem Innen- und Außenring des Freilaufs vorliegt. Dieser Verdrehweg wird derzeit hauptsächlich über Servomotoren realisiert, indem ein Vorgabebeweg alternierend angefahren wird. Um das vollständige Entklemmen zu gewährleisten, ist der Rückfahrweg einige wenige Grad größer zu definieren als in Lastrichtung. Ist durch Ermüdungserscheinungen eine Abnahme des Drehmomentwerts zu vernehmen, sind Verdrehwege in Last- und Leerlaufrichtung anzupassen.

Sind die Freilauf-Prüfkammern mit Schmieröl gefüllt ( $\frac{1}{3}$ -Teilfüllung) ist für die sichere Gewährleistung einer vollständigen Schmierleistung je Kontakt eine Lastwechselzahl zu definieren, in der der Prüfstand in Leerlaufrichtung einige Umdrehungen verfährt, um eine Durchmischung des Schmiermittels zu erzeugen.

Weitere Anforderungen an das Prüfprogramm sind:

- Grenzwertüberwachung - Drehmoment und Verdrehweg (Lastrichtung)
- Reset-Funktion für Zähler
- Vorgabe versuchsspezifischer Daten
  - Auftrags-/Projektbezeichnung
  - Versuchsnummer
  - Prüflingsdetails
- Berücksichtigung der Einbaurichtung (Rechtslauf/Linkslauf)
- Einfache Bedienung (Erstellen eines Bedienfelds)

**Programmablauf**

Das Zusammenspiel der Komponenten und die benötigten Vorgabe- und Ausgabegrößen ist der nachfolgenden Abbildung und Tabelle zu entnehmen.

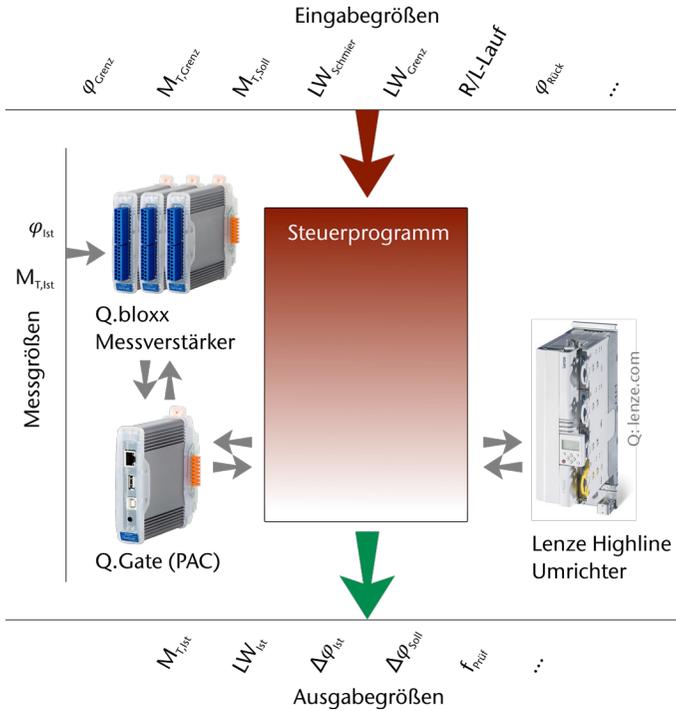


Abbildung 1: Übersicht beteiligter Komponenten und zu berücksichtigender Größen.

Die Eingabegrößen ( $\varphi_{Grenz}$ ,  $\varphi_{Rück}$ ,  $M_{T,Grenz}$ ,  $M_{T,Soll}$ ,  $LW_{Schmier}$ ,  $LW_{Grenz}$ , R/L-Lauf, ...) sind vom Bediener zu definieren. Diese resultieren aus den Einbaubedingungen des Prüfkörpers, der Laststufe, sowie den Abbruchkriterien und werden als Vorgabewerte vom Prüfprogramm aufgenommen. Die für die Freilauffunktion relevanten Messgrößen ( $\varphi_{Ist}$ ,  $M_{T,Ist}$ ) werden von Messverstärkern aufgenommen und stehen zur Verarbeitung im Q.Gate zur Verfügung. Abhängig der Messgrößen wird über Entscheidungen des Steuerprogramms mit dem Umrichter kommuniziert. Dieser wiederum meldet Zustandssignale an das Steuerprogramm zurück. Die Kommunikation einzelner Komponenten erfolgt über verfügbare digitale und analoge Ein- und Ausgänge.

Ein PC ist nur für die Definition der Vorgabegrößen notwendig, das System läuft nach der dritten Realisierungsstufe völlig autark.

*Tabelle 1: Übersicht zu berücksichtigender Vorgabe, Mess- und Ausgabe-größen*

$M_{T,Soll}$	Sollmoment	$\varphi_{Grenz}$	Grenzverdrehwinkel
$M_{T,Grenz}$	Grenzmoment	$\varphi_{Rück}$	Rückstellverdrehwinkel
$M_{T,Ist}$	Ist-Moment	$\varphi_{Ist}$	Ist-Verdrehwinkel
$LW_{Schmier}$	Schmierlastwechsel	$\Delta\varphi_{Ist}$	Ist-Verdrehwinkelabweichung
$LW_{Grenz}$	Grenzlasterwechsel	$\Delta\varphi_{Soll}$	Soll-Verdrehwinkelabweichung
$LW_{Ist}$	Ist-Lastwechsel	$f_{Prüf}$	Prüffrequenz
R/L-Lauf	Rechts-/Linkslauf		

### **Realisierung Lastwechselzähler**

Der Lastwechselzähler erfolgt derzeit über eine Drehmomentüberwachung in dem Umrichter des Antriebs. Dieser hat den Nachteil, dass bei geringen Momenten und hohen dynamischen Schaltvorgängen eine Zählung der Lastwechsel teilweise nur ungenau stattfindet. Die Zählung bereits durchgeführter Schaltungen soll daher über das tatsächlich wirkende Moment erfolgen. Das Signal der Drehmomentmessstelle wird von den Q.bloxx-Messverstärkern erfasst und steht für die Verarbeitung zur Verfügung.

Um eine Unabhängigkeit der Einbausituation und des Drehmomentvorzeichens zu gewährleisten und dem Nutzer damit Entscheidungen abzunehmen wird zunächst der Absolutwert des Drehmoments gebildet. Dieser wird anschließend mehrfach weiterverarbeitet und ausgewertet.

Erreicht der Drehmomentaufbau seinen Peak-Wert, wird dieser als Max-Wert gehalten. Fällt das Drehmoment wieder ab (Größer-Kleiner-Vergleicher), wird ein Statussignal an einen Zähler gesendet, welcher die Anzahl der Positiv-Flanken des Größer-Kleiner-Vergleichs zählt. Definiert werden insgesamt zwei Zähler: ein Zähler für die Messung der bereits durchgeführten Schaltungen, ein weiterer Zähler für die Messung der Schmier-Lastwechselzahl. Letztere wird nach Erreichen eines Vorgabewerts wieder zurückgesetzt und startet die Zählung von vorn.

Das weitere Unterschreiten eines prozentual fest definierten Drehmoments (20% der Vorgabelast) setzt die Maximalwertbildung zurück und startet den Abfragezyklus erneut.

## Realisierung Drehmoment-Mittelwertbildung

Bei weggesteuertem Prüfablauf kann aufgrund von Ermüdungserscheinungen das resultierende Drehmoment über der Zeit sinken. Zur Nachjustierung ist daher das Erkennen dieses Abfalls zwingend notwendig.

Während einer Lebensdaueruntersuchung von Freiläufen schwankt das Drehmoment in einem gewissen Bereich aufgrund von ggf. abweichenden Schmierzuständen, Toleranzfehlern oder einem schlupfbedingt verzögerten Eingriff. Um nicht für jeden Lastwechsel eine Justage durchzuführen, wird ein Zeitbereich definiert, in dem die Mittelwerte der Peaks gebildet und mit der Sollvorgabe abgeglichen werden. Liegt der Mittelwert in einem Toleranzbereich erfolgt keine Nachjustierung. Überschreitet der Mittelwert das Toleranzband, wird der Verdrehweg vorzeichengerecht angepasst. Eine Online-Datenverarbeitung, wie sie mit potenten Auswerteprogrammen möglich ist, kann der Q.Gate-Controller leider nicht mit der gleichen Performance bieten. Zur Realisierung der Mittelwertbildung des Drehmoments und der Anzeige eines abweichenden Verhaltens wird daher im ersten Schritt ein zielführender Umweg gewählt.

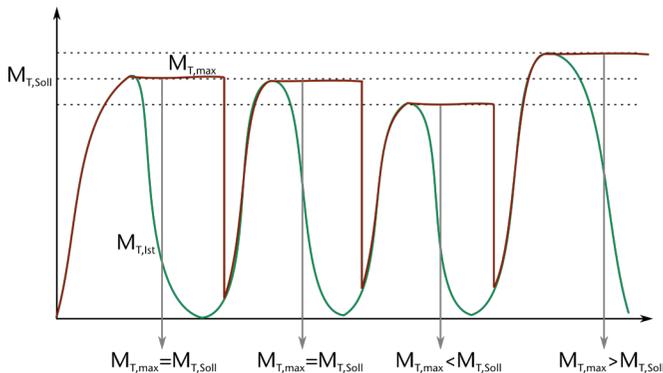


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Drehmoment-Mittelwertbildung

Zur Mittelwertbildung wird je Schaltzyklus der Vergleich zwischen Vorgabe- und Maximalwert gebildet. Liegt der Maximalwert über dem der Sollvorgabe, wird ein Statussignal an einen Zähler geleitet. Nach einer fest definierten Anzahl an Schaltungen (derzeit  $LW_{\text{Mittelwert}} = LW_{\text{Schmier}}$ ) erfolgt ein Vergleich des Zählerwerts mit dem Zählervorgabewert. Beträgt der Zählerwert genau die Hälfte des Vorgabewerts, schwankt das Drehmoment genau um das Sollmoment. Liegt der Zählerwert unter der halbierten Vorgabe wird das Sollmoment nicht mehr erreicht und es erfolgt ein Signalfluss vom Controller zum Umrichter, um einen Justagevorgang anzustoßen. Im umgekehrten Fall (Zählerwert  $> \frac{1}{2}$ -Vorgabewert) ist das Ist-Moment zu groß (z.B. Verspannung des Systems durch Erwärmung) und muss ebenfalls angepasst werden. Zum Abgleich wird ein Toleranzband von  $\pm 5\%$  des Sollmoments definiert.

## Zusammenfassung

Die ersten Schritte zur Vereinfachung der Bedienung eines Freilauf-Lebensdauerprüfstands wurden durchgeführt und vorgestellt. Die Verarbeitung und Auswertung des Drehmoment-Istwerts ermöglicht die Realisierung eines kontinuierlichen Lastwechselzählers sowie den Anstoß eines Sonder-Programmablaufs zur gleichmäßigen Verteilung des Schmiermittels.

Da am Institut für Maschinenwesen diese Kombination aus Antriebs-Umrichter und Messverstärker/Controller-System häufiger verwendet wird, können Teilrealisierungen ebenfalls auf weitere Prüfstandskonzepte übertragen werden.

## Ausblick

Die Realisierung der Schritte 2 und 3 ist in der Ausarbeitung wesentlich umfangreicher und fehleranfälliger. Für die ordnungsgemäße Durchführung der Justage gilt es, das herstellerseitig vordefinierte Steuerprogramm der Antriebe umzuschreiben. Hier steht vor allem die richtige Definition und Verwendung der digitalen Ein- und Ausgänge im Vordergrund, mit ständigem Blick auf die Erhaltung automatischer Abschaltvorgänge im Fall einer Störung oder Überlast.

Die verbleibenden Realisierungsschritte werden in naher Zukunft umgesetzt und das Ergebnis in der zukünftigen Institutsmitteilung veröffentlicht.