

„Virtueller Betrieb“ liefert sichere

Mit innovativen Verfahren konnten zahlreiche Ansätze zur Optimierung eines Hebersystems aus der Automobilindustrie ermittelt werden. Als ideal wurde ein Betrieb mit minimiertem Energieverbrauch, zeitlich optimierten Trajektorien und minimierter mechanischer Belastung angenommen, ohne den Durchsatz der Anlage zu reduzieren. Da der Heber ein mechatronisches System ist, dessen Kernkomponenten in enger Wechselwirkung stehen, dürfen diese nicht getrennt betrachtet werden. Mit einer Potenzialanalyse wurden die realen Bewegungen des Systems ermittelt und erste Potenziale für Optimierungen gezeigt. Alle real auftretenden Lastfälle und Fahrspiele wurden in einem Virtuellen Betrieb mithilfe von Finite-Elemente-Methoden, Mehrkörper- und Regelungsmodellen nachgebildet. Mit den verifizierten Erkenntnissen konnten die Vorzüge einer Positionsregelung unter Beweis gestellt werden.

■ Michael Niecknig

Das Hauptziel der Untersuchung des Hebersystems bestand darin, Optimierungspotenziale aufzudecken, zu beschreiben und Ansätze bzw. Lösungswege zur Ausschöpfung dieser Potenziale darzustellen. Exemplarisch sollte ein bestehendes Hebersystem optimiert werden. Zur Untersuchung wurden die Potenzialanalyse und der Virtuelle Betrieb von PSI Technics genutzt. Diese Methoden unterstützen die Auslegung von Systemen der Fördertechnik im Zusammenhang mit Modernisierungen oder Neuprojektierungen.

Die Anlage

Als Beispiel wurde ein Heber XSB51 im Werk Wolfsburg der Volkswagen AG untersucht. Mit diesem System werden Rohkarossen und Einzelteile von Pkw zwischen den einzelnen Etagen einer Lackierhalle transportiert. Der Ablauf sieht dabei vor, dass die Anlage die Karossen und Einzelteile stets von oben nach unten transportiert. In seine Ausgangsposition bewegt sich der Heber in unbeladenem Zustand. Die Fahrbewegungen werden von einer SPS gesteuert. Eine Positionsregelung existiert nicht. Die einzelnen Positionen werden

Tafel ① Relevante Lastfälle

Nr.	Beschreibung	in Fahrt	von Ebene	nach Ebene	mit Last
1	Beladevorgang	nein	oben	—	nein/ja
2	Entladevorgang	nein	unten	—	ja/nein
3	Fahrt	ja	oben	unten	ja
4	Fahrt	ja	unten	oben	nein

Tafel ② Zusätzliche Lastfälle mit Positionsregelung

Nr.	Beschreibung	in Fahrt	von Ebene	nach Ebene	mit Last
5	Fahrt	ja	oben	unten	ja
6	Fahrt	ja	unten	oben	nein

mit Schleichfahrten erreicht und per Näherungsschalter gestoppt. Lediglich der Frequenzrichter hat eine Drehzahlregelung. Das System ist damit ein typischer Vertikalumsetzer, wie er in der Industrie häufig eingesetzt wird.

Potenzialanalyse

Um erste Optimierungspotenziale zu erschließen und einen Virtuellen Betrieb des Systems zu ermöglichen, wurde in einem ersten Schritt eine Potenzialanalyse durchgeführt, bei der folgende Aspekte im Mittelpunkt standen: Lastfälle, Bewegungsabläufe, Energieaufnahme.

Lastfälle

Für die Untersuchung des Systems wurden einzelne, besonders relevante Lastfälle ausgewählt. Als relevant gelten dabei solche, die häufig auftreten und/oder bei denen eine hohe Belastung des Systems zu erwarten ist (Tafel ①).

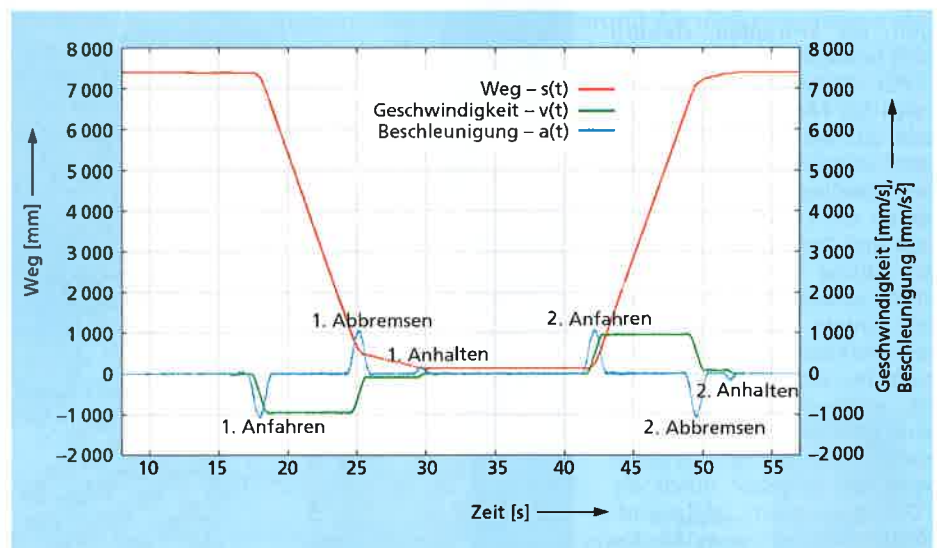
Um den vorgesehenen Vergleich eines positionsgeregelten mit dem aktuell unregulierten System durchführen zu können, war die Einführung von zwei zusätzlichen Lastfällen nötig, die sich nur hinsichtlich der Positionierung unterscheiden (Tafel ②).

Bewegungsabläufe

Bei der Bewegungsanalyse wurden die Fahrprofile des Systems mithilfe hochauflösender optischer Entfernungsmesser aufgenommen und ausgewertet. Das Ergebnis dieses Schritts sind Bewegungsabläufe entsprechend Bild ①.

Energieanalyse

Bei der Energieanalyse wurde die Energieaufnahme des Systems unter den verschiedenen Lastfällen gemessen und analysiert. Dazu wurden insgesamt 17 Messungen mit einer Dauer von jeweils rd. 50 s durchgeführt, um eine



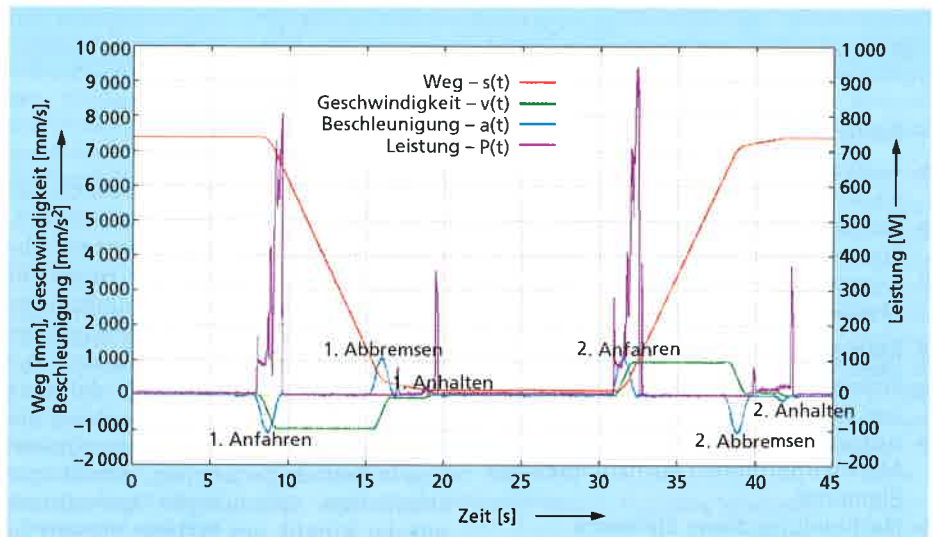
① Bewegungssequenz des Hebers mit Geschwindigkeit und Beschleunigung

Aussagen

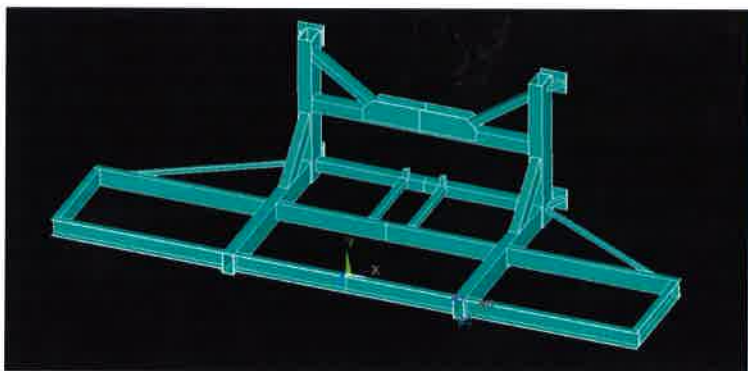
qualitative Aussage über den Energieverbrauch der Anlage treffen zu können. Bild 2 zeigt die Ergebnisse.

Virtueller Betrieb

Der Virtuelle Betrieb ist die Abbildung eines real existierenden Systems durch Rechenmodelle in solch einer Form, dass das virtuelle System – innerhalb gewisser Grenzen – wie ein reales betrieben werden kann. Dieses Verfahren dient bei PSI Technics beispielsweise zur Auslegung von Reglern bei gleichzeitiger Betrachtung der Belastungen und liefert eine möglichst genaue Vorhersage des späteren Systemverhaltens. Ein entscheidender Aspekt, der sich aus dem Virtuellen Betrieb ergibt, ist die Möglichkeit, einen Vergleich zwischen verschiedenen Systemkonfigurationen im Hinblick auf Mechanik, Elektrik oder Steuerungs- und Regelungstechnik durchzuführen. So wurden im Rahmen dieses Projekts die Belastungen, die in einem gesteuerten System auftreten, mit denen in einem geregelten System verglichen. Um die reale Anlage möglichst gut im Rechner abbilden zu können, wird das Gesamtsystem in mehrere Teilsysteme gegliedert. Die Aufteilung orientiert sich dabei an den Komponenten des realen Vertikalumsetzers. Grundsätzlich wurde die Nachbildung des Systems in mehreren Schritten vorgenommen:



2 Bewegungssequenz des Hebers mit Energieaufnahme



3 FE-Modell der Heberplattform

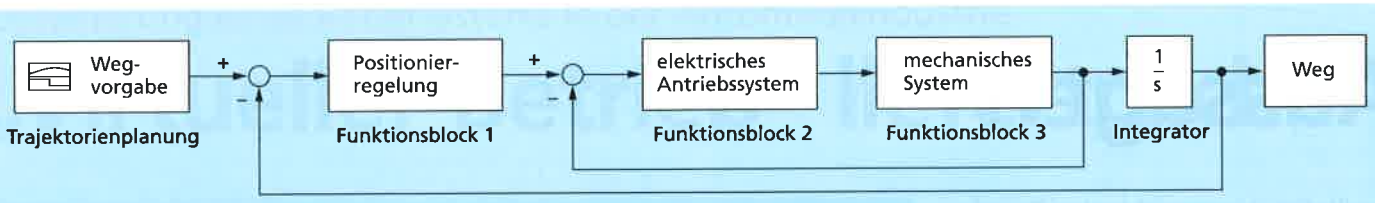
Wartungsfreie Radsätze. Für jeden Bedarfsfall.

Überall, wo große Radlasten übertragen werden müssen, sind GEORG-Radsätze im Einsatz. Sie finden Anwendung u. a. in Hafen- und Hüttenwerkskränen sowie in der gesamten Förder-technik.

Die Treib- und Mitlaufsätze von 160 - 1000 mm Durchmesser werden aus hochvergüteten Werkstoffen, auch mit tiefgehärteten Laufflächen, oder aus Sphäroguß GGG-70 gefertigt.

Fordern Sie uns für Ihre Förderprobleme.
Wir informieren Sie gern.

KARL GEORG
Stahlherstellungs- und Verarbeitungs GmbH
Karl-Georg-Straße 3
D-57612 Ingelbach-Bahnhof
Tel. (0 26 88) 95 16-0 • Fax 95 16-49
www.karl-georg.de • info@karl-georg.de



4 **Regelungsmodell als Blockschaltbild**

1. **Finite Elemente:**

- ▶ Auswahl der als flexible Körper nachzubildenden Elemente
- ▶ Berechnung der dynamischen Eigenschaften in der FE-Software
- ▶ Export als flexibles Modell in das Mehrkörpermodell

2. **Mehrkörpermodell:**

- ▶ Einbindung der flexiblen Modelle aus 1.
- ▶ Auswahl der sonstigen im Mehrkörpermodell nachzubildenden Elemente
- ▶ Nachbildung dieser Elemente
- ▶ Einrichten einer Schnittstelle zur Co-Simulation (Bild 3)

3. **Regelungsmodell:**

- ▶ Einrichten einer Schnittstelle zur Co-Simulation
- ▶ Auswahl der sonstigen im Regelungsmodell nachzubildenden Elemente
- ▶ Nachbildung dieser Elemente
- ▶ Aufbau eines Regelkreises zur Positionsregelung (Bild 4).

An die Nachbildung kann sich die Simulation des Gesamtsystems in einer Co-Simulation zwischen Mehrkörper- und Regelungsmodell anschließen.

Absicherung der Ergebnisse

Um die aus dem Virtuellen Betrieb gewonnenen Erkenntnisse abzusichern, wurden diese am realen System abgeglichen. Dazu wurde der Heber an relevanten Stellen mit Dehnungsmessstreifen versehen. Diese Messstellen waren vorher durch statische und dynamische FE-Rechnungen definiert worden. Zusätzlich wurde erneut die Messtechnik für eine Bewegungsanalyse in Betrieb genommen, um die mechanischen Spannungen gemeinsam mit der Kinetik des Systems messen zu können.

Erstes Resümee

Unter Nutzung der Potenzialanalyse und des Virtuellen Betriebs konnte PSI Technics dem Anlagenbetreiber umfangreiche Optimierungspotenziale für den Betrieb des Systems verdeutlichen. Die aus den Rechenmodellen gewonnenen Ergebnisse ließen sich mithilfe von Betriebsmessungen verifizieren, wobei gleichzeitig die Vorteile einer Positionsregelung dargestellt werden konnten. Zum Teil erhebliche Verbesserungen sind erzielbar bei

Taktzeiten, Energieaufnahme sowie Lebensdauer und Wartungsaufwand.

Taktzeiten

Durch den Einsatz einer Positionsregelung können Schleichfahrten des Systems vollständig entfallen. Die Taktzeit des Systems lässt sich mit dieser Maßnahme um 5 % reduzieren. Gleichzeitig ist es möglich, die Taktzeiten dynamisch an den Produktionsprozess anzupassen. So können Pufferzonen verkleinert werden, und das Fördergut steht just-in-time zur Verfügung.

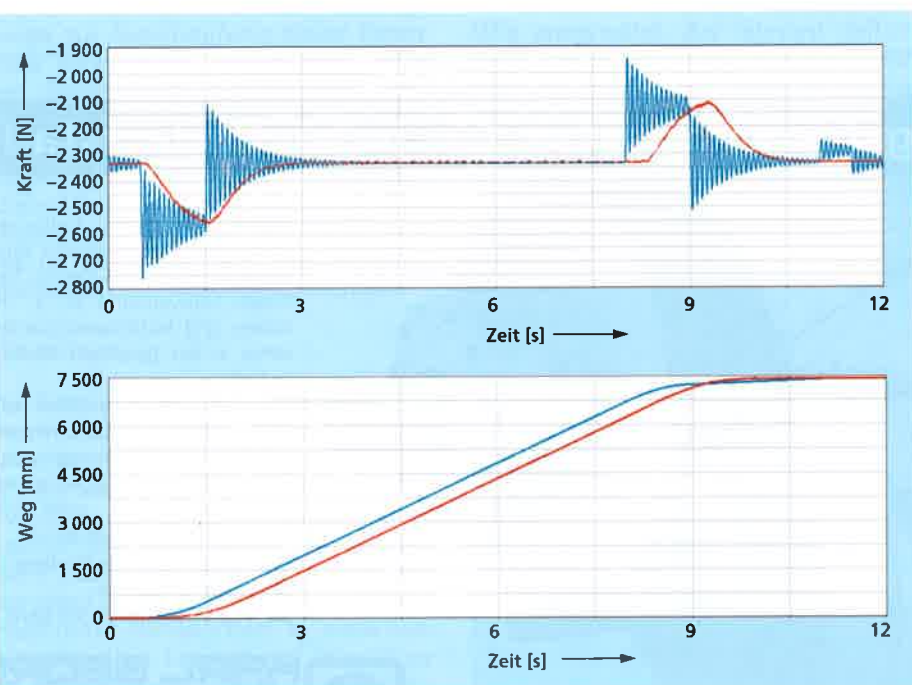
Energieaufnahme

Fehlende Schleichfahrten und kürzere Taktzeiten reduzieren die Energieaufnahme des Systems bei jedem absolvierten Lastspiel. Durch den Einsatz moderner Antriebstechnik mit hoher Energieeffizienz kann eine Rückspeisung realisiert werden. Bezogen auf das dargestellte System mit seinen Lastspielen, ergibt sich ein Einsparungspotenzial von 354 %. Um das gleiche Maß sinken auch die CO₂-Emissionen. Je Heber werden jährlich bis zu 859,2 kg ausgestoßenes CO₂ vermieden.

Lebensdauer und Wartungsaufwand

Positionsregelung, verbesserte Antriebstechnik und Optimierungen hinsichtlich des Belade- und Entladevorgangs sorgen für eine Verringerung der mechanischen Belastung um rd. 10 % in den Spitzen (Bild 5). Darüber hinaus werden auftretende Schwingungen deutlich reduziert. Verbaute Komponenten werden auf diese Weise erheblich weniger beansprucht. Der Wartungsaufwand sinkt, und die Lebensdauer der Anlage wird erhöht.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen konnten die Grundlagen für einen werksinternen Standard zur Umrüstung bestehender baugleicher Hebersysteme erarbeitet werden. Der Betreiber hat den Umbau einer ersten Anlage bereits avisiert. □



5 **Vergleich der Belastungen und Bewegungen des unregulierten Systems (blau) mit dem regulierten System (rot)**

Dipl.-Ing. (FH) Michael Niecknig
ist technischer Leiter bei der PSI Technics Ltd. in Urmitz

