

# Aktive Dämpfung von Lastpendelschwingungen bei automatisierten Mehrseil-Krananlagen durch lineare Zustandsrückführung

## Active Damping of Load Oscillations in Automated Multi-Cable Cranes by Linear Feedback Control

E. Hildebrandt, V. Birr & C. Woernle - Universität Rostock, Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik, Lehrstuhl für Technische Mechanik / Dynamik, 18059 Rostock, Deutschland

### Kurzfassung

Bei Mehrseil-Krananlagen ist eine Nutzlast durch mehrere räumlich angeordnete Seile aufgehängt. Durch koordinierte Bewegungen aller Antriebe kann nicht nur die Position, sondern auch die Orientierung der Nutzlast gezielt gesteuert werden. Wie bei klassischen Kranen tritt bei der Automatisierung das Problem auf, dass wegen der kinematisch unbestimmten Aufhängung das Anfahren und Bremsen der Antriebe sowie Störeinflüsse zu unerwünschten Lastpendelbewegungen führen. Die Schwingungen klingen wegen der geringen Eigendämpfung der Systeme nur langsam ab, was den Positionier- und Orientierungsvorgang der Last erschwert und verzögert. Da ein wirtschaftlicher Betrieb wesentlich von der Genauigkeit und Schnelligkeit eines Arbeitszyklus abhängt, ist es von Interesse, durch geeignete regelungstechnische Maßnahmen Nutzlastschwingungen zu verhindern oder zumindest auf ein vertretbares Maß zu reduzieren.

Zur Entwicklung von Steuerungs- und Regelungskonzepten für Mehrseil-Krananlagen steht an der Universität Rostock das in der Abbildung gezeigte Prototypsystem CABLEV zur Verfügung. Bei CABLEV wird die Nutzlast durch drei Seile im Raum geführt, deren Winden jeweils auf einer Laufkatze montiert sind. Die Laufkatzen bewegen sich auf parallelen Führungsbahnen einer gemeinsamen Kranbrücke. Durch die Aufhängung an drei Seilen ist die Nutzlast kinematisch unvollständig geführt, wodurch translatorische Schwingungen in zwei horizontale Richtungen und eine Drehschwingung um die vertikale Achse auftreten können. Um die Pendelbewegungen der Nutzlast zu erfassen, werden die Positionen der Antriebe sowie die Neigungswinkel der Seile mittels präziser Absolutwertgeber gemessen.

Wie in Experimenten mit CABLEV erfolgreich nachgewiesen wurde, führt eine flachheitsbasierte Vorsteuerung die Nutzlast unter idealen Bedingungen entlang gewünschter Trajektorien [1-2]. Sind die idealen Bedingungen nicht erfüllt, z. B. durch Parameterunsicherheiten oder äußerer Störkräfte, treten Lastpendelbewegungen auf. Zur Dämpfung der Schwingungen wird im Rahmen des Beitrags eine überlagerte Bahnregelung durch lineare Zustandsrückführung vorgestellt. Die hierzu erforderlichen aktuellen Bewegungsgrößen werden durch einen nichtlinearen Zustands- und Störbeobachter fortlaufend geschätzt. Ein Blockschaltbild des Gesamtkonzepts zeigt die Abbildung. Um ein gleichartiges und stabiles Regelverhalten trotz der sich im Kranbetrieb ständig ändernden Parameter sicherzustellen, werden die Regler- und Beobacherverstärkung in jedem Zeitschritt durch Lösen der algebraischen Riccati-Gleichung adaptiert. Die Grundlage hierfür bildet ein nichtlineares Entwurfsmodell der mechanischen Regelstrecke, welches für die Systemanalyse und die Echtzeitfähigkeit durch ein effizientes Linearisierungs- und Kondensationsverfahren vereinfacht wird. Die Wirksamkeit des Konzepts bestätigen experimentelle Ergebnisse vom Prototypsystem CABLEV.

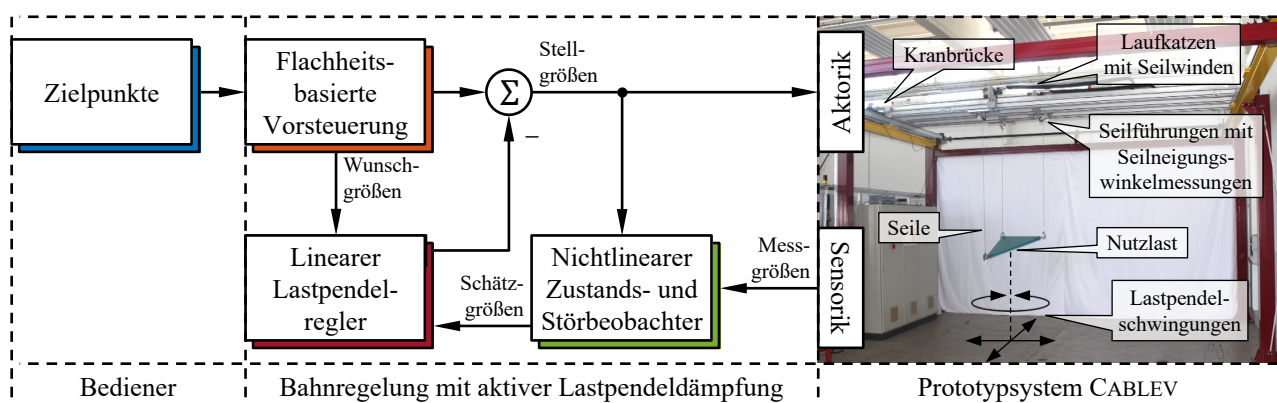


Abbildung: Blockschaltbild der dezentralen Bahnregelung mit aktiver Lastpendeldämpfung für das Prototypsystem CABLEV.

### Literatur

- [1] Heyden, T.; Woernle, C.: *Dynamics and Flatness-Based Control of a Kinematically Undetermined Cable Suspension Manipulator*. In Multibody System Dynamics. 2006. Bd. 16, Nr. 2. S. 155-177.
- [2] Maier, T.; Woernle, C.: *Flachheitsbasierte Bahnsteuerung von seilgeführten Handhabungssystemen*. In at-Automatisierungstechnik. 2003. Bd. 51, Nr. 6. S. 265-273.

# DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online



*Offen im Denken*



In: Zehnte IFToMM D-A-CH Konferenz 2024

Dieser Text wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt. Die hier veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

**DOI:** 10.17185/duepublico/81589

**URN:** urn:nbn:de:hbz:465-20240304-125003-0



Dieses Werk kann unter einer Creative Commons Namensnennung 4.0 Lizenz (CC BY 4.0) genutzt werden.