

Bei der Entwicklung von Werkzeugmaschinen werden hohe Anforderungen an die Dynamik und Genauigkeit der Achsen gestellt. Die in Bild 1 dargestellte Gantry-Achse verfügt über zwei parallel wirkende Lineardirektantriebe, wodurch hohe Beschleunigungen erreicht werden können. Da eine mechanische Wechselwirkung zwischen den Antrieben besteht, soll in dieser Arbeit eine Regelungsstrategie entwickelt werden, mit der das System entkoppelt werden kann. Einen weiteren Untersuchungsgegenstand bilden die Eigenschwingformen der Struktur (Bild 2). Werden diese während des Maschineneinsatzes angeregt, kann dies zu schlechten Prozessergebnissen führen. Ziel ist es daher, kritische Schwingformen unter Verwendung geeigneter Zusatzaktoren zu bedämpfen.

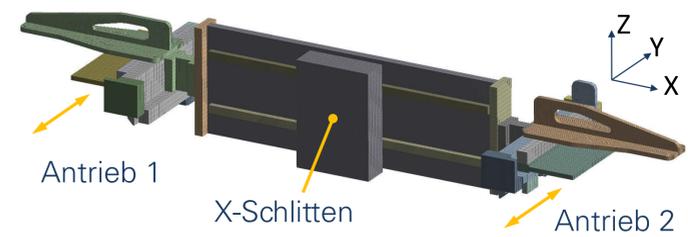


Bild 1: Modell einer Gantry-Achse

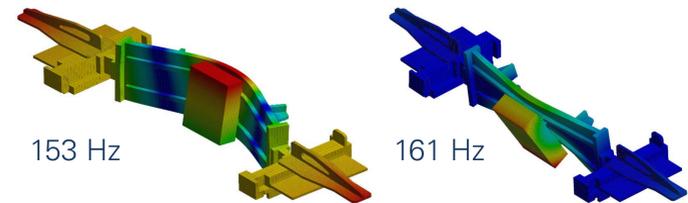


Bild 2: Kritische Eigenschwingformen

Mithilfe einer Modaltransformation der Koordinaten $\underline{q} = \underline{\phi} \underline{\xi}$ bzw. der Lasten $\underline{\tau} = \underline{\phi}^T \underline{f}$ können lineare mechanische Systeme

$$\underline{M} \underline{\ddot{q}} + \underline{D} \underline{\dot{q}} + \underline{K} \underline{q} = \underline{f}$$

in unabhängige modale Einmassenschwinger überführt werden:

$$\ddot{\xi}_i + 2\delta_i \dot{\xi}_i + \omega_i^2 \xi_i = \tau_i, \quad i = 1, \dots, N.$$

Die *unabhängige modale Regelung (IMSC)* basiert auf diesem Prinzip. Dabei wird anstelle der physikalischer Koordinaten $\underline{y} \in \underline{q}$ eine Auswahl der modalen Größen $\underline{\xi}_c$ als Regelgrößen verwendet. Die ersten beiden Moden der Gantry-Achse entsprechen einer Starrkörperbewegung in Y-Richtung sowie einer Verkippung um die Z-Achse. Darüber hinaus soll eine Regelung der beiden in Bild 2 dargestellten Schwingformen erfolgen. Für die Transformationen der Größen (siehe Bild 3) sind ebenso viele Messgrößen und Stellkräfte wie geregelte Moden erforderlich. Daher müssen neben den bestehenden Linearantrieben zwei weitere Aktoren integriert werden.

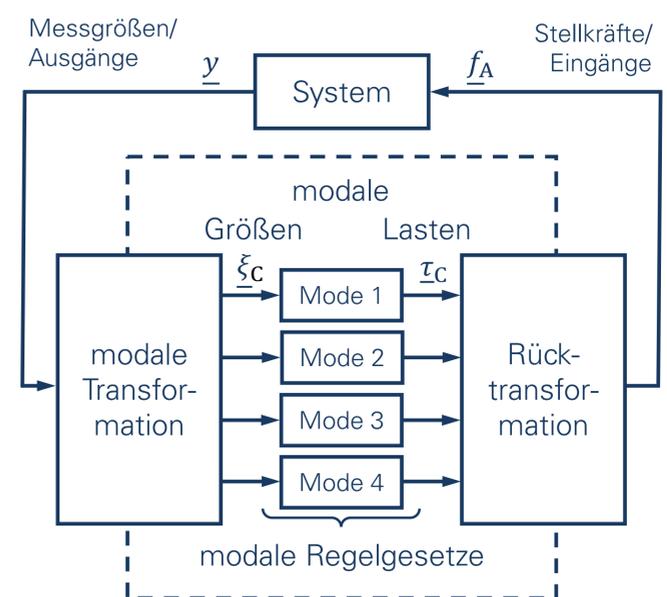


Bild 3: Struktur einer modalen Regelung

Nachfolgend werden zwei der in der Arbeit untersuchten Lösungskonzepte beschreiben. Bild 4 zeigt eine Variante bei der Inertialaktoren in Form von tubularen Linearmotoren auf der Anbauplatte des Achs-Schlittens angebracht werden. Da die Antriebskräfte sowohl auf die Achse, als auch auf die in Y-Richtung frei beweglichen Läufer der Motoren wirkt, lassen sich nur dynamische Lasten erreichen. Als Messgrößen werden vier Beschleunigungssignale verwendet, mit denen die Schwingformen identifiziert werden können.

Ein alternatives Konzept sieht die Verwendung von strukturintegrierten Piezo-Stapelaktoren vor. Diese werden zwischen paarweise angeordneten Winkeln an der Anbauplatte montiert (siehe Bild 5). Die Längenänderung der Piezoelemente kann durch integrierte Dehnungsmesssysteme erfasst und als Ausgangsgröße des Systems verwendet werden.

Um eine genaue Positionierung zu erreichen erfolgt die Regelung der ersten beiden Moden mittels PID-Regler. Die beiden Strukturmoden (vgl. Bild 2) werden mit robusten dynamischen Regelgesetzen gezielt bedämpft und die Prozessstabilität des Systems erhöht. Dabei zeigt sich, dass die Auslegung der modalen Regelgesetze weitestgehend unabhängig von der Platzierung der Aktoren erfolgen kann.

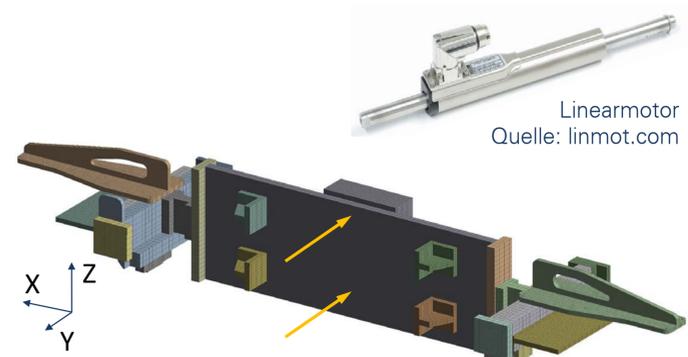


Bild 4: Platzierung von Inertialaktoren

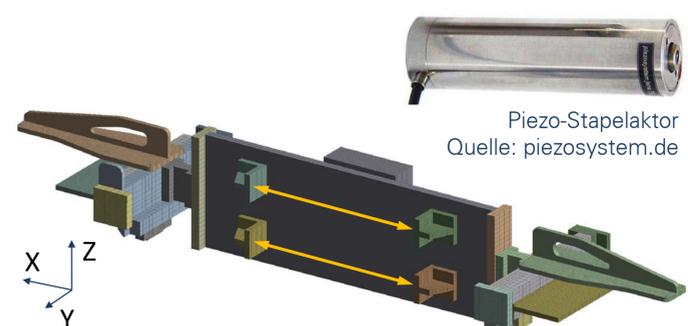


Bild 5: Platzierung von strukturintegrierten Aktoren