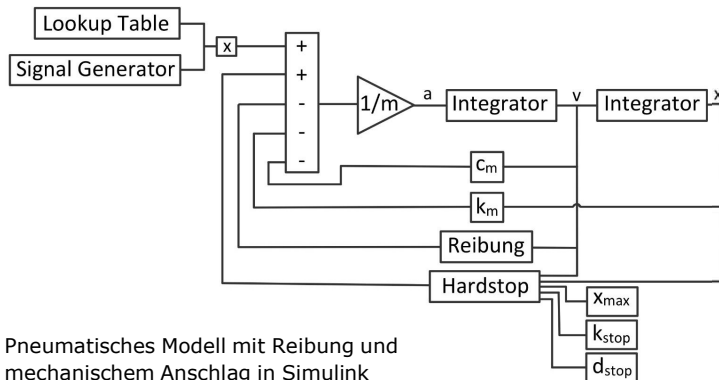


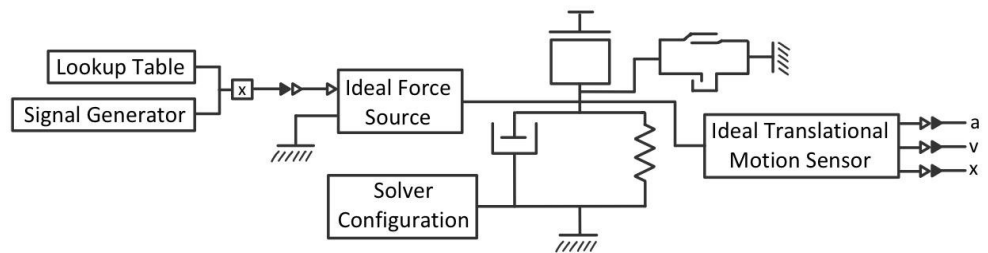
MSc Mechanical Engineering

Modellierung eines dynamischen Shakers für die Vitrektomie

Einsatz eines Antriebskonzepts für hochfrequente Schneidbewegungen



Pneumatisches Modell mit Reibung und mechanischem Anschlag in Simulink



Pneumatisches Modell mit Reibung und mechanischem Anschlag in Simscape

Problemstellung

Die Vitrektomie ist ein mikrochirurgisches Verfahren am Auge, bei dem mit einem Schneidwerkzeug der Glaskörper entfernt wird. Dabei sind höchste Anforderungen an Geschwindigkeit und Präzision gestellt.

In der Praxis kommen bisher pneumatische Antriebe zum Einsatz. Diese Systeme sind zwar robust und bewährt, stoßen jedoch bei steigenden Schnittfrequenzen an ihre Grenzen: Der Hub nimmt mit steigender Frequenz deutlich ab, die Steuerbarkeit ist eingeschränkt und präzise Regelungen sind kaum möglich. Daher stellt sich die Frage, ob elektrodynamische Antriebe eine leistungsfähige Alternative sind.

Lösungskonzepte

Im Rahmen dieser Arbeit wurden pneumatische und elektrodynamische Antriebssysteme in MATLAB Simulink und Simscape modelliert. Beide Modelle wurden um zentrale Effekte wie Reibung und mechanische Anschläge erweitert und hinsichtlich Auslenkung, Geschwindigkeit und Beschleunigung untersucht.

Für das elektrodynamische Prinzip wurde zusätzlich eine Positionsregelung integriert, um eine kontrollierte Amplitudenbegrenzung ohne Einsatz eines mechanischen Anschlags zu ermöglichen. Durch den Vergleich von Simulink und Simscape konnten zudem numerische Unterschiede in der Abbildung nichtlinearer Effekte analysiert werden.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass pneumatische Systeme mit steigender Ansteuerfrequenz einen deutlichen Hubabfall aufweisen, wodurch ihre maximale Leistungsfähigkeit begrenzt ist. Hier konnten neue, die Bewegung beeinflussende, Faktoren wie etwa die Dämpfung der Membran aufgedeckt werden. Elektrodynamische Antriebe hingegen ermöglichen konstante Auslenkungen, höhere Geschwindigkeiten und somit eine präzisere Bewegungsführung. Besonders die Integration einer Regelung erwies sich als vorteilhaft, da sie mechanische Anschläge ersetzt und die Systemstabilität erhöht.

Simscape liefert insgesamt stabilere und konsistentere Ergebnisse bei der Modellierung nichtlinearer Effekte. Damit bestätigt die Arbeit die Limitierungen pneumatischer Systeme und verdeutlicht das Potenzial elektrodynamischer Antriebe, neue Standards in der Medizintechnik und Mikrochirurgie zu setzen.

Alexandra Leitner

Hauptbetreuer:
Prof. Ralf Baumann

Experte:
Dipl.-Ing. ETH Beat Bucher

Industrie Partner
Oertli Instrumente AG

oertli[®]
S W I T Z E R L A N D