

Schwingungsanalyse einer Hubkolbenpumpe mittels elastischer Mehrkörpersimulation

Diplomand



Luca Nando Matzer

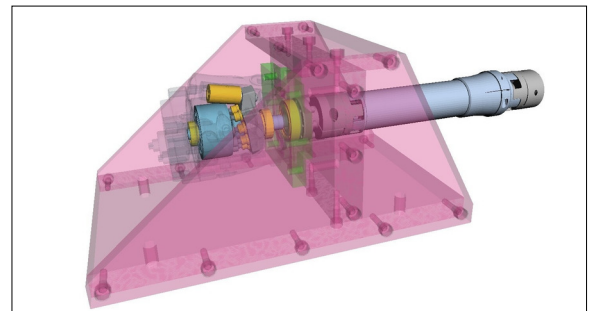
Einleitung: Axialkolbenpumpen sind in hydrostatischen Antrieben eine dominante Quelle periodischer Struktur- und Körperschallanregung. Für eine belastbare NVH-Bewertung werden Simulationsmodelle benötigt, die sowohl die mechanischen Übertragungspfade der Pumpe als auch die hydraulische Anregung durch Druckschwankungen hinreichend abbilden. Diese Arbeit entwickelt eine Methodik zur reproduzierbaren Nachbildung der dynamischen Systemantwort einer Hubkolbenpumpe anhand experimenteller Referenzdaten. Grundlage sind Messdaten einer Blocked-Force-Messkampagne an einer Axialkolbenpumpe von Bosch Rexroth, ergänzt um eine modellbasierte Untersuchung der Druckentstehung und ihrer Einflussgrößen.

Vorgehen: Die Methodik kombiniert ein systemorientiertes 0D/1D-Hydraulikmodell zur Analyse der Kolbendruckentwicklung mit einem Mehrkörpersimulationsmodell (MKS) in Simpack zur Abbildung der Struktur- und Antriebsstrangdynamik. Das MKS-Modell wurde schrittweise in der Abbildungstiefe erhöht (u.a. flexible Körper, Lagerungen und Nachgiebigkeiten) und gegen Messgrößen validiert. Parallel wurden die Steuerzeiten geometriebasiert hergeleitet und die Sensitivität des Kolbendrucks gegenüber Parametern wie effektiver Fluidsteifigkeit und Anschlussvolumina untersucht. Zur Reduktion der verbleibenden Unsicherheit der Druckanregung wurde eine synthetische Druckmodellierung implementiert, bei der eine messbasierte Druckpulsation aus dem Hochdruckanschluss der Blocked-Force-Messkampagne überlagert wurde. Eine Parameterstudie mittels DOE/Optimierung lieferte den Best-Fit. Bewertet wurden Schnittkräfte und Beschleunigungen im Frequenz- und Ordnungsbereich für Drehzahlhochläufe und einen stationären Betriebspunkt.

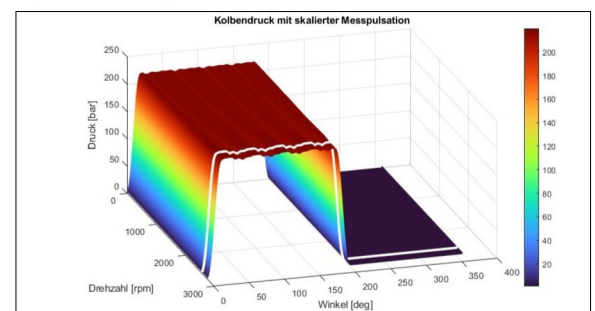
Fazit: Die Ergebnisse zeigen, dass die strukturmekanische Systemantwort der Pumpe mit ausreichender Modellierungstiefe konsistent reproduzierbar ist, während der Kolbendruckverlauf die zentrale verbleibende Unsicherheitsquelle darstellt. Durch die optimierte Druckparametrisierung konnten insbesondere die Summenkräfte in den dominanten Kolbenordnungen im Mittel deutlich näher an die Messung geführt werden, bei lokalen Beschleunigungen ergab sich ein heterogeneres Bild mit annähernd ausgeglichener Anzahl an Verbesserungen und Verschlechterungen. Die teils grossen ordnungsbezogenen Amplitudenänderungen infolge der Druckmodellierung unterstreichen die hohe Sensitivität der Modellkette gegenüber der hydraulischen Anregung. Für eine weitergehende Absicherung sind ergänzende hydraulikspezifische Validierungs- und Identifikationsansätze (z., B. zusätzliche Druck-/Durchflussmessgrößen,

hochaufgelöste 1D-Modelle oder CFD-basierte Analysen) sowie eine quantitative Bewertung der Prüfstandseinflüsse zweckmässig.

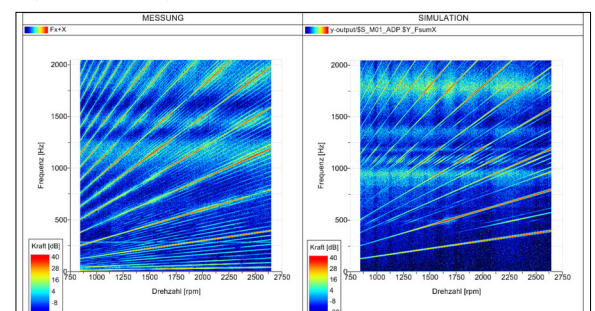
Simpack-Modell der Pumpe und des Prüfstands Eigene Darstellung



Synthetisches Kennfeld des Kolbendrucks in Abhängigkeit von Drehzahl und Winkelposition Eigene Darstellung



Vergleich der Schnittkräfte in X-Richtung im Drehzahlhochlauf zwischen Messung und Modell Eigene Darstellung



Referent Stefan Uhlar

Korreferent Dipl.-Ing. (FH) Kaiser Benjamin

Themengebiet Mechanical Engineering