

## **Rupprecht Karl-Rudolf**

### **Zusammenfassung**

In einer Zeit zunehmender Energieverknappung und – verteuerung wird der Zwang zum Einsatz von energiesparenden Maßnahmen in der Hydraulik ständig größer. Eine Möglichkeit zur Energieeinsparung besteht z.B. bei Hydraulikanlagen mit stark schwankendem Ölstrombedarf durch die Zwischenspeicherung der Energie in Hydrospeichern. Als Vorteil dieses häufig angewendeten Konzepts ergibt sich eine kleinere Förderpumpe, eine geringere zu installierende Leistung, ein geringerer Wärmeeintrag sowie möglicherweise eine vereinfachte Wartung.

Die fehlenden Kenntnisse des Betriebsverhaltens von Hydrospeichern sind der Grund, dass der Ladezustand des Hydrospeichers, d.h. das in Abhängigkeit vom Öldruck gespeicherte Ölvolumen, nur ungenügend genau vorherbestimmt werden kann, so dass aus Sicherheitsgründen eine Überdimensionierung des Hydrospeichers erfolgt.

Die Unsicherheit bei der Auslegung von Hydrospeichern ist vor allem auf zwei Ursachen zurückzuführen: Erstens wird in der Praxis weitestgehend vom Idealgasverhalten des Speichergases (üblicherweise Stickstoff) ausgegangen, was aber insbesondere bei hohen Drücken nicht mehr zulässig ist. Zweitens werden aufgrund der nicht bekannten Wärmeaustauschvorgänge entweder isotherme oder adiabate Zustandsänderungen vorausgesetzt.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden insbesondere die Wärmeaustauschvorgänge bei Hydrospeichern untersucht. Die jeweiligen Einflussgrößen (wie z.B. Zyklusprofil und Zyklusfrequenz) waren Gegenstand der experimentellen Untersuchungen.

Eine Methode zur Beschreibung der Wärmeaustauschvorgänge bietet die Ermittlung der thermischen Zeitkonstante, die vom jeweiligen Speichertyp, Speichervolumen und dem Vorfülldruck abhängt. Die Untersuchungen hierzu bieten erstmals einen systematischen Aufschluss über die thermischen Zeitkonstanten von Hydrospeichern bis 50 Liter Nennvolumen. Dabei zeigte sich, dass zu einer zufriedenstellenden Beschreibung die Ermittlung von zwei weiteren thermischen Zeitkonstanten für den jeweiligen Hydrospeicher erforderlich ist. Die Ergebnisse sind in Form von Gleichungen festgehalten, so dass vom Anwender von Hydrospeichern die thermischen Zeitkonstanten in einfacherweise bestimmt werden können.

Ein entwickeltes Simulationsprogramm, welches das Realgasverhalten von Stickstoff berücksichtigt und auf der Beschreibung der Wärmeaustauschvorgänge durch eine thermische Zeitkonstante basiert, zeigte eine gute Übereinstimmung zwischen den gemessenen und den berechneten Werten. Es ist somit geeignet, eine genauere Auslegung von Hydrospeichern zu ermöglichen. Darüber hinaus wurde ein Programmsystem zur Auswahl von Hydrospeichern unter energetischen Gesichtspunkten, d.h. möglichst hohe Energiespeicherkapazität bei möglichst kleinem Speichervolumen aufgestellt.

Die theoretischen und teilweise praktischen Untersuchungen von anderen Gasen unter dem Gesichtspunkt der Steigerung der Energiekapazität ergaben, dass ein Ersatz des

universellen Energieträgers Stickstoff für den in der Hydraulik üblichen Druck- und Temperaturbereich nicht in Frage kommt. Für hohe Drücke ergeben sich Vorteile beim Einsatz von Helium, wobei jedoch der höheren Diffusionsfähigkeit Rechnung getragen werden muss. Für den niedrigen Druckbereich sind günstige Bedingungen für den Einsatz von Kohlendioxid erkennbar. Die p-V-Kennlinie ist jedoch stark von den jeweiligen Betriebsbedingungen und der Temperatur abhängig, wodurch die praktische Verwendbarkeit stark eingegrenzt ist. Untersuchungen mit gasseitiger Einlage waren, was die Steigerung der Energiekapazität anbelangt, ermutigend. Sie sind jedoch ebenfalls, auf grund der Abhängigkeit vom jeweiligen Betriebszustand des Hydrospeichers, nur in bestimmten Einsatzfällen sinnvoll.