

Grundlagen der Elektro-Proportionaltechnik

Totband

Der Arbeitsbereich, in dem innerhalb von bestimmten Sollwertgrenzen weder Volumenstrom noch Druck am Ausgang anliegt

Ventilverstärkung

Der Zusammenhang zwischen Ausgangsvolumenstrom oder Ausgangsdruck und dem Eingangssignal

Hysterese

Die Differenz zwischen dem gemessenen Ausgangssignal (Druck oder Volumenstrom) bei ansteigendem und abfallendem Eingangssignal

Linearität

Die Abweichung des Ausgangsvolumenstroms oder Ausgangsdrucks von einer Geraden, welche die Kurve bei 10 % und 90 % des Eingangssignals schneidet

Wiederholbarkeit

Die Abweichung des Ausgangsvolumenstroms oder Ausgangsdrucks die auftreten kann, wenn das Eingangssignal von 0 auf immer den selben Wert erhöht wird.

Auflösung

Die kleinste Änderung des Eingangssignals, die eine messbare Änderung des Ausgangsvolumenstroms oder Ausgangsdrucks hervorruft

Sprungantwort

Die Zeit, die nach dem Anlegen des Eingangssignals bis zum Erreichen des erwarteten Ausgangsvolumenstroms oder Ausgangsdrucks vergeht

Frequenzantwort

Die maximale Frequenz, mit der ein Ventil sinnvoll betrieben werden kann mit der Genauigkeit, die durch Amplitudenverhältnis und Phasenverschiebung in der Bode-Analyse festgelegt wird

- Bode Analyse

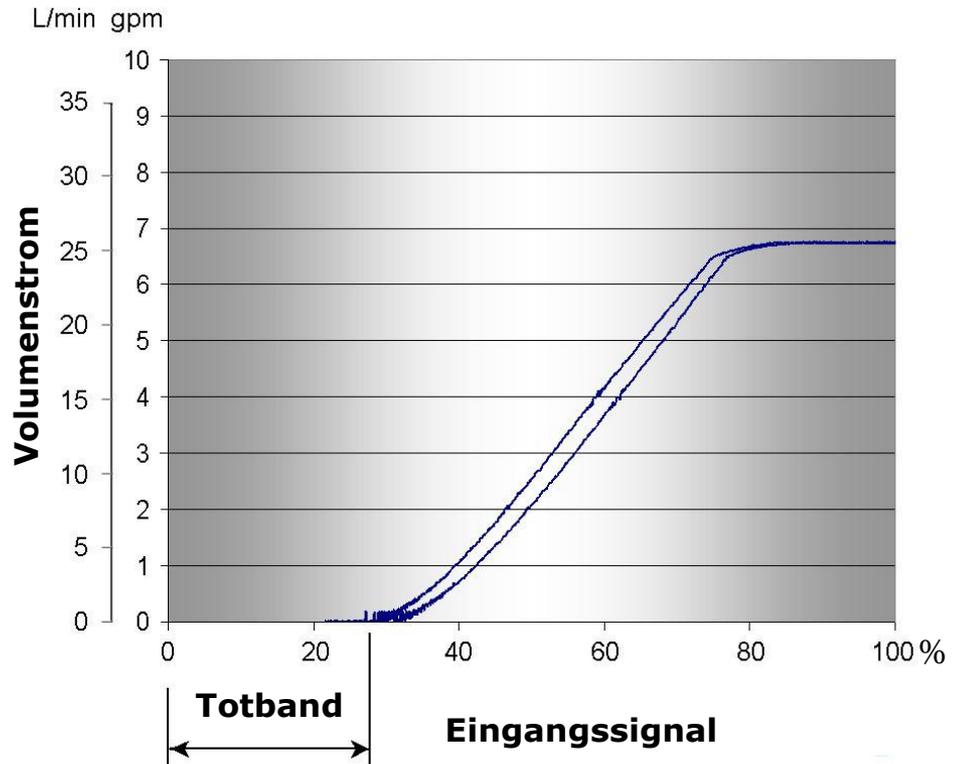
Ein Werkzeug das benutzt wird, um die Frequenzantwort auf ein sinusförmiges Eingangssignal zu berechnen. Die Frequenzantwort wird bestimmt über Amplitudenverhältnis und Phasenverschiebung

Totband (Unbetätigt geschlossen)

Definiert als der Arbeitsbereich, in dem innerhalb von bestimmten Sollwertgrenzen weder Volumenstrom noch Druck am Ausgang anliegt.

Das bedeutet in der Praxis:

- Bei sehr kleinen Eingangssignalen ist es möglich, dass kein Ausgangssignal erzeugt wird. Das Eingangssignal muss einen bestimmten Minimalwert überschreiten, bevor der Ausgang sich ändert. Diese Charakteristik kann über den Proportionalverstärker beeinflusst werden.
- Das Totband entsteht durch die positive Überdeckung des Schiebers. Wenn das Eingangssignal ansteigt, bewegt sich der Schieber, aber der Drosselquerschnitt vergrößert sich nicht.
- Die Werte für das Totband liegen typischerweise bei 25 % vom maximalen Eingangssignal. Bedingt durch Toleranzen in Geometrie, Lage der Steuerkerben und Federkräfte kann dieser Wert um weitere +/-10 % schwanken.
- Das Totband kann speziell für jedes Ventil über die Verstärkerelektronik angepasst werden.
- Die Schieberleckage beträgt bei geschlossenem Ventil ca. 80 ccm/min bei 210 bar.

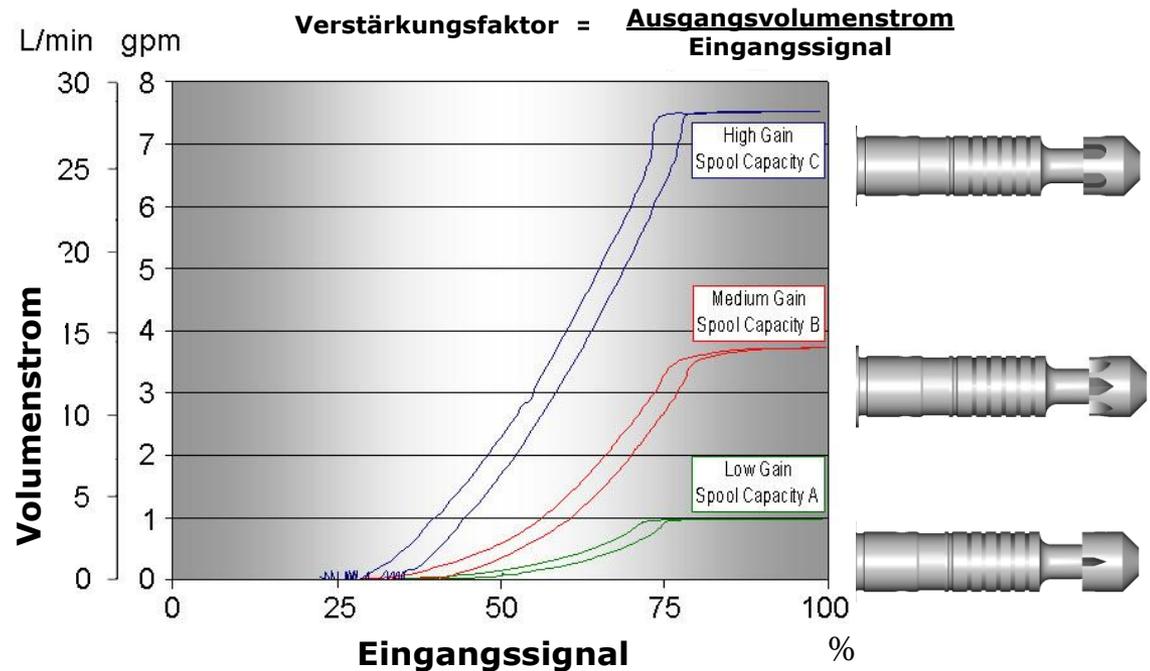


Verstärkungsfaktor *Proportionaldrossel*

Definiert als Ausgangsdruck oder Volumenstrom verglichen mit dem Eingangssignal.

Das bedeutet in der Praxis:

- **Verschiedene Verstärkungsfaktoren werden benutzt, um die Genauigkeit der Steuerungsauflösung zu erhöhen. Gute Auflösung erhöht die Wiederholgenauigkeit des Ventils.**
- **Um die Leistungsfähigkeit und die Genauigkeit der Proportionaldrosseln zu erhöhen, bietet SUN Schieber mit 4 verschiedenen Durchflussbereichen an: 6, 14, 28 und 40 l/min. Diese Werte gelten in Kombination mit einer 14 bar Druckwaage.**
- **Schieber mit verschiedenen Verstärkungsfaktoren gibt es sowohl in Ruhestellung geschlossen als auch offen.**



Gezeigt ist ein in Ruhestellung geschlossener Schieber

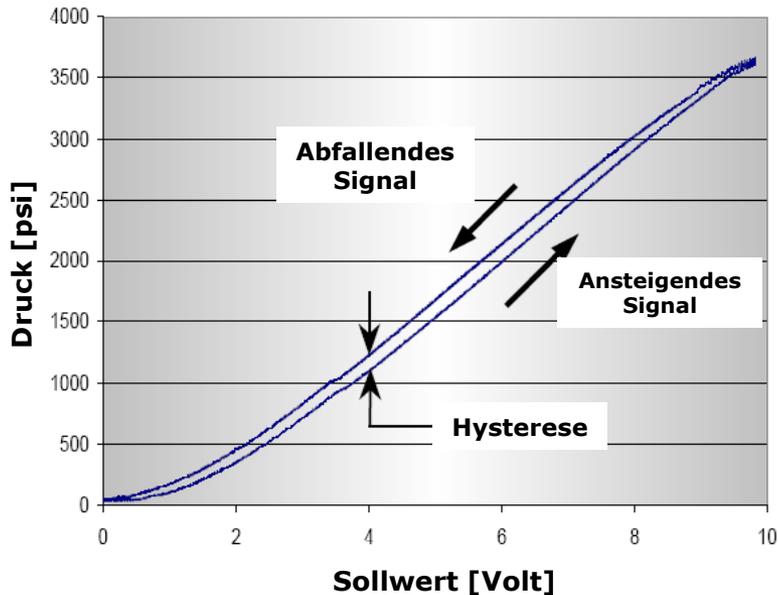
Hysterese

Definiert als die Differenz des gemessenen Ventilausgangssignals (Durchfluss oder Druck) zwischen ansteigendem und abfallendem Sollwert. Der Wert der Hysterese wird immer beim gleichen Eingangssignal gemessen.

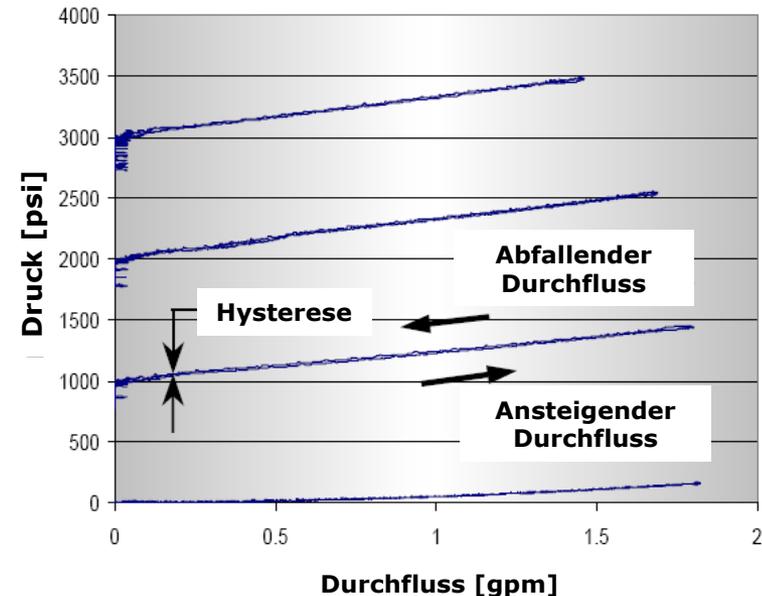
Das bedeutet in der Praxis:

- Die Ursache der Hysterese ist vor allem die mechanische Reibung im Ventil, aber auch die magnetische Hysterese und der Einfluss von Strömungskräften. Hysterese ist nicht immer ein Nachteil.
- Unerwartete Volumenströme und Drücke können auftreten, wenn die Hysterese bei der Auslegung der elektronischen Ansteuerung nicht berücksichtigt wird.

Konstanter Volumenstrom – Wechselnder Sollwert



Konstanter Sollwert – Wechselnder Volumenstrom



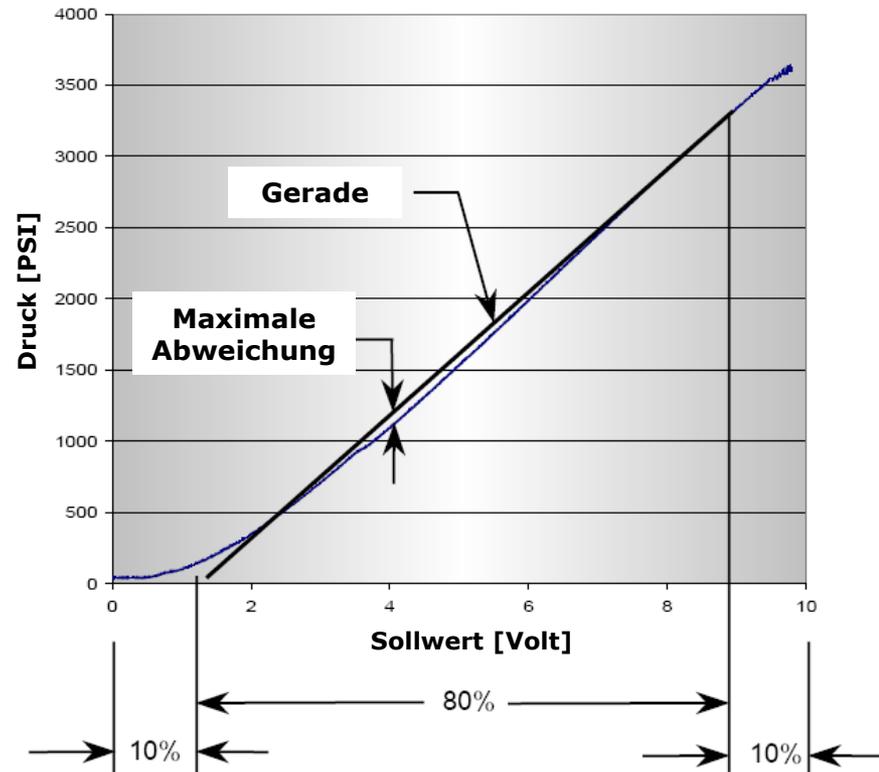
In beiden Fällen wird der Prozentsatz der Hysterese ausgedrückt als die Differenz von ansteigenden und abfallenden Druck geteilt durch das maximale Ausgangssignal.

Linearität

Definiert als die Abweichung des Ausgangsströms oder Ausgangsdrucks von einer Geraden, die die Kurve bei 10 % und 90 % des Eingangssignals schneidet.

Das bedeutet in der Praxis:

- Die Abweichung der Kurve "Druck über Sollwert" von einer Geraden, die die Kurve bei 10 % und bei 90 % schneidet, ausgedrückt als Prozentsatz vom gesamten Druckbereich, definiert die Linearität eines Ventils.
- Die 10 % Werte sind auf den gesamten Arbeitsbereich des Ventils bezogen.
- Gute Linearität ist erwünscht, um eine voraussagbare Ventilleistung mit einfachen Ansteuerungen zu erhalten.
- Die Linearität eines Ventils hat in Systemen mit offenen Regelkreisen einen direkten Einfluss auf die Genauigkeit des Ventils, da sich der Ausgangsdruck im Rahmen der festgelegten Genauigkeitsgrenzen direkt proportional zum Eingangssignal verhält.
- Es ist oft möglich, nicht-lineare Ventile mit Hilfe einer entsprechenden elektronischen Steuerung zu linearisieren.

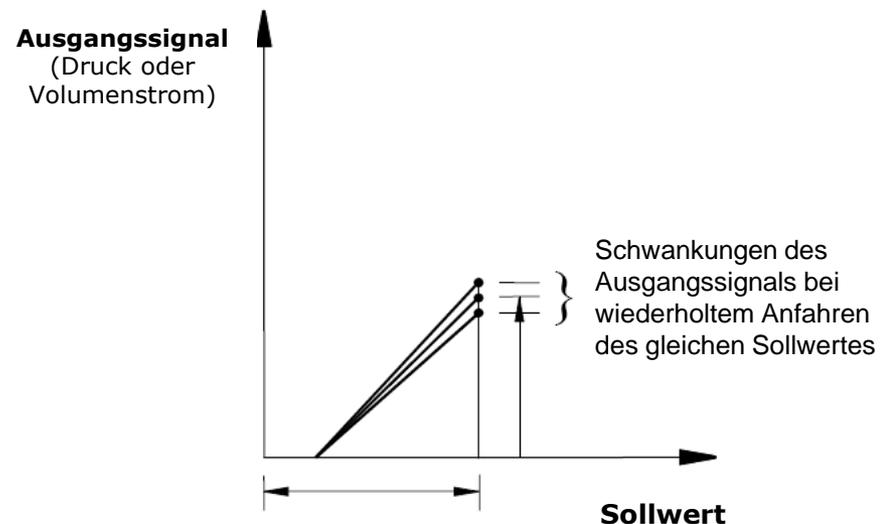


Wiederholbarkeit

Definiert als die Abweichung des Ausgangsströms oder Ausgangsdrucks die auftreten kann, wenn das Eingangssignal von 0 auf immer den selben Wert erhöht wird. Die Prüfung erfolgt bei 50 % und bei 100 % des Eingangssignals.

Das bedeutet in der Praxis:

- Die Wiederholbarkeit wird ausgedrückt als Prozentsatz des maximalen Volumenstroms oder Drucks.
- Die Wiederholgenauigkeit ist als allgemeine Messung der Ventilgenauigkeit zu betrachten.
- Wie bei der Sprungantwort hat der Testaufbau und besonders die elektronische Ansteuerung großen Einfluss auf die Wiederholbarkeit.

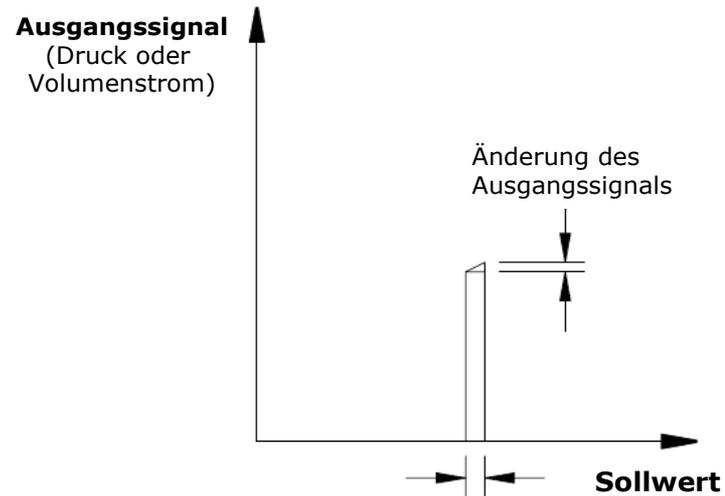


Auflösung

Definiert als die kleinste Änderung des Eingangssignals, die eine messbare Änderung des Ausgangsvolumenstroms oder Ausgangsdrucks hervorruft.

Das bedeutet in der Praxis:

- Die Auflösung betrifft auch die Ansteuerelektronik und hängt von der Taktfrequenz des Mikroprozessors und vom A/D Wandler ab.



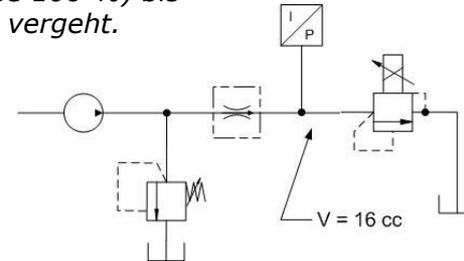
Kleinste Änderung des Sollwertes, der eine messbare Änderung des Ausgangssignals erzeugt

Sprungantwort

Definiert als die Zeit, die nach dem Anlegen des Eingangssignals (üblicherweise 100 %) bis zum Erreichen des erwarteten Ausgangsvolumenstroms oder Ausgangsdrucks vergeht.

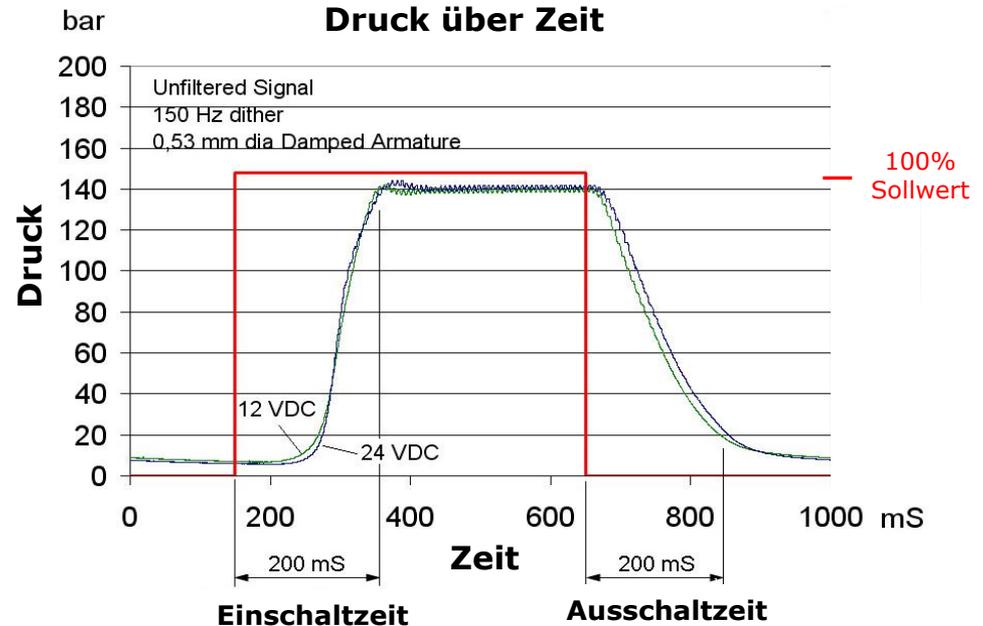
Das bedeutet in der Praxis:

- Die Sprungantwort ist ein Maß für die relative Geschwindigkeit, mit der ein Ventil arbeiten kann.
- Die Sprungantwort kann durch den hydraulischen Versuchsaufbau und die Ansteuerelektronik beeinflusst werden. Die veröffentlichten Werte sollten nur als Empfehlung angesehen werden, bis Details der Testergebnisse vorliegen.
- Die Sprungantwort wird bei SUN traditionell bei einem Sollwertsprung von 100 % und beim erstmaligen Erreichen von 100 % des vorgesehenen Ausgangssignals ermittelt. Überschwingen wird nicht berücksichtigt. Diese Methode ist in der Industrie allgemein üblich.



Modell RBAP-XAN

Druck über Zeit



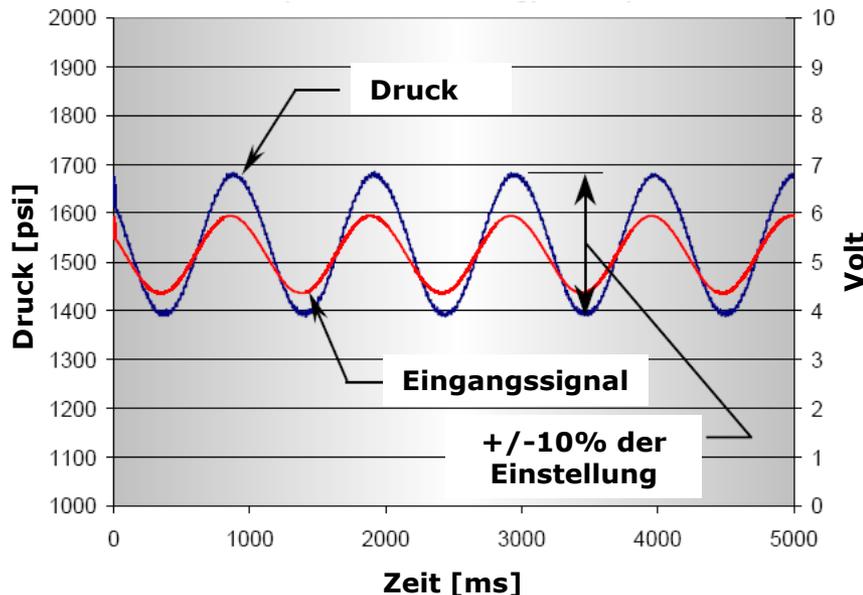
Frequenzantwort

Sie ist definiert durch die maximale Geschwindigkeit, bei der ein Ventil noch im Rahmen der geforderten Genauigkeit sinnvoll arbeiten kann und wird beschrieben durch die Werte von Amplitudenverhältnis und Phasenverschiebung als Ergebnis der Bode Analyse.

Das bedeutet in der Praxis:

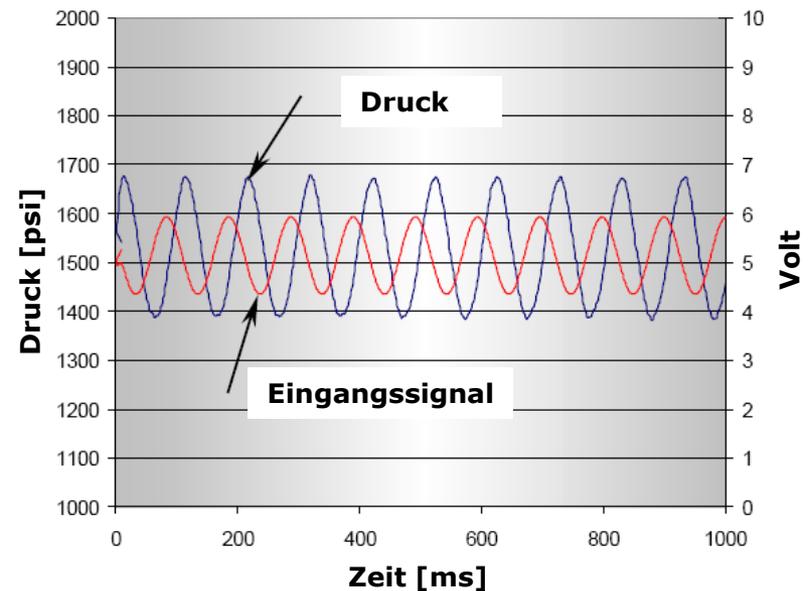
- Die Frequenzantwort ist ein wichtiges Hilfsmittel für diejenigen, die hoch dynamische Systeme entwickeln und die sehr schnelle Ventile benötigen, um die erforderliche Leistung zu erreichen. Die Tests zur Frequenzantwort werden normalerweise im mittleren Arbeitsbereich durchgeführt. Die Arbeitspunkte liegen im Allgemeinen bei +/- 10, +/- 20 und bis zu +/- 100 %.
- Wie die Sprungantwort kann auch die Frequenzantwort durch die Ansteuerelektronik beeinflusst werden. Die veröffentlichten Werte sollten nur als Empfehlung angesehen werden, bis Details der Testergebnisse vorliegen.

1 Hz Eingangsfrequenz



Bei niedrigen Frequenzen bleiben Eingangssignal und Ausgangsdruck in Phase, der Druck erreicht den maximalen Wert.

10 Hz Eingangsfrequenz



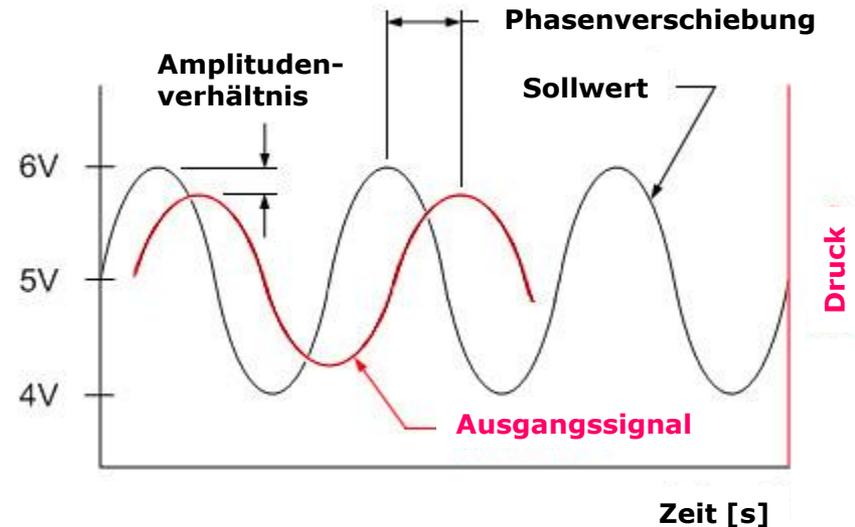
Bei hohen Frequenzen eilt der Ausgangsdruck dem Eingangssignal nach, der Druck erreicht den maximale Wert nicht mehr.

Bode Analyse

Die Bode Analyse ist ein Werkzeug, mit dem die Frequenzantwort auf ein sinusförmiges Eingangssignal berechnet werden kann. Die Frequenzantwort wird bestimmt durch Amplitudenverhältnis und Phasenverschiebung.

Das bedeutet in der Praxis:

Das Bode Diagramm ist ein Analysewerkzeug, mit dem die Frequenzantwort des Ventils nach Eingabe eines sinusförmigen Eingangssignals untersucht werden kann. Die wichtigsten Messungen sind das Amplitudenverhältnis und die Phasenverschiebung. Das Amplitudenverhältnis ist das Verhältnis zwischen Ausgangssignal und dem Soll-Ausgangssignal und wird in Dezibel ausgedrückt. Mit der Angabe in Dezibel werden die Daten normiert.



Bode Analyse *Fortsetzung*

Ein wichtiger Wert für das Amplitudenverhältnis liegt bei Hydraulikventilen bei -3 dB. Das bedeutet, dass die Antwort des Ventils 71 % des angeforderten Ausgangssignals beträgt. Die Phasenverschiebung ist ein Maß dafür, wie gut das Ventil zeitlich dem Sollwert folgt. Die Phasenverschiebung wird in Grad gemessen und kann dem Sollwert voreilen (sehr unwahrscheinlich bei Hydraulikventilen) oder nacheilen (eher normal bei Hydraulikventilen). Eine Schlüsselstelle der Phasenverschiebung liegt bei -90°, was bedeutet, dass die Ventilantwort dem Sollwert um 90° nacheilt.

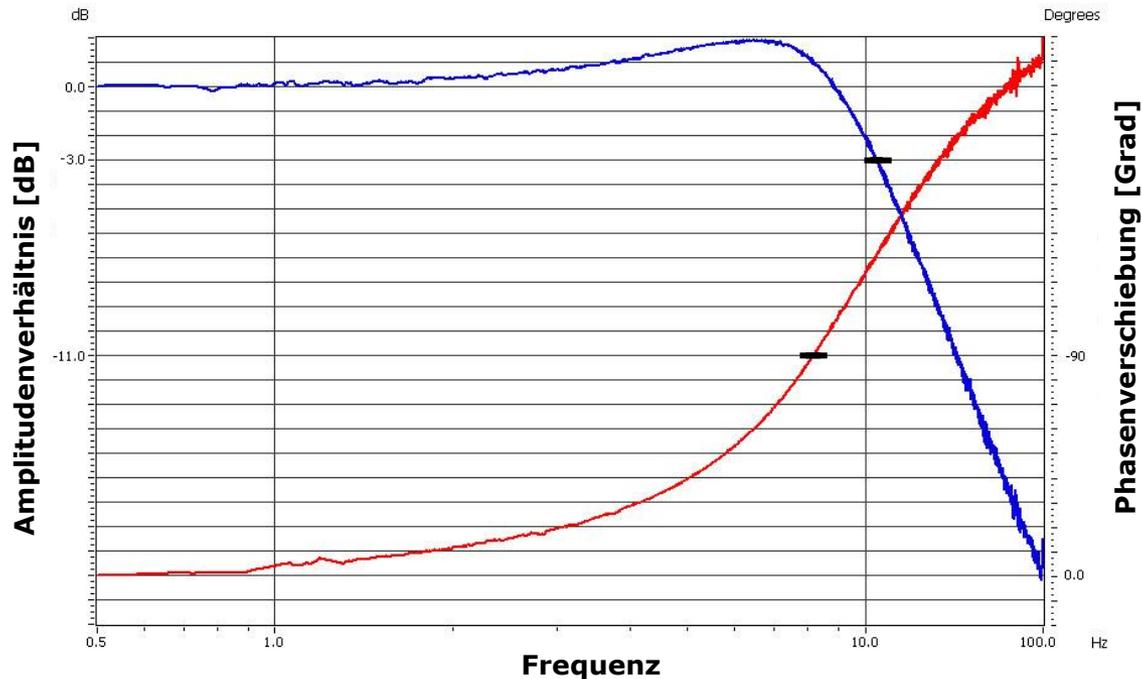
$$\text{Amplitudenverhältnis [dB]} = 20 \text{ Log}_{10} \left(\frac{\text{Ventilantwort}}{\text{Ausgangsamplitude}} \right)$$

* Ausgangsamplitude ist die Ventilantwort bei sehr kleinen Frequenzen

$$\text{Phasenverschiebung [Grad]} = \left(\frac{360 \text{ Grad}}{1 \text{ s}} \right) (\text{Zeit}_{\text{Ausgangsamplitude}} - \text{Zeit}_{\text{Ventilantwort}})$$

Bode Analyse *Fortsetzung*

Ein wichtiger Punkt bei der Phasenverschiebung liegt bei -90° , wo die Ventilantwort dem Sollwert um 90° nacheilt, ein anderer an der Stelle, wo das Amplitudenverhältnis -3 DB beträgt. Dem Bode Diagramm kann man entnehmen, welche Frequenzen auf der X-Achse diesen beiden Werten entsprechen. Der kleinere der Werte ist die Frequenzantwort des Ventils. Beachten Sie, dass bei der Bode Analyse die Ventilantwort im Frequenzbereich liegt und bei der Sprungantwort im Zeitbereich.



-3db entsprechen 70,8 % der Ausgangsamplitude, üblicherweise dargestellt in einem einfach logarithmischen Diagramm