

Bestimmung von Durchflusswerten für Lanny-Ventile

Durchflussdaten effektiv nutzen – schnell zum passenden Wert für jede Auslegung



Inhalt:

1	Einleitung	2
2	Grundlagen des Durchflussverhaltens	2
3	Aktuelle Bereitstellung und Nutzung von Durchflussdaten	3
4	Zielsetzung und methodische Herausforderungen	4
5	Datenverdichtung durch Spline-Interpolation und Anwendung in der Praxis	4
6	Zusammenfassung	5
7	Über MLS Lanny.....	5

1 Einleitung

Die Bestimmung von Durchflusswerten ist in der Auslegung und Optimierung fluidischer Systeme von zentraler Bedeutung. In vielen Anwendungen stehen jedoch nur begrenzte Daten zur Verfügung, aus denen eine beliebige Kombination von Eingangsdruck, Ausgangsdruck und Durchfluss nicht direkt abgeleitet werden kann. Ziel dieses Whitepapers ist es zu zeigen, wie mit Hilfe von Spline-Interpolation eine fein aufgelöste Datenbasis geschaffen werden kann, die eine flexible und genaue Auswertung ermöglicht – sowohl entlang bestehender Kennlinien als auch zwischen ihnen.

2 Grundlagen des Durchflussverhaltens

Der Durchfluss durch ein technisches System ist grundsätzlich physikalischen Gesetzmäßigkeiten unterworfen. Er hängt in erster Linie vom Druckgefälle zwischen Ein- und Ausgang sowie vom Strömungswiderstand des Systems ab. Die Art der Strömung (laminar oder turbulent), die Viskosität des Mediums und geometrische Eigenschaften wie Querschnittsänderungen beeinflussen das Verhalten zusätzlich.

Bewertungsverfahren für Durchflussgrößen in der Praxis

In der Praxis kommen unterschiedliche Verfahren und Einheiten zur Bewertung und Spezifikation von Durchfluss zum Einsatz. Dazu zählen unter anderem:

- **C_v (Flow Coefficient)** – gebräuchlich im angloamerikanischen Raum, beschreibt den Durchfluss bei 1 psi Druckabfall über das Bauteil.
- **C (Sonic Conductance)** – gemäß ISO 6358 für pneumatische Anwendungen; beschreibt das Verhalten im kritischen Strömungsbereich.
- **Effektiver Querschnitt** – ein empirisch bestimmter Wert, häufig zur vereinfachten Beschreibung genutzt.
- **NI/min** – Normliter pro Minute, bezogen auf standardisierte Umgebungsbedingungen.
- **Tatsächlicher Durchfluss** – simuliert oder gemessen bei konkreten Betriebsbedingungen, v.a. bei einem konkreten Druckgefälle.

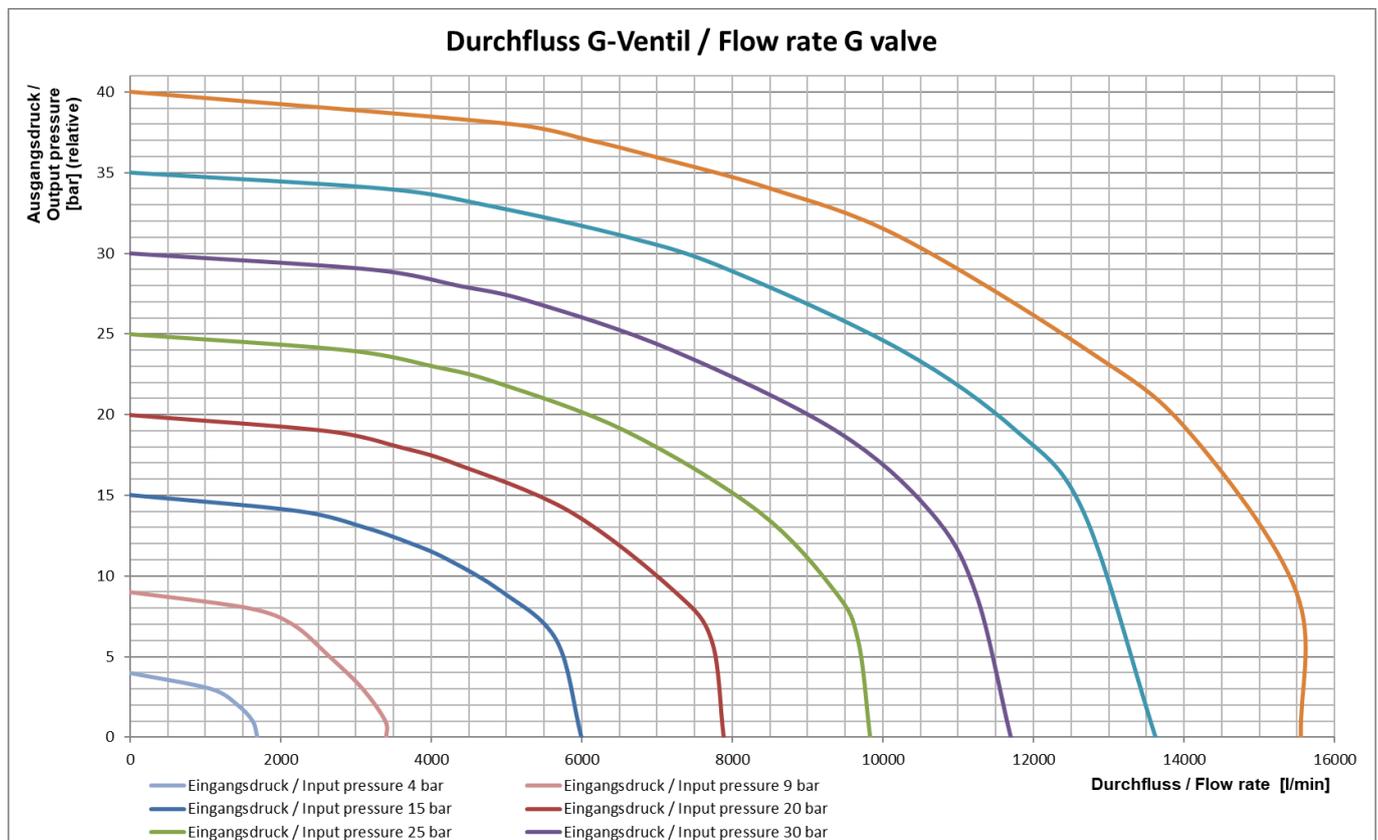


Bild 1: Kennlinienfeld mit Durchflusswerten, am Beispiel der G-Ventile von MLS Lanny

Diese Vielfalt führt in der Praxis häufig zu Missverständnissen. Unterschiedliche Hersteller verwenden verschiedene Standards und Referenzbedingungen oder geben z.B. das Druckgefälle nicht an, was die Vergleichbarkeit erschwert. Für Anwender bedeutet das: Eine exakte Kenntnis der verwendeten Bezugsgrößen und Prüfbedingungen ist unerlässlich, um Komponenten korrekt auszuwählen und Auslegungsergebnisse sicher zu interpretieren.

Bei MLS Lanny haben wir uns bewusst entschieden, den tatsächlichen Durchfluss unter den jeweils relevanten Randbedingungen anzugeben (siehe **Bild 1**, Beispiel für die Familie der G-Ventile). Dieser bildet die reale physikalische Situation am zuverlässigsten ab und ist direkt für die Auslegung nutzbar. Aufbauend auf dieser Entscheidung bereiten wir die Werte in Form von Durchflusskennlinien auf, die den Volumenstrom in Abhängigkeit vom Ausgangsdruck für verschiedene Eingangsdruckstufen grafisch darstellen. Dadurch stellen wir sicher, dass unsere Kunden mit den dargestellten Werten direkt planen und dimensionieren können – ohne Unsicherheiten durch unterschiedlich interpretierte Bewertungskennzahlen.

3 Aktuelle Bereitstellung und Nutzung von Durchflussdaten

Die aktuell von uns bereitgestellten Durchflusskennlinien liegen in Form sogenannter Kennlinienfelder vor. Diese zeigen den Durchfluss in [l/min] in Abhängigkeit vom Ausgangsdruck, jeweils für einen festen Eingangsdruck. In der Praxis bedeutet das: Jede Kurve repräsentiert eine bestimmte Eingangsdruckstufe, etwa 10, 20 oder 30 bar. Die Daten basieren dabei typischerweise auf Simulationen oder realen Messungen und bestehen aus einer begrenzten Anzahl diskreter Punkte.

Für unsere Kunden, die auf Basis dieser Kennlinien eine Systemauslegung vornehmen möchten, ergibt sich daraus eine konkrete Herausforderung: Werte lassen sich nur für die simulierten Eingangsdruckstufen direkt ablesen – und selbst das ist nicht immer einfach, da die Kurven nur grafisch vorliegen. Noch schwieriger wird es, wenn ein Eingangsdruck benötigt wird, der zwischen zwei vorhandenen Stufen liegt. In solchen Fällen bleibt oft nur eine grobe Schätzung, was zu Unsicherheiten in der Auslegung führen kann (siehe **Bild 2**)

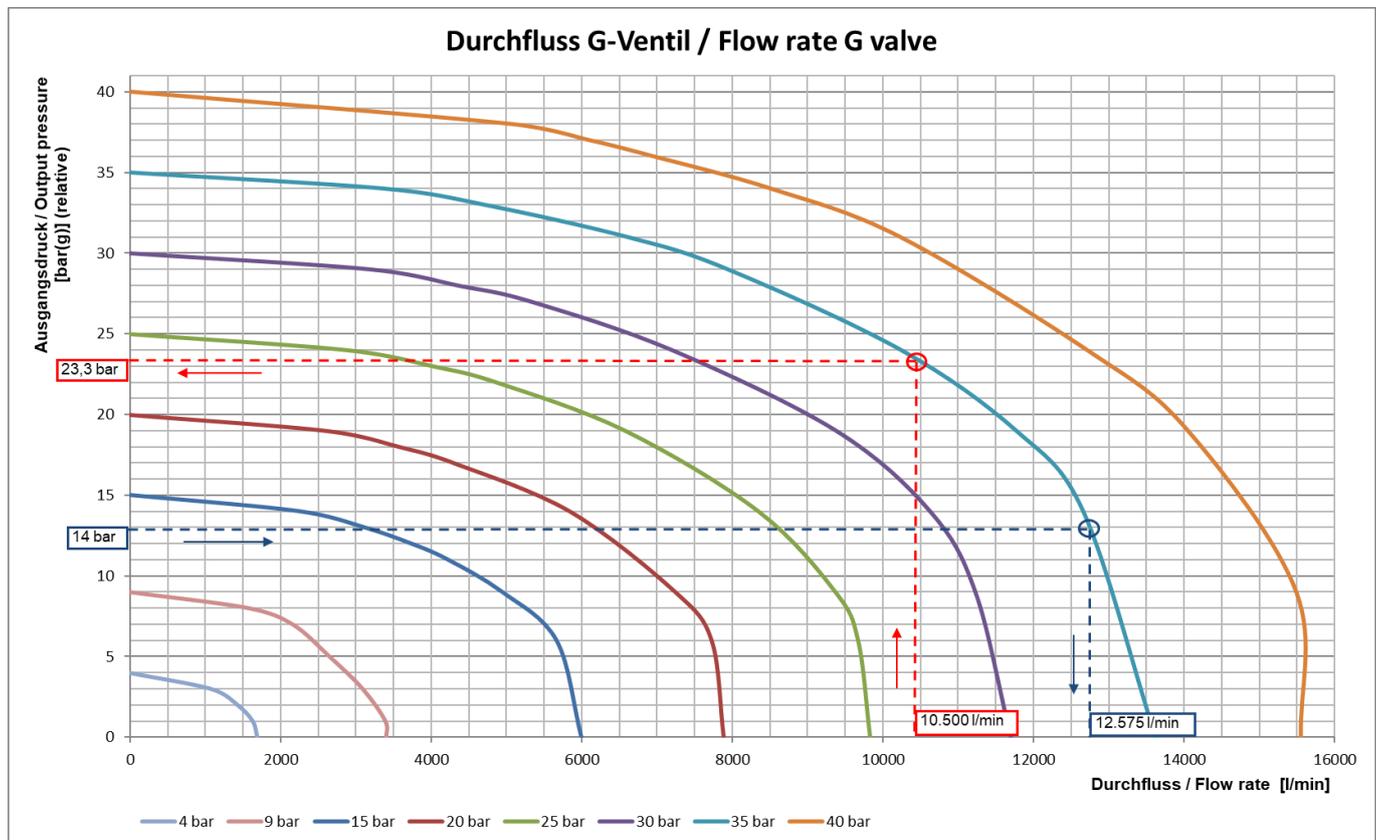


Bild 2: Ablesen konkreter Werte aus einem Durchfluss-Kennlinienfeld (Beispiel G-Ventil)

4 Zielsetzung und methodische Herausforderungen

Das Ziel unserer Weiterentwicklung ist es, aus den wenigen diskreten Datenpunkten, die wir aus der Simulation gewinnen, eine deutlich dichtere Datenbasis zu erzeugen. Diese bildet die Grundlage für eine präzise Interpolation – sowohl entlang der Kurven (d. h. bei konstantem Eingangsdruck) als auch zwischen den Kurven (für Zwischenwerte bei variierendem Eingangsdruck).

Das ist Voraussetzung für die Entwicklung eines digitalen Tools, das es dem Anwender ermöglicht, zwei von drei Parametern – Eingangsdruck, Ausgangsdruck, Durchfluss – einzugeben und den dritten Wert automatisch berechnen zu lassen. Dadurch wird eine flexible, schnelle und verlässliche Nutzung der Kennliniendaten in der praktischen Auslegung möglich.

Die Anwendung einer linearen Interpolation oder ein Fit mit Polynomen fester Ordnung liefert bei realen, nichtlinearen Kurvenformen oft unzureichende Ergebnisse.

Typische Probleme sind:

- Überanpassung bei Polynomen höherer Ordnung
- Unsaubere oder unstetige Übergänge zwischen Kurven
- Mangelnde Genauigkeit bei Zwischenwerten

Ein zusätzliches Problem ergibt sich, wenn eine Interpolation über verschiedene Eingangsdruck-Stufen hinweg benötigt wird, z. B. zur Bestimmung eines Durchflusswertes bei 27 bar Eingangsdruck, obwohl nur Daten für 25 und 30 bar vorliegen.

5 Datenverdichtung durch Spline-Interpolation und Anwendung in der Praxis

Um aus der geringen Anzahl simulierter Datenpunkte eine aussagekräftige und fein aufgelöste Datenbasis zu erzeugen, setzen wir auf die Spline-Interpolation. Diese Methode basiert auf stückweisen Polynomen, die zwischen den vorhandenen Punkten übergangsglatt verbunden werden. So entstehen glatte, kontinuierliche Kurven, die sowohl entlang der Ausgangsdruckachse als auch bei variierenden Eingangsdruckwerten Zwischenwerte liefern können.

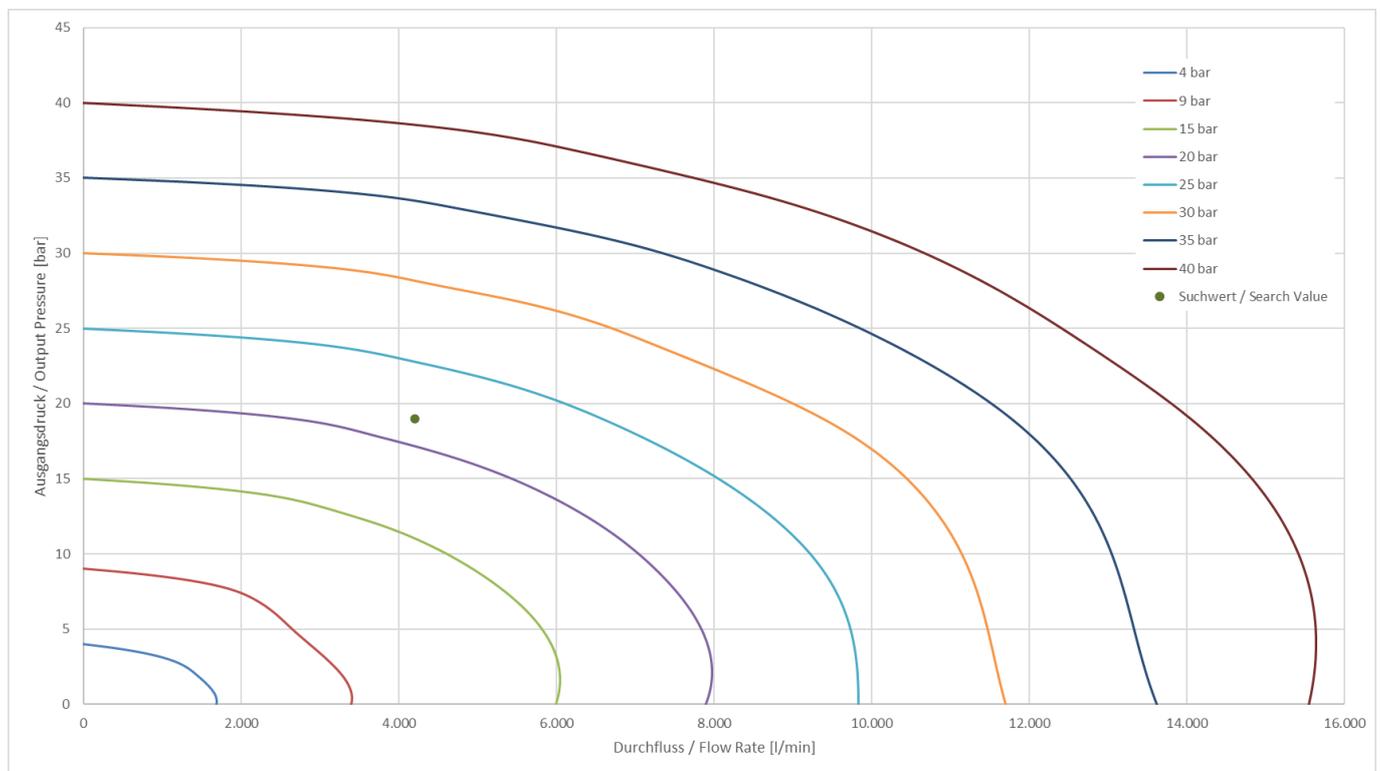


Bild 3: Kennlinienfeld mit Durchflusswerten, am Beispiel der G-Ventile von MLS Lanny, basierend auf Spline-Interpolation

Zur Umsetzung dieser Methode verwenden wir Python, das durch die Verwendung geeigneter Bibliotheken eine exakte und kontrollierte Berechnung der Splines ermöglicht. Daraus generieren wir umfangreiche Look-up-Tabellen, die den Durchfluss in feinen Abstufungen in Abhängigkeit vom Ausgangsdruck für verschiedene Eingangsdruckstufen abbilden.

Zusätzlich haben wir ein weiteres Python-Skript entwickelt, das eine Interpolation zwischen diesen vorberechneten Kurven erlaubt. Damit ist es möglich, auch für nicht explizit simulierte Eingangsdruckwerte den Durchfluss zu bestimmen. Diese technische Basis bildet den Kern des geplanten digitalen Tools, in dem zwei der drei Parameter – Eingangsdruck, Ausgangsdruck, Durchfluss – eingegeben werden können und der jeweils dritte Wert automatisch ermittelt wird.

In **Bild 3** ist das Ergebnis beispielhaft grafisch dargestellt. Die dargestellten Kurven beruhen nicht mehr allein auf den aus der Simulation gewonnenen Datenpunkten, sondern auf der durch die Spline-Interpolation ermittelten Datenbasis.

Zur Veranschaulichung der Interpolation zwischen den Eingangsdruckkurven ist in **Bild 3** ebenfalls folgender Suchwert grafisch dargestellt:

Eingangsdruck [bar]: 22
Ausgangsdruck [bar]: 19
Durchfluss (l/min): 4.204

6 Zusammenfassung

Ausgehend von wenigen simulierten Datenpunkten zeigen wir in diesem Whitepaper, wie durch mathematisch saubere Spline-Interpolation belastbare Kennlinienfelder aufgebaut werden können. Diese Datenbasis ermöglicht nicht nur eine exakte Auswertung innerhalb der simulierten Eingangsdruckstufen, sondern auch eine Interpolation dazwischen. Die Kombination aus Look-up-Tabellen und Python-gestützter Kurveninterpolation schafft die Grundlage für digitale Werkzeuge, die künftig in der praktischen Auslegung flexibel und automatisiert eingesetzt werden können.

7 Über MLS Lanny

MLS Lanny ist ein mittelständisches Unternehmen mit Sitz im Schwarzwald, spezialisiert auf die Entwicklung und Fertigung von Regelventilen für industrielle Anwendungen. Seit der Gründung im Jahr 1994 stehen bei uns technische Exzellenz, kundenspezifische Lösungen und langlebige Produktqualität im Fokus. Unsere hohe Fertigungstiefe am Standort ermöglicht uns dabei eine außergewöhnliche Flexibilität und Liefertreue.

Warum wir Ihr idealer Partner sind:

- **Partnerschaftliche Zusammenarbeit** – Wir entwickeln gemeinsam mit unseren Kunden maßgeschneiderte Lösungen und stehen für zuverlässigen Service – auch bei Störungen. Dank unseres internationalen Händlernetzwerks sind wir weltweit schnell und zuverlässig erreichbar.
- **Nachhaltigkeit & Langlebigkeit** – Unsere Ventile sind reparaturfähig, Ersatzteile sind langfristig verfügbar, und wir bieten Reparaturen als Dienstleistung – für eine nachhaltige und wirtschaftliche Nutzung.
- **Kunden- & anwendungsspezifische Lösungen** – Große Produktvielfalt, hohe Flexibilität bei Anpassungen, verschiedene Ansteuerungsarten (inkl. Bussysteme) und vielfältige mechanische Anschlussmöglichkeiten – genau passend für Ihre Anforderungen.
- **Kompromisslose Qualität** – Präzision und Zuverlässigkeit stehen bei uns an erster Stelle – für Ventile, die auch unter extremen Bedingungen hervorragend funktionieren.
- **Das beste Regelventil am Markt** – Unser Ventildesign ermöglicht maximale Präzision und bestes Regelverhalten – über den gesamten Druckbereich hinweg.

MLS Lanny GmbH
Beermiß 14
D-75323 Bad Wildbad

Telefon: +49 7081 9534 0
 +49 7081 9534 50
Mail: info@mls-lanny.de
Web: www.mls-lanny.de