



1 Peristaltische Pumpen finden vielfach Anwendung im Labor – z. B. in der HPLC.

Bild: © vladim_ka - stock.adobe.com

DURCHFLUSSSCHWANKUNGEN BEI PERISTALTISCHEN PUMPEN UNTERSUCHEN

Alles stabil und im Flow?

Mithilfe von peristaltischen Pumpen lassen sich mehrere Förderwege gleichzeitig betreiben. Doch viele Parameter beeinflussen die tatsächliche Durchflussrate in jedem Kanal. Die genaue Bestimmung des individuellen Durchflusses ist für reproduzierbare Ergebnisse entscheidend.

VERFASST VON
Carlo Dessy

CEO
Testa Analytical
Solutions e.K.

LP TIPP

Mehr zum Thema auf
www.laborpraxis.de,
Stichwort **peristaltische
Pumpen**

Zahlreiche Anwendungs-
videos der Systeme von
Testa finden Sie unter
www.testa-analytical.com/videos.html

Peristaltische Pumpen finden in modernen Labors breite Anwendung. Sie gelten als kostengünstig, einfach zu bedienen und zu warten und sind v. a. äußerst zuverlässig und flexibel. Das Anwendungsspektrum ist riesig und reicht vom einfachen Transfer einer Flüssigkeit von einem Behälter in einen anderen in HPLC- und Ionenchromatographen bis hin zu komplexeren Anwendungen als Dosiergeräte für Reagenzien in der Fließchemie. Trotz aller bekannten Einschränkungen, die mit der geringeren Leistung bei hohem Gegen- druck zusammenhängen, können peristaltische Pumpen als die erste Wahl für Laborpumpen angesehen werden, die sich durch die Auswahl verschiedener Schlauchinnendurchmesser (I.D.) und Materialien leicht an spezifische Aufgaben anpassen lassen.

Eine der interessantesten und nützlichsten Eigenschaften vieler peristaltischer Pumpen ist ihre Fähigkeit, zwei oder mehr Kartuschen gleichzeitig aufzunehmen, sodass mehrere Förderwege gleichzeitig betrieben werden können. Die Durchflussmenge jedes einzelnen

Pfads wird durch den Durchmesser des Schlauchs und den Flüssigkeitsgegendruck bestimmt, da die Drehgeschwindigkeit des Pumpenkopfs für alle montierten Kartuschen gleich ist. So einfach dies auch klingen mag, ist es leider nicht. In Wirklichkeit können viele weitere Parameter, wie der Innendurchmesser und das Alter der Schläuche, die Schlauchspannung in der Kartusche, gelöste Gase und Luftblasen, einen erheblichen Einfluss auf die tatsächliche Durchflussrate in jedem Kanal der peristaltischen Pumpe haben.

In dieser Studie wurde die Durchflussrate einer peristaltischen Pumpe mit zwei Kartuschen untersucht, die mit zwei neuen Tygon-Schläuchen mit identischem Innendurchmesser (0,76 mm) ausgestattet war, die am Pumpenauslass den exakt gleichen Gegendruck aufwiesen. Die Durchflussrate wurde mit zwei Testa-Durchflussmessern für die analytische Flüssigkeitschromatographie (mit zertifizierter Kalibrierung) gemessen, die für Durchflussraten von bis zu 5 ml/min ausgelegt sind und damit weit innerhalb des Nennbereichs der

Schlauchpumpe liegen. Bei dem Pumpenkopf handelte es sich um einen hochauflösenden, pulsationsarmen Typ mit zwölf Läufern, der nominale Durchflüsse von 0,053 µl/min und bis zu 5,3 ml/min mit den verwendeten Schläuchen erzeugt.

Der Schwerpunkt dieser Untersuchung lag nicht nur auf der Bewertung der absoluten Genauigkeit des Durchflusses, da jede Pumpe so kalibriert werden kann, dass sie einen bestimmten Durchfluss liefert. Darüber hinaus sollte ein Verständnis für die individuelle Leistung der Schlauchpumpe in den beiden getrennten Kanälen gewonnen und Unterschiede ermittelt werden, die sich als signifikant genug erweisen könnten, um die Ergebnisse einer Anwendung zu beeinflussen.

■ Kurzfristige Flussschwankung

Es ist bekannt, dass Schlauchpumpen, auch solche mit einer hohen Anzahl von Läufern (wie die für diese Tests verwendete), einen stark schwankenden Durchfluss erzeugen. Daher wurden die ersten Tests durchgeführt, um die von den beiden installierten Kartuschen erzeugten Durchflussschwankungen zu ermitteln. Der Einfachheit halber haben wir eine Patrone als „Front Cartridge“ und die zweite als „Rear Cartridge“ bezeichnet. Diese Bezeichnung haben wir für alle Tests und Beschreibungen in dieser Studie beibehalten. Zur Bestimmung der Kurzzeitschwankungen wurde die schnellste Datenerfassungsgeschwindigkeit (0,078 Sekunden) gewählt. Abbildung 2 zeigt die von den beiden Liquid Chromatography Flowmetern, für die beiden Kartuschen, erhaltenen Daten.

Die Daten in Abbildung 2 zeigen deutlich, dass die beiden peristaltischen Pumpenkartuschen, obwohl sie sich in Bezug auf den durchschnittlichen Durchfluss unterscheiden, ähnliche Durchflussschwankungen im Bereich von 0,5 ml/min aufweisen. Abgesehen von den Unterschieden im absoluten Durchfluss scheinen beide Kanäle ähnlich zu arbeiten.


■ Erhöhen der Durchflussrate

Nachdem festgestellt wurde, dass die kurzfristigen Schwankungen bei beiden Kartuschen ähnlich sind, wurden die Auswirkungen einer Erhöhung der Durchflussrate untersucht. Ziel dieser Tests war es, herauszufinden, ob die beiden Fließwege über den gesamten Bereich der an der Schlauchpumpe wählbaren Fließgeschwindigkeiten auf ähnliche Weise arbeiten. Dabei galt es herauszufinden, ob die gemessene Diskrepanz der durchschnittlichen Durchflussrate über den gesamten Bereich konstant bleibt oder nicht. Ein identischer Betrieb über einen weiten Bereich von Nenndurchflussraten ist ein wichtiges Merkmal, wenn zwei Reagenzien mit gleichen Raten gemischt werden sollen, was in vielen Anwendungen der Durchfluss-Chemie eine häufige Anforderung ist.

Die Flüssigchromatographie-Durchflussmesser wurden auf eine niedrigere Datenrate von etwa 1 Hz, oder genauer gesagt auf eine Integrationszeit von 1,171 Sekunden, eingestellt. Hochfrequente Pulsationen würden die Auswertung für diese Untersuchung komplizierter machen und einen viel größeren Datensatz erzeugen, der jedoch nicht erforderlich war. Dieser Test wurde durchgeführt, indem die Pumpe mit verschiedenen nominalen Flussraten in Schritten von 0,5 ml/min betrieben



Das macht den Unterschied

Für jeden Einsatz die passende Lösung: mit verschiedenen Detektoren kombinierbar, vereint die neue Advanced i-Series ultraschnelle Analytik mit intelligenten Eigenschaften und hoher Automatisierung. Eine robuste Ready-to-use-HPLC mit Analytical Intelligence und smarten -Funktionen machen den Unterschied für eine zuverlässige und sichere Anwendung.

- Signifikant gesteigerte Produktivität
- Revolutionierte Datenauswertung
- Höchst zuverlässige Messergebnisse

wurde. Zwischen den einzelnen Schritten wurde der Durchfluss gestoppt, um sicherzustellen, dass die Bedingungen für jeden Schritt der Rampe identisch waren.

Abbildung 3 unten zeigt die mit den Durchflussmessern für beide Schlauchpumpenkartuschen gewonnenen Überwachungsdaten. Es ist sofort ersichtlich, dass die beiden Kartuschen in Bezug auf die Durchflussmenge sehr unterschiedlich arbeiten. Dieser Unterschied in der effektiven Durchflussrate ist nicht, wie man erwarten könnte konstant, sondern der Unterschied wird bei höheren Durchflussraten größer. Noch deutlicher wird dies in Abbildung 4, in der die durchschnittlichen effektiven Durchflussraten gegen die nominale Durchflussrate aufgetragen sind und der prozentuale Fehler für jeden Schritt der Rampe dargestellt ist.

Aus diesem Test geht hervor, dass die Durchflussfehler an der vorderen Patrone über den gesamten Untersuchungsbereich nahezu konstant sind. Im Vergleich dazu zeigte die hintere Patrone eine ausgeprägte Abweichung von der erwarteten geradlinigen Beziehung, die stattdessen eine stark nichtlineare Reaktion in Bezug auf die Nenndurchflussmenge erkennen ließ.

Der Einfluss der Laufzeit

Als letzter Test diente die Messung der Leistung der Doppelkartuschen-Schlauchpumpe, um festzustellen, wie konstant der Durchfluss bei einem längeren Lauf über mehrere Stunden ist (s. Abb. 5 unten).

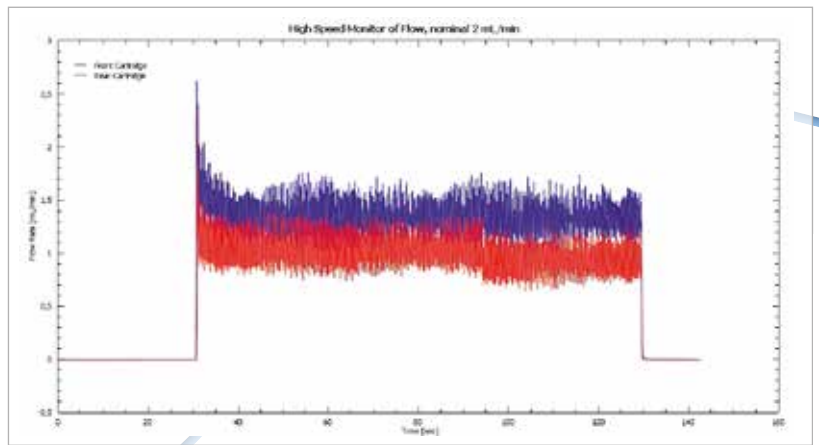
Die Untersuchung ergab einen deutlichen negativen Drift der gemessenen Durchflussmenge aus beiden Kanälen der Schlauchpumpe. Tatsächlich wurde festgestellt, dass sich die effektive Durchflussrate nach zehn Stunden Dauerbetrieb praktisch halbierte. Dieser lange Lauf zeigt auch Spitzen – ein Hinweis darauf, dass Gas- oder Luftblasen durch das System gedrückt werden.

Schlussfolgerungen

Die Fördermenge von zwei Kartuschen, die zur gleichen Zeit auf demselben Schlauchpumpenkopf laufen, ist nicht unbedingt identisch, selbst wenn Schlauch, Gegendruck und Flüssigkeit identisch sind. Mit den vorliegenden Untersuchungen wurde daher gezeigt, dass die genaue Bestimmung des individuellen Durchflusses in der untersuchten 2-Kanal-Peristaltikpumpe von entscheidender Bedeutung ist, um reproduzierbare und erwartete Ergebnisse zu erhalten.

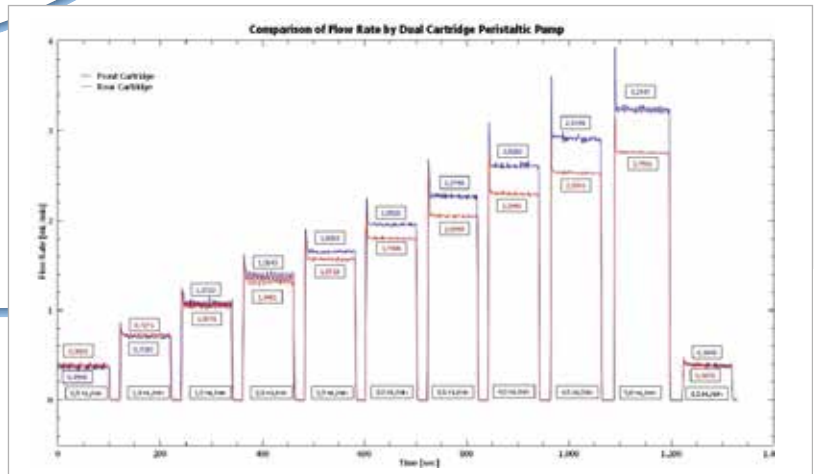
Darüber hinaus zeigen die Daten, dass die Zeit ein wichtiger Parameter ist, wenn der absolute Wert der Durchflussrate für eine bestimmte Anwendung wichtig ist (z. B. bei einer chemischen Reaktion mit mehreren Pumpen). Daraus lässt sich schließen, dass die Echtzeitüberwachung der Durchflussrate von Schlauchpumpen für viele Anwendungen in der Flüssigkeitschromatographie, Dosierung und Durchflussschemie unerlässlich ist.

Das Testa Liquid Chromatography Flowmeter hat sich als unverzichtbares Werkzeug für die Optimierung von Anwendungen erwiesen, bei denen peristaltische Pumpen zum Einsatz kommen. Die Flexibilität und die einfache Bedienung des Flüssigchromatographie-Durchflussmessers ermöglichen es jedem Benutzer, den Betrieb von peristaltischen Pumpen zu validieren und sicherzustellen, dass ihr Betrieb zu zuverlässigen und wiederholbaren Ergebnissen führt. ■



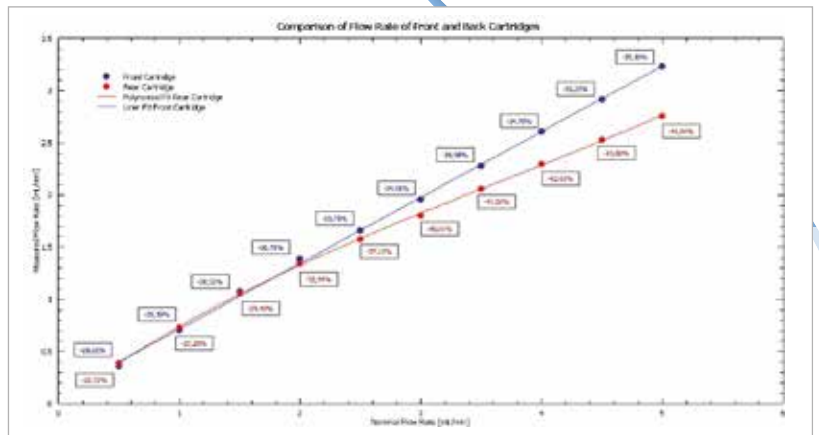
2 Flussdaten für die zwei untersuchten Kartuschen, gemessen mit dem Liquid Chromatography Flowmeter

Bild: Testa Analytical Solutions



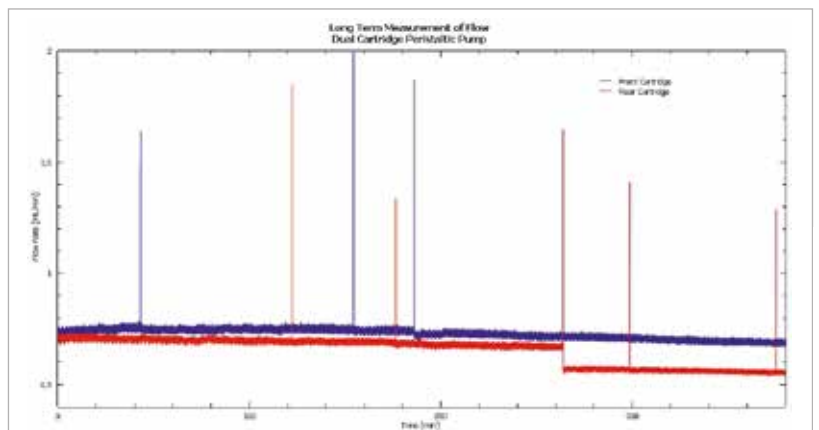
3 Mit den Durchflussmessern für beide Schlauchpumpenkartuschen gewonnene Überwachungsdaten

Bild: Testa Analytical Solutions



4 Durchschnittliche effektive Durchflussraten gegen die nominale Durchflussrate mit Darstellung der prozentualen Fehler für jeden Schritt der Rampe

Bild: Testa Analytical Solutions



5 Messung der Leistung der Doppelkartuschen-Schlauchpumpe über eine Laufzeit von mehreren Stunden

Bild: Testa Analytical Solutions