

Weniger Pumpen, weniger Kosten

Robert Kretschmer

Das Arbeiten unter Ausschluss von Sauerstoff und Feuchtigkeit hat im Labor seinen Preis: Es erfordert Vakuumpumpen, und die sind teuer in Anschaffung und Betrieb. Zudem machen sie Lärm. Über Druckmanagement und Ventiltechnik lassen sich Kosten senken und die Arbeitsbedingungen verbessern.

● Gloveboxen (Handschuhkästen, Abbildung 1) haben das Arbeiten unter Ausschluss von Sauerstoff und Luftfeuchtigkeit vereinfacht und gehören mittlerweile zur Standardausrüstung chemischer, physikalischer und biologischer Labore. Die Betriebs- und Unterhaltskosten sind jedoch neben den Anschaffungskosten ein ernst zu nehmender Faktor. Ausgeklügelte Systeme, die den Katalysator regenerieren, der Sauerstoff entfernt, sowie Molekularsiebe, die Feuchtigkeit absorbieren, haben diese Kosten gesenkt. Ein bleibender Posten in der Kostenrechnung ist die mehrstufige ölgedichtete Drehschieberpumpe, deren Stromverbrauch und regelmäßige Wartung zu berücksichtigen sind. Auch hier haben Funktionen wie der von mehreren Herstellern angebotene Energiesparmodus die Verbrauchskosten gesenkt.

Allerdings nutzen viele Glovebox-Systeme die Vakuumpumpe nicht für die Schleusenkammern und um Katalysator und Molekularsieb zu regenerieren, sondern steuern darüber auch das Druckmanagement der Glovebox. Das ist ein Nachteil.

Der Druck sollte idealerweise nicht mehr als 10 mbar nach oben oder unten vom Standarddruck in der Glovebox abweichen; bei den meisten Anwendungen ist der Druck in der Glovebox 1 bis 6 mbar höher als in der Laborumgebung. Übersteigt der Druck in



Abb. 1. Vierarmige Glovebox an der Universität Regensburg mit kleiner und großer Transferkammer sowie Sicherheits- und Komfortventil (oben rechts).

der Box einen kritischen Wert, so erhöht sich die Kraft, die auf die Frontscheibe wirkt. Im ungünstigsten Fall birst das Glas. Dem Druckanstieg im Innenraum der Glovebox, zum Beispiel beim Einführen der Hände in die Handschuhe, muss das System daher begegnen.

Druckschwankungen ausgleichen

● Einige Systeme nutzen die Vakuumpumpe, um Überdruck zu kompensieren: Überschreitet der Druck in der Box einen festgelegten Wert (P_{\max}), öffnet ein Ventil zur Vakuumleitung und schließt erst, wenn die untere Arbeitsdruckgrenze (P_{\min}) erreicht ist. Als Konsequenz muss die Drehschieberpumpe während des Arbeitens permanent laufen. Die Glovebox-Atmosphäre so abzuführen, birgt

ein weiteres Problem: Durch das Arbeiten mit feinen Pulvern, Lösungsmitteln und Verbindungen mit hohem Dampfdruck enthält die Atmosphäre Dämpfe und Stäube von Chemikalien, die auf diese Weise in die Drehschieberpumpe gelangen. Kontaminiertes Pumpenöl verursacht Korrosion in der Pumpe und initiiert Polymerisationsprozesse im Pumpenöl, und dessen Viskosität nimmt zu. Diese Faktoren verkürzen die Wartungsintervalle und Lebenszeit der Vakuumpumpe und tragen so neben den Energiekosten zu den Unterhaltskosten bei.

Eine zweite Vakuumpumpe, nämlich eine chemikalienbeständige Membranpumpe, kann helfen, Wartungsintervalle und Lebenszeit der ölgedichteten Drehschieberpumpe zu verlängern.¹⁾ Bei dieser

Kombination wird die Membranpumpe genutzt, um einen Druck von 2 bis 10 mbar zu erreichen, bevor ein Magnetventil auf die Drehschieberpumpe umschaltet, die das notwendige Endvakuum von um die 10^{-3} mbar liefert. Da im Grobvakuum die Chemikalienkonzentration am größten ist, sinkt somit die Belastung für die Drehschieberpumpe. Mit diesem Ansatz gehen jedoch erneute Anschaffungskosten einher, und zwar für Membranpumpenstand, Magnetventil und Vakuumsensor. Dazu kommen die laufenden Kosten für Strom und Wartung der Membranpumpe sowie für das Kühlwasser für deren Kondensatabscheider. Außerdem müssen die Pumpen während der Arbeit an der Glovebox immer noch im Dauerbetrieb laufen.

Ventil statt Pumpe

● Eine kostengünstige Alternative ist ein Überdruckventil wie das Sicherheits- und Komfortventil von GS Glovebox-Systemtechnik (Abbildung 2, Tabelle). Dieses Ventil ist direkt an die Glovebox angeschlossen, gleicht Druckschwankungen aus und verhindert passiv einen zu hohen Überdruck. Über die Füllhöhe der Sperrflüssigkeit



Abb. 2. Sicherheits- und Komfortventil (von GS Glovebox-Systemtechnik).

lässt sich die obere Arbeitsdruckgrenze den jeweiligen Anforderungen anpassen. Das Ventil ist zudem rückschlagsicher, weshalb sich die Glovebox auch im Unterdruckmodus betreiben lässt, wie es etwa in der Biologie üblich ist.

Ein solches passives Sicherheits- und Komfortventil senkt die Energiekosten, da die Vakuumpumpe lediglich für den Betrieb der Schleusenkammern laufen muss und um Katalysator oder Molekularsieb zu regenerieren. Bei einer Leistungsaufnahme von zirka 800 Watt ergibt sich schnell

eine merkliche Einsparung. Durch die kurze Betriebsdauer sinkt außerdem die Belastung der Vakuumpumpe, und Wartungsintervalle und Lebenszeit verlängern sich.

Zudem kommt die Pumpe nur noch partiell mit der Glovebox-Atmosphäre in Kontakt. Dies reduziert die Kontamination des Öls und trägt ebenfalls dazu bei, dass sich der Verschleiß verringert. So sind in einer Ölprobe, die nach 26 Monaten regulärem Betrieb genommen wurde, Kontamination und Verschleißmetalle nur in vernachlässigbar kleiner Konzentration nachweisbar, weshalb das Öl weiter verwendet wurde. Das heißt, es reicht, das Pumpenöl etwa alle drei statt alle zwei Jahre zu wechseln, was ebenfalls die Kosten reduziert.

Neben den wirtschaftlichen Aspekten bewirkt ein kürzerer Betrieb der Vakuumpumpe auch weniger Lärmbelastigung am Arbeitsplatz.

Auch einem Problem konventioneller Gloveboxen mit Vakuumdruckmanagement begegnet das Überdruckventil: Es gleicht bei zu schnellem Einführen der Hände in die Handschuhe den starken Druckanstieg aus, der sonst dazu führen würde, dass das System die Umwälzung abschaltet.

Über einen KF40-Anschluss lassen sich auch ältere Glovebox-Modelle mit entsprechenden Überdruckventilen nachrüsten, wobei sich die Mitarbeiter nicht umgewöhnen müssen. Eine Anschaffung, die sich in Anbetracht der gesenkten Kosten schnell amortisiert und die Arbeitsbedingungen verbessert.

Robert Kretschmer leitet seit dem Jahr 2015 als Liebig-Stipendiat eine Nachwuchsgruppe am Institut für Anorganische Chemie der Universität Regensburg. Im Jahr 2017 wurde er in das Emmy-Noether-Programm der Deutschen Forschungsgemeinschaft und in die Junge Akademie aufgenommen.
 robert.kretschmer@ur.de

1) A. Melching, Nachr. Chem. 2016, 64, 1172 – 1174.

| Glovebox mit Vakuum-Druckmanagement | Glovebox mit Vakuum-Druckmanagement und zusätzlicher Membranpumpe | Glovebox mit passivem Druckmanagement |
|--|---|--|
| - hohe Betriebskosten aufgrund des Dauerbetriebs der ölgedichteten Drehschieberpumpe | - höhere Betriebskosten, durch die weitere Membranpumpe | + geringere Betriebskosten, da die Pumpe nur für den Betrieb der Transferkammern und für die Regenerierung von Katalysator und Molekularsieb laufen muss |
| - starke Belastung der Drehschieberpumpe durch häufiges Abpumpen von Überdrücken | + geringere Belastung der Drehschieberpumpe, da die Membranpumpe als Vorpumpe einen Druck von ca. 5 mbar einstellt | + keine Belastung der Drehschieberpumpe, da der Überdruckausgleich über ein Ventil erreicht wird |
| - starke Kontamination des Pumpenöls durch den Kontakt mit der Glovebox-Atmosphäre | + geringere Kontamination des Pumpenöls, da der größte Teil der Chemikalien durch die chemisch beständige Membranpumpe abgeführt wird | + noch geringere Kontamination des Pumpenöls, da die Glovebox-Atmosphäre über das Überdruckventil abgeführt wird |
| | - hohe Anschaffungskosten (Membranpumpenstand, Magnetventil, Vakuumsensor) | + geringe Anschaffungskosten |

Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Systeme zum Druckausgleich in Gloveboxen.