



Leistung ist nicht gleich Effizienz

Was beim Vergleich von Umwälzthermostaten zu beachten ist!

Michael Sauer

Peter Huber Kältemaschinenbau AG

Effiziente Wärmeübertragung mit Unistaten

Viele Forschungsaufgaben im Labor benötigen eine exakte Temperaturführung. Die Auswahl des richtigen Temperiergerätes gestaltet sich allerdings nicht immer einfach. Werbeaussagen wie „extrem schnell“ oder „hohe Kälteleistung“ sind wenig aussagekräftig und ermöglichen keine objektive Beurteilung. Ebenfalls schwierig: der Vergleich von Herstellerangaben, denn oft differieren die Messmethoden zur Ermittlung.

Eine gute Vergleichbarkeit von Produkten ist für Anwender essentiell. Die DIN 12876 definiert hierzu verschiedene Merkmale und Messmethoden, an denen sich die Kenndaten für Wärme- und Kältethermostate orientieren sollten. So erfasste Kenndaten ermöglichen einen zuverlässigen Vergleich der Leistungsfähigkeit.

Unterschiedliche Konzepte

Vergleicht man die am Markt erhältlichen Flüssigkeitstemperiergeräte, stellt man fest, dass es zwei Konzepte gibt. Neben den offenen Badthermostaten gibt es die geschlossenen Temperiersysteme, auch **Prozessthermostate** genannt. Die letztgenannte Geräteklasse wurde vor über 25 Jahren erstmals mit dem „Unistat Tango“ ins Leben gerufen. Das damals völlig neue **Konzept des Unistat Tango** brachte einen großen technologischen Fortschritt beim Temperieren. Im Gegensatz zu herkömmlichen Bad- und Umwälzthermostaten arbeitete der „Unistat Tango“ erstmals mit einem geschlossenen Temperierkreislauf. Unistate sind sozusagen Umwälzthermostate ohne Temperierbad.



Abb. 1: Unistate erlauben eine äußerst effiziente Temperierung von extern angeschlossenen Applikationen wie z.B. Reaktoren und sparen damit Zeit und Kosten

Für die thermisch bedingte Volumenänderung ersetzt ein Ausdehnungsgefäß das konventionelle Bad, dort findet die Volumenänderung statt. Durch dieses Prinzip verringern sich die zu temperierenden Massen und damit erhöhen sich die Temperaturänderungsgeschwindigkeiten. Unistate sind aufgrund dieser Eigenschaften prädestiniert für Temperieraufgaben in der Prozess- und Verfahrenstechnik wie z.B. Reaktoren, Autoklaven, Miniplant-/Pilotanlagen, Reaktionsblöcke und Kalorimeter.

Thermodynamik – wie schnell ist ein System?

Bei der Frage nach der Dynamik eines Temperiergerätes wird meist die Heiz- bzw. Kälteleistung (kW) als Vergleichsgröße herangezogen. Die im Thermostaten erzeugte Leistung ist allein jedoch

nicht ausreichend für eine sinnvolle Bewertung. Ein ebenso wichtiger Aspekt ist die zu temperierende Masse. Für einen aussagekräftigen Vergleich ist daher die Kälteleistungsdichte (Watt/Liter) gemäß DIN 12876 am besten geeignet. Grundsätzlich gilt: Je größer die Kälteleistungsdichte, desto dynamischer (schneller) kann ein Thermostat auf einen Temperaturänderungsbedarf reagieren.

Hierzu ein kleines Rechenbeispiel:

Nehmen wir an, wir haben zwei Temperiergeräte unterschiedlicher Anbieter. Die Kälteleistung beider Geräte ist gleich, ebenso die Förderleistung (l/min) und beide Temperiergeräte sind an identischen Applikationen (z.B. Glasreaktor) angeschlossen. Um eine Aussage der Dynamik (Abkühlzeit) machen zu können, nutzen wir folgende Formel:

$$P = m \times c \times \frac{dT}{dt}$$

P= Leistung

m= Gesamtmasse

c= spez. Wärmekapazität

dT= Temperaturdifferenz

dt= Abkühlzeit

Umgestellt auf die Abkühlzeit Zeit dt:

$$dt = m \times c \times \frac{dT}{P}$$

Hierbei ist bei gleicher Temperieraufgabe und Flüssigkeit der Ausdruck $c \times dT/P$ für beide Anwendungen gleich. Bei der Masse hingegen lohnt sich ein genauerer Blick.

Wir stellen uns hierzu vor, Temperiergerät 1 hat eine Masse von 5 kg (Füllvolumen, nicht das Eigengewicht des Gerätes). Temperiergerät 2 hat eine Masse von 10 kg. Die Masse der externen

Applikation beträgt 5 kg. Im ersten Fall ergibt sich eine Gesamtmasse von 10 kg (internes Füllvolumen plus externe Applikation), im zweiten Fall müssen 15 kg abgekühlt (oder aufgeheizt) werden. Das Verhältnis ist 2 : 3, oder anders ausgedrückt: man benötigt mit Temperiergerät 1 lediglich 2/3 der Zeit. Die Zeitersparnis liegt also bei 33%.

Das Beispiel zeigt, dass die Kälteleistung sicherlich eine wichtige Größe ist. Allerdings sollte diese dann auf die eingesetzte Temperierflüssigkeitsmenge bezogen werden. Als Ergebnis erhält man die Kälteleistungsdichte und diese kann dann aussagekräftig verglichen werden (siehe DIN). Übrigens: Temperiergerät 1 spart auch jeweils 1/3 der Temperierflüssigkeit und der Energie!

Druck oder Fördermenge?

Ein weiteres wichtiges Kriterium ist die Förderleistung der Umwälzpumpe. Diese hat starken Einfluss auf den Wärmestrom, der von einem Kältethermostaten aus der Temperierflüssigkeit abgeführt werden kann. Gemäß DIN ist die Kälteleistung bei voller Pumpenleistung zu messen. Bei reduzierter Pumpenleistung ist der Wärmeeintrag durch den Pumpenmotor geringer. Dies führt zu mehr Netto-Kälteleistung und ermöglicht tiefere Temperaturen. Wichtig für die meisten Anwendungsfälle ist nicht die Druckleistung (bar) sondern eine möglichst hohe Fördermenge (l/min). Denn bei der Temperierung geht es letztlich nicht darum, wie viel Leistung ein Thermostat erzeugt, sondern viel mehr um die Effizienz der Wärmeübertragung zum Prozess. Generierte Leistung ist nutzlos, wenn diese nicht effizient zur Applikation übertragen wird.

Bei über 90% aller Anwendungen in der Praxis kommt Glas zum Einsatz (Reaktoren, Destillationsapparaturen, usw.), der zulässige Systemdruck beträgt bei diesen Anwendungen maximal 0,5 bar. Umwälzpumpen sind idealerweise so ausgelegt, dass eine turbulente Strömung einen großen Wärmeübergangskoeffizient (Alpha-Wert) und somit eine effiziente Wärmeübertragung an den internen Wärmetauschern (Verdampfer und

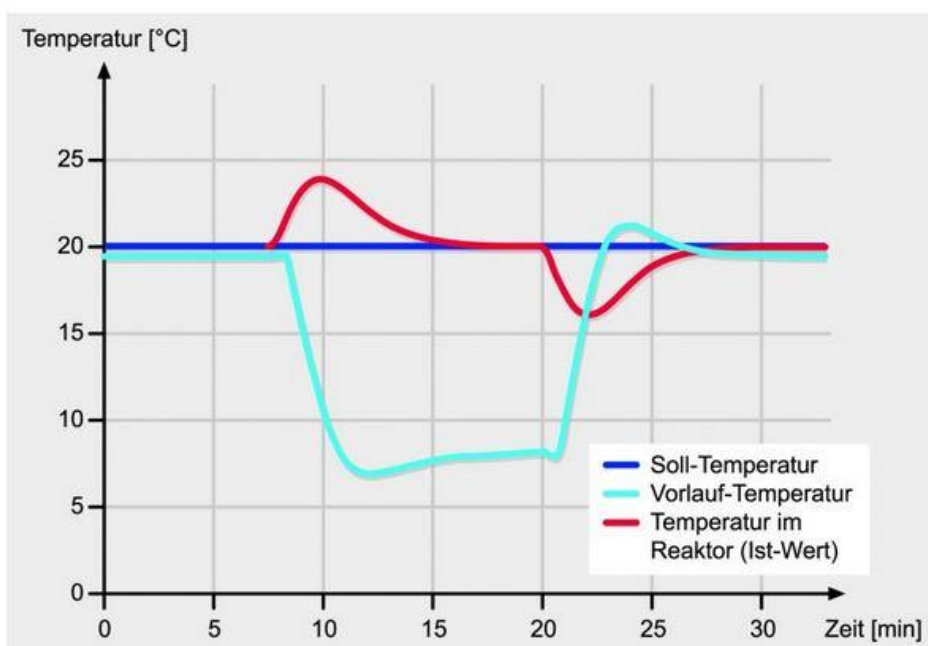


Abb. 2: Das Ausregeln einer exothermen Reaktion in einem Reaktor erfolgt schnell und zuverlässig – teures Temperiergut ist dadurch stets geschützt

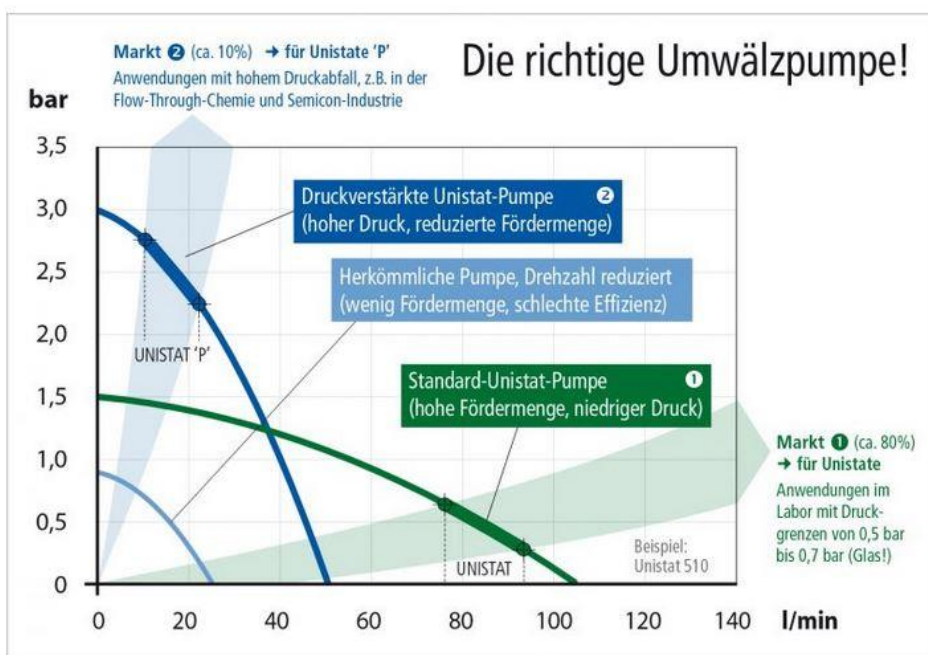


Abb. 3: Die Auswahl der richtigen Umwälzpumpe ist entscheidend für eine gute Wärmeübertragung. In den meisten Anwendungsfällen ist die Förderleistung wichtiger als der Druck

Heizung) erzeugt. Unistat-Pumpen erzeugen deshalb bevorzugt Umwälzmenge statt Umwälzdruck und benötigen dazu i.d.R. eine deutlich geringere (Pumpen-)Motorleistung.

Installation von Temperiergerät und Anwendung

Fast nebensächlich wird oftmals die Installation und der Aufbau des Gesamtsystems betrachtet. Dabei gibt es auch

hier zahlreiche Aspekte, die unmittelbaren Einfluss auf die Temperierleistung haben. Ein wichtiger Aspekt ist natürlich die Auswahl eines geeigneten **Thermostats**. Darüber hinaus wirken sich Qualität und Beschaffenheit der Temperierschläuche direkt auf die erzielbaren Leistungen aus. Für Unistate sind deshalb **Metall-Temperierschläuche** mit glatter Innenwand erhältlich. Diese Schläuche verbessern das Strömungs-

verhalten und somit die Wärmeübertragung – dadurch ergeben sich deutliche Zeiteinsparungen beim Aufheizen und Abkühlen. Weitere Punkte mit negativer Auswirkung sind gequetschte Schlauchverbindungen, unnötig lange Verbindungswege oder ein geringer Querschnitt der Schläuche bzw. Schlauchadapter.

Fallstudien für Leistungsvergleiche

Als Informationsquelle für Kaufentscheidungen sind **Fallstudien** oftmals hilfreich. In Fallstudien werden Aufheiz- und Abkühlvorgänge dokumentiert sowie typische Szenarien wie z.B. das Regelverhalten bei einer Exothermie aufgezeigt. Fallstudien ermöglichen eine verlässliche Vorhersage, ob sich das Temperiergerät für den geplanten Einsatzzweck eignet.

Fazit

Bei der Auswahl eines Thermostaten gibt es einige Punkte zu beachten. Letztlich sind nicht nur die im Herstellerkatalog angegebenen Heiz- und Kälteleistungen relevant – vielmehr sollten Kriterien wie Kälteleistungsdichte, Fördermenge und ggf. Fallstudien im Vordergrund stehen, denn nur damit ist eine praxistaugliche Beurteilung der Wärmeübertragungseffizienz möglich.



Abb. 4: Beim Anschluss sollte darauf geachtet werden, dass geeignete Schläuche verwendet werden und dass diese nicht gequetscht werden