



## Temperiersysteme vergleichen und bewerten können

Haron Sekkai

Haron Sekkai Ingenieurbüro

### Einleitung:

Über Temperiersysteme (Abbildung 1) wurde schon sehr viel gesprochen und viel geschrieben. Ob Temperiergerät, Wasserbad, Kryostat, Umwälzthermostat, dynamische und hochdynamische Temperiersysteme; in der Regel beschreiben die Begriffe das Gleiche, nämlich ein Temperiergerät, das die Temperatur für eine Applikation schnell erreichen und konstant halten kann.

Dem Markt stehen heute über 120 Temperiersysteme (ohne Bad) für Aufgaben in Laboren, Kilolaboren und Technika in einem Temperaturbereich kleiner  $-100^{\circ}\text{C}$  bis größer  $300^{\circ}\text{C}$ , mit Kälte- und Heizleistungen von wenigen hundert Watt bis mehr als 100kW zur Verfügung. Es gehört schon einiges Wissen und Erfahrung dazu, das „richtige“ Temperiersystem für die Temperieraufgabe zu finden.

Ein Vergleich von Temperiersystemen unterschiedlicher Anbieter ist alles andere als einfach. Kälteleistungsdaten werden von den Herstellern mitunter bei unterschiedlichen Arbeitstemperaturen angegeben, Pumpen haben unterschiedliche Druck- und Volumenstromangaben. Welche Möglichkeiten gibt es aber, um Temperiersysteme zu vergleichen?

### Eigentliche Aufgabenstellung:

Abbildung 2 zeigt einen typischen Aufbau, wie er im Kilolabor vorkommt: ein Doppelmantelgefäß soll temperiert werden. Über den Doppelmantel wird Energie in den eigentlichen Reaktionsprozess eingetragen bzw. abgeführt.



Abb. 1: offene und geschlossene Temperiersysteme

Abb. 2: Typische Applikation in einem Kilolabor

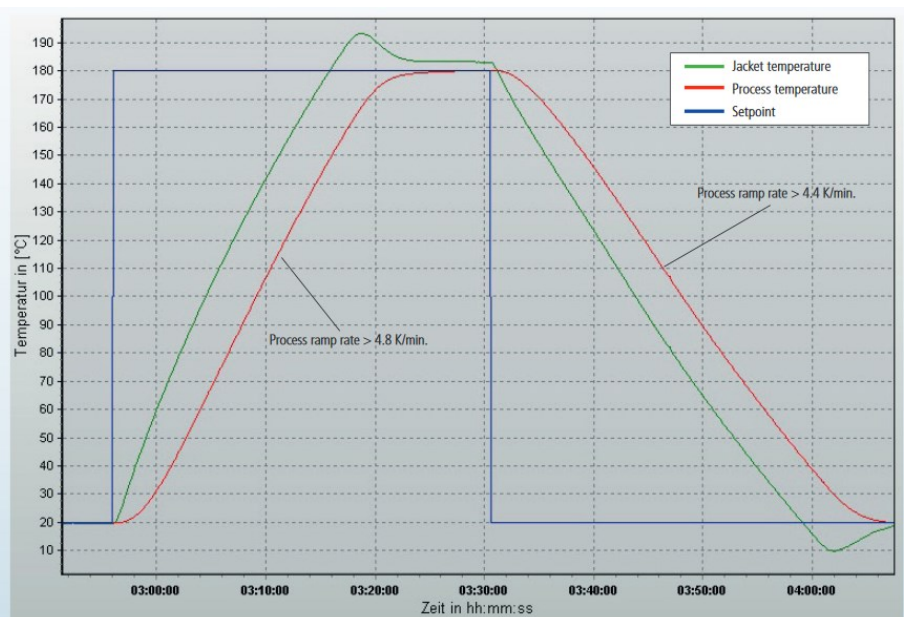


Abb. 3: Fallstudie: Hier können für eine bestimmte Applikation relevante Daten bezüglich Abkühlung und Aufheizen abgelesen werden.

### Vergleich von Abkühl- und Aufheizkurven (Fallstudien)

Eine Möglichkeit unterschiedliche Temperiersysteme zu vergleichen, besteht im direkten Vergleich. Die Hersteller von Temperiersystemen bieten auf den

Homepages Fallstudien, wie in Abbildung 3 gezeigt, an. Hier kann der Anwender einen ersten Anhaltspunkt dafür bekommen, wie sich ein Temperiersystem an einem Doppelmantel verhält. Bei der Vielzahl von Temperiersystemen

und der Vielzahl von Glasreaktorherstellern ist ein direkter Vergleich jedoch nur eingeschränkt möglich. Die exakt gleiche Applikation unter den exakt gleichen Bedingungen findet man in der Regel nicht. Man kann aber einen ersten Überblick bekommen, wie sich zum Beispiel ein 10 Liter Reaktor in einem getesteten Temperaturbereich verhält.

### Vergleich von Leistungsdaten gemäß Katalog

Eine weitere Möglichkeit miteinander verwandte Temperiersysteme (wie in Abbildung 4) oder unterschiedliche Temperiersysteme zu vergleichen besteht darin, die Leistungsdaten gemäß Katalogangabe oder Datenblatt zu vergleichen. Abbildung 4 zeigt einen Auszug aus einem Katalog, in dem die wichtigsten Leistungsdaten stehen.

Bei genauem Studium zeigt sich, dass der Arbeitstemperaturbereich, die Pumpenleistung, die Heizleistung und die Kälteleistung unterschiedlich sind. Bei einem Vergleich sollte daher mit einer Gewichtung gearbeitet werden. Man kann z.B. jeder Angabe einen gewichteten Wert geben. Je wichtiger der einzelne Wert für die Applikation ist, desto höher seine Gewichtung. Ist z.B. eine höhere Kälteleistung bei -20°C erforderlich kann dem leistungsstärksten Temperiersystem die Gewichtung 10 gegeben werden, da in der Tabelle 10 Temperiersysteme zur Auswahl stehen. Das kann analog für die anderen Katalogwerte erfolgen. Am Ende wird für jedes Temperiersystem die Summe gebildet. Auch der Preis kann in diese Betrachtung einfließen. Das günstigste Temperiergerät erhält hierbei die größte Gewichtung! Das Temperiersystem mit dem höchsten Wert bildet am Ende das „richtige“ Temperiersystem.

### Vergleich von Leistungsdaten mit Bezug zur Applikation

Der obige Leistungsvergleich bietet eine gute Möglichkeit Temperiersysteme miteinander zu vergleichen. Aber letztlich sind noch weitere Parameter zu berücksichtigen, um eine saubere Beurteilung machen zu können. Hierzu ein kleines Gedankenbeispiel:

| Modell            | Arbeits-temperaturbereich (°C) | Pumpe max. VPC |                  | Heizleistung (kW) | Kälteleistung (kW) bei (°C) |      |      |      |      | Abmessungen B x T x H (mm) |
|-------------------|--------------------------------|----------------|------------------|-------------------|-----------------------------|------|------|------|------|----------------------------|
|                   |                                | (l/min)        | (bar)            |                   | 200                         | 20   | 0    | -20  | -30  |                            |
| Petite Fleur      | -40...200                      | 25             | 0,9 <sup>l</sup> | 1,5               | 0,48                        | 0,48 | 0,45 | 0,27 | 0,16 | 260x450x504                |
| Petite Fleur w    | -40...200                      | 25             | 0,9 <sup>l</sup> | 1,5               | 0,48                        | 0,48 | 0,45 | 0,27 | 0,16 | 260x450x504                |
| Petite Fleur-eo   | -40...200                      | 25             | 0,9 <sup>l</sup> | 1,5               | 0,48                        | 0,48 | 0,45 | 0,27 | 0,16 | 260x450x504                |
| Grande Fleur      | -40...200                      | 47             | 0,9 <sup>l</sup> | 1,5               | 0,60                        | 0,60 | 0,60 | 0,35 | 0,20 | 295x530x570                |
| Grande Fleur w    | -40...200                      | 47             | 0,9 <sup>l</sup> | 1,5               | 0,60                        | 0,60 | 0,60 | 0,35 | 0,20 | 295x530x570                |
| Grande Fleur-eo   | -40...200                      | 47             | 0,9 <sup>l</sup> | 1,5               | 0,60                        | 0,60 | 0,60 | 0,35 | 0,20 | 295x530x570                |
| Grande Fleur w-eo | -40...200                      | 47             | 0,9 <sup>l</sup> | 1,5               | 0,60                        | 0,60 | 0,60 | 0,35 | 0,20 | 295x530x570                |
| Unistat tango     | -45...250                      | 55             | 0,9 <sup>l</sup> | 3,0               | 0,70                        | 0,70 | 0,70 | 0,40 | 0,40 | 426x327x631                |
| Unistat tango w   | -45...250                      | 55             | 0,9 <sup>l</sup> | 3,0               | 0,70                        | 0,70 | 0,70 | 0,40 | 0,40 | 426x327x631                |
| Unistat tango wl  | -45...250                      | 55             | 0,9 <sup>l</sup> | 3,0               | 0,70                        | 0,70 | 0,70 | 0,40 | 0,40 | 426x327x631                |

Abb. 4: Leistungsdatenvergleich: Hier können die wichtigsten Leistungsdaten eingesehen werden.

Nehmen wir an, die externe Applikation hat eine Masse von 5kg. Die Kälteleistungs- und Heizleistungsdaten von zwei zu vergleichenden Temperiersystemen wären auch identisch. Die Annahme, dass die Abkühlkurven und Aufheizkurven identisch seien – weit gefehlt! Die Realität sieht in der Regel anders aus. Denn hier muss noch die interne Masse der Temperiersysteme betrachtet werden.

Angenommen, dass Temperiersystem 1 habe eine interne Masse von 5kg, Temperiersystem 2 jedoch eine interne Masse von 10kg. Im einen Fall müssten demnach nur 10kg (Masse der externen Applikation + interne Masse) abgekühlt und aufgeheizt werden. Im anderen Fall müssten 15kg aufgeheizt und abgekühlt werden. Das Verhältnis ist somit 2:3 zu Gunsten des Temperiersystems mit der geringeren Eigenmasse bzw. dem dem geringeren Eigenvolumen. Wichtig ist hier die Erkenntnis, dass die Abkühl- und Aufheizzeiten auch im Verhältnis 2:3 stehen. D.h., dass das Temperiersystem mit dem geringeren Eigenvolumen hier eine Zeitersparnis von 1/3 (33%) bringt. Hier lohnt sich also unbedingt ein Blick auf das interne Volumen.

Genauso kann z.B. auch die Kälteleistung bei -20°C auf das „Komplettvolumen“ (internes Volumen + externes Volumen) bezogen werden. Je höher dieser Wert ist, desto besser. Geht man davon aus, dass das externe Volumen bei einem Vergleich identisch ist, so kann direkt

das interne Volumen zueinander verglichen werden. Auch hier gilt, je kleiner das interne Volumen desto besser!

### Vergleich unter Berücksichtigung von wichtigen Nebenbedingungen

Der Vergleich von Leistungsdaten mit Bezug zur Applikation bietet eine bessere Sicherheit, als nur einen Vergleich der Leistungsdaten mit Katalog- und Datenblattwerten. Aber auch der Vergleich von Leistungsdaten mit Bezug zur Applikation hat noch Schwächen. Denn gerade bei den Pumpensystemen haben die Hersteller von Temperiersystemen unterschiedliche Philosophien. Einige setzen auf starke Pumpen mit hohem Förderdruck, andere setzen auf starke Pumpen mit hohem Volumenstrom und geringerem Förderdruck. Was ist besser? Lassen sich solche Systeme tatsächlich vergleichen? Das wird in Abbildung 5 verdeutlicht.

Abbildung 5 zeigt den Arbeitspunkt, der sich für ein komplettes System, bestehend aus Temperiersystem, Schlauchleitungen und Doppelmantelgefäß, ergibt. Die Pumpenkennlinie (blaue Kennlinie) stellen die Hersteller von Temperiersystemen zur Verfügung. Aber Achtung!, die Pumpenkennlinien beziehen sich meist auf das „normierte“ Medium Wasser (bei 20°C Vorlauftemperatur) als Thermofluid. Viskosität spielt in dieser Kennlinie keine Rolle. Dies muss jedoch bei der Betrachtung ggfs. berücksichtigt werden. Die rote Kennlinie in Abbildung 5 zeigt den theoretischen

Druckverlust der Applikation. Der Schnittpunkt zeigt den Arbeitspunkt, der sich für den Volumenstrom und den aufzubringenden Systemdruck einstellt. Im gezeigten Fall ein Volumenstrom von etwa 75 Liter/min bei einem Systemdruck von 0,42 bar.

Zu beachten ist, dass die Pumpenkennlinie „nicht“ beeinflusst werden kann, wohl aber die „Druckverlustkennlinie“. Kleine Schlauchquerschnitte und lange Schlauchleitungen drehen diese Kennlinie in Gegenuhrzeigersinn. Ein höherer Systemdruck bei geringerem Volumenstrom ist das Resultat, da sich auch der Arbeitspunkt nach links auf der blauen Pumpenkennlinie verschiebt.

Weiter ist zu bedenken, dass Energie übertragen werden soll. Ein hoher Volumenstrom bei geringem Systemdruck ist besser, da dadurch auch mehr Energie übertragen werden kann! Der Systemdruck kann bei ungünstiger Auslegung auf  $> 0,5\text{bar}$  steigen. Viele Glasapparaturen dürfen aber nur bis  $0,5\text{bar}$  sicher betrieben werden. Wenn zusätzlich der Rücklauf zum Temperiersystem abgesperrt wird (Volumenstrom =  $0\text{ Liter/min}$ ) ist aus Abbildung 5 zu entnehmen, dass in diesem Fall der maximale Druck der Pumpe (hier  $1\text{bar}$ ) an der Glasapparatur ansteht. Eine Zerstörung der Glasapparatur ist wahrscheinlich.

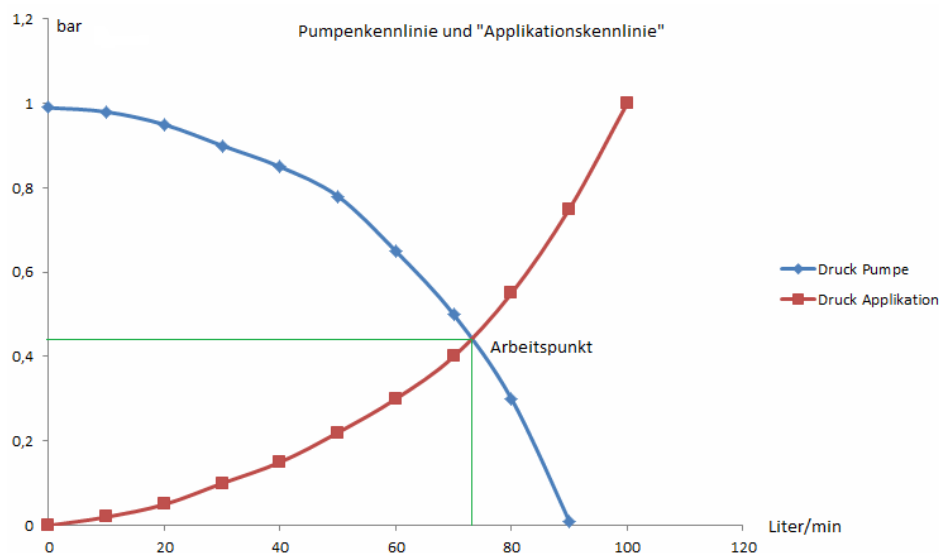


Abb. 5: Pumpenkennlinie, Druckverlust der Applikation und Arbeitspunkt

Abhilfe bietet dann ein Bypass vor der Glasapparatur, der den Systemdruck an der Glasapparatur „abregelt“, das aber auf Kosten des Volumenstroms. Dieser wird kleiner, da ein Großteil des Volumenstroms an der Glasapparatur vorbei geführt wird und der eigentlichen Applikation nicht zur Verfügung steht. Es ist daher besser, mit einem Temperiersystem mit hohem Volumenstrom und weniger Pumpendruck zu arbeiten!

#### Fazit:

Mit den vorgestellten Maßnahmen können Anwender eigenständig eine einfache Bewertung über Temperiersysteme vornehmen. Selbstverständlich gibt es noch weitere Faktoren bei Temperiersystemen (Bedienfunktionen, Schnittstellen, Gerätegröße, Geräuschentwicklung...), die verglichen werden können. Auch diese können nach Bedarf z.B. gewichtet bewertet und in die Betrachtung aufgenommen werden.