

Umweltschonend heizen und kühlen

Effiziente thermische Prozessführung reduziert Energiekosten und vermindert die Emissionen

Dipl. Ing. (FH) Matthias Mohr

Mit der Verpflichtung der Bundesregierung zur Minderung der Treibhausgase ist das Thema Energiesparen stärker denn je in den Vordergrund politischer Diskussionen gerückt, denn die Energieeinsparungen bedeuten nicht nur eine Senkung der laufenden Betriebskosten, sondern indirekt auch geringere CO₂-Emissionen. Durch die ausgeklügelte Modulbauweise der Heiz- und Kühlsysteme von Lauda können CO₂-Emission und Energieverbrauch anhand der Prozessdaten jedes einzelnen Modulbausteines errechnet werden. Dies vereinfacht die Auswahl der günstigsten Anlagenkonfiguration bereits in der Planungsphase.

Chemische Reaktionen erfordern einen zeitlich optimierten Ablauf, damit Qualität, Reproduzierbarkeit und eine kostengünstige Herstellung der Produkte gewährleistet werden können. Dieser Ablauf wird über die entsprechenden Prozessparameter sichergestellt. Die Temperatur ist eine der wichtigsten Prozessführungsgrößen und entscheidend für die Qualität des Endproduktes. Um die gewünschten Temperaturen innerhalb des Reaktors, also im Produkt zu erreichen, muss eine gewisse Menge an Energie von einem Heiz- und Kühlsystem (Bild 1) zu- bzw. abgeführt werden. Dabei sind erhebliche Energieeinsparungen möglich, die jedoch den Vergleich von verschiedenen Konzepten voraussetzen.

Anforderungen laut Lastenheft

Die Anforderungen an das Temperaturprofil sind vielfältig. Grundsätzlich sind bei chemischen Prozessen in einer Charge Heizen und Kühlen sowie Temperaturrampen

über einen bestimmten Zeitabschnitt erforderlich und haben eine energetisch aufwendige Fahrweise zur Folge. Die Temperaturkurve (Bild 2) zeigt ein praktisches Beispiel der gewünschten Produkttemperatur innerhalb eines Batchreaktors (6301). Die einzelnen Verfahrensschritte sind dabei:

- Produkt erhitzen auf 50 °C (15 min)
- Zugabe von Additiv 1 (30 min)
- Abkühlen auf -65 °C (100 min)
- Probenahme (1) Qualitätskontrolle
- Zugabe von Additiv 2 mit nachfolgender exothermer Reaktion bei einer n -60 °C
- Reaktionswärme: 9000 kJ in 30 min
- Aufheizen vom Produkt auf +20 °C

- Probenahme (2) Qualitätskontrolle
- Abkühlen auf -65 °C möglichst schnell
- Abfüllen des Produktes bei -65 °C innerhalb von drei Stunden
- Aufheizen des Behälters auf 110 °C zum Reinigen mit Aceton

Oft stehen am geplanten Produktionsstandort Energieschienen wie Satteldampf (6 barü), Kühlwasser (25 °C), Kühlsole sowie elektrische Energie zur Verfügung. In seltenen Fällen ist eine Versorgungsleitung mit flüssigem Stickstoff für Tiefkälteanwendungen vor Ort. Ob und in welchem Umfang diese Energieschienen genutzt werden, ist in vielen Fällen eine Frage der Investitionskosten. Grundsätzliche Anforderungen wie Temperaturkonstanz von ±1 K, nahtloser Übergang von Heizen auf Kühlen im gesamten Temperaturbereich und umgekehrt, kompakte Bauweise der Anlage, servicefreundlicher Aufbau, geringer Wartungsaufwand und hoher Qualitätsstandard sind selbstverständlich. Im Gegensatz dazu stehen in vielen Fällen die Anforderungen des Einkäufers, der geringe Investitionskosten, kurze Lieferzeiten fordert. Eine Energieeffizienzbewertung sowie eine Abschätzung der CO₂-Emissionen einer Anlage wird selten während der Beschaffung in Betracht gezogen, um die Investitionskosten zu limitieren oder gar zu senken.

Dimensionierung und Anlagenkonfiguration

Von großer Bedeutung für den Energieeinsatz sind die geometrischen Daten des angeschlossenen Rührbehälters, die den Wärmübergang vom Behältermantel auf das Produkt maßgeblich beeinflussen. In den meisten Fällen kommen Doppelmantelbe-



Bild 1: Sorgfältig ausgelegte Heiz- und Kühlsysteme, hier die Kryopac-Anlage KP 600 HKT – EX für -120 bis +140 °C, ermöglichen erhebliche Energieeinsparungen

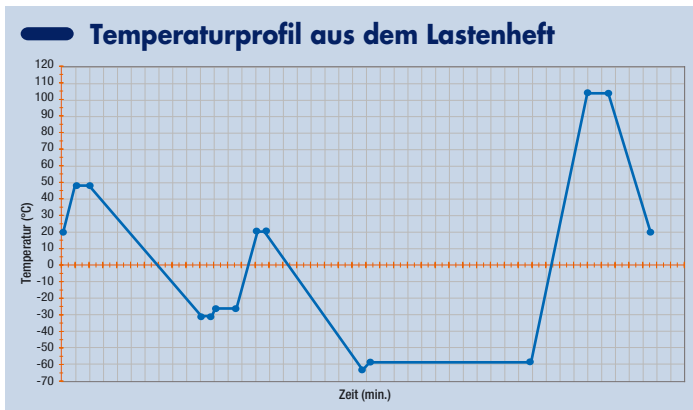


Bild 2: Temperaturkurve für einen Batch-Prozess

hälter oder Behälter mit aufgeschweißter Halbrohrschlange zum Einsatz. Über die Drehzahl des eingesetzten Rührwerkes kann der Wärmeübergang zum Behältermantel positiv beeinflusst werden.

Gerade hier kann eine ökologische Gesamtbetrachtung in der Planungsphase des Heiz- und Kühlsystemes in Verbindung mit dem Rührbehälter langfristig ein erhebliches ökonomisches Einsparpotenzial mit sich bringen, da sich die Betriebskosten verringern. Mit dem ausgereiften Berechnungstool (Delta T Reactor) ist es möglich, die Geometrie von Rührbehältern und des dazugehörigen Rührwerkes hinsichtlich der Wärmeübertragung zu vergleichen (Bild 3). Hinsichtlich der benötigten Kapazität ist es notwendig, dass Heizleistung sowie Kühlleistung auf die maximalen Betriebsbedingungen, d.h. auf den größten Temperaturhub ausgelegt werden. Dazu muss anhand der Betriebsparameter eine detaillierte Energiematrix erstellt werden, die in jedem Status des Prozesses den maximal benötigten Energieeinsatz darstellt. Bei solchen extremen Temperaturrampen bietet der Einsatz eines Reaktors mit Halbrohrschlange einen erheblichen Vorteil, da durch die hohe Strömungsgeschwindigkeit innerhalb des Behältermantels ein sehr guter Wärmeübergangskoeffizient erreicht werden kann. Doppelmantelreaktoren erfordern grundsätzlich eine erheblich höhere Temperaturdifferenz zwischen der gewünschten Temperatur des Produktes innerhalb des Reaktors und des Wärmeträgermediums im Mantel. Durch den modularen Aufbau der Lauda-Anlagen ist eine individuelle Konfiguration bezüglich der Anforderung gewährleistet. Alle am Standort des Anwenders vorhandenen und verfügbaren Energien können problemlos integriert werden. Mit dem Modulkonfigurator kann den Anforderungen entsprechend ein Anlagenkonzept entworfen werden.

Primärenergie und CO₂-Emissionen

Betriebswirtschaftlich relevant sind für den Betreiber bisher lediglich die Gesamtenergiekosten, die sich hauptsächlich nach dem Stromverbrauch (kWh) richten. Ökologisch hingegen ist der Primärenergieverbrauch ein Maß für den Ausstoß des klimaschädlichen Treibhausgases CO₂. Für die Erzeugung von einer kWh Strom muss in Deutschland etwa die dreifache Menge an Primärenergie aufgewendet werden, wobei etwa 0,6 kg CO₂ emittiert werden. Die Primärenergieeinsparung ist dreimal so groß wie die Einsparung an Endenergie (Strom).

Bei den meisten Heiz- und Kühlsystemen verursacht der Stromverbrauch als indirekter CO₂-Emittent den höchsten Anteil

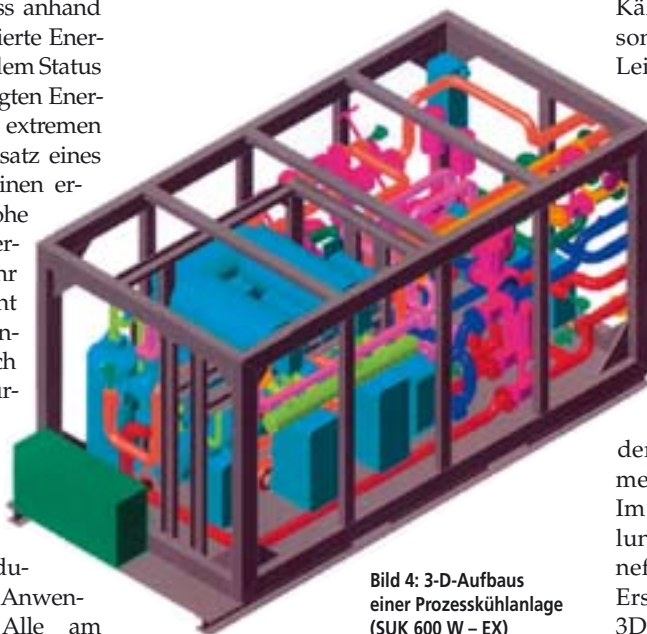


Bild 4: 3-D-Aufbau einer Prozesskühlanlage (SUK 600 W - EX)

am Treibhauseffekt. Betrachtet man die gesamte Lebensdauer einer Anlage, resultiert daraus ein erhebliches Treibhauspotenzial. Beim Einsatz von Dampf, Kühlsole und

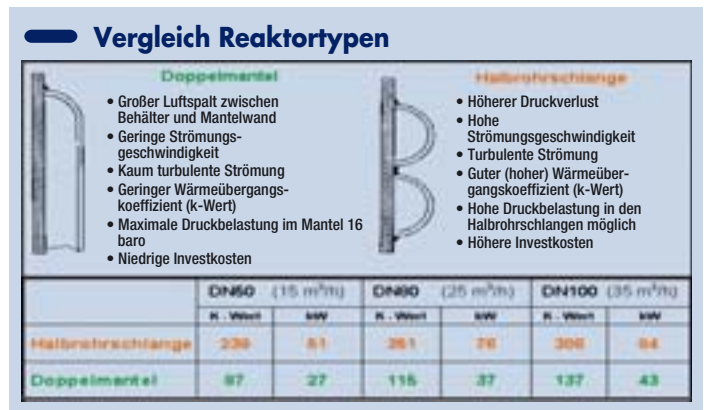


Bild 3: Vergleich von Reaktortypen mit dem Berechnungstool Delta T Reactor

anderen Primärenergieschienen können anhand der Verbrauchsmessungen (Volumen- bzw. Massenstrom) und Temperaturdifferenzen zwischen Vor- und Rücklauf die Energieverbräuche ermittelt werden. Die Erzeugung dieser Primärenergien wird je nach Art und Verfahren der Erzeugung individuell bewertet. Oft kommen hier Energieträger wie Erdgas, Erdöl o. ä. zum Einsatz. Ist deren Zusammensetzung bekannt, kann über den Verbrennungsprozess ebenfalls ein CO₂-Äquivalent ermittelt werden. Ein starkes Potenzial zur Reduzierung der Treibhausemission ergibt sich bei Kälteanlagen für die Prozesskühlung. Dabei trägt nicht nur der Stromverbrauch im Betriebspunkt zur indirekten CO₂-Emission bei, sondern auch die Leckagen in den verlegten Rohrleitungen und das Recycling des eingesetzten Kältemittels als direkte CO₂-Emission. Besonderes Augenmerk gilt hier der Carnot-Leistungszahl, die von vielen Faktoren (unter anderem Kältemittel, Verdampfungs-, Kondensationstemperatur und Unterkühlung) abhängt. Für alle Module wurde eine Berechnungsmethode entwickelt, mit der die Auswirkungen auf den Treibhauseffekt eines Heiz- und Kühlsystems individuell beurteilt werden können. Auf Kundenwunsch kann auch der komplette Prozess evaluiert und mit einem CO₂-Äquivalent bewertet werden. Mehr als 50 Jahre Erfahrung bei der Herstellung von Heiz- und Kühlsystemen sichern eine ausgereifte Technologie. Im Rahmen von stetiger Weiterentwicklung der Anlagen wurde auch die Anlageneffizienz kontinuierlich verbessert. Die Erstellung von Anlagenkonzepten im 3D-Format gehört zum Standard (Bild 4).