



Wärmepumpen – die einzig sinnvolle Lösung für eine „nachhaltige“ Energienutzung?

Hebel, Flaschenzug oder Wagenheber werden verwendet, um mit geringem Kraftaufwand Lasten zu bewegen. Theoretisch könnte so mit der Kraft eines Kindes ein Ozeandampfer angehoben werden, umgekehrt könnte mit erträglicher Kraft und kurzem Weg ein 10 g schwerer Brief mit einem entsprechendem Hebel schnell und einfach in die 2. Etage eines Hauses transportiert werden, aber neben dem technischen Aufwand sind unvermeidbare Verluste bei der vermeintlich einfachen Lösung zu berücksichtigen. Einfacher wäre es, den leichten Brief nicht einzeln in die 2. Etage zu befördern, sondern z. B. zusammen mit einem Kasten Bier; aber korreliert der Bierbedarf zeitlich und mengenmäßig mit dem Briefaufkommen?

Lösungsvorschläge zur Reduzierung der einzukaufenden Energiemenge wirken häufig wenig durchdacht und drücken mit „bis-zu-Formulierungen“ unrealistischen Optimismus aus oder akzeptieren eine Kundentäuschung zur Erreichung persönlicher Ziele; sie vernachlässigen regelmäßig z. B. den erforderlichen Gleichzeitigkeitsfaktor oder zur Realisierung zwingend notwendige, aber wirtschaftlich oder technisch nicht realisierbare Spei-

cherlösungen. Ist es sinnvoll „überschüssigen Bio-Strom“ in Wasserstoff zu „wandeln“ und ins Erdgasnetz einzuspeisen, obwohl zeitgleich fossiles Erdgas verbrannt wird? Ist es tatsächlich billiger, den Strom als „brennbares Gas“ durch Rohre zu pumpen, statt den Strom durch Stromleitungen zu transportieren und direkt als elektrischen Strom ggf. auch zu Heizzwecken oder zur Warmwasserbereitung zu nutzen? Wenn zeitgleich Erdgas verbrannt

wird und „alternativer“ Strom im Überschuss anfällt, muss es wirtschaftlicher sein, das Erdgas direkt durch den überschüssigen Strom zu substituieren! Eine Umwandlung des Stroms in speicherbare Formen macht nur Sinn, wenn eine Speicherung in der Gesamtbilanz tatsächlich stattfindet und nicht nur ideologisch sinnvoll ist. Wärmepumpen sind politisch en vogue und werden entsprechend forciert. Durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle ist (zum Zeitpunkt als diese Zeilen geschrieben werden) eine Förderquote von „bis zu 55 Prozent“ der förderfähigen Investitionskosten bei der Installation von Wärmepumpen (Modul 2: Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien) möglich. Fördertöpfe sollten primär als Wahlkampfmaßnahme der Politiker und als willkommenes Geschenk gesehen werden, aber die eigentliche Investitionsmaßnahme sollte auch ohne Unterstützung durch die Allgemeinheit (wirtschaftlich) sinnvoll sein.

Planungssicherheit

Nicht nur wegen des Krieges in der Ukraine und damit begründete Strafmaßnahmen der EU und anderer gleichgesinnter Länder ist die Planungssicherheit weiter gesunken. Der Hebel zwischen Gas- und Strompreis hat sich verkürzt, das Verhältnis zwischen Rohölpreis und Energie aus Erdölprodukten hat sich deutlich vergrößert; die von der Politik geduldete gewaltsame Verhinderung genehmigter Maßnahmen zum Braunkohletagebau im Hambacher Forst würde es heute möglicherweise trotz einer „grüneren“ Regierung nicht mehr geben. Die Preisexplosion von Erdgas verteuert direkt proportional die (Stickstoff-)Düngerherstellkosten und daraus folgend steigt der Preis für Kraftfutter an und es ändert die Fütterung von Nutztvieh und reduziert dadurch z. B. den mittleren Fettgehalt der Rohmilch und verteuert Milchlaktose (Butter) überproportional stark. Brennstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen werden hiervon ebenfalls beeinflusst. Ob Politiker komplexere Zusammenhänge richtig erkennen oder „uneigenütigen“ Beratern folgen, bleibt abzu-



Bilder: Verfasser

warten. Gegenwärtig ist jede Prognose auch eine riskante Spekulation. Solange die Anschaffung von batterieelektrischen Pkw staatlich stark subventioniert wird, scheint die Politik weiterhin elektrischen Strom als zukunftsorientierte Energie zu priorisieren, sodass das Risiko entsprechender Investitionen vermutlich überschaubar bleibt. Falls, wie von Fachleuten prognostiziert, die benötigte elektrische Kraftwerksleistung sich mehr als verdoppeln sollte, Betriebszeiten und Wirtschaftlichkeit konventioneller Kraftwerke wegen der Priorisierung und dem Ausbau „grüner Energie“ entsprechend sinken werden, könnte es sein, dass die Regierung heute nicht vorhersehbare Maßnahmen beschließt, die die Wirtschaftlichkeit von elektrisch betriebenen Wärmepumpen beeinflussen.

Wirtschaftlichkeitsgrundsätze

Viele Jahre lang lag der Arbeitspreis für eine Kilowattstunde Strom mindestens beim Faktor 3 im Verhältnis zum Preis für eine Kilowattstunde Erdgas; denn wenn man aus Erdgas Strom erzeugt, war dieser Faktor für eine Vollkostenrechnung in der Regel kostendeckend. Unterschiedliche Primärenergien hatten – auf den Heizwert bezogen – einen ähnlichen Preis. Durch Boykottmaßnahmen aufgrund des Krieges in der Ukraine und der gegenwärtig vorherrschenden Ideologie und damit zusammenhängenden Spekulationen wird

das Preisgefüge manipuliert, sodass es nicht unbedingt ratsam ist, die heute gültigen Preise als Grundlage für mittel- und langfristige Planungen zu nehmen. Wenn in höchster Eile fossile Energie durch elektrischen Strom substituiert werden soll, wird das vermutlich die Nachfrage im Verhältnis zum Angebot erhöhen und die Einkaufspreise für elektrischen Strom beeinflussen. Auch wenn deutsche Investoren Kernkraftwerke in der Ukraine bauen sollten, um die Stromversorgung in Deutschland sicherzustellen, klingt das nicht nach einem Plan, um eine gewünschte Preis- und Planungssicherheit zu erreichen. Wenn man weiterhin davon ausgeht, dass die Erzeugung einer Kilowattstunde Strom mindestens doppelt so teuer ist wie die Erzeugung einer Kilowattstunde nutzbarer thermischer Energie (d. h. unter Berücksichtigung des Wirkungsgrads der Wärmeerzeugung und der Verluste für die Wärmeverteilung), ist das vermutlich nicht vollkommen falsch. Wenn durch hohe Nachfrage hohe Gewinne erzielt werden, wird das Angebot irgendwann auch erhöht werden und das Verhältnis zwischen den Energieträgern wird wieder hergestellt werden.

Wärmepumpe

Wenn man von Wärmepumpen spricht, meint man in der Regel Kompressionsanlagen, die im Wesentlichen aus Kompressor, Kondensator, Kältemittelpumpen, Expansionsventil und Verdampfer bestehen. Ungünstige thermodynamische Eigenschaften können teilweise durch die Dimensionierung der Bauteile abgemildert werden. Es sollte jedoch berücksichtigt werden, dass man auch bei Kältemitteln mit geeigneteren Eigenschaften nicht zwangsläufig Investitionskosten reduzieren muss, sondern man auch dort Bauteile entsprechend überdimensionieren kann, um die Betriebskosten weiter zu senken; ein fairer Betriebskosten-Vergleich geht von gleich hohen Investitionskosten aus. Neben der spezifischen Verdampfungswärme und sich daraus ergebenden Masseströmen bestimmen Siede-/Kondensationspunkt (Druck und Temperatur) und das sich daraus ergebende

Volumen die praktische Eignung eines Kältemittels. Von Laien und Scharlatanen (m/w/d) wird gerne die Kompressoraustrittstemperatur in den Vordergrund gestellt. Leider ist hier das Kältemittelgas überhitzt und für den Abbau der Überhitzung werden nicht nur große Wärmeübertragungsflächen benötigt, sondern auch die nutzbare Wärmemenge ist relativ klein, deshalb muss immer die Verdampfungs-/Kondensationstemperatur (beim entsprechenden Druck) betrachtet werden. Wenn überhitzter Wasserdampf z. B. von 140 °C auf eine Kondensationstemperatur von 100 °C abgekühlt wird, gibt der Dampf ca. 47 Wh/kg ab, aber wenn der 100 °C Dampf zu 100 °C Kondensat wird, werden 627 Wh/kg frei.

Kältemittelauswahl

In großtechnischen Anlagen wurden Kältemittel früher primär nach ihren thermodynamischen Eigenschaften ausgewählt, um niedrige Betriebs- und erträgliche Investitionskosten zu realisieren. Faktoren wie Brennbarkeit oder Toxizität waren sekundär und auch das Klimaerwärmungspotenzial [= Global Warming Potential [GWP]] wurde nicht betrachtet, denn das Kältemittel befindet sich in einem geschlossenen System und gelangt in der Regel nicht in die Umwelt. Nachdem „Kältemittel“ z. B. als Treibgase in Haarspraydosen oder zum Aufschäumen von Dämmstoffen zweckentfremdet eingesetzt wurden, meinte man grundsätzlich die Priorität auf das GWP legen zu müssen, sodass heute die Wirtschaftlichkeit weniger wichtig erscheint. Wer weiterhin die Wirtschaftlichkeit (selbstverständlich unter Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben und Berücksichtigung der meinungsbildenden NGOs, Aktivisten und des ÖRR) priorisiert, sollte berücksichtigen, dass besonders effektive Kältemittel regelmäßig erst ab einer bestimmten Mindestleistung Sinn machen, da Bauteile wie Kompressoren oder Rohrleitungsquerschnitte sinnvoll nicht beliebig skaliert werden können. Einen modernen Kühlschrank z. B. mit dem Kältemittel R717 (Ammoniak) zu bauen, wäre eine technische Herausforderung.

Wasser ist z. B. grundsätzlich ein großartiges Kältemittel. Wenn man jedoch niedrige Temperaturen im Verdampfer z. B. zur Raumklimatisierung erreichen will, benötigt man einen sehr niedrigen Absolutdruck und das zu fördernde und zu komprimierende Volumen und der damit verbundene apparative Aufwand sind entsprechend sehr groß. Wenn Wasser in einer Wärmepumpe als „Kältemittel“ eingesetzt wird, um bei einem Kochprozess Wasser zu verdampfen, kann theoretisch die Temperaturdifferenz unendlich klein gewählt werden, wodurch sich eine unendlich große Leistungszahl ergäbe. Real wurden bereits vor 40 Jahren (ohne staatliche Zuschüsse) solche Wärmepumpen in Brauereien mit verifizierten Leistungszahlen von über 35 ausgeführt. Da es billiger war, die Verdampfung beim Würzekochen stetig zu verringern, wurde die Installation dieser als Brüdenverdichtung oder Brüden(dampf)kompression bezeichneten Wärmepumpen zunehmend unrentabel.

Leistungszahl

Die Leistungszahl 35 bei einer Wärmepumpe bedeutet, dass 35 kWh nutzbare Wärme durch den Einsatz einer Kilowattstunde elektrischer Energie erzeugt werden. Bei der Brüdenkompression kann die Temperaturdifferenz sehr klein gewählt werden, was die sehr hohe Leistungszahl ergibt. Eine Brauerei im Ruhrgebiet wollte sich jedoch die Anschaffung neuer Wärmeübertrager „ersparen“ und investierte in eine 2-stufige Brüdenkompression mit entsprechend hohem Druck, entsprechend hoher Temperaturdifferenz und entsprechend desaströser Leistungszahl.

Praktische Anwendungen

Grundsätzlich sind kleine Temperaturdifferenzen günstig für den Betrieb einer Wärmepumpe. Wenn bei einer Außentemperatur von 18 °C Luft für eine Raumlufthei-

zung auf 21 °C erwärmt werden soll, kann eine hohe Leistungszahl erreicht werden. Wenn im Gebäude eine alte Heißwasserheizung installiert ist, die Vorlauftemperaturen von 120 °C benötigt, macht es keinen Sinn eine Wärmepumpe einzusetzen, deren Verdampfer mit 18-gradiger Außenluft betrieben wird. Abwärme von Druckluft- oder Kältekompressoren einzusetzen, scheitert häufig am Gleichzeitigkeitsfaktor bzw. an der erforderlichen Speicherung. Zeitgemäße Flaschenwaschmaschinen besitzen ein sehr durchdachtes System an Wärmeübertragern. Beim Einsatz einer Wärmepumpe würde der Verdampfer das Abwasser abkühlen und der Heißlau-gewärmeübertrager würde vom Kondensator beheizt werden. Bei einer angenommenen Temperaturdifferenz von über 50 K zwischen Abwasser- und Laugetemperatur wäre der apparative Aufwand relativ groß, um eine hohe und somit wirtschaftliche Leistungszahl zu realisieren.

Fazit

Bei den Betriebskosten einer Wärmepumpe werden die zu erwartenden Wartungskosten häufig nicht angemessen berücksichtigt. Entscheidend für die mögliche Leistungszahl ist die Temperaturdifferenz zwischen Verdampfer und Kondensator der Wärmepumpe. Durch größere Wärmeübertragungsflächen erhöhen sich Ausschubmengen, Reinigungsaufwand und Investitionskosten, sodass die Wirtschaftlichkeit überproportional sinkt, je näher man der theoretisch möglichen Leistungszahl kommt. Wenn eine Ersatzbeschaffung ansteht, sollten Alternativen zur Energiekostenreduzierung betrachtet werden, zu denen auch der Einsatz einer elektrisch betriebenen Wärmepumpe zählen kann. Als getrennt betrachtete Energieeinsparungsmaßnahme wird der Einsatz einer Wärmepumpe häufig nicht die wirtschaftlich sinnvollste Maßnahme darstellen. □

Raimund Kalinowski

Raimund Kalinowski, Sachverständigenbüro und Wirtschafts-Mediator (QDR). Staatlich anerkannte Gütestelle nach § 794 Abs.1 Nr. 1 ZPO. Von der IHK öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Maschinen und Anlagen der Brauerei- und Getränkeindustrie: Planungs- und Ausführungsfehler (www.sachverstand-gutachten.de)



MALT MATTERS

SPEZIALMALZE

für charaktervolle Biere:
**Die WEYERMANN®
Tennen-, Terroir-
und Heirloom Malze**

RÖSTMALZBIER

SINAMAL® & Bio SINAMAL®
... gebraut nach dem
Deutschen Reinheitsgebot für
mehr Farbe und Geschmack
im Bier

FERMENTIS® TROCKENHEFEN

Hefestämmen für unter- und
obergärige Bierspezialitäten



Besuchen Sie
uns auf der
**Craft Brewers
Conference &
BrewExpo America®
2023**
Nashville, USA
7. - 10. Mai 2023
Stand 414



WEYERMANN® SPEZIALMALZE

**Brau-, Röst-
und Caramelmalzfabrik**
Brennerstraße 17-19
D-96052 Bamberg
Tel.: +49 (0) 951 93 220-0
E-Mail: info@weyer mann.de

www.weyer mann.de