

„Bestandsanalyse, Konzeption und Optimierungsempfehlungen für die Kälteversorgung des Institutes für Polymerforschung Dresden“

1. Aufgabenstellung

- Bestandsaufnahme von Erzeugern, Verbrauchern und Rückkühltechniken
- Erstellung einer Bedarfsprognose für die nächsten 15 Jahre
- Konzeption einer zentralen Kälteversorgung
- Untersuchung verschiedener möglicher Rückkühltechniken
- Erstellung der effizientesten Kombination aus Kälteerzeugung, Rückkühltechnik und Kälteverbund

2. Bestandsaufnahme, Bedarfsprognose

Der Komplex des Leibniz-Instituts für Polymerforschung besteht aus sieben Labor- und Bürogebäuden, von denen sechs mit Kälte versorgt werden. Die Gesamtkälteleistung aller installierten Erzeuger beträgt 1.701 kW. Davon entfallen 1.376 kW auf acht Kompressionskältemaschinen, 147 kW auf eine Absorptionskältemaschine und 178 kW auf 15 Direktverdampfungsanlagen. Der Kälteleistungsbedarf beträgt aktuell 1.664 kW. Bei Berücksichtigung von zukünftigen Kältebedarfen und einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,7 für Umluftkühlgeräte (RLT-Anlagen und technologische Kälte 1,0) wird für 2027 ein Kälteleistungsbedarf von 1.900 kW prognostiziert.

3. Variantenuntersuchung Kälteerzeugung

Zunächst wurden folgende Kombinationen aus Kälteerzeuger, Rückkühl- und Speichertechnik gebildet. Dabei decken die Varianten 1 bis 3 (Grundvarianten) den gesamten Kälteleistungsbedarf, während die Varianten 4 bis 8 (Zusatzvarianten) aufgrund technischer und genehmigungsabhängiger Grenzen nur einen Teil decken können.

Variante	Rückkühltechnik	Erzeuger	Speicher
1	Außenluft, trocken	Kompression, Schraube	Kaltwasser
2	Außenluft, hybrid	Kompression, Turbo	Kaltwasser
3	Außenluft, hybrid	Absorption	Kaltwasser
4	Erdreich	Kompression, Schraube	Eis
5	Erdreich	Kompression, Turbo	Kaltwasser
6	Grundwasser	Kompression, Schraube	Eis
7	Grundwasser	Kompression, Turbo	Kaltwasser
8	Abwasser	Kompression, Turbo	Kaltwasser

Bei der Variantenuntersuchung stellten sich verschiedene Technologien als effizienter, wirtschaftlicher oder nachhaltiger als andere heraus. Es konnte z.B. gezeigt werden, dass unter den Randbedingungen im IPF Absorptionskältemaschinen weder wirtschaftlich noch unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten vorteilhaft gegenüber Kompressionskältemaschinen sind. Sie eignen sich allerdings für Anwender, bei denen ein konstant hohes Aufkommen von Prozessabwärme vorliegt, wie z.B. durch Betrieb eines Blockheizkraftwerks. Es wurde ebenfalls gezeigt, dass Kompressionskältemaschinen, die hybrid gekühlt werden, nachhaltiger sind und niedrigere Verbrauchskosten aufweisen als solche, die ihre Abwärme über Trockenkühler abführen. Die hohen Effizienzwerte unter Eurovent-Bedingungen sollten nur als Vergleichswerte, nicht jedoch für die Auslegung verwendet werden, da sie zwar einerseits zu guten Nachhaltigkeitsbewertungen, andererseits aber auch zu hohen Trinkwasserverbräuchen und damit hohen Verbrauchskosten führen.

Es konnte gezeigt werden, dass durch den Einsatz von alternativen Rückkühltechniken in Kombination mit Kompressionskältemaschinen die verbrauchsbezogenen Kosten gesenkt werden. Als Nachteil sind die teilweise sehr hohen Investitionskosten sowie der bauliche Aufwand zu nennen. Ebenfalls von Nachteil sind die eingeschränkten Möglichkeiten der freien Kühlung. Großes Potential steckt daher bei Nutzung alternativer Rückkühltechniken in der Anhebung des Kälteverbundes auf eine Vorlauftemperatur von beispielsweise 12-15°C. So entsteht die Möglichkeit, in einem Großteil des Jahres sämtliche Verbraucher der technologischen Kälte sehr effizient, ohne den Betrieb einer Kältemaschine, frei zu kühlen. Dazu muss überprüft werden, ob die Verbraucher unter diesen Bedingungen arbeiten können. Andernfalls ist generell ein trockenes Rückkühlwerk vorzusehen, um effizient frei kühlen zu können.

Bezüglich der untersuchten Eisspeichertechnologie wurde gezeigt, dass diese Art von Speichern die zu installierende Kältemaschinenleistung halbieren kann. Besonders bei Nutzung von Rückkühltechniken mit hohen Investitionskosten ist dies von Vorteil, da nur die Hälfte der ohne Eisspeicher benötigten Rückkühlleistung installiert werden muss. Nachteilig sind die niedrigen Effizienzwerte der Kältemaschine bei Beladung des Speichers, die aus wirtschaftlicher Sicht durch günstige Nachtstromtarife ausgeglichen werden, sich aber direkt auf den Primärenergiebedarf auswirken. Die Eisspeichertechnologie hat das Potential, die Spitzenleistung einer Anlage zu senken.

4. Vorzugsvariante

Aufgrund der Ergebnisse der Variantenuntersuchung wurde eine Kombination aus Grundvariante und Zusatzvariante gebildet, um die Vorteile der verschiedenen Technologien miteinander zu verbinden. Die Vorzugsvariante besteht aus zwei hybrid an der Außenluft gekühlten Turbo-Kompressionskältemaschinen, einem Kaltwasserspeicher (Variante 2), einer grundwassergekühlten Kompressionskältemaschine mit Schraubenverdichtern und einem Eisspeicher (Variante 6). Die Kombination wird wie folgt betrieben:

- Unter +2°C freie Kühlung, auch zur Beladung des Eisspeichers einsetzbar
- Zwischen +3°C und +17°C Turbo-KKM bei hohen Teillast-EER-Werten in Betrieb, durch Beimischung von Grundwasserkühlung Eurovent-Werte möglich
- Zwischen +18°C und +34°C Grundlastdeckung durch Schrauben-KKM, Rest durch Turbo-KKM, ab 29°C Entladung des Eisspeichers

Durch diese Betriebsweise arbeiten die Maschinen immer jeweils in ihrem höchsten Effizienzbereich. Durch Nutzung des Eisspeichers weist die Vorzugsvariante eine elektrische Spitzenleistungsaufnahme von etwa 300 kW auf, wohingegen diese für die Variante 2 bei 408 kW liegt. Dieser Sachverhalt führt zu einer Entlastung der Stromnetze und auf die Kälteerzeugungsanlage bezogen zu einem niedrigeren Leistungspreis.

Die Vorzugsvariante kann als zukunftsfähig betrachtet werden, da sie auf verschiedenste Entwicklungen am Energiemarkt reagieren kann. Aufgrund des niedrigen Energiebedarfs steigen die Verbrauchskosten bei einer Erhöhung der Preise für Elektroenergie nicht in dem Umfang, wie es bei anderen Varianten der Fall wäre. Ebenfalls bietet der Eisspeicher in Zukunft bei Nutzung variabler Stromtarife die Möglichkeit, Ladevorgänge in Zeiträume mit Strompreisen zu verlegen, die noch günstiger sind als der derzeitige Nachttarif. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn nachts bei hohem Windaufkommen mehr Strom durch Windkraft erzeugt als verbraucht wird. Um die Einführung dieser variablen Tarife zu forcieren, hat die Bundesregierung bereits 2010 ein Gesetz verabschiedet. Der Eisspeicher kann also die Stromnetze entlasten und gleichzeitig Ausgaben senken.

5. Kälteverbund

Um eine sinnvolle Lösung für einen Kälteverbund zu finden, wurden zwei Varianten, im Einzelnen ein sternförmiger und ein ringförmiger Verbund, miteinander verglichen. Dabei stellte sich der ringförmige Kälteverbund zunächst als kostenintensiver heraus. Da diese Variante aber eine sehr hohe Versorgungssicherheit bietet, wird sie empfohlen.

6. Empfehlungen

Als zukünftige Kälteversorgung wird dem Institut für Polymerforschung eine Kombination aus Vorzugsvariante und ringförmigem Kälteverbund empfohlen. Diese Lösung vereint Energieeffizienz, Nachhaltigkeit, Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit. Weiterhin sollten Kälteverbräuche stetig gemessen und mit den Prognosen verglichen werden, um die Anlage weiter zu optimieren. Als sinnvoll wird eine Anhebung der Kaltwassertemperaturen bei freier Kühlung erachtet. Der Kältebedarf sollte durch effizientere Verbraucher, insbesondere der technologischen Kälte, gesenkt werden.