

Diplomarbeit Nr. 1/2026

Untersuchung von Optimierungsmöglichkeiten bei der Kombination von Abwärme- und Umweltwärmenutzung zur Erzeugung von Fernwärme

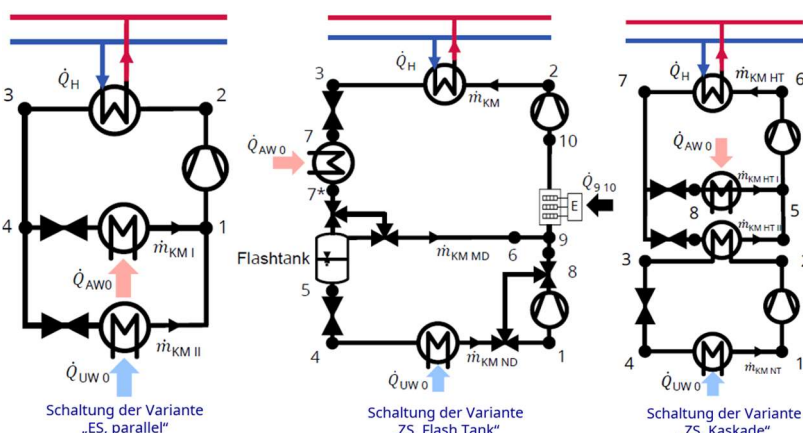
Bearbeitet von: Daniel Zeltwanger

Aufgabenstellung

Ziel der Diplomarbeit war die Recherche und der Vergleich von verschiedenen Wärmepumpenkonzepten, welche die beiden Wärmequellen Umweltwärme und Abwärme kombinieren. Die Wärme soll in ein Fernwärmenetz eingespeist werden. Diese Wärmepumpenkonzepte sollen anhand von energetischen Kennzahlen (COP/JAZ, Wärmeströme $\dot{Q}$ und Verdichterleistungen P) verglichen werden. Im Anschluss werden die Ergebnisse auf reale Projekte der SachsenEnergie angewendet.

Betrachtete Wärmepumpenkombinationsvarianten

Anhand einer Literaturrecherche wurden drei verschiedene Wärmepumpenkonfigurationen erarbeitet, welche Umweltwärme und Abwärme in einem Prozess kombinieren können. Diese Kombinationsvarianten enthalten die Parallelschaltung der Verdampfer, die Nutzung eines Flash Tanks oder einer kaskadierten Wärmepumpe.



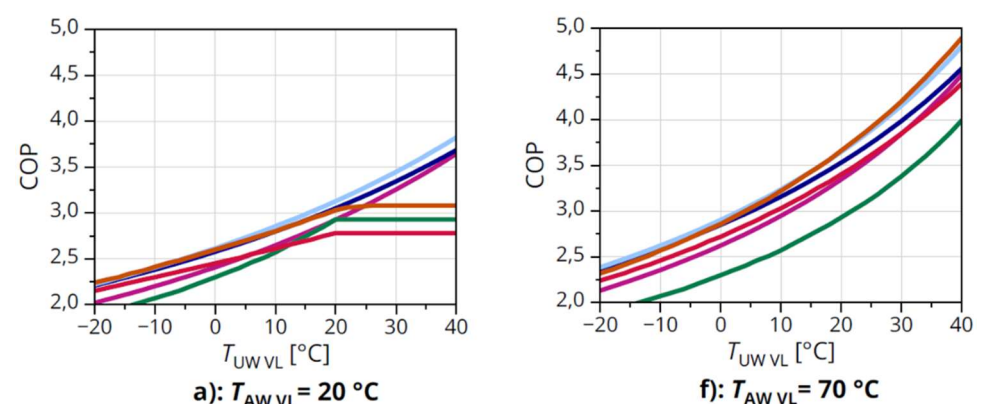
Diesen drei Kombinationsvarianten stehen drei Referenzvarianten gegenüber („getrennt“), die als Vergleich dienen und bei denen keine Kombination von Umweltwärme und Abwärme stattfindet.

Berechnungsmodell

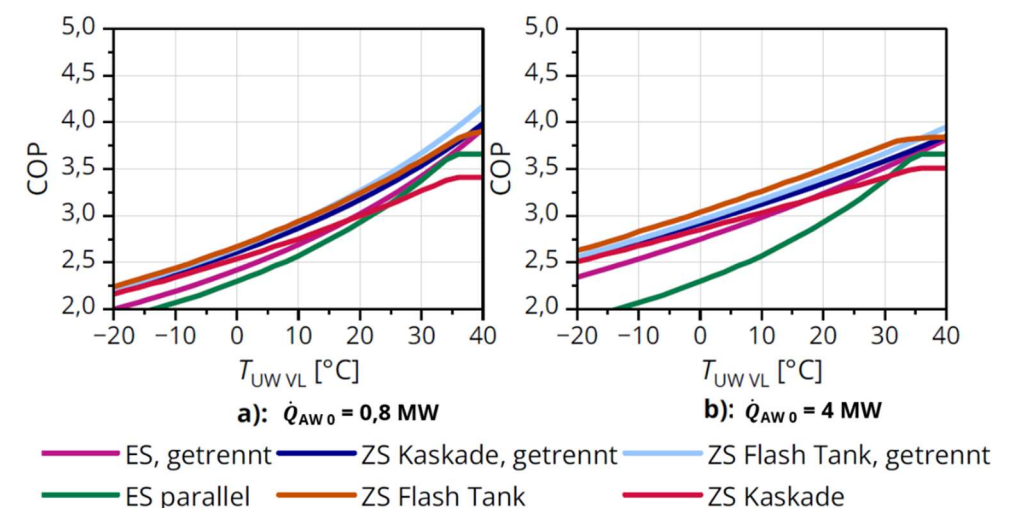
Als Berechnungsmodell dient ein selbst erstelltes Berechnungsprogramm in der Programmiersprache Python mit der Einbindung einer Stoffdatenbank (CoolProp). Für den konkreten Vergleich der Varianten wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, bei welcher die Temperaturen von Umweltwärmequelle ($T_{UW,VL}$) und Abwärmequelle ($T_{AW,VL}$), sowie die entnommene Kälteleistung aus der Abwärmequelle ($\dot{Q}_{AW,0}$) variiert worden sind.

Ergebnisse

Es hat sich gezeigt, dass im Allgemeinen die Varianten „ZS Flash Tank, getrennt“ und „ZS Flash Tank“ den höchsten COP haben. Bei hohem $T_{UW,VL}$ und niedrigem $T_{AW,VL}$ haben die Varianten „ES parallel“, „ZS Flash Tank“ und „ZS Kaskade“ allerdings einen geringeren COP als die Referenzvarianten. Im Allgemeinen hat die Variante „ES parallel“ den geringsten COP. Das Kältemittel R717 (Ammoniak) liefert den höchsten COP.



COP der Wärmepumpen-Kombinationsvarianten in Abhängigkeit von $T_{UW,VL}$ und $T_{AW,VL}$. Kältemittel: Ammoniak (R717), $\dot{Q}_{UW,0} = 4 \text{ MW}$, $\dot{Q}_{AW,0} = 1,2 \text{ MW}$



COP der Wärmepumpen-Kombinationsvarianten in Abhängigkeit von $T_{UW,VL}$ und $\dot{Q}_{AW,0}$. Kältemittel: Ammoniak (R717), $\dot{Q}_{UW,0} = 4 \text{ MW}$, $T_{AW,VL} = 35 \text{ °C}$

Anwenden auf Projekte der SachsenEnergie

Die sechs Kombinationsvarianten wurden auch über den Verlauf eines Jahres energetisch verglichen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle (unten) dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Varianten,

	ES getrennt	ZS Kaskade, getrennt	ZS Flash Tank, getrennt	ES parallel	ZS Flash Tank	ZS Kaskade
$Q_{0,ges}$ [GWh]	24,61	24,61	24,61	24,61	24,61	24,61
$W_{el,ges}$ [GWh]	15,50	13,94	13,49	15,66	14,14	15,63
$Q_{H,ges}$ [GWh]	40,11	38,55	38,09	40,27	38,75	40,24
JAZ	2,59	2,77	2,82	2,57	2,74	2,57

bei denen keine Kombination auftritt („ZS Kaskade getrennt“, „ZS Flash Tank, getrennt“), sowie die Variante „ZS Flash Tank“ die höchste JAZ aufweisen.

Ausblick

Die Ergebnisse dieser Diplomarbeit können verwendet werden, um einen ersten Einstieg in das Thema der Wärmepumpen mit kombinierten Wärmequellen zu bekommen. Aufgrund der vereinfachenden Annahmen in der Berechnung sind die Ergebnisse dieser Diplomarbeit hinsichtlich ihrer Genauigkeit kritisch zu betrachten.

