

Exemplarische Untersuchung verschiedener Kollektoren zur Einbindung in Fernwärmenetze – Teil 2

Die direkte Einspeisung von solarer Wärme in Fernwärmenetze ist eine wichtige Strategie hinsichtlich einer ökologischen Wärmeversorgung. Am Markt sind viele Kollektoren mit unterschiedlichem Aufbau und thermischen Verhalten verfügbar, so dass bei einer großtechnischen Umsetzung die optimale Feldauslegung an Bedeutung gewinnt. Teil 2 knüpft an den ersten Teil an und behandelt die Flächenbelegung für vier typische Kollektoren und drei Szenarien. Weiterhin wird die aktive Frostfreihaltung betrachtet.

Die Fernwärmeversorgung kann eine Schlüsselrolle bei der Wärmewende einnehmen. In Deutschland werden rd. 14 % der Wohnungen mit Fernwärme versorgt [1]. Eine vom Bundesverband für Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW) beauftragte Studie [2] stellt verschiedene Trend- und Entwicklungsszenarien für die Fernwärmeversorgung in Deutschland vor. Die Prognosen zeigen, dass es zu keinem anteiligen Absinken der Fernwärme an der Gesamtwärmeversorgung kommt. Es wird ein zumindest gleichbleibender Anteil angenommen. Eine Steigerung des Versorgungsanteils auf 40 % an der gesamten Wärmebereitstellung erachten die Autoren der Studie aber auch als möglich.

Demzufolge ist die Integration solarer Wärme in Fernwärmenetze eine langfristig wirkende Maßnahme zur Erfüllung der umweltpolitischen Ziele.

Ausgangssituation

Im ersten Teil dieser Untersuchung [3] sind vier Kollektoren mit unterschiedlichem thermischen Verhalten und verschiedenen Aufstellungsarten miteinander verglichen worden. Die vier Kollektoren

- A) Flachkollektor der Firma Wagner WGK 133 AR plus [4],
- B) CPC-Kollektor der Firma Ritter XL 19/49 P [5],
- C) Parabolrinnenkollektor der Firma Absolicon T160 [6] sowie

D) Parabolrinnenkollektor der Firma Soliterm PTC1800 [7] repräsentieren typische Kollektoraufbauten, die für den Nieder- und Mitteltemperaturbereich geeignet sind. Die beiden Parabolrinnenkollektoren (PTC) Kollektor C) und Kollektor D) unterscheiden sich durch ihr Konzentrationsverhältnis C . Darunter wird das Verhältnis von Apertur- zur Absorberfläche verstanden. Der Kollektor D) hat mit $C = 15$ ein größeres Konzentrationsverhältnis als der Kollektor C) mit $C = 8,5$. Ein steigendes Konzentrationsverhältnis ermöglicht prinzipiell höhere Kollektortemperaturen.

Der Einsatz dieser vier Kollektoren in einer Anlage nach Bild 1 wurde mit dem Simulationsprogramm TRNSYS [8] modelliert und anschließend für die Betrachtungszeit von einem Jahr simuliert. Die Pumpe P_{FW} fördert den Wärmeträger aus dem Fernwärmerücklauf. Die Solaranlage erwärmt den Wärmeträger. Danach erfolgt die Einspeisung in den Fernwärmeverlauf. Die Eintrittstemperatur auf der Primärseite des Wärmeübertragers $T_{pri,ein}$ (Kollektorkreislauf) wird so festgelegt, dass die Soll-Vorlauftemperatur des Fernwärmenetzes $T_{FW,VL}$ erreicht wird. Bei Nichterreichen der erforderlichen Kollektoraustrittstemperatur $T_{koll,aus}$ erfolgt die Umwälzung des Wärmeträgers, z. B. Wasser-Gly-

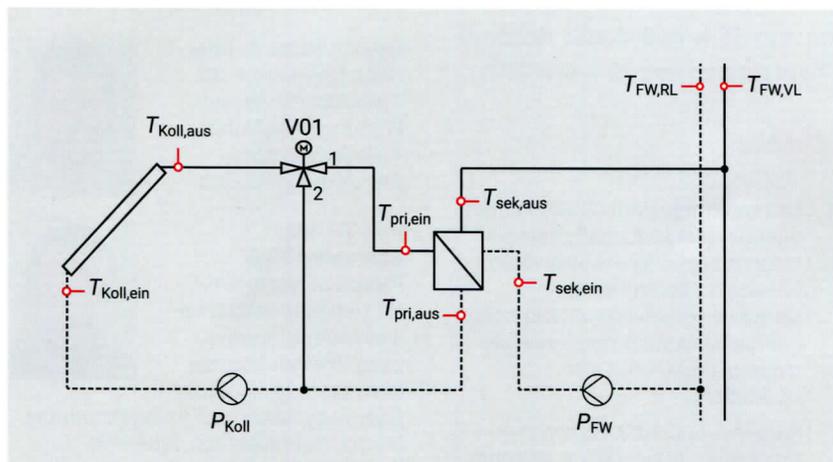


Bild 1. Anlagenschema bei einer direkten Einbindung des Kollektorfelds in das Fernwärmenetz, ohne eine aktive Frostfreihaltung

kol-Gemisch, im Kollektorkreis ohne Auskopplung der Nutzwärme (Ventilstellung 2 von Dreiwege-Umschalt-Ventil V01 in Bild 1).

Weiterhin wurden drei Szenarien eingeführt und betrachtet, die die verschiedenen Fernwärme-Temperaturniveaus berücksichtigen. Die Randbedingungen für die Szenarien stammen vom Netzbetreiber Inetz aus Chemnitz [9].

Das Szenario 1 ist ein mögliches Zukunftsszenario. Der Wetterdatensatz¹⁾ [10] für das Jahr 2045 liefert die klimatischen Randbedingungen. Es wird eine gleitend-konstante Betriebsweise der Vorlauftemperatur angenommen. Hier sind die Netztemperaturen im Vergleich zu den anderen Szenarien am niedrigsten.

Dem Szenario 2 liegt eine saisonale Anpassung der Vor- und Rücklauftemperaturen zugrunde. Dieser Betrachtungsfall spiegelt einen typischen zeitgemäßen Netzbetrieb mit relativ niedrigen Temperaturen wider. Es kommt der aktuelle Wetterdatensatz zur Anwendung.

Im Szenario 3 wird die saisonale Anpassung der Vor- und Rücklauftemperatur wie im Szenario 2 vorgenommen. Jedoch werden höhere Netztemperaturen angenommen. Da es sich um eine Darstellung der gegenwärtigen Situation handelt, nutzt die Simulation auch den aktuellen Wetterdatensatz. Die Anpassung der Vor- und Rücklauftemperatur für die drei Szenarien ist in Bild 2 vorgestellt.

Die Ergebnisse im ersten Teil dieser Veröffentlichung [3] zeigen, dass der Kollektor B) (CPC-Kollektor) in dem untersuchten Temperaturbereich für den Fernwärme-Vor-



Bild 2. Darstellung der Vor- und Rücklauftemperaturen für die drei Szenarien; a) gleitend-konstante Anpassung nach der Außentemperatur, b) und c) monatsweise Anpassung der Temperatur

¹⁾ In der Untersuchung werden Testreferenzjahresdatensätze vom Deutschen Wetterdienst für den Standort Chemnitz verwendet – ein Wetterdatensatz für das Jahr 2045 (Prognose) sowie ein aktueller Wetterdatensatz (2015).

lauf $T_{FW,VL} = 95...140$ °C und damit in allen drei Szenarien für den Untersuchungsort Chemnitz bei einem Flächennutzungsgrad²⁾ $f_{Koll} = 0,6$

²⁾ Der Flächennutzungsgrad ist das Verhältnis aus Kollektorbruttofläche und Aufständiger- bzw. Grundstücksfläche und stellt damit eine wichtige Feldkenngröße dar.

Betrieb	V01	V02	P _{Koll}	P _{FW}	P _{FFH}
Anlagenschema ohne aktive Frostfreihaltung (Bild 1)					
Vorwärmen	2	–	ein	aus	–
Regelbetrieb	1	–	ein	ein	–
Anlagenschema mit aktiver Frostfreihaltung (Bild 3)					
Vorwärmen	2	2	ein	aus	Aus
Regelbetrieb	1	1	ein	ein	Aus
FFH Rücklauf	2	2	ein	aus	Aus
FFH Fernwärme	1	2	ein	aus	Ein

Tafel 1. Ventilstellungen und Pumpensignale für die beiden Anlagenschemata

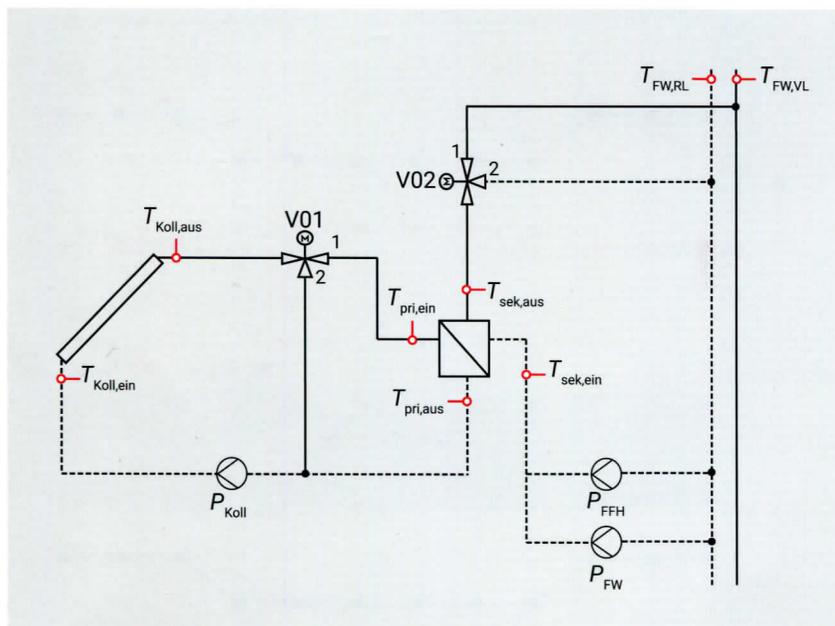


Bild 3. Anlagenschema bei einer direkten Einbindung des Kollektorfelds in das Fernwärmenetz mit einer aktiven Frostfreihaltung

signifikante Vorteile besitzt. Der Flächennutzungsgrad und die daraus resultierenden Verschattungsverluste haben einen starken Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems. Ein sinkender Abstand zwischen den Kollektorreihen erhöht aufgrund einer besseren Ausnutzung der Grundfläche den Jahresertrag an Nutzwärme, reduziert jedoch gleichzeitig den spezifischen Jahresertrag bezogen auf die Bruttokollektorfläche wegen zunehmender Verschattungsverluste. Daher wird im zweiten Teil

der Veröffentlichung ein optimaler Flächennutzungsgrad f_{Koll} mit dem Kriterium minimale Wärmegestehungskosten gesucht. In diesem Zusammenhang beleuchtet der Beitrag auch die aktive Frostfreihaltung.

Aktive Frostfreihaltung

Das Anlagenschema nach Bild 1 setzt die Verwendung einer Frostschutzmischung voraus, um die Anlage vor Frostschäden bei kalten Außentemperaturen zu schützen.

Die für Solaranlagen üblicherweise verwendeten Glykole werden Wasser mit 25...50 Vol.-% beigemischt, was den Gefrierpunkt des Wärmeträgers senkt. Im Vergleich zum Einsatz von Wasser besitzen Wasser-Glykol-Gemische eine geringere spezifische Wärmekapazität, eine höhere dynamische Viskosität usw. Weiterhin sind verschiedene zusätzliche technische Maßnahmen zum Schutz der Umwelt, z. B. Auffangen des Wärmeträgers, vorzuhalten. Diese Effekte und Maßnahmen verursachen vielfältige Nachteile (vgl. mit [11]).

Eine Möglichkeit auf das Frostschutzmittel zu verzichten, ist die Verwendung einer aktiven Frostfreihaltung (FFH) mit einer speziellen Betriebsweise (Bild 3), die die Temperatur im Kollektorkreis nicht unter den Gefrierpunkt absinken lässt. Fällt die Umgebungstemperatur und damit die Kollektortemperatur zu stark ab, fördert die Kollektorpumpe P_{Koll} warmes Wasser im Kreislauf (Stellung des Dreiwegeventils V01 auf der Position 2, Bezeichnung Frostfreihaltung Rücklauf).

Kühlt die Flüssigkeit im Kollektorkreis zu sehr aus, heizt der Wärmeübertrager das Wasser auf (Stellung des Dreiwegeventils V01 auf der Position 1, Bezeichnung Frostfreihaltung Fernwärme). Als Wär-

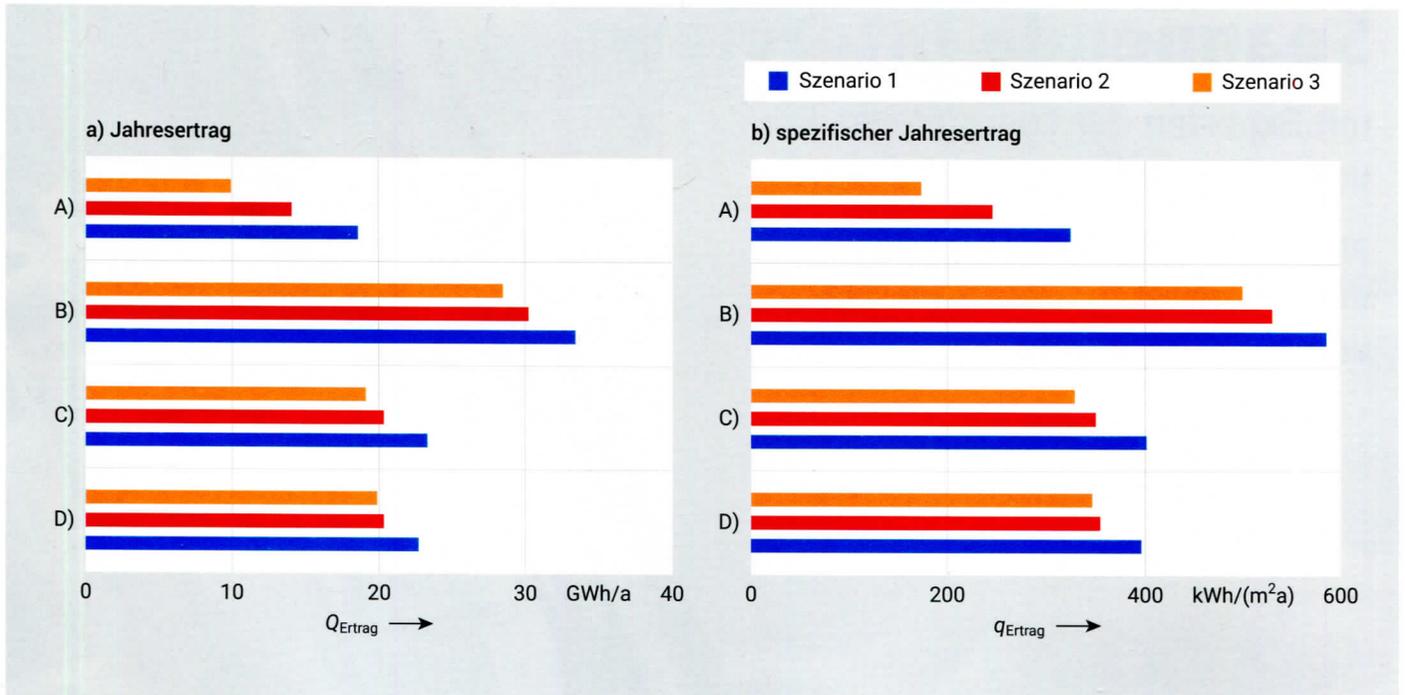


Bild 4. a) Jahresertrag und b) spezifischer Jahresertrag bei einer Flächenausnutzung mit $f_{\text{Koll}} = 0,6$ abhängig von den Szenarien sowie von den Kollektoren A), B), C), D) für die Anlagenvariante mit aktiver Frostfreihaltung (Bild 3)

mequelle wird der Rücklauf des Fernwärmenetzes genutzt. Die Rückführung erfolgt in den Fernwärmerücklauf. Tafel 1 fasst die Ventilstellungen der Dreiwege-Umschalt-Ventile und Pumpensignale für die Anlagenvariante ohne aktive Frostfreihaltung (Bild 1) und die Anlagenvariante mit aktiver Frostfreihaltung (Bild 3) zusammen.

Die Ertragsergebnisse³⁾ sind für die Variante mit aktiver Frostfreihaltung je Kollektor und je Szenario in Bild 4 dargestellt. Bei den Berechnungen sind die Maße und Randbedingungen eines potenziellen Bebauungsgrundstücks [12] mit einer Fläche von rd. 98525 m² mit eingeflossen.

³⁾ Für die Berechnung der Kollektorwärmeverluste wurden die TRNSYS-Kollektormodelle genutzt. Den Autoren ist bewusst, dass diese Modelle den Nutzbetrieb gut abbilden. Die Modellierung der Wärmeverluste außerhalb der Betriebszeiten ist fehlerhaft. Dies konnte in [11] für Flachkollektoren nachgewiesen werden. Dennoch halten die Autoren diese Darstellung für wichtig. Weitere Arbeiten sind hier geplant.

Es wird deutlich, dass der Kollektor B) (CPC-Kollektor) auch bei der Variante mit aktiver Frostfreihaltung vorteilhaft ist. Der spezifische Jahresertrag (bezogen auf die Bruttokollektorfläche) bei $f_{\text{Koll}} = 0,6$ beträgt bei dem Kollektor B) zwischen 499,1...585,7 kWh/(m²a). Im Vergleich zur Variante ohne aktive Frostfreihaltung (Bild 1) wird der Jahresertrag an Nutzwärme um weniger als 2 % reduziert. Für den Kollektor B) hat die Zirkulation des Wärmeträgers im Kollektorkreis bei sehr niedrigen Außentemperaturen somit einen sehr geringen Einfluss auf den Kollektorjahresertrag.

Bild 5 zeigt die beiden Energieströme für die beiden Betriebsarten der aktiven Frostfreihaltung. Es ist zu sehen, dass beide Parabolrinnenkollektoren Kollektor C) und Kollektor D) den geringsten Energiebedarf für die aktive Frostfreihaltung aufweisen. Der Kollektor A) (Flachkollektor) benötigt je nach Szenario zwischen 12...34 % des Gesamtjahresertrags für die aktive Frostfreihaltung. Dies macht deut-

lich, dass der Flachkollektor bei den Untersuchungsbedingungen nicht bzw. nur bedingt für die aktive Frostfreihaltung geeignet ist (vgl. mit [11]). Der Kollektor B) benötigt im Szenario 1 2,7 %, im Szenario 2 4,7 % und im Szenario 3 5,2 % des Gesamtjahresertrags für die Frostfreihaltung. Dabei werden rd. 20 % der notwendigen Energie für die Frostfreihaltung aus dem Rücklauf des Fernwärmenetzes entnommen.

Die Simulationsergebnisse für die Anlagenvariante mit aktiver Frostfreihaltung nach Bild 3 zeigen deutlich, dass der energetische Mehraufwand für die Realisierung einer aktiven Frostfreihaltung bei konzentrierenden Kollektoren gering ist. Der Jahresertrag an Nutzwärme wird bei den konzentrierenden Kollektoren B), C) und D) nur marginal reduziert. Aufgrund der nur geringen Reduktion des Jahresertrags an Nutzwärme wird vermutet, dass sich eine aktive Frostfreihaltung bei konzentrierenden Kollektoren positiv auf die Wirtschaftlichkeit

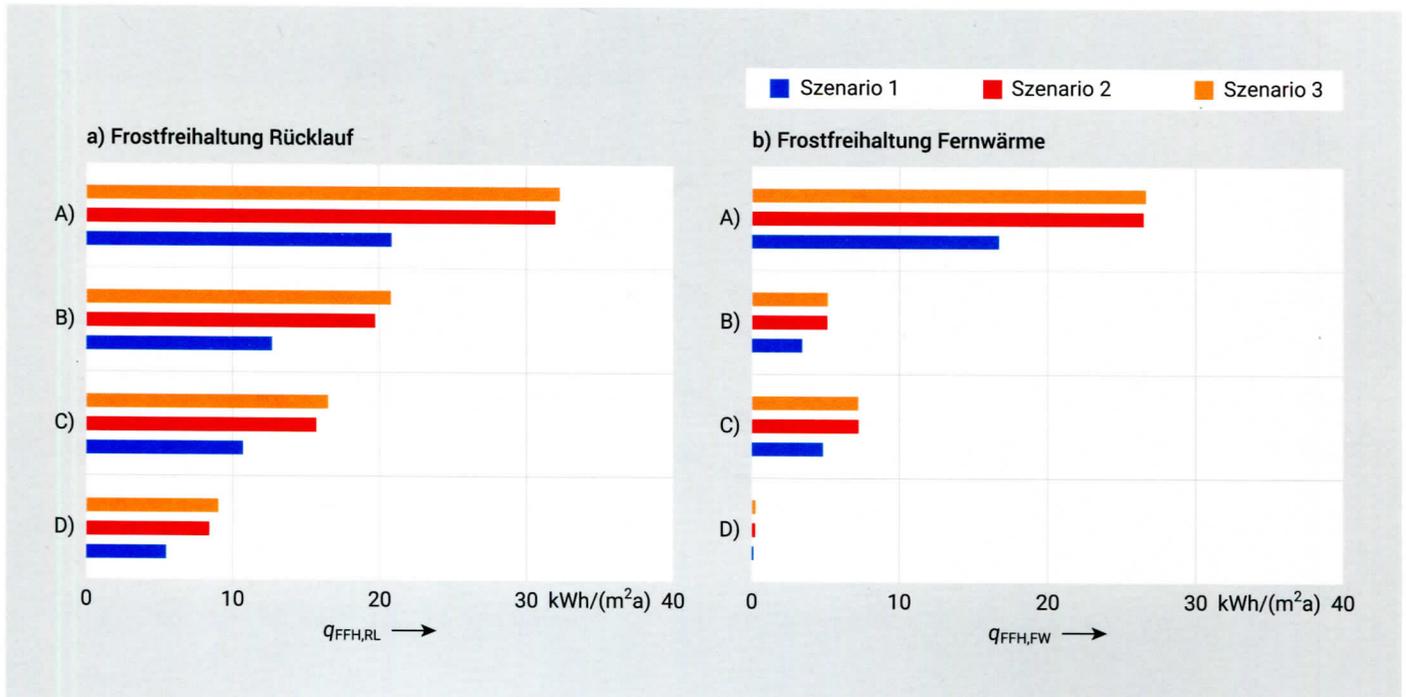


Bild 5. Spezifische Wärme für a) Frostfreihaltung Rücklauf und b) Frostfreihaltung Fernwärme sowie für die Kollektoren A), B), C), D) und für die verschiedenen Szenarien mit einer Flächenausnutzung mit $f_{koll} = 0,6$

Anzeige

Ausbau und Digitalisierung effizienter regenerativer Nahwärmenetze

Aufruf an die bayerische Nahwärme!

Mit Beginn des Jahres 2022 startet am Institut für Wasser- und Energiemanagement der Hochschule Hof ein Projekt rund um regenerative Nahwärmenetze.

Ziel des Projektes ist es, alle beteiligten Akteure aus dem Bereich Nah-/Fernwärme weiterzubilden: Hersteller Planungsbüros, Betreiber, Kommunen und potentielle Akteure...

Das Projektteam übernimmt seitens der Hochschule die komplette Organisation von regelmäßigen Netzwerkveranstaltungen und die Weiterbildung interessierter Teilnehmer. Kerngebiet ist Bayern, eine Teilnahme darüber hinaus aber generell möglich.

Weiterbildungsmaßnahmen in vier Schwerpunktbereichen:

- _Intelligente Netzsteuerung und Digitalisierung
- _Simulationsmethoden zur Netzauslegung
- _Alternative Ergänzungstechnologien und deren Implementierung
- _Abnehmerakquise und transparente Kommunikation

Ihre Teilnahme am Netzwerk

Die Teilnahme am Netzwerk sowie der Besuch von Netzwerktreffen und Weiterbildungsmaßnahmen ist für Netzwerkteilnehmer kostenfrei.

Haben Sie Interesse?
Kontaktieren Sie uns.



Ihre Ansprechpartner:



→ Anton Sack (M. Eng.)
Tel.: +49 09281 409-4598



→ Matthias Kreuzer (M. Eng.)
Tel.: +49 09281 409-8459



projekt-adern@hof-university.de



EUROPÄISCHE UNION
EUROPEAN UNION



REACT-EU
ALTERNATIVE REACTOR FOR ENERGY
AND CLIMATE-SENSITIVE FINANCING



iwe

Institut für Wasser- und Energiemanagement der Hochschule Hof

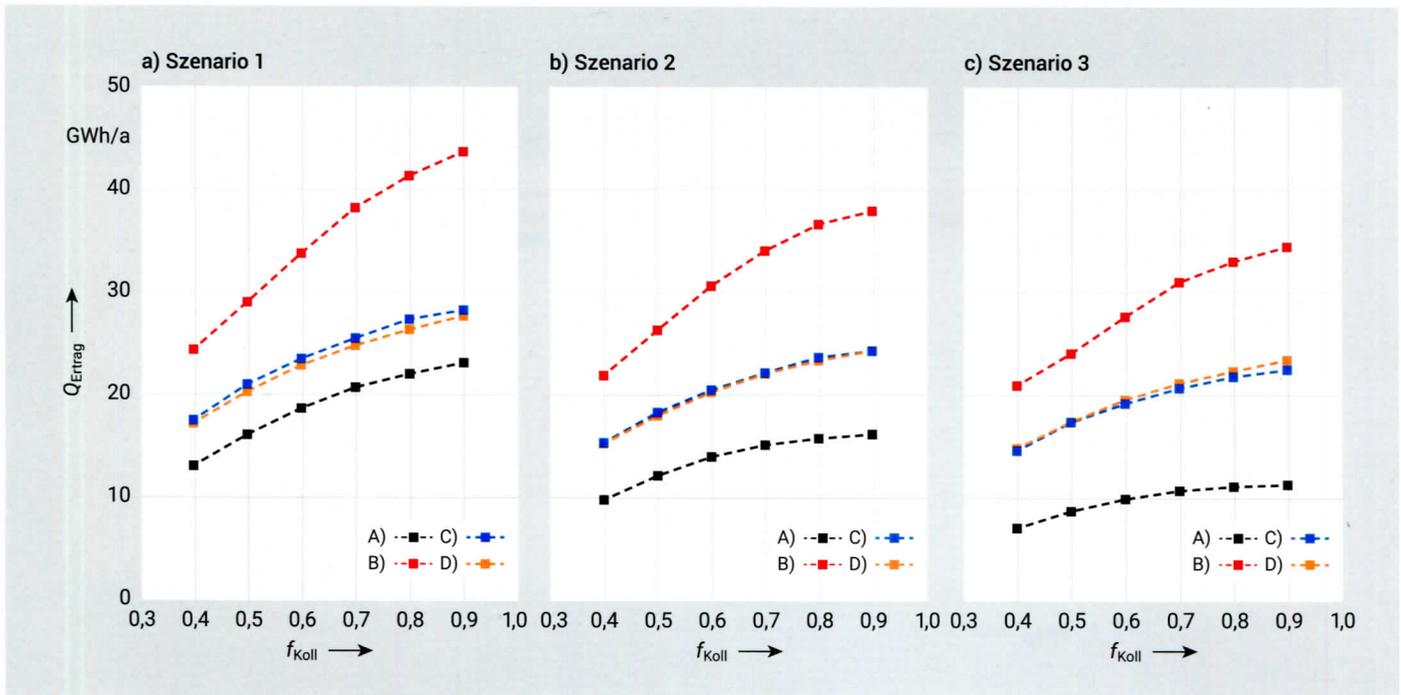


Bild 6. Jährlicher Nutzwärmeertrag für die Kollektoren A), B), C) und D) sowie für verschiedene Flächennutzungsgrade f_{Koll} und die unterschiedlichen Szenarien

des Gesamtsystems auswirkt. Ein quantitativer Vergleich der Wirtschaftlichkeit, z. B. anhand der Wärmegestehungskosten, für eine Anlagenvariante mit aktiver Frostfreihaltung nach Bild 3 und ohne aktive Frostfreihaltung nach Bild 1 soll nicht Bestandteil dieser Untersuchung sein. Im Rahmen dieser Betrachtung wurde die Wirtschaftlichkeit des Anlagensystems ausschließlich nach Bild 1 betrachtet.

Wirtschaftlich optimale Flächenausnutzung

Eine Erhöhung des Flächennutzungsgrads f_{Koll} steigert den Kollektorjahresertrag an Nutzwärme. Gleichzeitig nehmen die Verschattungsverluste mit sinkendem Reihenabstand zu, so dass der Jahresertrag nicht linear mit dem Flächennutzungsgrad ansteigt. Bild 6 zeigt den Jahresertrag an Nutzwärme für die vier Kollektoren und für die definierten Szenarien bei $f_{\text{Koll}} = 0,4 \dots 0,9$. Es ist zu erkennen, dass der Kollektor B) (CPC-Kollek-

Szenario	f_{Koll}	k_{sol} €/MWh	q_{Ertrag} kWh/(m ² a)
Kollektor A) – Flachkollektor			
Szenario 1	0,7	63,14	310
Szenario 2	0,6	84,92	246
Szenario 3	0,6	120,62	172
Kollektor B) – CPC-Kollektor			
Szenario 1	0,7	33,41	565
Szenario 2	0,7	37,47	505
Szenario 3	0,7	40,85	460
Kollektor C) – PTC-Kollektor mit C = 8,5			
Szenario 1	0,5	65,01	430
Szenario 2	0,5	74,24	377
Szenario 3	0,5	78,48	356
Kollektor D) – PTC-Kollektor mit C = 15			
Szenario 1	0,6	66,36	399
Szenario 2	0,6	74,52	355
Szenario 3	0,6	77,37	341

Tafel 2. Flächennutzungsgrad f_{Koll} und spezifischer Jahresertrag q_{Ertrag} bezogen auf die Bruttokollektorfläche bei minimalen Wärmegestehungskosten k_{sol} für die Kollektoren A), B), C), D) für die verschiedenen Szenarien

tor) in allen drei Szenarien und bei den dargestellten Flächennutzungsgraden den höchsten Jahresertrag zur Verfügung stellt. Bei der Betrachtung der Kurvenverläufe aller vier Kollektoren fällt auf, dass die beiden Parabolrinnenkollektoren Kollektor C) und Kollektor D) einen flacheren Kurvenverlauf als der Kollektor B) haben. Dies kann auf die stärkere Zunahme der Verschattungsverluste bei der Aufständigung mit einachsiger Nachführung zurückgeführt werden. Der Kollektor A) (Flachkollektor) hat im Szenario 1 einen ähnlichen Verlauf wie der Kollektor B). Bis zu einem Flächennutzungsgrad von $f_{\text{Koll}} = 0,7$ ist der Kurvenverlauf nahezu linear und danach beginnt dieser abzuflachen. Im Szenario 2 und Szenario 3 (bei einem höheren Temperaturniveau) beginnt das Abflachen des Kurvenverlaufs bei dem Kollektor A) bereits eher. Der Kollektor B) hat durchgehend den steilsten Kurvenverlauf, so dass mit Zunahme des Flächennut-

zungsrads sich der Jahresertrag bei diesem Kollektor folglich am meisten erhöht.

Für die Auswahl einer optimalen Flächenausnutzung wird eine vereinfachte wirtschaftliche Bewertung anhand minimaler Wärmegegestehungskosten mit der Annuitätenmethode nach VDI 2067 [13] vorgenommen. Es werden eine technische Nutzungszeit der gesamten Anlage von 25 Jahren und ein Zinssatz von 1 % je Jahr unterstellt. Die verbrauchsgebundenen Kosten beziehen sich auf den Stromverbrauch der Pumpen und berücksichtigen einen Strompreis von $k_{\text{el}} = 0,3 \text{ €/kWh}$. Die Betriebskosten können u. a. durch Wartung und Instandhaltung der Anlage entstehen. Die betriebsgebundenen Kosten sind in der VDI 6002 [14] mit ungefähr 1 % der Investitionskosten angegeben. Für die beiden Parabolrinnenkollektoren werden die jährlichen Betriebskosten auf rd. 3 % der Investitionskosten geschätzt. Aufgrund der Nachführung sowie einer

möglicherweises Reinigung der Reflektoren fallen die Betriebskosten bei dieser Kollektorbauart höher aus.

Die Investitionskosten (ohne die Kosten für Kollektoren) werden pauschal für alle Kollektortechniken gleichgesetzt mit $K_{\text{Inv}} = 10\,685\,000 \text{ €}$ (Kostenschätzung des Netzbetreibers Inetz [9]). Für die kollektorspezifischen Kosten liegen folgende Werte zugrunde:

$$K_{\text{Koll}} = \begin{cases} 211 \text{ €/m}^2 A_{\text{Kollektor A)}} \\ 223 \text{ €/m}^2 A_{\text{Kollektor B)}} \\ 350 \text{ €/m}^2 A_{\text{Kollektor C)}} \\ 350 \text{ €/m}^2 A_{\text{Kollektor D)}} \end{cases}$$

In Bild 7 sind die solaren Wärmegegestehungskosten für verschiedene Flächennutzungsgrade und für die Kollektoren A), B), C) und D) sowie die definierten Szenarien dargestellt. Es wird deutlich, dass der Kollektor B) (CPC-Kollektor) in allen drei Einsatzszenarien bei allen Flächennutzungsgraden signifikant wirtschaftlich vorteilhaft ist.

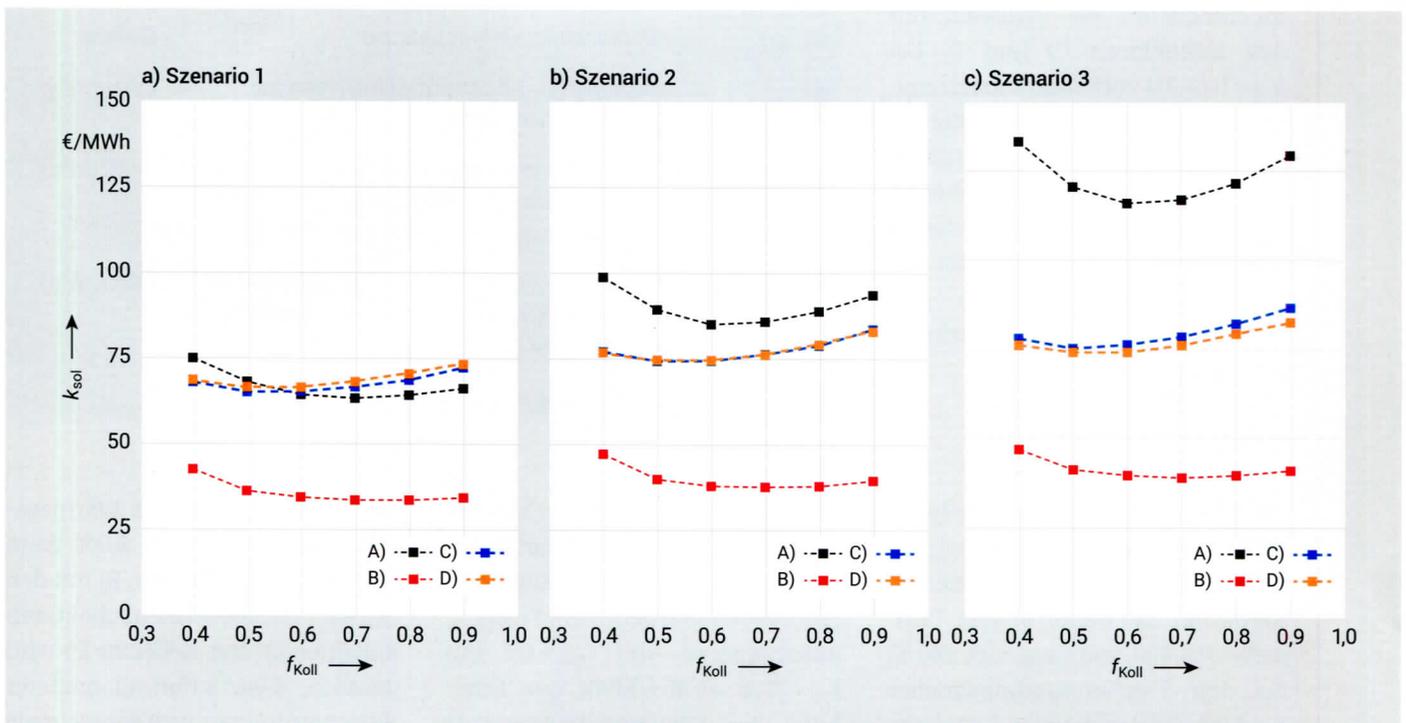


Bild 7. Solare Wärmegegestehungskosten für die Kollektoren A), B), C), D) für verschiedene Flächennutzungsgrade f_{Koll} und Szenarien

Abkürzungen	
BDEW	Bundesverband für Energie- und Wasserwirtschaft e. V.
CPC	Compound Parabolic Concentrator
FFH	Frostfreihaltung
P_{FFH}	Pumpe Frostfreihaltung
P_{FW}	Pumpe Fernwärme-einspeisung
P_{Koll}	Pumpe Kollektor-kreislauf
PTC	Parabolic Trough Collector
V	Dreiwege-Umschalt-Ventil
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e. V.

Die solaren Wärmegestehungskosten des CPC-Kollektors sind knapp um die Hälfte geringer als für die beiden Parabolrinnenkollektoren Kollektor C) und Kollektor D). Der Kollektor A) (Flachkollektor) ist im Szenario 1 im Vergleich mit den Kollektoren C) und D) bei $f_{Koll} = 0,6...0,9$ vorteilhaft. Im Szenario 2 und Szenario 3 ist der Kollektor A) bei allen Flächennutzungsgraden unter den gegebenen Randbedingungen am unwirtschaftlichsten. Die geringeren Anschaffungskosten können den niedrigen Ertrag an Nutzwärme nicht ausgleichen.

Fazit

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass der Kollektor B) (CPC-Kollektor) in den drei definierten Szenarien und damit in dem Temperaturbereich von $T_{FW,VL} = 95...140$ °C bei den Flächennutzungsgraden $f_{Koll} = 0,4...0,9$ den meisten Ertrag zur Verfügung stellt. Darüber hinaus sind die Wärmegestehungskosten

Symbolverzeichnis		
Symbol	Beschreibung	Einheit
A	Bruttokollektorfläche	m ²
C	Konzentrationsverhältnis	–
f_{Koll}	Flächennutzungsgrad	–
k_{el}	Preis elektrische Energie	€/kWh
K_{Inv}	Investitionskosten	€
K_{Koll}	Kosten für Solarkollektoren	€
k_{sol}	solare Wärmegestehungskosten	€/MWh
T_a	Umgebungstemperatur	°C
$T_{Koll,aus}$	Kollektoraustrittstemperatur	°C
$T_{Koll,ein}$	Kollektoreintrittstemperatur	°C
$T_{FW,RL}$	Fernwärmerücklaufstemperatur	°C
$T_{FW,VL}$	Fernwärmeverlaufstemperatur	°C
$T_{pri,aus}$	Austrittstemperatur Wärmeübertrager Primärseite	°C
$T_{pri,ein}$	Eintrittstemperatur Wärmeübertrager Primärseite	°C
$T_{sek,aus}$	Austrittstemperatur Wärmeübertrager Sekundärseite	°C
$T_{sek,ein}$	Eintrittstemperatur Wärmeübertrager Sekundärseite	°C
Q_{Ertrag}	Jahresertrag an Nutzwärme	GWh/a
q_{Ertrag}	spezifischer Jahresertrag bezogen auf Bruttokollektorfläche	kWh/(m ² a)
$q_{FFH,FW}$	spezifische Wärmeenergie bezogen auf die Bruttokollektorfläche aus dem Fernwärmerücklauf für die aktive Frostfreihaltung	kWh/(m ² a)
$q_{FFH,RL}$	spezifische Wärmeenergie bezogen auf die Bruttokollektorfläche aus dem Solarkreis für die aktive Frostfreihaltung	kWh/(m ² a)
β	Kollektorneigungswinkel	°

des Kollektor B) bei allen Flächennutzungsgraden am geringsten. Die minimalen Wärmegestehungskosten ergeben sich bei einem Flächennutzungsgrad von $f_{Koll} = 0,7$ mit $k_{sol} = 33,41...40,85$ €/MWh. Eine Erhöhung des Flächennutzungsgrads auf $f_{Koll} = 0,9$ geht mit einer Ertrags-erhöhung um 11,2...14,3 % einher.

Dabei erhöhen sich die Wärmegestehungskosten um 2,1...5,0 %. Beim Vergleich des Kollektors B) mit den beiden Parabolrinnenkollektoren Kollektor C) und Kollektor D) wird deutlich, dass aufgrund größerer Verschattungsverluste der optimale Flächennutzungsgrad bei den Parabolrinnenkollektoren unter den des

CPC-Kollektors liegt. Damit nutzen die einachsige nachgeführte Kollektoren die Bebauungsfläche schlechter aus.

Es besteht die Möglichkeit durch die Umsetzung einer aktiven Frostfreihaltung auf die Verwendung eines Wasser-Glykol-Gemischs zu verzichten. Für den vorteilhaften Kollektor B) ergeben sich in der Simulation dabei Ertragseinbußen um weniger als 2 %. Der Energiebedarf für die aktive Frostfreihaltung für den Kollektor B) beträgt abhängig vom Szenario zwischen 2,7...5,2 % des Gesamtjahresertrags, wobei rd. 20 % der Energie aus dem Rücklauf des Fernwärmenetzes stammt. Eine wirtschaftliche Bewertung der Variante mit aktiver Frostfreihaltung nach Bild 3 wurde nicht durchgeführt. Eine wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit liegt jedoch aufgrund der geringen Ertragseinbußen nach Bild 4 nahe.

Die Resultate der Untersuchung bestätigen, dass die direkte Einbindung von Solaranlagen in Fernwärmenetze ohne den Aufbau eines Sekundärnetzes (Niedertemperatur-Technik, vgl. mit [11]) effizient möglich ist. Dabei sollte diese solare Wärmebereitstellung mit den Kraft-Wärme-Kopplungs-Techniken so kombiniert werden, dass eine möglichst große Deckung der Fernwärmelast durch das Solarsystem im Sommer erfolgt.

Dank

Die Autoren bedanken sich bei der Inetz für die Bereitstellung und die Nutzungsmöglichkeit von Informationen. Besonderer Dank gilt auch der Stadtverwaltung Chemnitz für die Beauftragung und Kooperation im Projekt Erstellung eines Klimaschutzteilkonzepts für die Stadt Chemnitz zur Erschließung der Potenziale regenerativer Energien im Hinblick auf die CO₂-Reduktionsziele 2050.

Literatur

- [1] Bundesverband für Energie- und Wasserwirtschaft e. V.: Wie heizt Deutschland 2019? BDEW-Studie zum Heizungsmarkt. Oktober 2019. <https://www.bdew.de/energie/studie-wie-heizt-deutschland> 12.01.21
- [2] Maaß, C.; Möhring, P.; Purkus, A.; Sandrock, M.; Freiburger, L.; Kleinerertz, B.: Grüne Fernwärme für Deutschland - Potentiale, Kosten, Umsetzung. Kurzstudie, HIC Hamburg Institut Consulting GmbH, 2021.
- [3] Stahlhut, M.; Ackermann, C.; Urbaneck, T.: Exemplarische Untersuchung verschiedener Kollektoren zur Einbindung in Fernwärmenetze – Teil 1. EUROHEAT&POWER, 1-2/2022, S. 40 – 48.
- [4] Fa. Wagner: WGK 133 AR plus. <https://www.wagner-solar.com>, Mai 2021.
- [5] Fa. Ritter: XL 19/49 P. <https://www.ritter-xl-solar.de>, Mai 2021.
- [6] Fa. Absolicon: TI60 solar collector. <https://www.absolicon.com>, April 2021.
- [7] Fa. Soliterm: PTC 1800. <https://www.solitermgroup.com>, Mai 2021.
- [8] Klein, S. A. et al.: TRNSYS 18: A Transient System Simulation Program. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison, USA, 2017, <http://sel.me.wisc.edu/trnsys>.
- [9] Göschel, T.: Interne Information der Inetz. 2021.
- [10] Deutscher Wetterdienst: Testreferenzjahr Standort Chemnitz. <https://www.dwd.de>, Mai 2021.
- [11] Urbaneck, T.; Shrestha, N. Lal; Oepelt, T.; Frotscher, O.; Göschel, T.; Uhlig, U.; Frey, H.: Solare Fernwärme für das Quartier Brühl in Chemnitz – Begleitforschung (SolFW). Technische Universität Chemnitz, Fakultät für Maschinenbau, Professur Technische Thermodynamik (Hrsg.), Inetz GmbH (Hrsg.), Forschungsbericht, FKZ 0325871, 2020. Open Access: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:ch1-qucosa2-390452>
- [12] Mücke, J. M.; Böhme, H.; Urbaneck, T.: Klimaschutzteilkonzept Stadt Chemnitz – Erschließung der Potenziale regenerativer Energien im Hinblick auf die CO₂-Reduzierungsziele 2050. Abschlussbericht, www.chemnitz.de 17.03.2021.
- [13] Norm VDI 2067: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen: Grundlagen und Kostenberechnung. September 2012, Berlin: Beuth Verlag.
- [14] Norm VDI 6002: Solare Trinkwassererwärmung: Allgemeine Grundlagen. März 2014, Berlin: Beuth Verlag.

M.Sc. Maximilian Stahlhut,
M.Sc. Cornelius Ackermann,
Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Urbaneck
Professur Technische Thermodynamik,
Fakultät für Maschinenbau,
Technische Universität Chemnitz,
Chemnitz
thorsten.urbaneck@mb.tu-chemnitz.de
www.tu-chemnitz.de/mb/TechnThDyn

Anzeige

NEWS | MAGAZINE | JOBS | MARKTPARTNER | TERMINE



www.ehp-magazin.de

EURO
HEAT & POWER

Im Online-Verbund mit
