

## **Technische Information AGFW 1/2016 Teil 1**

### **Fernwärmeversorgung aus dem Rücklauf von Heizwassernetzen - Betrachtungen zur Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit -**

District heating supply using the return flow of water systems - considerations for energy efficiency and economy -

**Juli 2016**



© AGFW, Frankfurt am Main

Herausgeber:

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.

Stresemannallee 30  
60596 Frankfurt am Main

Telefon +49 69 6304-293  
Telefax +49 69 6304-455  
E-Mail [info@agfw.de](mailto:info@agfw.de)  
Internet [www.agfw.de](http://www.agfw.de)

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung des AGFW gestattet.

Vertrieb:

AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH

Stresemannallee 30  
60596 Frankfurt am Main

Telefon +49 69 6304-416  
Telefax +49 69 6304-391  
E-Mail [info@agfw.de](mailto:info@agfw.de)  
Internet [www.agfw.de](http://www.agfw.de)

## **Vorbemerkungen**

Der Wärmemarkt verlangt immer öfter innovative Lösungen. Es gilt zunehmend, mit Fernwärme sowohl im Wettbewerb mit anderen Energieträgern - z. B. Erdgas - als auch im Wettbewerb der Wärmesysteme - z. B. Niedertemperatur(flächen)heizungen mit Wärmepumpen - zu bestehen.

Fernwärme aus dem Rücklauf kann in begründeten Einzelfällen eingesetzt werden, wenn es u. a. die Temperaturverhältnis, die Netzhydraulik und die Wirtschaftlichkeit zulassen. Der Wärmeliefervertrag muss mit seinen mitgeltenden Unterlagen angepasst werden [1].

Die Technische Information AGFW 1/2016 behandelt die Fernwärmeversorgung aus dem Netzzücklauf von Heizwassernetzen. Sie ersetzt den Hinweis AGFW FW 441:1998-10 [2].

Im vorliegenden Teil 1 erfolgen Betrachtungen zur Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit. Wesentliche Änderungen sind systematische Darstellungen der bei Kosten / Nutzen-Betrachtungen zu berücksichtigenden Einflussgrößen.

In Teil 2 [3] werden grundsätzliche schaltungstechnische Gestaltungsmöglichkeiten für eine Wärmeversorgung aus dem Rücklauf aufgezeigt. Schwerpunkt sind die Definitionen der Anforderungen an die Hausstation und die Hausanlage, um eine Rücklaufversorgung realisieren zu können. Realisierungsmöglichkeiten einer Versorgung aus dem Fernwärmerücklauf werden betrachtet.

## Inhalt

Seite

<b>1</b>	<b>Anwendungsbereich</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Gesetzliche Vorgaben und Technische Regeln</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Begriffe</b> .....	<b>7</b>
3.1	Hausanlage .....	7
3.2	Hausstation .....	7
3.3	Indirekter Anschluss .....	7
3.4	Klassischer Fernwärmeanschluss .....	7
3.5	Netzzrücklauf .....	7
3.6	Netzvorlauf .....	7
3.7	Netzvorlauf mit außentemperaturabhängiger Temperaturfahrweise .....	7
3.8	Niedertemperatur-Heizungssystem .....	7
3.9	Rücklaufanschluss als Dreileiter-Hausanschluss .....	7
3.10	Rücklaufanschluss als Zweileiter-Hausanschluss .....	8
3.11	Rücklauf-Hausstation .....	8
3.12	Rücklauf-Rücklauf .....	8
3.13	Rücklauf-Vorlauf .....	8
3.14	Trinkwassererwärmung (TWE), dezentral .....	8
3.15	Trinkwassererwärmung (TWE), zentral .....	8
3.16	Vorlauf-Beimischung .....	8
3.17	Vorlauf-Vorlauf .....	8
3.18	Zweileiter-Netz .....	8
<b>4</b>	<b>Prinzip der Fernwärmeversorgung aus dem Netzzrücklauf</b> .....	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Betrachtungen zur Energieeffizienz</b> .....	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit</b> .....	<b>11</b>
6.1	Wirtschaftlichkeit Kunde .....	11
6.2	Wirtschaftlichkeit Versorger .....	14
6.2.1	Prozessverbesserung der Erzeugeranlagen .....	14
6.2.1.1	KWK-Anlagen mit Dampfturbinen .....	14
6.2.1.2	Block-Heizkraftwerke (BHKW) .....	14
6.2.2	Hilfsenergie zum Transport des Kreislaufwassers .....	14
6.2.3	Investitionen in die Infrastruktur .....	15
<b>7</b>	<b>Vertriebskonzepte</b> .....	<b>15</b>
7.1	Ermittlung des Anschlusspotenzials .....	15
7.2	Vertriebsstrategie und Akquisition .....	15
7.3	Abrechnungsmodelle für den Kunden .....	17
<b>8</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>17</b>

<b>Anhang 1</b>	<b>Mathematische Zusammenhänge .....</b>	<b>18</b>
<b>Anhang 2</b>	<b>Anwendungsbeispiel zur Ermittlung des Hilfsenergieaufwandes für klassische Fernwärmeanschlüsse und Rücklaufanschlüsse .....</b>	<b>20</b>
<b>Anhang 3</b>	<b>Beispiel zur Ermittlung des Potenzials für Rücklaufanschlüsse .....</b>	<b>24</b>
<b>Anhang 4</b>	<b>Beispiel für ein Abrechnungsmodell für einen Rücklaufanschluss .....</b>	<b>27</b>
<b>Anhang 5</b>	<b>Schulungs- und Informationsmaterial .....</b>	<b>32</b>

## **1 Anwendungsbereich**

Diese Technische Information behandelt die Wärmeversorgung und die Erwärmung von Trinkwasser in Gebäuden die aus dem Rücklauf von Zweileiter-Netzen mit Kreislaufwasser nach AGFW FW 510 mit indirekt angeschlossenen Hausanlagen versorgt werden.

Es werden Betrachtungen zur Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit bei der Versorgung von Kunden angestellt.

## **2 Gesetzliche Vorgaben und Technische Regeln**

EEWärmeG

Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG)

EnEV

Energieeinsparungsgesetz

TrinkwV

Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung)

AGFW FW 510

Anforderungen an das Kreislaufwasser von Industrie- und Fernwärmeheizanlagen sowie Hinweise für deren Betrieb

AGFW FW 515

Technische Anschlussbedingungen Heizwasser (TAB-HW)

AGFW FW 520

Wohnungs-Übergabestationen für Heizwassernetze - Mindestanforderungen

AGFW FW 530

Maßnahmen zur Erreichung niedriger Rücklauftemperaturen

DVGW W 551

Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen

VDI 2067

Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen

### **3 Begriffe**

#### **3.1 Hausanlage**

Rohrnetze im Eigentum des Kunden zur Beheizung und zur Trinkwarmwasserversorgung in den angeschlossenen Gebäuden

#### **3.2 Hausstation**

Anlage bestehend aus der Übergabestation und der Hauszentrale

[Quelle: AGFW FW 515, angepasst]

*Anmerkung: Übergabestation und Hauszentrale können baulich getrennt oder in einer Einheit (Fernwärme-Kompaktstation) angeordnet sein.*

#### **3.3 Indirekter Anschluss**

Anschluss bei dem das Kreislaufwasser der Hausanlage durch einen Wärmeübertrager vom Kreislaufwasser im Fernwärmenetz getrennt ist

[Quelle: AGFW FW 515, angepasst]

#### **3.4 Klassischer Fernwärmeanschluss**

Vorlaufanschluss

Vorlauf der Hausstation ist an den Netzvorlauf und der Rücklauf der Hausstation an den Netzzücklauf angeschlossen

#### **3.5 Netzzücklauf**

Rohrleitung für den Rücklauf des Fernwärmenetzes

#### **3.6 Netzvorlauf**

Rohrleitung für den Vorlauf des Fernwärmenetzes

#### **3.7 Netzvorlauf mit außen temperaturabhängiger Temperaturfahrweise**

Netzvorlauf mit von der Außenlufttemperatur abhängig angepasster Vorlauf temperatur

#### **3.8 Niedertemperatur-Heizungssystem**

auf niedrige Vorlauf temperatur ausgelegtes Heizungssystem

*Anmerkung: Vorlauf temperatur bis etwa 50°C für Flächenheizungen (Fußbodenheizungen, Wandheizungen, Deckenheizung usw.)*

#### **3.9 Rücklaufanschluss als Dreileiter-Hausanschluss**

Fernwärmehausanschluss bei der Vor- und Rücklauf der Hausstation (Rücklauf-Vorlauf, Rücklauf-Rücklauf) an den Netzzücklauf angeschlossen sind und zur Absicherung einer Mindesttemperatur zusätzlich ein Anschluss an den Netzvorlauf (Vorlauf-Vorlauf) vorhanden ist

### **3.10 Rücklaufanschluss als Zweileiter-Hausanschluss**

Fernwärmehausanschluss bei der Vor- und Rücklauf der Hausstation (Rücklauf-Vorlauf, Rücklauf-Rücklauf) an den Netzurücklauf angeschlossen sind

### **3.11 Rücklauf-Hausstation**

Hausstation die ihre Wärme über einen Rücklaufanschluss als Zweileiter- oder als Dreileiter-Hausanschluss bezieht

### **3.12 Rücklauf-Rücklauf**

Rohrleitung zur Rückspeisung des in einer Rücklauf-Hausstation genutzten Kreislaufwassers in den Netzurücklauf

### **3.13 Rücklauf-Vorlauf**

Rohrleitung zur Entnahme eines Teilmassestroms des Kreislaufwassers aus dem Netzurücklauf zum Betrieb einer Rücklauf-Hausstation

### **3.14 Trinkwassererwärmung (TWE), dezentral**

das Trinkwasser wird unmittelbar an den jeweiligen Zapfstellen oder wohnungsweise erwärmt

*Anmerkung: Kein Speicher für TWE, Durchflussprinzip, geringes Wasservolumen im Trinkwarmwassernetz*

### **3.15 Trinkwassererwärmung (TWE), zentral**

das Trinkwasser wird zentral für alle Entnahmestellen eines oder mehrerer Gebäude erwärmt

*Anmerkung: Mit Speicher für TWE oder mit Durchflussprinzip*

### **3.16 Vorlauf-Beimischung**

dem Rücklauf-Vorlauf wird mit dem Vorlauf-Vorlauf ein Teilmassestrom des Netzvorlaufs beigemischt

*Anmerkung: Die Vorlauf-Beimischung dient der Sicherstellung einer geforderten Mindesttemperatur im Vorlauf der Hausanlage.*

### **3.17 Vorlauf-Vorlauf**

Rohrleitung zur Entnahme eines Teilmassestroms des Kreislaufwassers aus dem Netzvorlauf

### **3.18 Zweileiter-Netz**

Fernwärmenetz mit einer Rohrleitung für den Netzvorlauf und einer Rohrleitung für den Netzurücklauf

#### 4 Prinzip der Fernwärmeversorgung aus dem Netzurücklauf

Für die Fernwärmeversorgung aus dem Netzurücklauf wird mit dem Zweileiter-Hausanschluss ein Teilmassstrom aus dem Netzurücklauf über den Rücklauf-Vorlauf entnommen, in der Hausanlage abgekühlt und über den Rücklauf-Rücklauf in den Netzurücklauf zurückgeführt.

Für Prozesse mit höherem Temperaturniveau besteht mit dem Dreileiter-Hausanschluss die Möglichkeit, einerseits die Trinkwassererwärmung aus dem Netzvorlauf zu gewährleisten und andererseits durch Beimischung die Temperatur aus dem Netzurücklauf zu erhöhen.

Schematisch sind der klassische Fernwärmeanschluss und Rücklaufanschlüsse als Zweileiter- und Dreileiter-Hausanschluss in Abbildung 1 dargestellt.

Obwohl für Dreileiter-Hausanschlüsse keine bewährten technischen Standardlösungen bekannt sind werden in dieser Technischen Information auch deren Prinzipien behandelt.

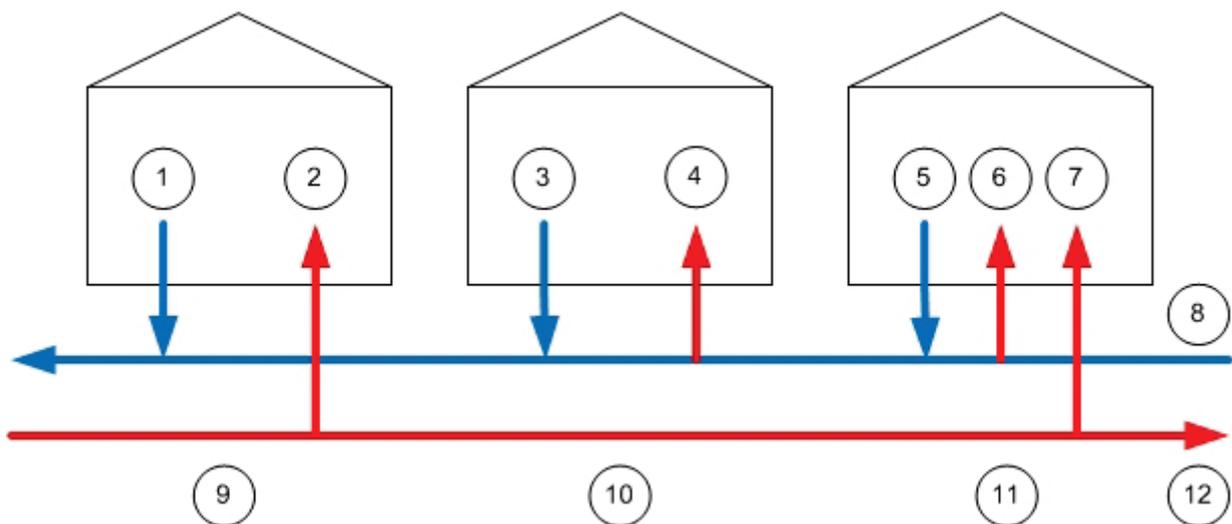


Abbildung 1: Schematische Darstellung von klassischem Fernwärmeanschluss und Rücklaufanschlüssen

Legende:

- |                     |  |
|---------------------|--|
| ① Rücklauf          | ⑦ Vorlauf-Vorlauf                                |
| ② Vorlauf           | ⑧ Netzurücklauf                                  |
| ③ Rücklauf-Rücklauf | ⑨ Klassischer Fernwärmeanschluss                 |
| ④ Rücklauf-Vorlauf  | ⑩ Rücklaufanschluss als Zweileiter-Hausanschluss |
| ⑤ Rücklauf-Rücklauf | ⑪ Rücklaufanschluss als Dreileiter-Hausanschluss |
| ⑥ Rücklauf-Vorlauf  | ⑫ Netzvorlauf                                    |

## 5 Betrachtungen zur Energieeffizienz

Die Transportkapazität einer wirtschaftlichen Wärmeversorgung ergibt sich aus der Temperaturdifferenz zwischen dem Netzeintritt und dem Netzaustritt. Um die Transportkapazität der Fernwärmenetze weitestgehend auszunutzen, ist das Temperaturniveau im Netzaustritt durch Maßnahmen bei den klassischen Fernwärmeanschlüssen soweit wie möglich abzusenken, siehe AGFW FW 530.

Sofern das vorhandene Temperaturniveau im Netzaustritt mittel- bis längerfristig nicht wesentlich abgesenkt werden kann, kann sich die Motivation zur Fernwärmeversorgung aus dem Netzaustritt sowohl aus energetischen als auch hydraulischen Gründen ableiten.

Durch einen Rücklaufanschluss ohne Beimischung aus dem Netzeintritt (Zweileiter-Hausanschluss) wird bei gleich bleibendem Massestrom die Temperatur des Netzaustritts abgesenkt und somit die Transportkapazität des Fernwärmenetzes erhöht. Somit ist für den Rücklaufanschluss im Vergleich zu einem klassischen Fernwärmeanschluss kein erhöhter hydraulischer Aufwand im Fernwärmenetz notwendig und daher keine zusätzliche Kapazität für Netzumwälzpumpen vorzuhalten.

Die Einbindung von Rücklaufanschlüssen als „Wärmesenken im Netzaustritt“ erhöht die Effizienz von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK) und damit des Gesamtsystems.

Da der quantitative Effekt von der Struktur der Erzeugeranlagen abhängt, ist eine energetische Bewertung differenziert und konkret für den jeweiligen Anwendungsfall vorzunehmen. Die Effekte der Minderung der Temperatur des Netzaustritts bei konstantem Netzmassenstrom und konstanter Temperatur des Netzeintritts haben Einfluss auf den thermodynamischen Kreisprozess von KWK-Anlagen. Untersuchungen in [4] haben folgendes gezeigt:

- Gegendruck-Anlagen sind infolge der Absenkung der Rücklauftemperatur in der Lage mehr Strom zu produzieren.
- Bei Entnahme-Kondensations-Anlagen
  - nimmt die gesamte Stromproduktion durch eine „Stromeinbuße infolge gesteigerter Wärmeauskopplung“ leicht ab,
  - der Anteil an KWK-Strom steigt an, da sich bei Einsatz der gleichen Brennstoffwärme die Wärmeauskopplung erhöht.
- Der Primärenergieausnutzungsgrad steigt bei allen Anlagenkonfigurationen an

Zusammenfassend gilt bei einer energetischen Bewertung von Rücklaufanschlüssen im Vergleich zu klassischen Fernwärmeanschlüssen:

- Für die Erzeugung; siehe auch Abschnitt 6.2.1:
  - Spezifisch geringerer Brennstoffeinsatz,
  - Spezifisch geringere Stromeinbuße (bei KWK-Anlagen mit Dampfturbinen),
  - Steigerung der KWK-Nettostromerzeugung (Ausnahme „reine“ Gasturbine).
- Für das bestehende Transport- und Verteilnetz; siehe auch Abschnitte 6.2.2 und 6.2.3:
  - Erhöhung der vorgehaltenen Wärmeleistung bei gleichem Volumenstrom,
  - Möglichkeit zum Anschluss weiterer Kundenanlagen (Netzverdichtung) ohne hydraulische Belastung des Netzes,
  - Vermeidung zusätzlicher Netzinvestitionen,
  - Die Pumparbeit der Netzumwälzpumpen wird durch die zusätzlichen Wärmesenken im Netzaustritt nicht beeinflusst,
  - Die Netzwärmeverluste werden reduziert.

- Für das Gesamtsystem:
  - Der Primärenergiefaktor des Fernwärmesystems wird verbessert.

## **6 Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit**

Gegenüber dem klassischen Fernwärmeanschluss ist die Kostensituation des Versorgungsunternehmens für einen Rücklaufanschluss verändert, da Kostenvorteile in den Bereichen Erzeugung und Verteilung entstehen. Diese Kostenvorteile hängen von der Struktur der Kosten für die Fernwärmeversorgung im betreffenden Gebiet ab und sind im Einzelfall zu ermitteln. Hierbei sollte das jeweilige Abrechnungsmodell so gestaltet sein, dass die Grenzkosten bzw. eine mittel- und langfristige Gewinnperspektive auch durch den mit einem Rücklaufanschluss versorgten Kunden erbracht werden.

### **6.1 Wirtschaftlichkeit Kunde**

Bei einem Vollkostenvergleich zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit eines Rücklaufanschlusses gegenüber einem klassischen Fernwärmeanschluss sowie anderen möglichen Techniken zur Wärmeversorgung, sind sowohl die Investitions- als auch die Betriebskosten sowie die Nutzungsdauer der verschiedenen Anlagen nach z. B. VDI 2067 zu berücksichtigen.

Die Nutzungsdauer eines Rücklaufanschlusses und einer Rücklauf-Hausstation sind einem klassischen Fernwärmeanschluss gleichzusetzen.

Die Investitionen für einen Rücklaufanschluss und eine Rücklauf-Hausstation sind grundsätzlich höher als bei klassischen Fernwärmeanschlüssen und den hierzu gehörenden Hausstationen:

- Durch die für einen Rücklaufanschluss zur Verfügung stehende geringe Temperaturdifferenz ergibt sich ein größerer Massestrom. Daraus ergeben sich größere Abmessungen für Rohrleitungen, Armaturen und Wärmeübertrager.
- Die Heizflächen in der Hausanlage sind als Niedertemperatur-Heizungssystem auszuführen. Dies kann bei der Gebäudeinstallation höhere Investitionen erfordern. Falls die vorhandenen Heizflächen in Bestandsgebäuden für das niedrige Temperaturniveau geeignet sind, entfallen diese Mehrkosten. Sie entfallen ebenfalls, wenn im Wirtschaftlichkeitsvergleich der Rücklaufanschluss im Wettbewerb zu anderen Niedertemperatur-Wärmeerzeugungen wie Brennkesseln oder Wärmepumpen tritt, da diese die gleichen technischen Randbedingungen erfordern.
- Wird der Rücklaufanschluss als Dreileiter-Hausanschluss ausgeführt, erhöhen sich die Fixkosten entsprechend um die Herstellkosten für den Vorlauf-Vorlauf und die aufwändigere Ausführung der Hausstation.

Die Betriebskosten setzen sich aus dem Arbeitspreis der gelieferten Wärme sowie dem Grund- oder Leistungspreis für die vorgehaltene Wärmeanschlussleistung zusammen. Im Gegensatz zum klassischen Fernwärmeanschluss sind die zusätzlichen Stromkosten für die notwendige primärseitige Umwälzpumpe mit zu berücksichtigen.

In Bezug auf die Erfüllung der EnEV oder des EEWärmeG gelten für Rücklaufanschlüsse dieselben Primärenergiefaktoren der Fernwärmesysteme wie für klassische Fernwärmeanschlüsse. Es können keine Einsparungen hinsichtlich der Wärmedämmung des Gebäudes oder ähnlichem auf der „Erlösseite“ eingerechnet werden.

Für Rücklaufanschlüsse lassen sich gegenüber klassischen Fernwärmeanschlüssen meist keine Vorteile bei den Investitionskosten ermitteln.

Obwohl auch aus dem Rücklauf entnommene Wärme erzeugt werden muss sollte das Versorgungsunternehmen zur Gewinnung von Kunden mit Rücklaufanschlüssen die Strategie verfolgen, einen Teil der in Abschnitt 6.2 beschriebenen Ersparnisse in geeigneter Weise an den Kunden weiterzugeben:

- Die vom Kunden zu übernehmenden Anschlusskosten bei einem Rücklaufanschluss als Zweileiter-Hausanschluss (Leistungsanschluss und Hausstation) sollten nicht höher als bei einem klassischen Fernwärmeanschluss sein. Die Kosten könnten beispielsweise auf das Niveau eines klassischen Fernwärmeanschlusses beschränkt werden.
- Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Leistungspreis zu reduzieren, da für Rücklaufanschlüsse keine zusätzliche Vorhalteleistung für die Wärmeerzeugung bereitgehalten werden muss.
- Des Weiteren könnte der Arbeitspreis reduziert werden und somit ein Ausgleich für die zusätzlichen Pumpstromkosten innerhalb der Hausstation sowie eine Weitergabe der Kostenersparnis des Pumpstroms zum Transport des Fernwärmewassers im Fernwärmenetz erfolgen, siehe Abschnitt 6.2.2.

Um für die Realisierung von Rücklaufanschlüssen einen wirtschaftlichen Anreiz zu schaffen, sollten die dem Kunden entstehenden Gesamtkosten innerhalb der üblichen Amortisationszeit dem der klassischen Fernwärmeanschlüsse entsprechen.

In Tabelle 1 sind die Kostenblöcke von konventionellem Fernwärmeanschluss und Rücklaufanschluss gegenübergestellt und dazu entsprechende Empfehlungen formuliert.

Kostenblock	Fixkosten	Variable Kosten	Empfehlung / Hinweis
Hausanschluss	Höhere Investitionskosten. <i>Anmerkung: Durch die geringere Temperaturspreizung sind bei gleicher Anschlussleistung größere Abmessungen für Rohrleitungen und Armaturen notwendig.</i>	-	Eine Versorgung aus dem Rücklauf sollte für den Kunden nicht teurer sein als der klassische Anschluss. <i>Anmerkung: Es sind geeignete Preismodelle zu vereinbaren; siehe z.B. Abschnitt 7.3.</i>
Hausstation	Höhere Investitionskosten. <i>Anmerkung: Durch die geringere Temperaturspreizung sind bei gleicher Anschlussleistung für Übergabestation und Hauszentrale größere Abmessungen notwendig.</i> <i>Zusätzlich wird eine Umwälzpumpe zwischen Rücklauf-Vorlauf und Rücklauf-Rücklauf notwendig.</i>	Stromkosten für Betrieb der Umwälzpumpe	
Hausanlage	Ggf. erhöhte Investitionskosten <i>Anmerkung: Für die niedrigeren Temperaturen aus dem Rücklauf-Vorlauf ist ein Nieder-temperatur-Heizungssystem (z. B. Flächenheizung) erforderlich.</i>	-	Bei Eignung der vorhandenen Heizflächen ist keine Zusatzinvestition nötig. <i>Anmerkung: Vergleichbare technischen Randbedingungen liegen bei Brennwertkesseln oder Wärmepumpen vor.</i>
Wärmeverbrauchskosten	-	Leistungspreis, Arbeitspreis	Eine Versorgung aus dem Rücklauf sollte für den Kunden nicht teurer sein als der klassische Anschluss. <i>Anmerkung: Es sind geeignete Preismodelle zu vereinbaren; siehe z.B. Abschnitt 7.3.</i>
Auswirkung auf Erfüllung EnEV und/oder EEWärmeG	Keine Auswirkungen auf der Kundenseite. <i>Anmerkung: Es wird dasselbe Fernwärmesystem genutzt.</i>	-	Mittel- und langfristig verbessert sich der Primärenergiefaktor des Fernwärmesystems.

Tabelle 1: Vergleich der Kostenblöcke von Rücklaufanschlüssen und klassischen Fernwärmearschlüssen

## **6.2 Wirtschaftlichkeit Versorger**

Die Wirtschaftlichkeit für das Versorgungsunternehmen richtet sich nach den speziellen Gegebenheiten des betreffenden Fernwärmesystems. Allgemein sind bei der Betrachtung zwischen der Prozessverbesserung der Erzeugeranlagen, der Einsparung von Hilfsenergie in Form von Pumpstrom zum Transport des Kreislaufwassers sowie vermiedene Investitionen in die Infrastruktur zu unterscheiden. Zu beachten ist dabei, dass sich die zuvor genannten Punkte in der Regel nicht für den Anschluss eines Kunden an den Wärmenetzzrücklauf ausweisen lassen. Vielmehr ist eine strategische Herangehensweise erforderlich, bei welcher die Wirtschaftlichkeit bezogen auf ein Anschlusspotenzial zu ermitteln ist. Ferner stellt die Rücklaufversorgung eine Möglichkeit dar, auch Kunden in hydraulisch hoch beanspruchten Gebieten für die Fernwärme zu gewinnen.

### **6.2.1 Prozessverbesserung der Erzeugeranlagen**

Durch die Verringerung der Netzzrücklauftemperatur an den Erzeugeranlagen werden Prozessverbesserungen bei KWK-Anlagen erreicht. Die profitierenden Anlagen sind dabei hauptsächlich KWK-Anlagen mit Dampfturbinen.

Bei anderen Erzeugungsanlagen sind die Auswirkungen einer Absenkung der Rücklauftemperatur auf das Verfahren und die Wirtschaftlichkeit im Einzelfall zu untersuchen.

#### **6.2.1.1 KWK-Anlagen mit Dampfturbinen**

Die Vorteile auf der Erzeugungsseite liegen in einer höheren Effizienz bei der gleichzeitigen Produktion von Strom und Wärme.

Da durch die Verringerung der Netzzrücklauftemperatur die Wärmeleistung des Fernwärmenetzes steigt, muss ein Variantenvergleich erfolgen, bei dem der Rücklaufanschluss mit einem klassischen Fernwärmeanschluss verglichen wird.

Zur Bewertung der Prozessverbesserung einer KWK-Anlage mit einer Dampfturbine ist eine Kreisprozessberechnungen durchzuführen, mit welcher die Vorteile für den Kreisprozess bei der Variantenbetrachtung ermittelt werden können. Für große Fernwärmenetze, in die mehrere KWK-Anlagen einspeisen, sind die Ergebnisse der Prozessbewertung entsprechend zusammenzuführen. Abschließend ist es mit den Ergebnissen möglich, alle relevanten Kennzahlen und Kostenfaktoren, wie Brennstoffkosten oder CO<sub>2</sub>-Zertifikatekosten etc. in die Analyse einzubeziehen.

Neben den monetären Gesichtspunkten sind ebenfalls Einflüsse auf wichtige Kennzahlen zu untersuchen. So kann mit einer zunehmenden Anzahl von Rücklaufanschlüssen der Primärenergiefaktor für das gesamte Fernwärmesystem sinken.

#### **6.2.1.2 Block-Heizkraftwerke (BHKW)**

Die Stromproduktion wird nur unwesentlich durch die Rücklauftemperatur beeinflusst. Um unzulässig hohe Rücklauftemperaturen für die BHKW-Motoren zu vermeiden, können Rücklaufanschlüsse sinnvoll sein.

### **6.2.2 Hilfsenergie zum Transport des Kreislaufwassers**

Für die Versorgung aus dem Rücklauf des Fernwärmenetzes ist keine zusätzliche Hilfsenergie in Form von Pumpstrom zum Transport des Fernwärmewassers durch das Wärmenetz erforderlich. Der energetische sowie der monetäre Aufwand des Versorgungsunternehmens zur Kundenversorgung verringern sich.

Bei einem Rücklaufanschluss als Zweileiter-Hausanschluss wird gegenüber dem klassischen Fernwärmeanschluss in der Hausstation Pumpstrom als Hilfsenergie zur Überwindung der Druck-

verluste in den Anschlussleitungen und in der Hausstation benötigt; siehe Anwendungsbeispiel in Anhang 1.

Für den Gesamtprozess sinkt damit der spezifische Aufwand an Hilfsenergie zum Transport des Fernwärmewassers.

### **6.2.3 Investitionen in die Infrastruktur**

Durch die Realisierung von Rücklaufanschlüssen sind vom Versorgungsunternehmen keine zusätzlichen Investitionen ins Wärmenetz zu tätigen. Im Vergleich zu einem klassischen Fernwärmeanschluss belastet der Rücklaufanschluss das Wärmenetz nicht hydraulisch und ist als mittel- bzw. langfristig strategische Netzverdichtung positiv in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zu berücksichtigen.

Eine anteilmäßige Aufteilung der vermiedenen Netzinvestitionen ist nur für ein realistisches Anschlusspotenzial sinnvoll. Netzinvestitionen können z. B. Netzverstärkungen oder die Errichtung von Netzpumpstationen sein.

## **7 Vertriebskonzepte**

### **7.1 Ermittlung des Anschlusspotenzials**

Rücklaufanschlüsse sind nicht an allen Stellen im Fernwärmenetz möglich.

Netzabschnitte mit vergleichsweise geringen Durchflüssen (z. B. Netzendern) und Verteilleitungen mit undefinierten Strömungsrichtungen (vermaschte Netzabschnitte) sollten aus den Betrachtungen ausgeschlossen werden.

Empfehlenswert sind Netzabschnitte mit

- hohem Massestrom,
- hohen hydraulischen Belastungen,
- hohen Rücklauftemperaturen,
- definierten Strömungsrichtungen.

Gute Bedingungen liegen bei (nicht vermaschten) Hauptleitungen und größeren Verteilleitungen vor, bei denen eine definierte Strömungsrichtung und ein ausreichend hoher kontinuierlicher Massestrom gegeben sind. Ein Teil des Massestroms kann für die Rücklaufversorgung genutzt werden. Die Höhe des Anteils ist festzulegen.

Um das Anschlusspotenzial für Rücklaufanschlüsse in einem Fernwärmesystem zu ermitteln, sollten die Netzabschnitte analysiert werden, bei denen die vorgenannten Bedingungen erfüllt sind.

Die allgemeinen mathematischen Zusammenhänge zur Auslegung von Rücklaufanschlüssen sind in Anhang 1, ein Beispiel zur Potenzialermittlung von Rücklaufversorgungen in bestehenden Fernwärmeleitungsabschnitten ist im Anhang 3, aufgeführt.

### **7.2 Vertriebsstrategie und Akquisition**

Um zweckmäßige Rücklaufanschlüsse anbieten und realisieren zu können, müssen alle relevanten technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkte betrachtet werden. Der prinzipielle Ablauf von der Kundenanfrage bis zur Angebotserstellung ist in Diagramm 1 dargestellt.

Die Art der Akquisition hängt von der Unternehmensstrategie und der hydraulischen Auslastung des Fernwärmenetzes ab. Eine Vertriebsstrategie bei hydraulisch ausgelasteten Netzen bzw. Netzbereichen könnte sein, geeignete Kunden im „Zentralbereich“ des Wärmeversorgungsgebietes

tes an den Netzurücklauf anzuschließen um in den „Randbereichen“ Potential für weitere klassische Fernwärmeanschlüsse zu schaffen.

Zur Schulung und Sensibilisierung des Vertriebspersonals sind geeignete Schulungs- und Informationsunterlagen zu erarbeiten; Beispiel siehe Anhang 5.

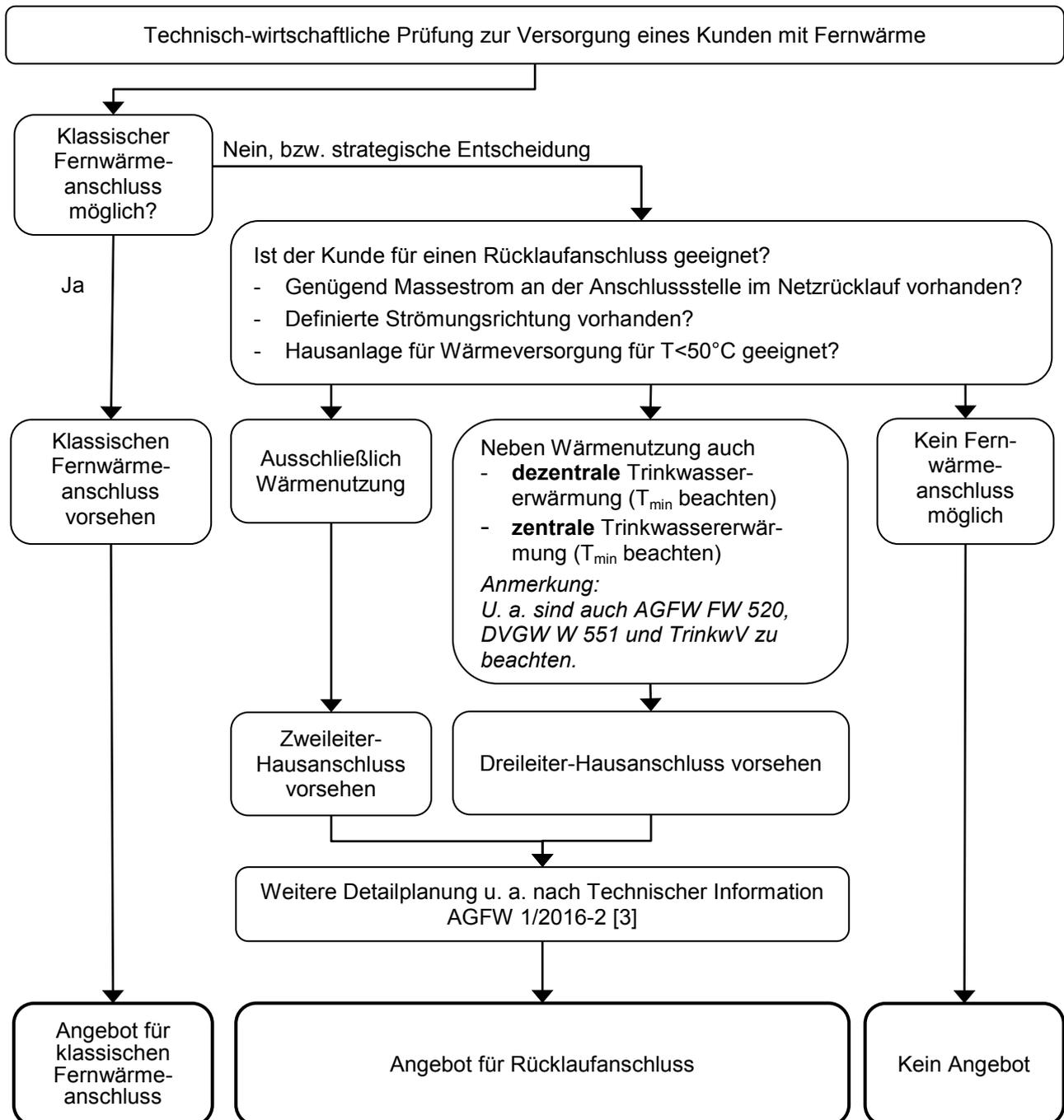


Diagramm 1: Grundsätzlicher Prozessablauf zur technisch-wirtschaftlichen Prüfung des geeigneten Fernwärmeanschlusses

### **7.3 Abrechnungsmodelle für den Kunden**

Die Abrechnung mit dem Kunden erstreckt sich auf die Preiselemente

- Baukostenzuschuss für das vorgelagerte Netz,
- Anlageninvestition (Hausanschlussleitungen und Hausstation),
- Grundpreis / Leistungspreis und
- Arbeitspreis.

Diese Preiselemente sollten von den Versorgern innerhalb der bereits vorhandenen Tarifgestaltung auch für Rücklaufanschlüsse angewendet werden.

Es sind verschiedene Preismodelle denkbar:

1. Dem Kunden wird ein verringerter Grundpreis bei konstantem Arbeitspreis angeboten.
2. Bei gleichem Grundpreis kann der Wärmepreis verringert werden.
3. Zuschuss zu Anlageninvestitionen (Hausanschlussleitung und Hausstation) bei gleichbleibendem Grund- und Wärmepreis (€ / kWh)
4. Contracting – Modell

Zu Fall 1 ist dem Anhang 4 ein Beispiel zu entnehmen.

## **8 Literatur**

- [1] Fernwärmemarketing – Strategien im Wärmemarkt, AGFW, März 2012, ISBN 3-89999-029-3
- [2] Hinweis FW 441 – Möglichkeiten der Fernwärmeversorgung aus dem Rücklauf des Netzes, AGFW, Oktober 1998
- [3] Technische Information AGFW 1/2016-2 - Technische Gestaltungen -, AGFW, 2016
- [4] Felsmann et. Al: LowEx Fernwärme: Multilevel District Heating – Zusammenfassung; TUD-press, ISBN: 978-3-942710-15-2, Dresden, 2011

## Anhang 1 Mathematische Zusammenhänge

In Abbildung 2 und Abbildung 3 sind für einen Zweileiter-Rücklaufanschluss diejenigen Parameter aufgeführt, mit denen sich mit den Formeln in Tabelle 2 alle wesentlichen Kennwerte für Rücklaufanschlüsse berechnen lassen. Es ist sicherzustellen, dass keine strömungstechnische Rückwirkung zwischen Rücklauf-Rücklauf und Rücklauf-Vorlauf auftritt.

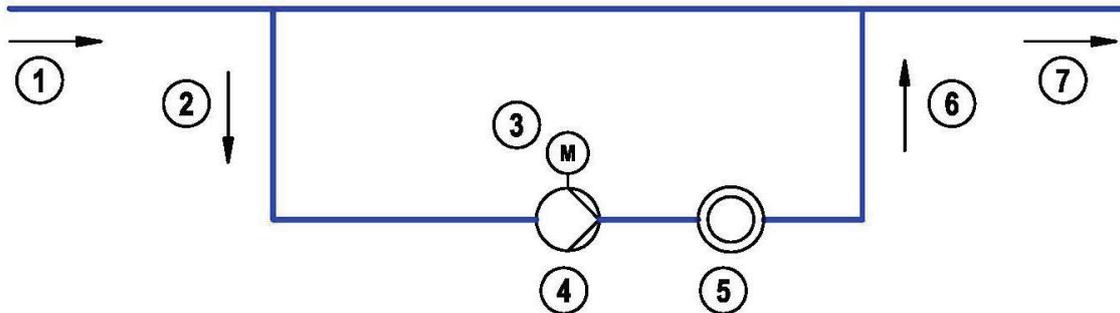


Abbildung 2: Mathematische Zusammenhänge für die Auslegung eines Rücklaufanschlusses  
Legende:

Lfd. Nr.	Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
①	$m_{\text{ges}}$	kg/s	Massestrom Netzurücklauf
	$t_{\text{RL},1}$	°C	Temperatur Netzurücklauf / Temperatur Rücklauf-Vorlauf
②	$m_{\text{RA}}$	kg/s	Massestrom Rücklaufversorgung (Rücklauf-Vorlauf)
	$p_2$	bar	Druck am Ausspeisepunkt Netzurücklauf / Rücklauf-Vorlauf
③	$P_{\text{Motor}}$	kW	Leistungsaufnahme Motor
	$Q_{\text{RA}}$	-	Wirkungsgrad Motor
④	$P_{\text{Pumpe}}$	kW	Leistungsaufnahme Pumpe
	$P_{\text{hydr}}$	kW	Hydraulische Leistung der Pumpe
	$\eta_{\text{Pumpe}}$	-	Wirkungsgrad Pumpe
⑤	$\eta_{\text{Motor}}$	kW	Wärmeleistung Rücklauf-Hausanschluss
⑥	$t_{\text{RL},6}$	°C	Temperatur Rücklauf-Rücklauf
	$p_6$	bar	Druck am Einspeisepunkt Rücklauf-Rücklauf / Netzurücklauf
⑦	$t_{\text{RL},7}$	°C	Temperatur Netzurücklauf nach Rücklauf-Hausanschluss

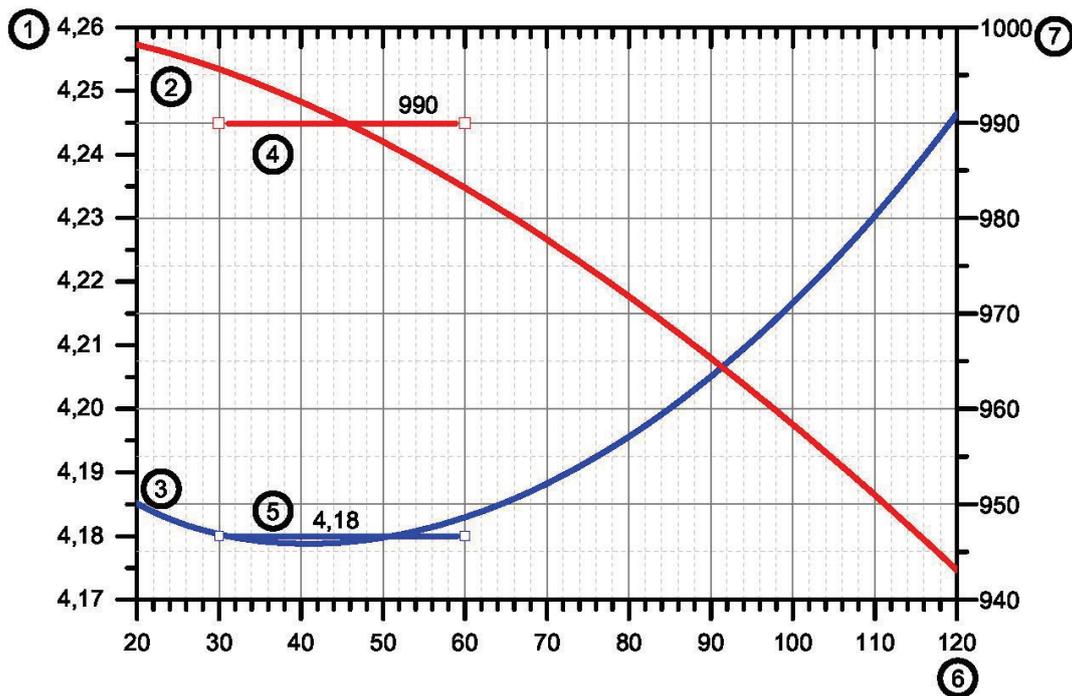


Abbildung 3: Stoffwerte von Wasser

Legende:

Lfd. Nr.	Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
①	$c_p$	$\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	Wärmekapazität
②	$\rho(t)$	$\text{kg}/\text{m}^3$	Dichte in Abhängigkeit der Temperatur
③	$c_p(t)$	$\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	Wärmekapazität in Abhängigkeit der Temperatur
④	$\rho_m$	$\text{kg}/\text{m}^3$	Mittlere Dichte im Temperaturbereich von 30 ... 60 °C
⑤	$c_{pm}$	$\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	Mittlere Wärmekapazität im Temperaturbereich von 30 ... 60 °C
⑥	$t$	°C	Temperatur
⑦	$\rho$	$\text{kg}/\text{m}^3$	Dichte

Formeln mit Bezug auf Abbildung 2	Allgemeine Formeln	
$Q_5 = m_2 c_{pm} (t_2 - t_6)$	$Q_{RA} = m_{RA} \cdot c_{pm} \cdot \Delta T_{RA}$	Formel 1
$t_7 = t_1 - Q_5 / (m_2 \cdot c_{pm})$	$t_2 = t_1 - Q_{RA} / (m_{RA} c_{pm})$	Formel 2
$\Delta p_{6-2} = p_6 - p_2$	$\Delta p_{RA} = p_2 - p_1$	Formel 3
$V_2 = m_2 / \rho_M$	$V_{RA} = m_{RA} / \rho_m$	Formel 4
$P_5 = V_2 \cdot \Delta p_{6-2}$	$P_{hydr} = V_{RA} \cdot \Delta p_{RA}$	Formel 5
$\eta_{5,4} = \eta_5 \cdot \eta_4$	$\eta_{MP} = \eta_M \cdot \eta_P$	Formel 6
$P_4 = P_5 / \eta_{5,4} = V_2 \cdot \Delta p_{6-2} / \eta_{5,4}$	$P_{Pumpe,ges} = P_{hydr} / (\eta_P \cdot \eta_M) = V_{RA} \cdot \Delta p_{RA} / (\eta_P \cdot \eta_M)$	Formel 7

Tabelle 2: Mathematische Formeln zur Berechnung von Rücklaufanschlüssen

## Anhang 2      Anwendungsbeispiel zur Ermittlung des Hilfsenergieaufwandes für klassische Fernwärmeanschlüsse und Rücklaufanschlüsse

### A2.1            Grundlagen zur Berechnung des Hilfsenergieaufwandes

Nachfolgend werden die Berechnung und die Gegenüberstellung des Hilfsenergieaufwandes zum Transport des Fernwärmewassers zwischen einem Vorlauf- und einem Rücklaufanschluss erläutert.

Formelzeichen	Erläuterung
$P_{VA}$	Pumpstrom für den Vorlaufanschluss
$P_{RA}$	Pumpstrom für den Rücklaufanschluss
$P_{VA,hydr}$	Hydraulische Leistung für den Vorlaufanschluss
$P_{RA,hydr}$	Hydraulische Leistung für den Rücklaufanschluss
$\eta_{PM}$	Gesamtwirkungsgrad von Motor und Pumpe
$\rho$	Mittlere Dichte
$c_{pm}$	Mittlere spezifische isobare Wärmekapazität
$\Delta T_{HN}$	Temperaturdifferenz Wärmenetz
$\Delta T_{RA}$	Temperaturdifferenz Rücklaufanlage
$\Delta p_{HN}$	Differenzdruck Wärmenetz
$\Delta p_{RA}$	Differenzdruck für die Rücklaufanlage
$V_{VA}$	Volumenstrom Vorlaufanschluss
$V_{RA}$	Volumenstrom Rücklaufanlage
$Q_{VA}$	Wärmeleistung Vorlaufanschluss
$Q_{RA}$	Wärmeleistung der Rücklaufanlage

Tabelle 3:            Verwendete Formelzeichen zur Ermittlung des Hilfsenergieaufwandes

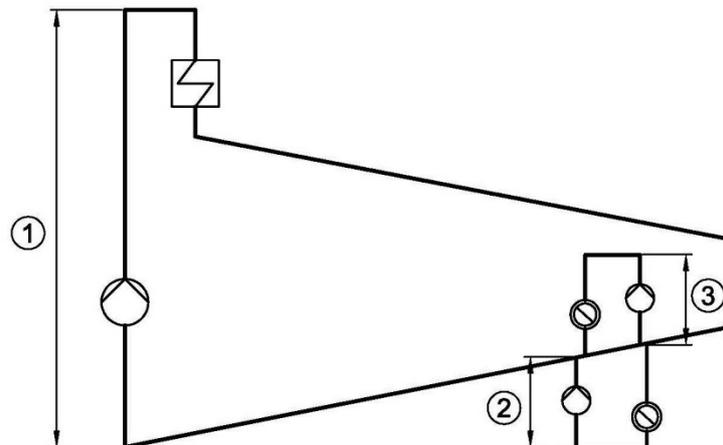


Abbildung 4: Mathematische Zusammenhänge für die Auslegung eines Rücklaufanschlusses (Druckschaubild)

Legende:

Lfd. Nr.	Formelzeichen	Beschreibung
①	$\Delta p_{VR}$	Druckdifferenz im Fernwärmenetz (Druckerhöhung Netzumwälzpumpe)
②	$\Delta p_{RR}$	Druckdifferenz in einer Anlage zu Rücklaufversorgung (Druckerhöhung Pumpe nach dem Wärmeübertrager in der Hausübergabestation)
③	$\Delta p_{RR}$	Druckdifferenz in einer Anlage zu Rücklaufversorgung (Druckerhöhung Pumpe vor dem Wärmeübertrager in der Hausübergabestation)

Anmerkung: Empfohlen wird die Ausführung der Druckerhöhung mit Pumpe vor dem Wärmeübertrager in der Hausübergabestation (Fall ③)

## A2.2 Berechnung des Hilfsenergieaufwandes zum Transport des Fernwärmewassers

Der Pumpstrom für den klassischen Fernwärmeanschluss (VA) berechnet sich nach Formel 8:

$$P_{VA} = P_{VA,hydr} \cdot \eta_{PM} = V_{VA} \cdot \Delta p_{HN} = Q_{VA} / (\rho \cdot c_{pm} \cdot \Delta T_{HN}) \cdot \Delta p_{HN} \quad \text{Formel 8}$$

Der Pumpstrom für den Rücklaufanschluss (RA) berechnet sich nach Formel 9:

$$P_{RA} = P_{RA,hydr} \cdot \eta_{PM} = V_{RA} \cdot \Delta p_{RA} = Q_{RA} / (\rho \cdot c_{pm} \cdot \Delta T_{RA}) \cdot \Delta p_{RA} \quad \text{Formel 9}$$

Der Wirkungsgrad der Einheit von Motor und Pumpe (80 ... 90 %) kann bei der Gegenüberstellung vernachlässigt werden ( $\eta_{PM} = \text{konstant}$ ).

## A2.3 Gegenüberstellung des hydraulischen Aufwandes bezogen auf den Auslegungsfall

Die Wärmeleistung des Kunden ist identisch

$$Q_{VA} = Q_{RA} \quad \text{Formel 10}$$

Umstellen und Einsetzen von Formel 8 und 9 in 10 ergibt:

$$P_{VA} \cdot \Delta T_{HN} / \Delta p_{HN} = P_{RA} \cdot \Delta T_{RA} / \Delta p_{RA} \quad \text{Formel 11}$$

$$P_{VA} / P_{RA} = \Delta p_{HN} \cdot \Delta T_{RA} / \Delta T_{HN} \cdot \Delta p_{RA} \quad \text{Formel 12}$$

Für den Vorlaufkunden ist einzusetzen:

- Maximale Druckdifferenz des Wärmenetzes in bar; z. B. 14 bar
- Maximale Temperaturdifferenz in Kelvin; z. B. 80 K

Für den Rücklaufkunden ist einzusetzen:

- Maximale Druckdifferenz des Kundenanschlusses in bar; z. B. 1 bar
- Max. Temperaturdifferenz in Kelvin; z.B. 15 K

$$P_{VA} / P_{RA} = 14 \text{ bar} \cdot 15 \text{ K} / 1 \text{ bar} \cdot 80 \text{ K} = 2,6$$

Formel 13

Für den klassischen Fernwärmeanschluss entsprechend den o. g. Annahmen wird im Gegensatz zum Rücklaufanschluss ein etwa 2,6fach höherer Hilfsenergieaufwand (Pumpstrom) benötigt.

#### **A2.4 Beispiel zur Berechnung der Pumpenleistung für eine Anschlussleistung von 1 MW**

Als Stoffwerte des Kreislaufwassers sind einzusetzen:

- Dichte ( $\rho$ ) 985 in  $\text{kg m}^{-3}$
- Spezifische Wärmekapazität ( $c_p$ ) 4,18  $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\text{K}^{-1}$  in  $\text{kJ}/(\text{kgK})$

Es wird angenommen, dass sich die Fernwärmeumwälzpumpen im Rücklaufwasser vor dem Wärmeerzeuger befinden und die des Rücklaufkunden vor dem Wärmeübertrager. Hieraus resultiert eine konstante Dichte des Wassers von  $985 \text{ kg/m}^3$  für  $55^\circ\text{C}$ . Die spezifische Wärmekapazität wird vereinfacht mit  $4,18 \text{ kJ}/(\text{kg K})$  konstant angesetzt. Der Wirkungsgrad der Einheit von Motor und Pumpe wird bei der Gegenüberstellung vernachlässigt.

$$P_{\text{hydr,VA}} = 1 \text{ MW} \cdot 14 \text{ bar} / (985 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,18 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 55\text{K}) = 6,14 \text{ kW}$$

$$P_{\text{hydr,RA}} = 1 \text{ MW} \cdot 1 \text{ bar} / (985 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,18 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 20\text{K}) = 1,2 \text{ kW}$$

#### Sensitivitätsanalyse

Je nachdem, wie das Temperaturniveau sowie die Druckverhältnisse des Fernwärmesystems gestaltet beziehungsweise die Auslegung des Rücklaufkunden vorgenommen wird, ändert sich die Differenz des elektrischen Aufwands. Für ausgewählte Randbedingungen veranschaulicht Abbildung 5 die Sensitivitäten. Im Ergebnis kann festgehalten werden, dass bei Anschluss von Kunden an den Rücklauf der spezifische Aufwand an Hilfsenergie zum Transport des Fernwärmewassers bezogen auf Gesamtprozess sinkt.

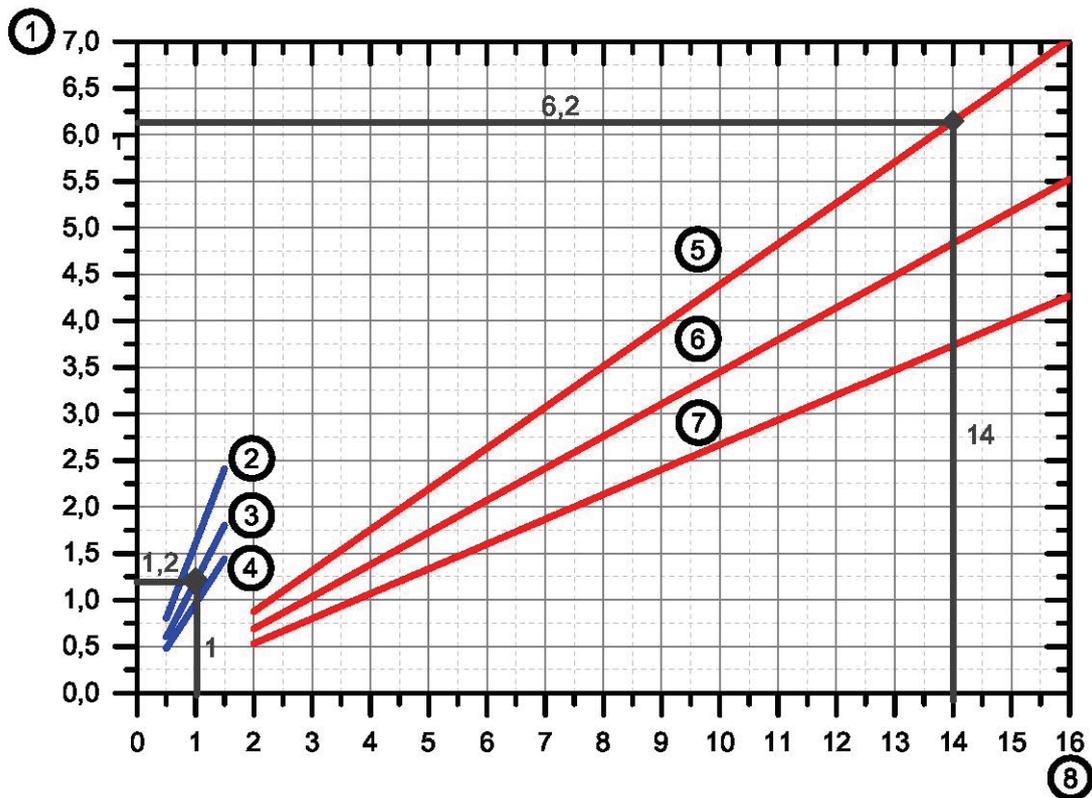


Abbildung 5: Zusammenhang zwischen Differenzdruck, Auslegungsspreizung und hydraulischer Leistung bezogen auf eine Anschlussleistung von 1 MW

Legende

- ① Hydraulische Leistung in kW je 1 MW Anschlussleistung
- ② Rücklaufanschluss mit einer Auslegungsspreizung von 10 K
- ③ Rücklaufanschluss mit einer Auslegungsspreizung von 20 K
- ④ Rücklaufanschluss mit einer Auslegungsspreizung von 25 K
- ⑤ Klassischer Fernwärmeanschluss mit einer Auslegungsspreizung von 55 K
- ⑥ Klassischer Fernwärmeanschluss mit einer Auslegungsspreizung von 70 K
- ⑦ Klassischer Fernwärmeanschluss mit einer Auslegungsspreizung von 90 K
- ⑧ Differenzdruck in bar

### Anhang 3 Beispiel zur Ermittlung des Potenzials für Rücklaufanschlüsse

Das folgende Beispiel stellt die Verfahrensweise zur Potentialermittlung vor. In einem großen Fernwärmenetz werden geeignete Netzabschnitte identifiziert, die nicht vermascht und hydraulisch hoch belastet sind.

Abbildung 6 zeigt einen geeigneten Netzabschnitt, bei denen Teilbereiche (blau markiert) für Rücklaufanschlüsse geeignet sind.



Abbildung 6: Beispiel zur Potentialermittlung für geeignete Trassenabschnitte für Rücklaufanschlüsse

Legende:

- ① 1. Trassenabschnitt
- ② 2. Trassenabschnitt
- ③ 3. Trassenabschnitt

Um zu berücksichtigen, dass der Massestrom über der Länge des Trassenabschnittes nicht konstant ist, werden drei Teilabschnitte gebildet. Für diese wird im nächsten Schritt der Durchfluss im Auslegungsfall ( $m_{i,Auslegung}$ ) ausgewertet.

Die ungleichmäßige Verteilung des Durchflusses über den Teilbereich  $i$  kann durch Mittelwertbildung berücksichtigt werden (Formel 14).

$$m_{RA,i} = 0,5 \cdot m_{i,Auslegung} \quad \text{Formel 14}$$

Anschließend wird für die Rücklaufversorgung in dem Teilabschnitt ein Potenzial errechnet, indem ein Anteil  $Y$  des gemittelten Durchflusses für jeden Kunden einem Rücklaufkunden zugeschrieben wird (Formel 15):

$$Q_i = Y \cdot m_{RA,i} \cdot c_{pm} \cdot \Delta T_{RL} \quad \text{Formel 15}$$

Der Anteil  $Y$  sollte kleiner als 50% des gemittelten Durchflusses  $m_{RA,i}$  sein, um auch in Teillastfällen sowie bei Leistungsreduzierungen der klassischen Fernwärmeanschlüsse in dem Gebiet oder

anderen Veränderungen einen ausreichenden Massestrom für den Rücklaufkunden zu gewährleisten.

Diese Verfahrensweise wird auf die Hauptrassen, die in Richtung der Erzeugungsanlage führen, übertragen. Dabei ist die Verfügbarkeit der Erzeugungsanlagen (Grundlast) sowie deren Ausfälle (Revisionen, Störungen etc.) mit zu beachten. Rücklaufanschlüsse im Bereich von z. B. Spitzenlastanlagen sind eher schwierig zu realisieren.

Abschließend werden die Einzelpotenziale summiert (Formel 16).

$$Q_{\text{ges}} = \text{Summe } Q_{\text{RA},i} \quad i = 1 \dots n$$

Formel 16

Abbildung 7 zeigt das Potenzial für Rücklaufanschlüsse in einem Verbundnetz bei denen 50% des mittleren Massestroms im Auslegungsfall der Hauptleitung verwendet werden.



Abbildung 7: Beispiel zur Übersicht des ermittelten des Potenzials für Rücklaufanschlüsse

Legende:

- ① bis ⑦ Potenziale 1 bis 7
- A Wärmeeinspeisung
- B Wärmeeinspeisung

#### Anhang 4 Beispiel für ein Abrechnungsmodell für einen Rücklaufanschluss

Das Abrechnungsmodell für einen Rücklaufanschluss wird für ein Fernwärmesystem mit folgenden Randbedingungen formuliert:

- Leistungspreis nach eingestelltem Volumenstrom (in l/h)
- Temperatur im Vorlauf des Netzes im Auslegungsfall beträgt 130°C
- Temperatur im Rücklauf des Netzes ist mit 55°C angenommen.
- Strompreis (hier als „deutscher“ Mittelwert angenommen)

Aufgrund der Abrechnung des Leistungspreises nach eingestelltem Volumenstrom ist es für einen Rücklaufanschluss notwendig, die Gestaltung des Leistungspreises anzupassen, da der erforderliche Volumenstrom aufgrund der geringeren Temperaturspreizung wesentlich größer ist, als der eines Vorlauf-Vorlaufanschlusses.

Gegenübergestellt werden:

- ein Normalanschluss mit einer Rücklauftemperatur von 55°C
- ein Niedertemperaturanschluss mit einer Rücklauftemperatur von 35°C
- Rücklaufanschluss bezogen auf den Normalanschluss
- Rücklaufanschluss bezogen auf den Niedertemperaturanschluss

Die Eingangsdaten des Kunden sind in Tabelle 4 gegenübergestellt.

	Einheit	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
<b>Wärmebedarf Kunde</b>				
Anschlussleistung	kW	150	500	1.000
Benutzungsstunden	h/a	1.900	1.900	1.900
Wärme	MWh/a	285	950	1.900
Wärmepreis (Ø 2013)	€/MWh	50,00	50,00	50,00
Kosten Wärme pro Jahr	€/a	14.250	47.500	95.000
<b>Eingangsdaten Wärmenetz</b>				
Vorlauftemperatur (Tv)	°C	135	135	135

Tabelle 4: Eingangsdaten des Kunden

Der Normalanschluss weist die in Tabelle 5 dargestellten Gesamtkosten und Mischpreise auf. Es wird ein Jahresgrundpreis von 6 € je l/h angesetzt.

	Einheit	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Rücklauftemperatur ( $T_R$ )	K	55	55	55
Temperaturspreizung ( $\Delta T$ )	K	80	80	80
Volumenstrom	l/h	1.612	5.374	10.748
Jahresgrundpreis	€ je l/h	6,00	6,00	6,00
Jahresgrundkosten	€/a	9.672	32.244	64.488
<b>Gesamtkosten</b>	€/a	<b>23.922</b>	<b>79.744</b>	<b>159.488</b>
Mischpreis	€/MWh	83,94	83,94	83,94

Tabelle 5: Gesamtkosten und Mischpreis für den klassischen Fernwärmeanschluss entsprechend des Wärmebedarfs nach Tabelle 4

Ein Niedertemperaturanschluss weist die Daten in Tabelle 6 aus. Es wird deutlich, dass etwa 20% Einsparungen auf den Jahresgrundpreis und 8,1 % auf die Gesamtkosten erreicht werden.

	Einheit	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Rücklauftemperatur ( $T_R$ )	K	35	35	35
Temperaturspreizung ( $\Delta T$ )	K	100	100	100
Volumenstrom	l/h	1.290	4.299	8.598
Jahresgrundpreis	€ je l/h	6,00	6,00	6,00
Jahresgrundkosten	€/a	7.740	25.794	51.588
<b>Gesamtkosten</b>	€/a	<b>21.990</b>	<b>73.294</b>	<b>146.588</b>
Einsparung Jahresgrundpreis	%	20,0	20,0	20,0
Einsparung Gesamtkosten	%	8,1	8,1	8,1

Tabelle 6: Gesamtkosten und Mischpreis für Niedertemperaturanschluss entsprechend des Wärmebedarfs nach Tabelle 4

Für den Rücklaufanschluss ist die Stromaufnahme für die primärseitige Umwälzpumpe zu berechnen. Es wird ein Strompreis von 190 €/MWh angesetzt.

Die Stromaufnahme wird im Auslegungsfall mit folgenden Randbedingungen betrachtet:

- Volumenstrom in  $m^3/h$
- Differenzdruck der primärseitigen Umwälzpumpe 1,0 bar
- Wirkungsgrad der primärseitigen Umwälzpumpe 82 %

$$P_{el} = V \cdot 1,0 \text{ bar} / 0,82 \quad \text{Formel A4.1}$$

Die Stromaufnahme wird durch Multiplikation mit den Vollastbenutzungsstunden  $b_{vaP}$  der Pumpe ermittelt:

$$W_{el} = P \cdot b_{vaP} \quad \text{Formel A4.2}$$

Die Pumpe muss die gesamte Heizperiode in Betrieb sein. Geschätzt werden 3000 Vollastbenutzungsstunden  $b_{vaP}$  der Pumpe.

Für den Rücklaufanschluss wird untersucht:

- Erforderlicher Volumenstrom für den Rücklaufanschluss [ $m^3/h$ ]
- Abzurechnender Volumenstrom im Vergleich zum Vorlauf-Vorlaufanschluss [ $m^3/h$ ]
- Freier Volumenstrom im Vergleich zum Vorlauf-Vorlaufanschluss [ $m^3/h$ ]

Im Unterschied zu den Vorlaufanschlüssen wird der abzurechnende Volumenstrom mit der Spreizung der Niedertemperaturheizung bzw. des Normalanschlusses berechnet.

Zudem wird die Möglichkeit eines Nachlasses auf den Leistungspreis gewährt, der die Vorteile für das Fernwärmeversorgungsunternehmen abbildet.

Im Beispiel beträgt dieser 25%.

Tabelle 7 und Tabelle 8 stellen die Ergebnisse dar.

Im der Zeile Mehrkosten Investition können die sich ergebenden zusätzlichen Kosten für den Kunden aufgenommen werden.

	Einheit	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
$T_R$ Berechnung	K	35	35	35
$\Delta T$ Netz	K	100	100	100
Vorlauftemperatur ( $T_V$ )	K	50	50	50
Rücklauftemperatur ( $T_R$ )	K	35	35	35
Temperaturspreizung ( $\Delta T$ )	K	15	15	15
Abgerechneter Volumenstrom	l/h	1.290	4.299	8.598
Volumenstrom	l/h	8.598	28.662	57.323
Freier Volumenstrom (Differenz zwischen Volumenstrom und abgerechnetem Volumenstrom)	l/h	7.309	24.362	48.725
Verhältnis abgerechnet / gesamt	%	15,0	15,0	15,0
Jahresgrundpreis	€ je l/h	6,00	6,00	6,00
<b>Nachlass auf Jahresgrundpreis</b>	<b>%</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>
Jahresgrundkosten	€ je l/h	5.804	19.347	38.693
Volumenstrom	m <sup>3</sup> /h	9	29	57
Differenzdruck Pumpe	bar	1,5	1,5	1,5
Leistung Pumpe	kW	0,36	1,19	2,39
Vollastbenutzungsstunden Pumpe	h/a	3.000	3.000	3.000
Stromverbrauch	kWh	1.075	3.583	7.165
Strompreis	€/MWh	190,00	190,00	190,00
Stromkosten	€/a	204	681	1.361
<b>Gesamtkosten</b>	<b>€/a</b>	<b>20.258</b>	<b>67.527</b>	<b>135.054</b>
Einsparung gegenüber Niedertemperaturheizung	€/a	1.732	5.767	11.534
Einsparung Jahresgrundkosten bezogen auf klassischen Fernwärmeanschluss	%	40,0	40,0	40,0
<b>Einsparung Gesamtkosten</b>	<b>%</b>	<b>7,9</b>	<b>7,9</b>	<b>7,9</b>
Mehrkosten Investition	€			

Tabelle 7: Rücklaufanschluss bezogen auf Niedertemperaturheizung

	Einheit	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
$T_R$ Berechnung	K	45	45	45
$\Delta T$ Netz	K	90	90	90
Vorlauftemperatur ( $T_v$ )	K	50	50	50
Rücklauftemperatur ( $T_R$ )	K	35	35	35
Temperaturspreizung ( $\Delta T$ )	K	15	15	15
Erforderlicher Volumenstrom	l/h	8.598	28.662	57.323
Abgerechneter Volumenstrom	l/h	1.433	4.777	9.554
Freier Volumenstrom (Differenz zwischen Volumenstrom und abgerechnetem Volumenstrom)	l/h	7.165	23.885	47.769
Verhältnis abgerechnet / gesamt	%	16,7	16,7	16,7
Jahresgrundpreis	€ je l/h	6,00	6,00	6,00
<b>Nachlass auf Jahresgrundpreis</b>	%	25	25	25
Jahresgrundkosten	€/a	6.449	21.496	42.992
Volumenstrom	m <sup>3</sup> /h	9	29	57
Differenzdruck Pumpe	bar	1,5	1,5	1,5
Leistung Pumpe	kW	0,36	1,19	2,39
Vollastbenutzungsstunden Pumpe	h/a	3.000	3.000	3.000
Stromverbrauch	kWh	1.075	3.583	7.165
Strompreis	€/MWh	190,00	190,00	190,00
Stromkosten	€/a	204	681	1.361
<b>Gesamtkosten</b>	<b>€/a</b>	<b>20.903</b>	<b>69.677</b>	<b>139.354</b>
Einsparung absolut	€/a	3.019	10.067	20.134
Einsparung Jahresgrundkosten	%	33,3	33,3	33,3
<b>Einsparung Gesamtkosten</b>	<b>%</b>	<b>12,6</b>	<b>12,6</b>	<b>12,6</b>
Mehrkosten Investition	€			

Tabelle 8: Rücklaufanschluss bezogen auf den klassischen Fernwärmeanschluss

Den abschließenden Vergleich stellt Abbildung 8 dar.

Im direkten Vergleich Niedertemperaturheizung-Rücklaufanschluss bzw. Normalanschluss-Rücklaufanschluss liegen beim Rücklaufanschluss geringere Gesamtkosten vor. Diese müssen die zusätzliche Investition tragen.

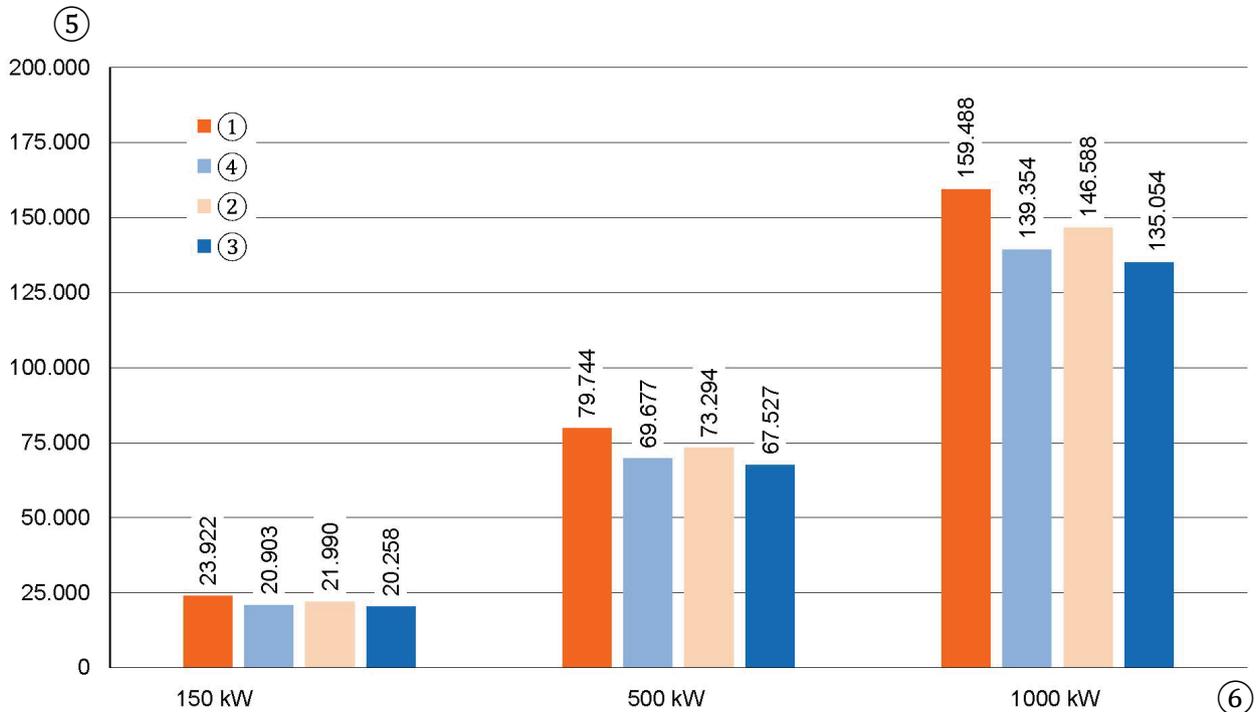


Abbildung 8: Vergleich der Gesamtkosten für unterschiedliche Fernwärmeanschlussvarianten

Legende:

- ① Klassischer Fernwärmeanschluss
- ② Niedertemperaturheizung
- ③ Rücklaufanschluss bezogen auf Niedertemperaturheizung
- ④ Rücklaufanschluss bezogen auf klassischen Fernwärmeanschluss
- ⑤ Gesamtkosten in EUR/a
- ⑥ Szenarien nach Tabelle 4

## Anhang 5 Schulungs- und Informationsmaterial

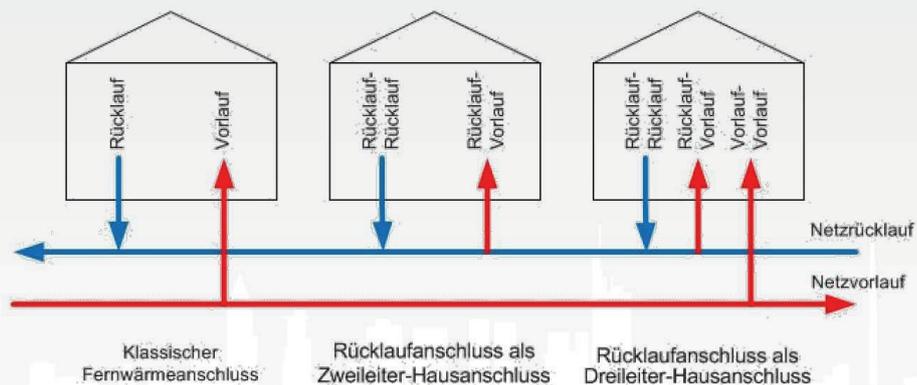
Die nachfolgende bzw. zum Download unter [agfw.de](http://agfw.de) zur Verfügung stehende Schulungs- bzw. Informationsunterlage sollte dazu genutzt werden, vertriebliche Mitarbeiter für eine breitere Umsetzung technisch / wirtschaftlich sinnvoller Rücklaufanschlüsse zu sensibilisieren.



## Fernwärmeversorgung aus dem Rücklauf

### » Was ist ein Rücklaufanschluss?

- Fernwärmehausanschluss bei der Vor- und Rücklauf der Hausstation (Rücklauf-Vorlauf, Rücklauf-Rücklauf) an den Netzzücklauf angeschlossen sind.
- Über den Rücklauf-Vorlauf wird ein Teilmassestrom aus dem Netzzücklauf entnommen, in der Hausanlage abgekühlt und über den Rücklauf-Rücklauf in den Netzzücklauf zurückgeführt.



## Fernwärmeversorgung aus dem Rücklauf

### » Anforderungen an Rücklauf-Anschlüsse

#### Kunde

- Hausanlage als Niedertemperaturheizsystem  $< 50^{\circ}\text{C}$  (z. B. Flächenheizung)
- Zentrale Trinkwarmwasserbereitung nur mit Dreileiter-Hausanschluss

#### Fernwärmeversorgungsunternehmen

- Netzzücklaufftemperaturen ( $> 50^{\circ}\text{C}$ )
- Ausreichender Volumenstrom im Netzzücklauf
- Definierte Strömungsrichtung

### » Vorteile und Wirtschaftlichkeit einer Rücklaufversorgung Sicht Versorger

- Gewinnung weiterer Kunden in hydraulisch hoch belasteten Netzen
- Erhöhung der Transportleistung im Netz bei gleichbleibendem Pumpstromaufwand
- Senkung der Netzurücklauftemperatur
- Erhöhung der KWK-Stromproduktion
- Vermeidung von Investitionen in die Infrastruktur
- Verringerung der Wärmeverluste im Fernwärmenetz
- Mittel- bis langfristige Verbesserung des Primärenergiefaktors

*Je nach Unternehmensstrategie sind die Vorteile zu bewerten.*

### » Vorteile und Wirtschaftlichkeit einer Rücklaufversorgung Sicht Kunde im Wettbewerb zu anderen Versorgungsungen

- Auch in hydraulisch hoch ausgelasteten Netzbereichen können die Vorteile durch Fernwärme (Primärenergiefaktor, EEWärmeG) genutzt werden.
- » Die Vollkosten sollten nicht höher als die eines Vorlaufanschlusses sein.
  - ↳ *Eine Kompensation der Mehrkosten aus Anlagentechnik und Pumpstrom ist erforderlich.*

## Fernwärmeversorgung aus dem Rücklauf

### » Wirtschaftliche Rahmenbedingungen für den Versorger

- Prozessverbesserung der Erzeugeranlagen
- Einsparung bei der Hilfsenergie zum Transport des Heizwassers
- Vermeidung von Investitionen in die Netzinfrastruktur
- Zusätzliche Akquise in hydraulisch hoch belasteten Netzabschnitten möglich  
(Anforderungen von Seite 4 beachten!)

## Fernwärmeversorgung aus dem Rücklauf

### » Vergleich der Kostenblöcke von Rücklauf- zu klassischen Fernwärmeanschlüssen

Kostenblock	Fixkosten	Variable Kosten	Empfehlung / Hinweis
Hausanschluss	Höhere Investitionskosten. <i>Durch die geringere Temperaturspreizung sind bei gleicher Anschlussleistung größere Abmessungen für Rohrleitungen und Armaturen notwendig.</i>	-	Eine Versorgung aus dem Rücklauf sollte für den Kunden nicht teurer sein als der klassische Anschluss. <i>Es sind geeignete Preismodelle zu vereinbaren.</i>
Hausstation	Höhere Investitionskosten. <i>Durch die geringere Temperaturspreizung sind bei gleicher Anschlussleistung für Übergabestation und Hauszentrale größere Abmessungen notwendig. Zusätzlich wird eine Umwälzpumpe zwischen Rücklauf-Vorlauf und Rücklauf-Rücklauf notwendig.</i>	Stromkosten für Betrieb der Umwälzpumpe	
Hausanlage	Ggf. erhöhte Investitionskosten <i>Für die niedrigeren Temperaturen aus dem Rücklauf-Vorlauf ist ein Niedertemperatur-Heizungssystem (z. B. Flächenheizung) erforderlich</i>	-	Bei Eignung der vorhandenen Heizflächen ist keine Zusatzinvestition nötig. <i>Vergleichbare technischen Randbedingungen liegen bei Brennwertkesseln oder Wärmepumpen vor.</i>

## Fernwärmeversorgung aus dem Rücklauf

### » Vergleich der Kostenblöcke von Rücklauf- zu klassischen Fernwärmeanschlüssen

Kostenblock	Fixkosten	Variable Kosten	Empfehlung / Hinweis
Wärme- verbrauchskosten	-	Leistungspreis, Arbeitspreis	Eine Versorgung aus dem Rücklauf sollte für den Kunden nicht teurer sein als der klassische Anschluss.  <i>Es sind geeignete Preismodelle zu vereinbaren.</i>
Auswirkung auf Erfüllung EnEV und / oder EEWärmeG	Keine Auswirkungen auf der Kundenseite.  <i>Es wird dasselbe Fernwärmesystem genutzt.</i>	-	Mittel- und langfristig verbessert sich der Primärenergiefaktor des Fernwärmesystems.

## Fernwärmeversorgung aus dem Rücklauf

### » Anwendungsmöglichkeiten für Rücklauf-Anschlüsse

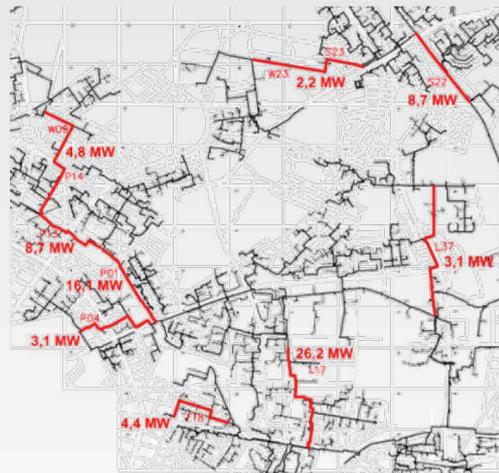
- Alle Arten von Flächenheizungen (Fußboden- und Wandheizungen etc.)
- Rasenheizungen
- Rampen- und Treppenheizungen
- Fahrbahnheizungen (Brücken und Steilstrecken)
- Bahnsteige
- Parkdecks
- Gewächshäuser
- alle nur aufwändig eisfrei zu haltende Flächen
- Heizung über Betonkerntemperierung
- Trocknung temperatursensibler Produkte (Kräuter, Gewürze)
- ...

## Fernwärmeversorgung aus dem Rücklauf

### » Potenzialermittlung

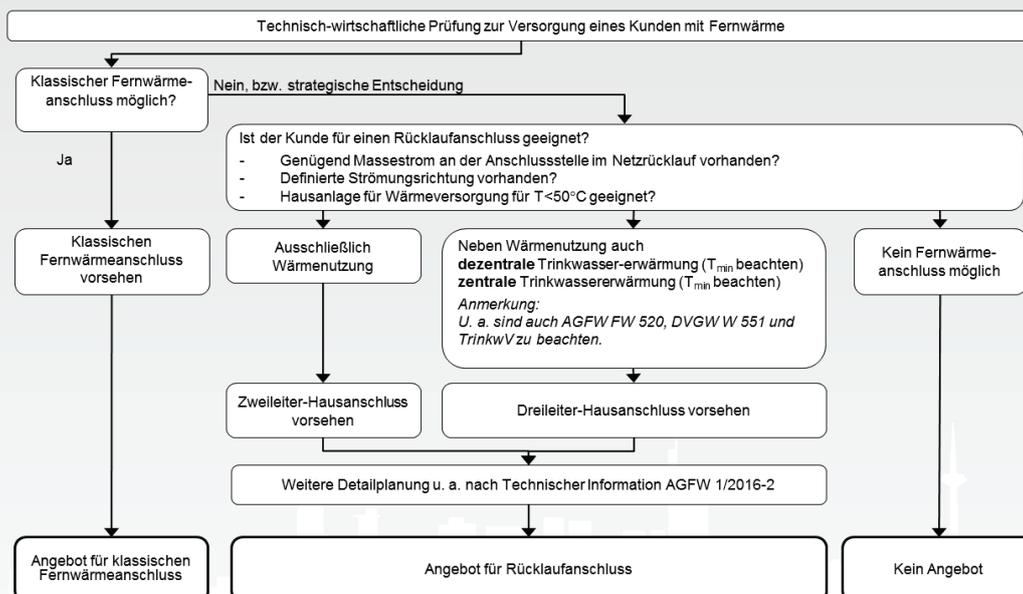
Empfehlenswert sind folgende Bereiche im Fernwärmenetz:

- Netzabschnitte mit **hoher hydraulischer Belastung**
- Netzabschnitte mit **definierter Strömungsrichtung** (z. B. Strahlennetz)
- Netzabschnitte mit **hohen Volumenströmen**
- Netzabschnitte mit **hohen Rücklauftemperaturen**



## Fernwärmeversorgung aus dem Rücklauf

### » Vertriebskonzept „Rücklaufanschluss als Sonderprojekt“







» Weitere Informationen



**AGFW-Information**

**AGFW**

**Technische Information  
AGFW 1/2016 Teil 1**

**Fernwärmeversorgung aus dem Rücklauf  
von Heizwassernetzen  
- Betrachtungen zur Energieeffizienz und  
Wirtschaftlichkeit -**

District heating supply using the return flow of water systems - considerations for energy efficiency and economy -

Juli 2016

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.

**AGFW-Information**

**AGFW**

**Technische Information  
AGFW 1/2016 Teil 2**

**Fernwärmeversorgung aus dem Rücklauf  
von Heizwassernetzen  
- Technische Gestaltungen -**

District heating supply using the return flow of water systems - technical configurations

Juli 2016

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.