

Masterthesis

Kennzahlenkatalog für Fernwärmesysteme

Rupert Wieser, geb. 28.05.1992

Matrikelnummer: 819663

Masterstudiengang angewandte Forschung und Entwicklung in den Ingenieurwissenschaften, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Rosenheim

Erstprüfer: Prof. Dr. Ing. Dominikus Bückner

Zweitprüfer: Prof. Uli Spindler

Abgabetermin: 11.03.2019

I. Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich diese Arbeit selbständig angefertigt, nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benützt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe.

(Ort, Datum)

(Unterschrift)

II. Inhaltsverzeichnis

| | | |
|--------|---|----|
| I. | EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG | 1 |
| II. | INHALTSVERZEICHNIS | 2 |
| III. | ABSTRACT | 3 |
| IV. | GLOSSAR..... | 4 |
| V. | ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS..... | 9 |
| VI. | INDIZES | 12 |
| 1 | EINLEITUNG | 15 |
| 2 | STAND DER TECHNIK..... | 16 |
| 3 | KENNZAHLENSYSTEM | 19 |
| 3.1 | SYSTEMGRENZEN | 19 |
| 3.1.1 | Systemgrenzen der Hauptsysteme | 20 |
| 3.1.2 | Systemgrenzen für untergeordnete Teilsysteme | 22 |
| 4 | KENNZAHLENKATALOG | 24 |
| 4.1 | WÄRMEERZEUGUNG..... | 25 |
| 4.1.1 | Wärmeerzeugungsstandort (HL) | 25 |
| 4.1.2 | Wärmeübergabepunkt am Wärmeerzeugungsstandort – allgemein (THL) | 32 |
| 4.1.3 | Wärmeübergabepunkt am Wärmeerzeugungsstandort – indirekt (THL)..... | 36 |
| 4.1.4 | Wärmeerzeuger – allgemein (HG) | 41 |
| 4.1.5 | Wärmeerzeuger – Verbrennung (fuel)..... | 46 |
| 4.1.6 | Wärmeerzeuger – Wärmepumpe (HP) | 47 |
| 4.1.7 | Wärmeerzeuger – Kraft-Wärme-Kopplung (CHP)..... | 49 |
| 4.1.8 | Thermische Speicher (TES) | 49 |
| 4.1.9 | Netzpumpe (NP)..... | 52 |
| 4.1.10 | Nachfüll- und Druckhaltesysteme (RI)..... | 55 |
| 4.2 | WÄRMEVERTEILNETZ | 58 |
| 4.2.1 | Wärmeverteilnetz allgemein (HN) | 58 |
| 4.2.2 | Messstelle im Wärmeverteilnetz (MN) | 68 |
| 4.3 | WÄRMEVERBRAUCH | 71 |
| 4.3.1 | Wärmeübergabestation Primärseite (HS)..... | 71 |
| 4.3.2 | Wärmeverbraucherübergabestation – Indirekt (HTC) | 76 |
| 4.3.3 | Wärmekundenseitiger Einzelwärmeverbraucher | 78 |
| 5 | MESSGRÖßEN | 81 |
| 6 | SYSTEM- UND BETRIEBSPARAMETER | 85 |
| 7 | AUSBlick | 87 |
| VII. | KENNZAHLENVERZEICHNIS | 88 |
| VIII. | ABBILDUNGSVERZEICHNIS | 93 |
| IX. | TABELLENVERZEICHNIS | 93 |
| X. | LITERATURVERZEICHNIS | 94 |

III. Abstract

In der vorliegenden Masterarbeit werden die im Wesentlichen in einem Fernwärmesystem zu überwachenden Kennzahlen zusammengestellt. Diese sollen es ermöglichen die Performance möglichst genau und umfassend zu beschreiben. Aus der Zusammenstellung lassen sich die Messgrößen, System- und Betriebsparameter eines Fernwärmesystems ableiten welche für ein Monitoring nötig sind. Ein Schwerpunkt liegt in der klaren Definition und Strukturierung der Kennzahlen. Die aktuell 142 Kennzahlen werden immer Teilsystemen zugeordnet welche eindeutige Systemgrenzen besitzen. Durch diese Zuordnung ist es möglich die notwendigen Bilanzierungs- und Rechenverfahren zur Bestimmung der Kennzahlen zu definieren.

In the present master thesis, the key figures to be monitored in a district heating system are compiled. These should make it possible to describe the performance as accurately and comprehensively as possible. From the compilation, the measured variables, system and operating parameters of a district heating system can be derived which are necessary for monitoring. One focus is the clear definition and structuring of the key figures. The currently 142 code numbers are always assigned to subsystems which have clear system boundaries. This assignment made it possible to define the necessary accounting and calculation procedures for determining the key figures.

IV. Glossar

Abgas: durch technische oder chemische Prozesse entstehendes, meist nicht mehr nutzbares Gas [1]

Abgasanlage: baulich hergestellte Anlage zur Ableitung der Abgase eines Wärmeerzeugers [2]

Berechnungsintervall: diskretes Zeitintervall für die Berechnung einer Kennzahl [3]

Berechnungszeitspanne: Zeitspanne, über welche eine Berechnung erfolgt [3]

Betriebspunkt: Zustand eines Systems, den es durch seine Systemeigenschaften und äußeren Einflüsse annimmt

Bewertungszeitraum: Zeitraum, in dem eine Kennzahl bewertet wird

Bilanzgrenze: Grenze, an der die zugeführten Energien und abgeführten Energien gemessen oder berechnet werden [3]

Brennraum: Teilsystem des Heizkessels, in dem der Brennstoff zusammen mit der Verbrennungsluft verbrannt wird

Differenzdruck: beschreibt den Druckunterschied zwischen zwei Stellen mit unterschiedlichen statischen Drücken

Einzelwärmeverbraucher: ein spezifisches Teilsystem das Wärmeenergie für einem Nutzzweck verbraucht; es kann sich zum Beispiel um einen Heizkörper, Trinkwarmwasserspeicher mit Heizwendel oder sonstigen Wärmeübertrager handeln.

Externer Wärmelieferant: nicht erfasstes System zur Wärmeherzeugung das dem Fernwärmesystem Wärme bereitstellt

Fernwärme: „Wird aus einer nicht im Eigentum des Gebäudeeigentümers stehenden Heizungsanlage von einem Dritten nach unternehmenswirtschaftlichen Gesichtspunkten eigenständig Wärme produziert und an andere geliefert, so handelt es sich um Fernwärme. Auf die Nähe der Anlage zu dem versorgten Gebäude oder das Vorhandensein eines größeren Leitungsnetzes kommt es nicht an“ [4]

Fernwärmesystem: umfasst alle technischen und baulichen Komponenten von der Wärmeerzeugung über die Wärmeverteilung bis hin zur Übergabe an den Wärmekunden

Hausanschlussleitung: gehört in der Regel zu den technisch-baulichen Einrichtungen des Wärmeversorgungsunternehmens; führt meist von den Hauptleitungen des Wärmeverteilnetzes in das Gebäudeinnere zur Wärmeübergabestation

Heizkessel: mit gasförmigen, flüssigen oder festen Brennstoffen betriebenes Gerät, das zur Wärmebereitstellung ausgelegt ist [5]

Hilfsenergie: elektrischer Energiebedarf mit dem technische Anlagen, zur Energieumwandlung und Verteilung, zur Deckung des Energiebedarfs, unterstützt werden [6]

Hydraulische Entkopplung: liegt vor, wenn näherungsweise keine Beeinflussung durch Drücke zwischen Teilsysteme besteht, die mit dem gleichen Wärmeträger durchflossen werden [7]

Kavitationskorrosion: implodierende (zusammenfallende) Gasblasen führen, bei einer hohen Strömungsgeschwindigkeit des Wärmeträgers, hohe Druckstöße auf Werkstoffe (z.B. bei Pumpen-Laufrädern, Ventilen) aus, diese Druckstöße können zur Zerstörung von Schutzschichten, Bildung von Hohlräumen und Kraterförmigen Korrosionsstellen führen

Kennzahl: quantitativ, d.h. in einer Zahl ausdrückbare Information; verdeutlicht Zustände und Entwicklungen; dienen der Entscheidungsunterstützung und Kontrolle von Maßnahmen [8]

Messwert: gehört zur Messgröße; setzt sich aus dem wahren Wert, einer zufälligen Messabweichung und einer systematischen Messabweichung zusammen; kann den gleichen Wert wie die Ausgabe haben; sollte dies nicht der Fall sein, so muss der Messwert aus der Ausgabe anhand von Gerätekonstanten, Tabellenwerten etc. bestimmt werden [9]

Nutzungsgrad: gibt den nutzbaren Anteil von einem Teilsystem abgegebenen Energie zu einem Teilsystem zugeführten Energie an; Nutzungsgrad benötigt im Gegensatz zum Wirkungsgrad eine Berechnungszeitspanne

Primärenergiebedarf: setzt sich zusätzlich zur Bezugs-, Verlust-, Brennstoff- und Hilfsenergie, aus der verbrauchten Energiemenge der jeweils vorgelagerten Prozesskette außerhalb der Bilanzgrenze zusammen, welche bei der Gewinnung, Umwandlung oder Verteilung entstehen [10]

Primärseite: Seite, auf der etwas zuerst vorhanden ist; bei Wärmeflüssen ist die Primärseite üblicherweise die liefernde oder bereitstellende Seite

Rücklauf: ist in Kreislaufsystemen, die von einem Wärmeträger durchströmt werden, die Seite mit dem niedrigeren Energieniveau

Sekundärseite: Seite, auf der etwas als zweites (nachträglich) vorhanden ist; bei Wärmeflüssen ist die Sekundärseite üblicherweise die entgegennehmende Seite

Sollwert: gewünschter Wert einer variablen Größe zu einem gegebenen Zeitpunkt [11]

Teilaufgabe: logische und vollständige Operation, die einen Teil der Aufgabe des beschriebenen Systems darstellt [12]

Teilsysteme (auch Subsystem): Unterteilung eines größeren Systems in Teilsystemen mit unterschiedlichen Teilaufgaben

Totzeit: Zeitdauer, um die eine Ausgangsgröße gegen die Eingangsgröße verschoben ist [11]

Trasse: Verteilungsrohrleitung vom Wärmeverteilnetz, bestehend aus Vorlaufleitung und Rücklaufleitung; es kann zwischen Verteilleitung und Hausanschlussleitung unterschieden werden

variable Größe: eine physikalische Größe, die üblicherweise gemessen wird und deren Wert Änderungen unterworfen ist [11]

Vollbenutzungsstunden: Größe, die aussagt, wie viele Stunden ein Wärmeerzeuger in Nennlast betrieben werden müsste, um seine notwendige Jahreswärmemenge bereitzustellen [13]

Vorlauf: ist in Kreislaufsystemen, die von einem Wärmeträger durchströmt werden, die Seite mit dem höheren Energieniveau

Funktionalität: Ausmaß, in dem ein System Funktionen bereitstellt, um durch ihre Hauptaufgabe geforderte Teilaufgaben durchzuführen [12]

Verlässlichkeit: wie weit einem System vertraut werden kann, dass es eine (Teil-) Aufgabe zu einem gewissen Zeitpunkt oder über einen gewissen Zeitraum unter festgelegten Bedingungen richtig ausführt; es wird vorausgesetzt, dass die erforderlichen externen Ressourcen bereitgestellt werden [12]

Verteilleitung: eine Rohrleitung an der mehrere weitere Rohrleitungen angeschlossen sind

Betriebsverhalten: gibt Auskunft über die Geschwindigkeit und Genauigkeit, mit der ein System seine Teilaufgaben unter festgelegten Bedingungen ausführt [12]

Wärmeerzeuger: technische Anlage zur Wärmeerzeugung; kann zum Beispiel eine Kraft-Wärme-Kopplung, ein Hackschnitzelkessel oder eine Wärmepumpe sein

Wärmeerzeugung: Umwandlung einer beliebigen Energieform in nutzbare Wärmeenergie

Wärmeerzeugungskapazität: Wärmeleistung, die ein System theoretisch bereitstellen kann, ohne irgendeine andere Systemfähigkeit zu beeinträchtigen [12]

Wärmeerzeugungsstandort: wird an jedem Punkt definiert, an dem das Wärmeverteilnetz mit Wärme versorgt wird; schließt alle betrachteten Komponenten mit ein, die örtlich mit diesem Punkt in Verbindung stehen und zum Betrieb notwendig sind

Wärmekunde: eine natürliche oder juristische Person; zahlt ein Entgelt für die Bereitstellung von Wärme durch den Wärmeversorgungsunternehmer; bereitgestellte Wärme wird von den Wärmekunden abgenommen

Wärmelieferant: natürliche oder juristische Person, die einer anderen natürlichen oder juristischen Person Wärme zur Verfügung stellt

Wärmemenge: Wärmeenergie, die abgegeben oder verbraucht wurde

Wärmeträger: Fluid, das üblicherweise ohne Zustandsänderung (oder bei Wärmepumpen mit Verflüssigung und Verdampfung) Wärme überträgt [14]

Wärmeübergabepunkt: dort findet die Wärmeübergabe von einem Teilsystem in ein anders statt; die Teilsysteme müssen nicht getrennt oder hydraulische voneinander entkoppelt sein

Wärmeübergabestation: Schnittstelle zwischen Hausanschlussleitung und Hauszentrale; ihr Zweck ist die bestimmungsgemäße Übergabe des Wärmeträgers an die Hauszentrale; regelt Druck, Temperatur und Volumenstrom hinsichtlich der Anschlussbedingungen; üblicherweise ist die Eigentumsgrenze zwischen Fernwärmeversorgungsunternehmen und Wärmekunde [15]

Wärmeverbrauch: Wärmemenge, die zu einem Nutzzweck abgegeben wird

Wärmeverlust: Wärme, die unerwünscht oder ohne Nutzleistung abgegeben wird

Wärmeversorgungsunternehmen: natürliche oder juristische Person, die für den sicheren Betrieb des Wärmeverteilnetzes und der Versorgung der Wärmekunden zuständig ist [16]

Wärmeverteilnetz: Netzwerk aus Rohrleitungen, welches von einem flüssigen oder dampfförmigen Wärmeträger durchströmt wird, um Energie in Form von Wärme von einem Ort zu einem anderen zu liefern

V. Abkürzungsverzeichnis

| ABKÜRZUNG | BESCHREIBUNG (EN) | BESCHREIBUNG (DE) |
|-----------|---|---|
| α | activity index | Aktivitätsindex |
| $num()$ | amount from (function) | Anzahl von (Funktion) |
| AEF | Auxiliary Energy Factor | Hilfsenergiefaktor |
| Pu | circulation Pump | Umwälzpumpe |
| COP | Coefficient Of Performance | Leistungszahl |
| CS | Converage Share | Deckungsanteil |
| CAIDI | Customer Average Interruption Duration Index | - |
| DFE | Degree of Fulfilment - EEWärmeG | Erfüllungsgrad - EEWärmeG |
| η | efficiency | Wirkungsgrad |
| σ | electric conductivity | elektrische Leitfähigkeit |
| E | electric Energy | elektrische Energie |
| P | electric Power | elektrische Leistung |
| EHS | External Heat Sources | externe Wärmelieferanten |
| FHU | Full Hours Use | Vollbenutzungsstunden |
| $f()$ | function from | Funktion von |
| c | heat capacity | Wärmekapazität |
| HC | Heat Consumer | Wärmeverbraucher |
| HCI | Heat Consumer - Individual | Einzelwärmeverbraucher |
| HCSR | Heat Consumer Specific heating Route | Wärmekundenspezifische Netzlänge |
| Q | heat energy | Wärmemenge |
| \hat{T} | heat energy based average Tem- perature | Wärmemengenbezogene Temperatur |
| HECD | Heat Energy Consumer Density | Wärmekundenspezifische Wärmemen- gendichte |
| HERD | Heat Energy heating Route Den- sity | Wärmemengenliniendichte |

| ABKÜRZUNG | BESCHREIBUNG (EN) | BESCHREIBUNG (DE) |
|-----------|---|---|
| HG | Heat Generator | Wärmeerzeuger |
| HL | Heat generation Location | Wärmeerzeugungsstandort |
| HN | Heat Network | Wärmeverteilnetz |
| \dot{Q} | heat power | Wärmeleistung |
| HPCD | Heat Power Consumer Density | Wärmekundenspezifische Wärmeleistungsdichte |
| HPRD | Heat Power heating Route Density | Wärmeleistungsliniendichte |
| HP | Heat Pump | Wärmepumpe |
| HS | Heat Substation | Wärmeübergabestation |
| THL | heat Transfer point at a Heat generation Location | Wärmeübergabepunkt an einem Wärmeerzeugungsstandort |
| IRQ | Interrupt Request | Unterbrechungsanforderung |
| H_i | lower heating value | Heizwert |
| m | mass | Masse |
| \dot{m} | mass flow | Massenstrom |
| max | maximum | maximal |
| $max()$ | maximum from (funcion) | Maximum von (Funktion) |
| MTBF | Mean Time Between Failures | Mittlerer Ausfallabstand |
| MN | Measure point in heat Network | Messstelle im Wärmeverteilnetz |
| min | minimal | minimal |
| $min()$ | minimum from (funcion) | Minimum von (Funktion) |
| NP | Network Pump | Netzpumpe |
| num | number | Anzahl |
| OSE | Obligatory Share - EEWärmeG | Pflichtanteilsfaktor - EEWärmeG |
| pH | pH value | pH-Wert |
| pipe | pipe | Rohr |
| p | pressure | Druck |
| PI | Pressure Increase | Druckerhöhung |
| PM | Pressure Maintenance | Druckhaltung |

| ABKÜRZUNG | BESCHREIBUNG (EN) | BESCHREIBUNG (DE) |
|------------|---|--|
| PEF | Primary Energy Factor | Primärenergiefaktor |
| RI | Refilling Installation | Nachfülleinrichtung |
| RRPC | Return flow Reduction Potential heat Consumer | Wärmekundenspezifisches Rücklauf- temperaturabsenkungspotenzial |
| RRPCK | Return flow Reduction Potential heat Consumer and Kelvin | Wärmekundenspezifisches Netzzrück- lauftemperaturabsenkungspotenzial je Kelvin |
| rout | route (heat route) | Trasse |
| ζ | simultaneity factor | Gleichzeitigkeit/Gleichzeitkeitsfaktor |
| sf | solid fuel | fester Brennstoff |
| SAIDI | System Average Interruption Du- ration Index | - |
| SAIFI | System Average Interruption Fre- quency Index | - |
| T | Temperature | Temperatur |
| \hat{m} | temperature specific mass | Temperaturspezifische Masse |
| ΔT | Temperature spread | Temperaturspreizung |
| TES | therminal energy storage | Thermischer Speicher |
| t | time | Zeit |
| H_s | upper heating value | Brennwert |
| W | useable fuel energy | nutzbare Brennstoffenergie |
| \dot{W} | useable fuel energy flow | nutzbarer Brennstoffenergiestrom |
| η | utilization | Nutzungsgrad |
| wh | water hardness | Wasserhärte |

VI. Indizes

| INDIZES | BESCHREIBUNG (EN) | BESCHREIBUNG (DE) |
|----------------|---|---|
| boi | boiler | Kessel |
| Pu | circulation Pump | Umwälzpumpe |
| CHP | Combined Heat and Power | Kraft-Wärme-Kopplung |
| dif | differnece | Differenz |
| el | electric | elektrisch |
| eva | evaporator | Verdampfer |
| exh | exhaust gas | Abgas |
| EHS | External Heat Sources | externe Wärmelieferanten |
| fa | failure | nicht funktionsfähig |
| to | from, to, between (relationships) | von, zu, zwischen (Zusammenhänge) |
| fuel | fuel | Brennstoff |
| gen | generated | erzeugt |
| GU | Generator Unit | Erzeugereinheit |
| HC | Heat Consumer | Wärmekunde |
| HCI | Heat Consumer - Individual | Einzelwärmeverbraucher |
| HN | Heat distribution Network | Wärmeverteilnetz |
| HG | Heat Generation | Wärmeerzeuger |
| HL | Heat generation Location | Wärmeerzeugungsstandort |
| HP | Heat Pump | Wärmepumpe |
| HS | Heat Substation | Wärmeübergabestation |
| THL | heat Transfer point at a Heat generation Location | Wärmeübergabepunkt an einem Wärmeerzeugungsstandort |
| htf | heat-transfer fluid | Wärmeträger |
| IRQ | Interrupt Request | Unterbrechungsanforderung |
| len | length | Länge |
| load | load | Laden, Beladen |
| loss | loss | Verlust |
| low | lower | unterer |

| INDIZES | BESCHREIBUNG (EN) | BESCHREIBUNG (DE) |
|----------------|-------------------------------|--------------------------|
| max | maximum | maximal |
| MN | Measure point in heat Network | Messpunkt im Wärmenetz |
| min | minimum | minimal |
| NP | Network Pump | Netzpumpe |
| nom | nominal data | Nenndaten |
| num | number | Anzahl |
| op | operable | funktionsfähig |
| peri | period | Zyklus |
| PV | Photovoltaik | Photovoltaik |
| pipe | pipe | Rohr |
| PR | Potential for Reduction | Reduzierungspotenzial |
| PI | Pressure Increase | Druckerhöhung |
| PM | Pressure Maintenance | Druckhaltung |
| pri | primary | Primär |
| u | quality grade | Gütegrad |
| ref | reference | Referenz |
| RI | Refilling Installation | Nachfülleinrichtung |
| ret | return flow | Rücklauf |
| rout | route (heat route) | Trasse |
| sec | secondary | Sekundär |
| set | setpoint | Sollwert |
| sf | solid fuel | fester Brennstoff |
| out | submitted | abgegeben |
| in | supplied | zugeführt |
| sup | supply flow | Vorlauf |
| th | thermal | thermisch |
| sol | thermal solar energy | Thermische Solarenergie |
| TES | therminal energy storage | Thermischer Speicher |
| <i>t</i> | time | Zeit |
| unlo | unload | Entnahme |

| INDIZES | BESCHREIBUNG (EN) | BESCHREIBUNG (DE) |
|----------------|--------------------------|--------------------------|
| upp | upper | oberer |
| usab | usable | nutzbar |

1 Einleitung

Diese Arbeit ist ein Teil des Forschungsprojektes Nemo „*Wärmenetze im energetischen Monitoring*“. Das Projekt Nemo ist vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert. Die Förderung erfolgt im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung „*Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung*“. Es wird von den Projektpartnern Technische Hochschule Rosenheim und AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH durchgeführt. Das Projekt startete am 1. Januar 2018 und hat eine Laufzeit von 48 Monaten.

Ziel des Forschungsprojektes ist die Entwicklung einer Methode zur kostengünstigen und kontinuierlichen energetischen Überwachung von Fernwärmesystemen. Dadurch sollen Optimierungspotenziale identifiziert und Maßnahmen zur Hebung dieser Potenziale abgeleitet werden. Die wesentlichen zu überwachenden Kennzahlen sind in einem Kriterienkatalog zusammengestellt. Es sollen Mindestanforderungen an die Messstellen und die Erfassung der Messwerte formuliert werden. Anhand dieser Messmindestanforderungen sollen 15 bis 20 Wärmenetze über einen Zeitraum von 24 Monaten gemonitort werden. Technische Lücken an den Schnittstellen zwischen Datenaufnahme und automatischer Datenerfassung sind zu identifizieren und zu schließen. Es soll ein standardisiertes Verfahren zum kostengünstigen energetischen Monitoring von Fernwärmesystemen entstehen, dass unabhängig von der Größe des betrachteten Systems ist. Anschließend soll das Verfahren in einem Leitfaden beschrieben werden.

Diese Arbeit soll im Wesentlichen das erste Arbeitspakete „*Erstellung eines Kriterienkatalogs mit den wesentlich zu überwachenden Kennzahlen*“ abdecken. Zur Erstellung des Kriterienkatalogs sollen bereits in technischen Regelwerken und Veröffentlichungen definierte Kennzahlen recherchiert und in den Katalog mit aufgenommen werden. Zusätzlich sollen weitere Kennzahlen definiert werden die mögliche Optimierungspotenziale aufdecken. Ziel dieses Arbeitspaketes ist die Erstellung eines Kriterienkataloges mit den relevanten, klar definierten Kennzahlen, mit deren Hilfe Fernwärmesysteme überwacht werden sollen. Der Katalog soll während der Projektlaufzeit auf Relevanz und Vollständigkeit überprüft und am Ende final überarbeitet werden.

2 Stand der Technik

Fernwärmesysteme unterliegen zahlreichen Einflüssen seitens der Wärmeerzeuger, Wärmeträgeraufbereitungsanlagen, Wärmeübertrager, Wärmespeicher, Wärmeverteilung, Wärmekunden und den Umgebungsbedingungen an den Aufstellungsorten der einzelnen Komponenten. Durch die Vielzahl an Einflussfaktoren werden die Systeme nicht immer an jeder Stelle optimal und störungsfrei betrieben. Es kann zu System- oder Teilsystemausfällen, hohen Wärmeverlusten und unwirtschaftlicher Betriebsweisen kommen. Durch die Komplexität von Fernwärmesysteme werden Teilbereiche innerhalb des Systems oft nur ungenau betrachtet, was zu suboptimalen Betriebsweisen oder Einsatzstrategien einzelner Teilsysteme führen kann. Eine Möglichkeit das Betriebsverhalten abzubilden, Zusammenhänge oder Eigenschaften zu beschreiben und Potenziale aufzudecken, ist die Bildung und Darstellung von Kennzahlen.

Nach dem Duden bezeichnet das Wort Kennzahl einen charakteristischen Zahlenwert. Üblicherweise wird in der Literatur ein im Fokus stehender Zahlenwert, bei der Bewertung eines Objektes, als Kennzahl bezeichnet. Somit kann es vorkommen, dass sehr unterschiedliche Zahlenwerte als Kennzahl beschrieben werden, je nachdem welche gerade im Mittelpunkt der Betrachtung steht. Zum Beispiel wird einerseits im VDI-Wärmeatlas, die in einem Kapitel im Fokus stehende Reynolds-Zahl, als dimensionslose Kennzahl beschrieben welche die physikalische Größe Viskosität, lediglich als Kenngröße zur Berechnung benötigt und andererseits in der DIN 53400, die sich speziell mit physikalischen und chemischen Kennzahlen beschäftigt, die Viskosität selbst als Kennzahl definiert wird. [17] [18]

Bei der Betrachtung von sehr vielen Kennzahlen ist es sinnvoll ein Kennzahlensystem zu definieren, welches logisch strukturiert ist. Zum Beispiel besitzt die DIN EN 15341 ein Kennzahlensystem das in die Gruppen wirtschaftlich, technisch und organisatorisch unterteilt ist. Der VDI-Wärmeatlas unterscheidet in molekulare, physiologische und dimensionslose Kennzahlen. [17] [19]

Kennzahlen in Fernwärmesysteme

Für Fernwärmesysteme gibt es bereits eine Vielzahl an Kennzahlen, die für ihre energetische und technische Bewertung verwendet werden können. Tabelle 1 gibt eine Grobübersicht über die Kennzahlen, die bereits im Zusammenhang mit Fernwärmesystem verwendet werden. Zusätzlich zu den allgemeinen Kennzahlen in Fernwärmesystemen gibt es sehr viele Kennzahlen, welche die darin verbauten Komponenten und Anlagenteile beschreiben. In der Tabelle sind nur exemplarisch einige davon enthalten. Betriebswirtschaftliche Kennzahlen werden im Nachgang zu dieser Arbeit untersucht und sind daher noch nicht mit aufgeführt.

Tabelle 1: Grobübersicht zu energetischen und technischen Kennzahlen in Fernwärmesysteme

| Allgemeine Kennzahlen in Fernwärmesysteme | | |
|--|--|--|
| Energetische Bewertung | Optimierung | Projektierung |
| <ul style="list-style-type: none"> • Primärenergiefaktor • Erfüllungsgrad nach EEWärmeG • Jahres-/Nutzungsgrad • Wirkungsgrad • Stromkennzahl (KWK) | <ul style="list-style-type: none"> • Kundenspezifisches Rücklauf-temperaturabsenkungspotenzial • Speicherkennzahlen | <ul style="list-style-type: none"> • Wärmemengenliniendichte • Wärmeleistungsliniendichte • Wärmekundenspezifische Trassenlänge |
| Kennzahlen von Komponenten und Anlagenteile | | |
| Betriebsverhalten | Berechnungsgrößen | Planung |
| <ul style="list-style-type: none"> • MTBF • SAIFI • SAIDI • CAIDI • Vollbenutzungsstunden | <ul style="list-style-type: none"> • Viskosität • Reynolds-Zahl • Prandel-Zahl • Heizwert • Wärmeverlustkoeffizient | <ul style="list-style-type: none"> • Nennwärmeleistung • Norm-Heizlast • Vollbenutzungsstunden • Jahreswärmebedarf |

Die Kennzahlen zur energetischen Bewertung von Fernwärmesysteme aus **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** sind überwiegend im Regelwerk des AGFW beschrieben. Das AGFW-Arbeitsblatt FW 308 beschäftigt sich mit Kennzahlen rund um Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen. In den AGFW-Arbeitsblättern FW 309-1 und FW 311 sind die Kennzahlen zur Primärenergetischen Betrachtung enthalten. Das

AGFW-Arbeitsblatt 309-5 enthält das Vorgehen zur Berechnung des Erfüllungsgrades nach EEWärmeG. Zusätzlich ist im Regelwerk die Berechnung des Jahresnutzungsgrad für zentrale Warmwasser-Wärmeerzeuger (FW 310-1) und die Berechnung der theoretische Wärmeverlust von Wärmeübergabestationen (FW 309-4) beschreiben. [20]

Mit den Kennzahlen unter Optimierung aus Tabelle 1 sollen Optimierungspotenziale möglichst direkt aufgezeigt werden. Das kundenspezifische Rücklauf Temperaturabsenkungspotenzial ist in einer Studie im Auftrag der Energie Schweiz veröffentlicht. Die Speicherkennzahlen wurden in der Fachzeitschrift EuroHeat&Power veröffentlicht. [21] [22]

Die Kennzahlen unter Projektierung aus Tabelle 1 werden oft bereits vor dem Bau eines Fernwärmesystems gebildet um erste Anhaltspunkte dafür zu bekommen ob ein Projekt wirtschaftlich realisierbar ist. Zum Beispiel sind im Leitfaden, Wärmenetze in Kommunen, einiger solcher Kennzahlen beschrieben. [23]

Unter Kennzahlen für Komponenten und Anlagenteile in Tabelle 1 sind nur exemplarisch einige Kennzahlen aufgeführt. Grundsätzlich gibt es für fast jede Komponente, die in einem Fernwärmesystem verbaut ist mehrere Kennzahlen. Je nachdem in welcher Detailtiefe die einzelnen Teilbereiche eines Fernwärmesystems betrachtet werden, können mehr oder weniger solcher Kennzahlen verwendet werden. Die Kennzahlen, die unter Betriebsverhalten aufgeführt sind, sind oft für spezielle Anlagen definiert. In der DIN EN 8743, die sich speziell mit Verpackungsanlagen beschäftigt, ist zum Beispiel die Kennzahl MTBF definiert. Solche Kennzahlen können auch für andere Anlagenteile oder Teilsysteme gebildet werden um ihr Betriebsverhalten abzubilden. [24]

3 Kennzahlensystem

In dieser Arbeit wurde ein Kennzahlensystem erstellt in dem jede Kennzahl einem abgegrenzten Teilsystem zugeordnet wird. Unter dem Kapitel 3.1 ist definiert wie diese Abgrenzung erreicht wird. Wegen der hohen Anzahl von potenziellen Teilsystemen in einem Fernwärmesystem werden diese Teilsysteme anhand der drei Hauptsysteme Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung und Wärmeverbrauch aus Kapitel 3.1.1 gruppiert.

Jedem Teilsystem unter Kapitel 4 im Kennzahlenkatalog wurden die Kennzahlen zugeordnet, bei denen die Annahme besteht, dass sie das jeweilige Teilsystem charakterisieren können.

3.1 Systemgrenzen

Der folgende Ansatz zur Unterteilung des Fernwärmesystems und deren Darstellung wurde in Anlehnung an die DIN 15314 gewählt. [6]

Um ein System beschreiben zu können, muss es klar von seinem Umfeld abgegrenzt sein. Diese Abgrenzung wird mit der Definition einer Systemgrenze erreicht. Damit die Systemgrenze möglichst allgemeingültig ist, können Zuweisungsregeln für ihre Bestimmung formuliert werden. Ein System wurde für eine Menge an Teilaufgaben entworfen und kann daher in Teilsysteme zerlegt werden. Zur Zerlegung eines Systems in Teilsysteme und dem Bestimmen ihrer Systemgrenzen dienen Unterteilungsregeln. Da die Systeme oft sehr unterschiedliche Aufgaben haben, müssen die Regeln systemspezifische Einteilungen gewährleisten. Meistens ist das Systemverhalten von äußeren Einflussfaktoren abhängig. Diese Faktoren können durch zusätzliche Stoffströme, Energieströme oder Informationsschnittstellen an den Systemgrenzen definiert werden.

Bei der Beschreibung von Energieflüssen kann als passenderes Synonym für die Systemgrenze die Bilanzgrenze verwendet werden. Zur Betrachtung der Systemeigenschaften wie Funktionalität, Verlässlichkeit, Sicherheit und Betriebsverhalten muss eine Systemgrenze definiert sein, welche im Gegensatz zur Bilanzgrenze die nötigen Anlagenteile und Informationsstrukturen miteinschließt.

Zuweisungsregeln:

1. Die Eigenschaften eines Systems sollen anhand von Kategorien klassifiziert werden können.
2. Eine Systemgrenze muss alle Anlagenteile einschließen, die zur Erfüllung ihrer Aufgaben nötig sind.
3. Ein System hat immer mehrere Teilaufgaben.
4. Alles, was sich nicht innerhalb der Systemgrenzen befindet, aber in Wechselwirkung mit dem System steht, zählt zu den äußeren Einflussfaktoren.

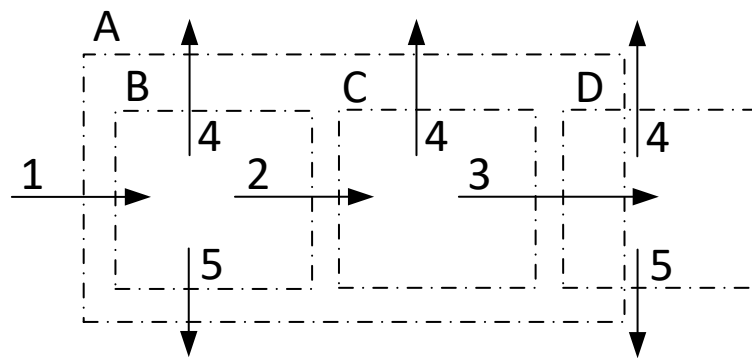
Unterteilungsregeln:

1. Teilsysteme müssen die Zuweisungsregeln erfüllen.
2. Für Definition eines Teilsystems wird die Formulierung einer konkreten Aufgabe benötigt.
3. Wechselwirkungen zwischen einzelnen Teilsystemen sowie nach außen müssen mithilfe von Berechnungsregeln beschrieben werden können.

3.1.1 Systemgrenzen der Hauptsysteme

Ein Fernwärmesystem lässt sich in die drei Hauptsysteme Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung und Wärmeverbrauch aufteilen. Zur Erfüllung der zweiten Unterteilungsregel aus Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** werden die Aufgaben der Hauptkategorien wie folgt definiert:

- **Wärmeerzeugung:** Sie stellt für die Wärmeverteilung Wärme in der richtigen Beschaffenheit (Temperatur, Volumenstrom, Wasserqualität, Differenzdruck...) bereit.
- **Wärmeverteilung:** Sie stellt für den Wärmeverbrauch Wärme in der richtigen Beschaffenheit (Temperatur, Volumenstrom, Wasserqualität, Differenzdruck...) bereit.
- **Wärmeverbrauch:** Er nimmt die vom Wärmenetz angeforderte Wärme unter vereinbarten Bedingungen (Temperaturspreizung, Höchstleistung...) ab.



Legende

| | |
|--|-----------------------------------|
| A Systemgrenze des Fernwärmesystems | 1 Energiezufuhr Wärmeerzeugung |
| B Systemgrenze der Wärmeerzeugung | 2 Energiezufuhr Wärmeverteilstück |
| C Systemgrenze des Wärmeverteilstückes | 3 Energiezufuhr Wärmeverbrauch |
| D Systemgrenze des Wärmeverbrauchs | 4 Energieverlust |
| | 5 exportierte Energie |

Abbildung 1: Systemgrenzen der Hauptsysteme mit eingezeichneten Energieströmen

Abbildung 1 zeigt die Systemgrenze des Fernwärmesystems sowie die der drei Hauptsysteme. Der Wärmeverbrauch kann in den meisten Fällen nicht komplett dem Fernwärmesystem zugeordnet werden. Damit die vierte Zuweisungsregel aus Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** für das Wärmeverteilstück eingehalten wird, müssen mindestens die Stoff- und Energieströme sowie deren Eigenschaften bekannt sein. Diese beschreiben die Wechselwirkungen mit dem Wärmeverbrauch.

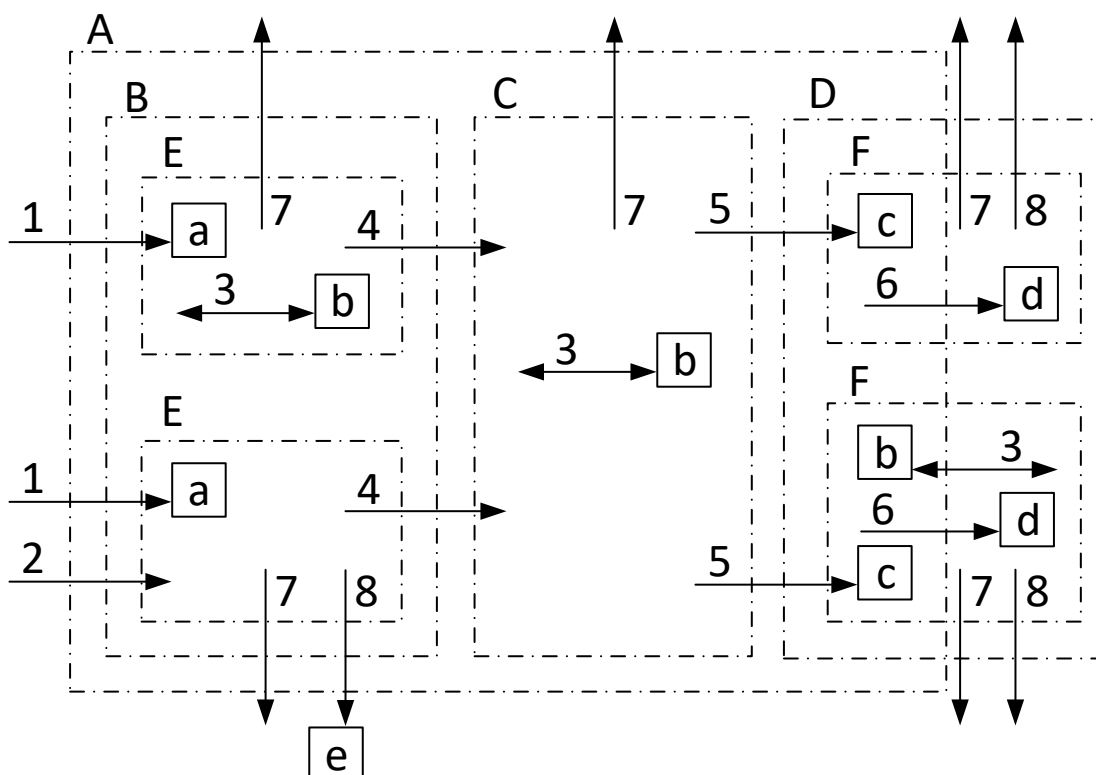
In Abbildung 1 sind nur die Energieströme zwischen den Hauptsystemen eingezeichnet. Weitere Wechselwirkungen können anhand von Drücken oder Stoffströmen definiert werden. Für die Darstellung dieser Wechselwirkungen sind jedoch zum Teil weitere Systemunterteilungen notwendig, die eine Berücksichtigung von Systemtrennungen oder hydraulischen Entkopplungen zulassen.

Die Darstellung der Hauptsysteme als Blackbox lässt keine dynamische Beurteilung der Energieflüsse zu. Mithilfe der Energieströme 1 bis 5 kann die folgende Regel bestimmt werden:

- **Berechnungsregel:** Im Stationären Betrieb muss die Summe aller Energieströme an jeder Systemgrenze Null ergeben.

3.1.2 Systemgrenzen für untergeordnete Teilsysteme

In je mehr Teilsysteme ein System zerlegt wird, desto mehr Systemeigenschaften können beschrieben werden. Gleichzeitig nimmt die Komplexität durch die Steigerung der Wechselwirkungen zwischen den Teilsystemen zu. Grundsätzlich sollten in einem System nur so viele einzelne Teilsysteme betrachtet werden, wie für die jeweilige Beurteilung nötig sind.



Legende

| | | | |
|---|--------------------------------------|---|-------------------------------------|
| A | Systemgrenze des Fernwärmesystems | 1 | Energiezufuhr Wärmeerzeuger |
| B | Systemgrenze der Wärmeerzeugung | 2 | Energiezufuhr Wärmeerzeugerstandort |
| C | Systemgrenze des Wärmeverteilnetzes | 3 | Wärmezwischenspeicherung |
| D | Systemgrenze des Wärmeverbrauchs | 4 | Wärmezufuhr Wärmeverteilnetz |
| E | Systemgrenze Wärmeerzeugungsstandort | 5 | Wärmezufuhr Wärmeübergabestation |
| F | Systemgrenze Wärmekunde | 6 | Wärmezufuhr Wärmeverbraucher |
| a | Wärmeerzeuger | 7 | Wärmeverlust |
| b | Wärmespeicher | 8 | exportierte Energie |
| c | Wärmeübergabestation | | |
| d | Wärmeverbraucher | | |
| e | externer Energieverbraucher | | |

Abbildung 2: Systemgrenzen für untergeordnete Teilsysteme und deren Energieströme

Abbildung 2 zeigt die sechs Systemgrenzen A bis F, in die ein Fernwärmesystem mindestens aufgeteilt werden sollte, da sie grundsätzlich in jedem Fernwärmesystem enthalten sind. Exemplarisch sind Teilsysteme a bis e eingezeichnet, welche sich je nach Fernwärmesystem unterscheiden können. Zusätzlich werden die Energieströme 1 bis 8 dargestellt, um mögliche Wechselwirkungen aufzuzeigen.

4 Kennzahlenkatalog

In diesem Kapitel sind klar definiert Kennzahlen aufgeführt, die in einem Fernwärmesystem zu überwachen sind. Durch die Kennzahlen können die verschiedenen energetisch relevanten Aspekte identifiziert und Aussagen über die Performance getroffen werden. Die Analyse der Kennzahlen erfolgt gegebenenfalls mit unterschiedlichen Berechnungsintervallen und Bewertungszeiträumen und soll die Ableitung von Optimierungspotenzialen ermöglichen.

Die Berechnungsverfahren der Kennzahlen sind unabhängig von der Berechnungszeitspanne und dem Berechnungsintervall. Sie gelten sowohl für berechnete als auch für gemessene Größen.

4.1 Wärmeerzeugung

Zu 4.1 Wärmeerzeugung gehören alle unter diesem Kapitel aufgeführten Teilsysteme, die primär für die Versorgung des Wärmeverteilnetzes zuständig sind. Dazu zählen auch alle Komponenten, die mit diesen Teilsystemen verbunden und für den Betrieb des Fernwärmegesamtsystems nötig sind.

4.1.1 Wärmeerzeugungsstandort (HL)

Unter 4.1.1 sind die Kennzahlen aufgeführt, die einen Wärmeerzeugungsstandort in seiner Gesamtheit betreffen.

4.1.1-1. Gesamt zugeführte Wärmemenge – HL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------|---------|-----------------------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $Q_{HL,in}$ | Wh | $\sum_i Q_{THL,sec,in,i}$ [4-1] | $Q_{THL,sec,in}$ | 4.1.2-1 |

Die gesamt in einem Betrachtungszeitraum zugeführte Wärmemenge zum Wärmeerzeugungsstandortes ist die Summe aller Wärmemengen, die an den i Wärmeübergabepunkten die Bilanzgrenze passieren. Diese Wärmemenge wird von externen Wärmelieferanten zugeführt.

4.1.1-2. Gesamt abgegebene Wärmemenge – HL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------|---------|------------------------------------|-------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $Q_{HL,out}$ | Wh | $\sum_i Q_{THL,sec,out,i}$ [4-2] | $Q_{THL,sec,out}$ | 4.1.2-2 |

Die in einem Betrachtungszeitraum gesamte vom Wärmeerzeugungsstandort abgegebene Wärmemenge setzt sich aus der Summe der abgegebenen Wärmemengen aller Wärmeübergabepunkte i zusammen, die sich an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes befinden.

4.1.1-3. An das Wärmeverteilnetz abgegebene Wärmemenge – HL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|------------------|---------|--|-------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $Q_{HL\ to\ HN}$ | Wh | $\sum_i Q_{THL,sec,out,i}$ for THL to HN [4-3] | $Q_{THL,sec,out}$ | 4.1.2-2 |

Die in einem Betrachtungszeitraum vom Wärmeerzeugungsstandort abgegebene Wärmemenge an das Wärmeverteilnetz betrifft ausschließlich die Wärmeübergabepunkte i , die das Wärmeverteilnetz beliefern.

4.1.1-4. Gesamte Wärmemenge der Wärmeerzeuger – HL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------|---------|-----------------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $Q_{HL,gen}$ | Wh | $\sum_i Q_{HG,out,i}$ [4-4] | $Q_{HG,out}$ | 4.1.4-1 |

Hierbei handelt es sich um die in einem Betrachtungszeitraum gesamt abgeführte Wärmemenge aller Wärmeerzeuger i , die sich innerhalb der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandorts befinden.

4.1.1-5. Wärmeverlust zwischen Wärmeerzeugung und Wärmeübergabe – HL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|---------------|---------|---|------------------|----------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $Q_{HL,loss}$ | Wh | $Q_{HL,in} + Q_{HL,gen} - Q_{HL,out}$ [4-5] | $Q_{HL,out}$ | 4.1.1-2 |
| | | | $E_{HL,in}$ | 4.1.1-11 |
| | | | $Q_{HL,gen}$ | 4.1.1-4 |

Diese Kennzahl beschreibt die thermischen Verluste in einem Betrachtungszeitraum, die sich innerhalb der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes befinden und im direkten Zusammenhang mit dem Fernwärmesystem stehen.

4.1.1-6. Gesamt zugeführte Wärmeleistung – HL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------|---------|---------------------------------------|------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{Q}_{HL,in}$ | W | $\sum_i \dot{Q}_{THL,sec,in,i}$ [4-6] | $\dot{Q}_{THL,sec,in}$ | 4.1.2-3 |

Die gesamt zugeführte Wärmeleistung zum Wärmeerzeugungsstandort ist die Summe aller Wärmeleistungen der Wärmeübergabepunkte i , die dessen Bilanzgrenze passieren. Diese Wärmeleistung wird von externen Wärmelieferanten zugeführt.

4.1.1-7. Gesamte abgegebene Wärmeleistung – HL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------|---------|--|-------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{Q}_{HL,out}$ | W | $\sum_i \dot{Q}_{THL,sec,out,i}$ [4-7] | $\dot{Q}_{THL,sec,out}$ | 4.1.2-4 |

Die gesamte vom Wärmeerzeugungsstandort abgegebene Wärmeleistung setzt sich aus der Summe der abgegebenen Wärmeleistungen an allen Wärmeübergabepunkten i zusammen, die sich an den Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes befinden.

4.1.1-8. An das Wärmeverteilnetz abgegebene Wärmeleistung – HL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|------------------------|---------|--|-------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{Q}_{HL\ to\ HN}$ | W | $\sum_i \dot{Q}_{THL,sec,out,i}$ for THL to HN [4-8] | $\dot{Q}_{THL,sec,out}$ | 4.1.2-4 |

Die vom Wärmeerzeugungsstandort abgegebene Wärmeleistung an das Wärmeverteilnetz betrifft ausschließlich die Wärmeübergabepunkte i , die das Wärmeverteilnetz beliefern.

4.1.1-9. Gesamte Wärmeleistung der Wärmeerzeuger – HL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------|---------|-----------------------------------|--------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{Q}_{HL,gen}$ | W | $\sum_i \dot{Q}_{HG,out,i}$ [4-9] | $\dot{Q}_{HG,out}$ | 4.1.4-2 |

Hierbei handelt es sich um die gesamt abgeführte Wärmeleistung aller Wärmeerzeuger i , die sich innerhalb der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes befinden.

4.1.1-10. Gesamte Nennwärmeerzeugungsleistung – HL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------|---------|--|--|--------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{Q}_{HL,nom}$ | W | $\sum_i \dot{Q}_{HG,nom,i} + \sum_k \dot{Q}_{THL,sec,in,nom,k}$ [4-10] | $\dot{Q}_{HG,nom}$ $\dot{Q}_{THL,sec,in,nom}$ | 6-23 6-25 |

Zur gesamten Nennwärmeerzeugungsleistung gehören alle Wärmeerzeuger i , die sich innerhalb der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes befinden, sowie alle Wärmeübergabepunkte von externen Wärmelieferanten k .

4.1.1-11. Zugeführte elektrische Energie – HL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $E_{HL,in}$ | Wh | | $E_{HL,in}$ | 5-1 |

Die dem Wärmeerzeugungsstandort in einem Betrachtungszeitraum zugeführte elektrische Energie wird an jedem Punkt definiert, an dem sie die Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes passiert.

4.1.1-12. Zugeführte elektrische Leistung – HL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $P_{HL,in}$ | W | | $P_{HL,in}$ | 5-2 |

Die dem Wärmeerzeugungsstandort zugeführte elektrische Leistung wird an jedem Punkt definiert, an dem sie die Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes passiert.

4.1.1-13. Primärenergiefaktor – HL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------|---------|--|------------------|----------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| PEF_{HL} | - | $\frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4}{Q_{HL,out}} \quad [4-11]$ | W_{fuel} | 4.1.5-1 |
| | | | $Q_{HL,out}$ | 4.1.1-2 |
| | | $x_1 = \sum_{i,k} W_{fuel} \cdot PEF_{HG,k} \quad [4-12]$ | $Q_{THL,sec,in}$ | 4.1.2-1 |
| | | $x_2 = \sum_{j,k} Q_{THL,sec,in,j} \cdot PEF_{EHS,k} \quad [4-13]$ | $E_{CHP,out}$ | 4.1.7-1 |
| | | $x_3 = \sum_{l,k} E_{CHP,out,l} \cdot PEF_{el,k} \quad [4-14]$ | AEF_{HL} | 4.1.1-16 |
| | | $x_4 = \frac{Q_{HL,out}}{AEF_{HL}} \cdot PEF_{el} \quad [4-15]$ | PEF_{HG} | 6-7 |
| | | | PEF_{EHS} | 6-21 |
| | | | PEF_{el} | 6-21 |

Die Kennzahl beschreibt den Primärenergiefaktor der vom Wärmeerzeugungsstandort abgegebenen Wärmemenge. Als Berechnungszeitspanne wird ein Jahr empfohlen. Die Bewertungszeitraum erstreckt sich in der Regel über drei Jahre. Zur Berechnung sollten kaufmännisch nachweisbare Energiedaten verwendet werden. Für die Wärmeerzeuger i , den externen Wärmelieferanten j , der elektrischen Energie aus Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen l und der Hilfsenergie ist der jeweilige Primärenergiefaktor k anzusetzen. [10]

4.1.1-14. Erfüllungsgrad nach EEWärmeG – HL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------|---------|--|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| DFE _{HL} | - | $\frac{x_1 + x_2}{Q_{HL,gen} + Q_{HL,in}} \quad [4-16]$ | $Q_{HG,out}$ | 4.1.4-1 |
| | | $x_1 = \sum_{X,i} \frac{Q_{HG,out,i}}{OSE_X} \quad [4-17]$ | $Q_{HL,in}$ | 4.1.1-1 |
| | | $x_2 = \sum_k \frac{Q_{THL,sec,in,k}}{OSE_{EHS}} \quad [4-18]$ | $Q_{HL,gen}$ | 4.1.1-4 |
| | | | $Q_{THL,sec,in}$ | 4.1.2-1 |
| | | | OSE_X | 6-33 |
| | | | OSE_{EHS} | 6-20 |

Mithilfe des durchschnittlichen Erfüllungsgrades des Wärmeerzeugungsstandortes wird überprüft, ob die Nutzungspflicht von erneuerbaren Energien gemäß EEWärmeG erreicht worden ist. Diese Nutzungspflicht ist im Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) geregelt. In diesem Gesetz werden verschiedene Pflichtanteile X nach Erzeugerkategorien vorgegeben, welche den Erzeugern i zuzuordnen sind. Der Pflichtanteil zur Berechnung muss ebenso für die externen Wärmelieferanten k bekannt sein. Die Berechnungszeitspanne sollte für eine stabile und robuste Basis an Messwerten in der Regel 3 Jahre betragen. [25]

4.1.1-15. Deckungsanteil am Wärmeverteilnetzeinspeisung – HL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|------------------------|---------|---|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| CS _{HL to HN} | - | $\frac{Q_{HL to HN}}{Q_{HN,in}} \quad [4-19]$ | $Q_{HL to HN}$ | 4.1.1-3 |
| | | | $Q_{HN,in}$ | 4.2.1-1 |

Der Deckungsanteil beschreibt den Anteil der eingespeisten Wärmemenge eines Wärmeerzeugungsstandortes an der insgesamt eingespeisten Wärmemenge in das Wärmeverteilnetz.

4.1.1-16. Hilfsenergiefaktor – HL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------|---------|---|--|-----------------------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| AEF _{HL} | | $\frac{Q_{HL,out}}{E_{HL,in} - E_{HL,out} + x} \quad [4-20]$ | $Q_{HL,out}$ | 4.1.1-2 |
| | | $x = \sum_i E_{CHP,out,i} + \sum_k E_{GU,gen,i} \quad [4-21]$ | $E_{HL,in}$ $E_{CHP,out}$ $E_{GU,gen,i}$ | 4.1.1-11 4.1.7-1 5-34 |

Der Hilfsenergiefaktor des Wärmeerezeugungsstandortes beschreibt, wie viel elektrische Hilfsenergie anteilmäßig zur insgesamt abgegebenen Wärmemenge nötig war. Bei der Berechnung des Hilfsenergiefaktors ist die interne elektrische Energieerzeugung von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen i und den sonstigen internen elektrischen Erzeugereinheiten k zu berücksichtigen.

4.1.1-17. Vollbenutzungsstunden der Gesamtwärmeerzeugungskapazität – HL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------|---------|--|---|--------------------------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| FHU _{HL} | h | $\frac{Q_{HL,gen} + Q_{HL,in}}{\dot{Q}_{HL,nom}} \quad [4-22]$ | $Q_{HL,gen}$ $Q_{HL,in}$ $\dot{Q}_{HL,nom}$ | 4.1.1-4 4.1.1-1 4.1.1-10 |

Hierbei handelt es sich um die Vollbenutzungsstunden der gesamten Wärmeerezeugungskapazität eines Wärmeerezeugungsstandortes. Der Bewertungszeitraum für Vollbenutzungsstunden entspricht üblicherweise einem Jahr. Die tatsächliche Berechnungszeitspanne ist bei Bildung der Kennzahl mitanzugeben.

4.1.1-18. Mittlerer Ausfallabstand – HL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------|---------|--|--|--------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| MTBF _{HL} | min | $\frac{\sum_i^{\text{num}_{\text{fa,HL}}} \Delta t_{\text{op,HL},i}}{\text{num}_{\text{fa,HL}}}$ [4-23] | $\Delta t_{\text{op,HL}}$ $\text{num}_{\text{fa,HL}}$ | 6-13 6-14 |

MTBF (Mean Time Between Failures) beschreibt die mittlere Zeit des Wärmeerzeugungsstandortes, in der er seine angeforderte Wärmemenge in einem Stück ohne Ausfälle liefern konnte. Nach Bildung der Kennzahl ist die Berechnungszeitspanne mitanzugeben. [26]

4.1.2 Wärmeübergabepunkt am Wärmeerzeugungsstandort – allgemein (THL)

Ein Wärmeübergabepunkt am Wärmeerzeugungsstandort wird an jedem Punkt definiert, an dem Wärme die Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes passiert. Die Kennzahlen unter 4.1.2 betreffen die Sekundärseite, falls es sich um einen indirekten Wärmeübergabepunkt mit Wärmeübertrager handelt.

4.1.2-1. Zugeführte Wärmemenge (Sekundärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------------|---------|----------------------|-------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $Q_{\text{THL,sec,in}}$ | Wh | | $Q_{\text{THL,sec,in}}$ | 5-6 |

Hierbei handelt es sich um die Wärmemenge, die von einem externen Wärmelieferanten oder nicht betrachteten Teilsystem einem Wärmeübergabepunkt des Wärmeerzeugungsstandorts in einem Betrachtungszeitraum zugeführt wurde.

4.1.2-2. Abgegebene Wärmemenge (Sekundärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------------|---------|----------------------|--------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $Q_{\text{THL,sec,out}}$ | Wh | | $Q_{\text{THL,sec,out}}$ | 5-4 |

Hierbei handelt es sich um die an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes abgegebene Wärmemenge in einem Betrachtungszeitraum an einen Wärmeübergabepunkt.

4.1.2-3. Zugeführte Wärmeleistung (Sekundärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------------------|---------|----------------------|-------------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{Q}_{\text{THL,sec,in}}$ | W | | $\dot{Q}_{\text{THL,sec,in}}$ | 5-7 |

Hierbei handelt es sich um die Wärmeleistung, die von einem externen Wärmelieferanten oder nicht betrachteten Teilsystem einem Wärmeübergabepunkt des Wärmeerzeugungsstandorts zugeführt wurde.

4.1.2-4. Abgegebene Wärmeleistung (Sekundärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------------------|---------|----------------------|--------------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{Q}_{\text{THL,sec,out}}$ | W | | $\dot{Q}_{\text{THL,sec,out}}$ | 5-5 |

Hierbei handelt es sich um die an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes abgegebene Wärmeleistung an einen Wärmeübergabepunkt.

4.1.2-5. Umgewälzte Wärmeträgermasse (Sekundärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------------|---------|----------------------|--------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $m_{\text{THL,sec,htf}}$ | kg | | $m_{\text{THL,sec,htf}}$ | 5-10 |

Diese Kennzahl beschreibt die Wärmeträgermasse, die über den Vor- oder Rücklauf eines Wärmeübergabepunktes in einem Betrachtungszeitraum an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes geflossen ist.

4.1.2-6. Wärmeträgermassenstrom (Sekundärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------------------|---------|----------------------|--------------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{m}_{\text{THL,sec,htf}}$ | kg/s | | $\dot{m}_{\text{THL,sec,htf}}$ | 5-11 |

Diese Kennzahl beschreibt den Wärmeträgermassenstrom, der über den Vor- oder Rücklauf eines Wärmeübergabepunktes an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes geflossen ist.

4.1.2-7. Vorlauftemperatur (Sekundärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------------|---------|----------------------|--------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $T_{\text{THL,sec,sup}}$ | °C | | $T_{\text{THL,sec,sup}}$ | 5-8 |

Diese Kennzahl beschreibt die Vorlauftemperatur eines Wärmeübergabepunktes an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes.

4.1.2-8. Rücklauftemperatur (Sekundärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------------|---------|----------------------|--------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $T_{\text{THL,sec,ret}}$ | °C | | $T_{\text{THL,sec,ret}}$ | 5-9 |

Diese Kennzahl beschreibt die Rücklauftemperatur eines Wärmeübergabepunktes an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes.

4.1.2-9. Temperaturspreizung (Sekundärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-----------------------------|---------|--|--------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\Delta T_{\text{THL,sec}}$ | K | $T_{\text{THL,sec,sup}} - T_{\text{THL,sec,ret}}$ [4-24] | $T_{\text{THL,sec,ret}}$ | 5-9 |
| | | | $T_{\text{THL,sec,sup}}$ | 5-8 |

Diese Kennzahl beschreibt die Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf eines Wärmeübergabepunktes an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes.

4.1.2-10. Sollvorlaufemperaturabweichung (Sekundärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|---------------------------------|---------|--|------------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\Delta T_{\text{THL,sec,sup}}$ | K | $T_{\text{THL,sec,sup}} - T_{\text{THL,sec,set,sup}}$ [4-25] | $T_{\text{THL,sec,set,sup}}$ | 6-1 |
| | | | $T_{\text{THL,sec,sup}}$ | 5-8 |

Diese Kennzahl beschreibt die Abweichung zwischen tatsächlicher Vorlauftemperatur und der Sollvorlauftemperatur an einem Wärmeübergabepunkt an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes.

4.1.2-11. Sollrücklaufemperaturabweichung (Sekundärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|---------------------------------|---------|--|--|------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\Delta T_{\text{THL,sec,ret}}$ | K | $T_{\text{THL,sec,ret}} - T_{\text{THL,sec,set,ret}}$ [4-26] | $T_{\text{THL,sec,set,ret}}$ $T_{\text{THL,sec,ret}}$ | 6-2 5-9 |

Diese Kennzahl beschreibt die Abweichung zwischen tatsächlicher Rücklaufemperatur und der Sollrücklaufemperatur an einem Wärmeübergabepunkt an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes.

4.1.2-12. Abweichung zur Solltemperaturspreizung (Sekundärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------------------------|---------|--|--|----------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\Delta T_{\text{THL,sec},\Delta T}$ | K | $\Delta T_{\text{THL,sec}} - \Delta T_{\text{THL,sec,set}}$ [4-27] | $\Delta T_{\text{THL,sec,set}}$ $\Delta T_{\text{THL,sec}}$ | 6-3 4.1.2-9 |

Diese Kennzahl beschreibt die Abweichung der tatsächlichen Temperaturspreizung von der Solltemperaturspreizung an einem Wärmeübergabepunkt an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes.

4.1.3 Wärmeübergabepunkt am Wärmeerzeugungsstandort – indirekt (THL)

Ein Wärmeübergabepunkt am Wärmeerzeugungsstandort wird an jedem Punkt definiert, an dem Wärme die Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes passiert. Handelt es sich um einen indirekten Wärmeübergabepunkt, werden die Kennzahlen aus 4.1.2 um die primärseitigen Kennzahlen ergänzt.

4.1.3-1. Zugeführte Wärmemenge (Primärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------------|---------|----------------------|-------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $Q_{\text{THL,pri,in}}$ | Wh | | $Q_{\text{THL,pri,in}}$ | 5-12 |

Hierbei handelt es sich um die Wärmemenge, die von einem externen Wärmelieferanten oder nicht betrachteten Teilsystem in einem Betrachtungszeitraum einem Wärmeübergabepunkt des Wärmeerzeugungsstandorts primärseitig zugeführt wurde.

4.1.3-2. Abgegebene Wärmemenge (Primärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------------|---------|----------------------|--------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $Q_{\text{THL,pri,out}}$ | Wh | | $Q_{\text{THL,pri,out}}$ | 5-14 |

Hierbei handelt es sich um die an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes primärseitig abgegebene Wärmemenge in einem Betrachtungszeitraum an einen Wärmeübergabepunkt.

4.1.3-3. Zugeführte Wärmeleistung (Primärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------------------|---------|----------------------|-------------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{Q}_{\text{THL,pri,in}}$ | W | | $\dot{Q}_{\text{THL,pri,in}}$ | 5-13 |

Hierbei handelt es sich um die Wärmeleistung, die von einem externen Wärmelieferanten oder nicht betrachteten Teilsystem einem Wärmeübergabepunkt des Wärmeerzeugungsstandorts primärseitig zugeführt wurde.

4.1.3-4. Abgegebene Wärmeleistung (Primärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------------------|---------|----------------------|--------------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{Q}_{\text{THL,pri,out}}$ | W | | $\dot{Q}_{\text{THL,pri,out}}$ | 5-15 |

Hierbei handelt es sich um die an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes primärseitig abgegebene Wärmeleistung an einen Wärmeübergabepunkt.

4.1.3-5. Umgewälzte Wärmeträgermasse (Primärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------------|---------|----------------------|--------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $m_{\text{THL,pri,htf}}$ | kg | | $m_{\text{THL,pri,htf}}$ | 5-18 |

Diese Kennzahl beschreibt die Wärmeträgermasse, die primärseitig über den Vor- oder Rücklauf eines Wärmeübergabepunktes in einem Betrachtungszeitraum an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes geflossen ist.

4.1.3-6. Wärmeträgermassenstrom (Primärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------------------|---------|----------------------|--------------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{m}_{\text{THL,pri,htf}}$ | kg/s | | $\dot{m}_{\text{THL,pri,htf}}$ | 5-19 |

Diese Kennzahl beschreibt den Wärmeträgermassenstrom, der primärseitig über den Vor- oder Rücklauf eines Wärmeübergabepunktes an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes geflossen ist.

4.1.3-7. Vorlauftemperatur (Primärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------------|---------|----------------------|--------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $T_{\text{THL,pri,sup}}$ | °C | | $T_{\text{THL,pri,sup}}$ | 5-16 |

Diese Kennzahl beschreibt die primärseitige Vorlauftemperatur eines Wärmeübergabepunktes an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes.

4.1.3-8. Rücklauftemperatur (Primärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------------|---------|----------------------|--------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $T_{\text{THL,pri,ret}}$ | °C | | $T_{\text{THL,pri,ret}}$ | 5-17 |

Diese Kennzahl beschreibt die primärseitige Rücklauftemperatur eines Wärmeübergabepunktes an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes.

4.1.3-9. Temperaturspreizung (Primärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-----------------------------|---------|--|--------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\Delta T_{\text{THL,pri}}$ | K | $T_{\text{THL,pri,sup}} - T_{\text{THL,pri,ret}}$ [4-28] | $T_{\text{THL,pri,ret}}$ | 5-17 |
| | | | $T_{\text{THL,pri,sup}}$ | 5-16 |

Diese Kennzahl beschreibt die primärseitige Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf eines Wärmeübergabepunktes an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes.

4.1.3-10. Sollvorlaufemperaturabweichung (Primärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------------------------|---------|--|--|------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\Delta T_{\text{THL,pri,sup,dif}}$ | K | $T_{\text{THL,pri,sup}} - T_{\text{THL,pri,set,sup}}$ [4-29] | $T_{\text{THL,pri,set,sup}}$ $T_{\text{THL,pri,sup}}$ | 6-4 5-8 |

Diese Kennzahl beschreibt die primärseitige Abweichung zwischen tatsächlicher Vorlaufemperatur und der Sollvorlaufemperatur an einem Wärmeübergabepunkt an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes.

4.1.3-11. Sollrücklaufemperaturabweichung (Primärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------------------------|---------|--|--|------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\Delta T_{\text{THL,pri,ret,dif}}$ | K | $T_{\text{THL,pri,ret}} - T_{\text{THL,pri,set,ret}}$ [4-30] | $T_{\text{THL,pri,set,ret}}$ $T_{\text{THL,pri,ret}}$ | 6-5 5-9 |

Diese Kennzahl beschreibt die primärseitige Abweichung zwischen tatsächlicher Rücklaufemperatur und der Sollrücklaufemperatur an einem Wärmeübergabepunkt an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes.

4.1.3-12. Abweichung zur Solltemperaturspreizung (Primärseite) – THL

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|---|---------|--|--|----------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\Delta T_{\text{THL,pri},\Delta T,\text{dif}}$ | K | $\Delta T_{\text{THL,pri}} - \Delta T_{\text{THL,pri,set}}$ [4-31] | $\Delta T_{\text{THL,pri,set}}$ $\Delta T_{\text{THL,pri}}$ | 6-6 4.1.3-9 |

Diese Kennzahl beschreibt die primärseitige Abweichung der tatsächlichen Temperaturspreizung von der Solltemperaturspreizung an einem Wärmeübergabepunkt an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugungsstandortes.

4.1.4 Wärmeerzeuger – allgemein (HG)

Unter 4.1.3 befinden sich alle Kennzahlen, die allgemeingültig für die verschiedenen Wärmeerzeugertechnologien sind.

4.1.4-1. Abgegebene Wärmemenge – HG

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------|---------|----------------------|------------------|------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | In Tabelle |
| $Q_{HG,out}$ | Wh | | $Q_{HG,out}$ | 5-20 |

Hierbei handelt es sich um die nutzbare Wärmemenge, die an einem Wärmeübergabepunkt in einem Betrachtungszeitraum an der Wärmeerzeugerbilanzgrenze abgegeben wurde.

4.1.4-2. Abgegebene Wärmeleistung – HG

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------|---------|----------------------|--------------------|------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | In Tabelle |
| $\dot{Q}_{HG,out}$ | W | | $\dot{Q}_{HG,out}$ | 5-21 |

Hierbei handelt es sich um die nutzbare Wärmeleistung, die an einem Wärmeübergabepunkt an der Wärmeerzeugerbilanzgrenze abgegeben wurde.

4.1.4-3. Zugeführte elektrische Energie – HG

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $E_{HG,in}$ | Wh | | $E_{HG,in}$ | 5-22 |

Hierbei handelt es sich um die elektrische Energie, die in einem Betrachtungszeitraum an der Wärmeerzeugerbilanzgrenze zugeführt wurde.

4.1.4-4. Zugeführte elektrische Leistung – HG

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $P_{HG,in}$ | W | | $P_{HG,in}$ | 5-23 |

Hierbei handelt es sich um die elektrische Leistung, die an der Wärmeerzeugerbilanzgrenze zugeführt wurde.

4.1.4-5. Verbrauchte Brennstoffmasse – HG

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|---------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $m_{HG,fuel}$ | kg | | $m_{HG,fuel}$ | 5-30 |

Diese Kennzahl beschreibt die Brennstoffmasse die in einem Betrachtungszeitraum einem Wärmeerzeuger zur Wärmeerzeugung zugeführt wurde.

4.1.4-6. Wärmeträgermassenstrom – HG

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------|---------|----------------------|-------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{m}_{HG,hf}$ | kg/s | | $\dot{m}_{HG,hf}$ | 5-31 |

Diese Kennzahl beschreibt die Wärmeträgermasse, die primärseitig über den Vor- oder Rücklauf eines Wärmeübergabepunktes an der Wärmeerzeugerbilanzgrenze geflossen ist.

4.1.4-7. Heizkesselwärmeträgermassenstrom (Rücklaufemperaturanhebung) – HG

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|---------------------------|---------|----------------------|---------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{m}_{\text{HG,htf}}$ | kg/s | | $\dot{m}_{\text{HG,htf}}$ | 5-31 |

Diese Kennzahl beschreibt den Wärmeträgermassenstrom durch den Heizkessel des Wärmeerzeugers. Dieser Massenstrom kann sich bei eingebauter Rücklaufemperaturanhebung von der Kennzahl 4.1.4-6 unterscheiden.

4.1.4-8. Brennstoffmassenstrom – HG

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|----------------------------|---------|----------------------|----------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{m}_{\text{HG,fuel}}$ | kg/s | | $\dot{m}_{\text{HG,fuel}}$ | 5-29 |

Diese Kennzahl beschreibt den Brennstoffmassenstrom der einem Wärmeerzeuger zur Wärmeerzeugung zugeführt wurde.

4.1.4-9. Vorlauftemperatur – HG

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|---------------------|---------|----------------------|---------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $T_{\text{HG,sup}}$ | °C | | $T_{\text{HG,sup}}$ | 5-24 |

Diese Kennzahl beschreibt die Vorlauftemperatur eines Wärmeübergabepunktes an der Wärmeerzeugerbilanzgrenze.

4.1.4-10. Rücklauftemperatur – HG

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $T_{HG,ret}$ | °C | | $T_{HG,ret}$ | 5-25 |

Diese Kennzahl beschreibt die Rücklauftemperatur eines Wärmeübergabepunktes an der Wärmeerzeugerbilanzgrenze.

4.1.4-11. Heizkesselintrittstemperatur (Rücklauftemperaturanhebung) – HG

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $T_{HG,ret}$ | °C | | $T_{HG,boi,in}$ | 5-26 |

Die Heizkesselintrittstemperatur des Wärmeträgers am Wärmeerzeuger entspricht der Rücklauftemperatur nach der Rücklauftemperaturanhebung.

4.1.4-12. Heizkesseltemperatur – HG

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|----------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $T_{HG,boi,h}$ | °C | | $T_{HG,boi,h}$ | 5-27 |

Die Kennzahl beschreibt Temperatur des Wärmeträgers im Heizkessel des Wärmeerzeugers.

4.1.4-13. Abgastemperatur – HG

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $T_{HG,exh}$ | °C | | $T_{HG,exh}$ | 5-28 |

Diese Kennzahl beschreibt die Abgastemperatur am Abgasausgang zur Abgasanlage des Wärmeerzeugers.

4.1.4-14. Vollbenutzungsstunden – HG

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------|---------|--|------------------------------------|-----------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| FHU_{HG} | h | $\frac{Q_{HG,out}}{\dot{Q}_{HG,nom}}$ [4-32] | $Q_{HG,out}$ $\dot{Q}_{HG,nom}$ | 4.1.4-1 6-23 |

Der Bewertungszeitraum für die Vollbenutzungsstunden eines Wärmeerzeugers entspricht üblicherweise einem Jahr. Die tatsächliche Berechnungszeitspanne ist zur Kennzahl mit anzugeben.

4.1.4-15. Mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen – HG

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------|---------|--|-------------------------------------|--------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $MTBF_{HG}$ | min | $\frac{\sum_i^{num_{fa,GU}} \Delta t_{op,HG,i}}{num_{fa,HG}}$ [4-33] | $\Delta t_{op,HG}$ $num_{fa,HG}$ | 6-10 6-11 |

MTBF (Mean Time Between Failures) beschreibt die mittlere Zeit des Wärmeerzeugers, in der er seine angeforderte Wärmemenge an einem Stück ohne Ausfälle liefern konnte. Nach Bildung der Kennzahl ist die Berechnungszeitspanne mit anzugeben. [26]

4.1.5 Wärmeerzeuger – Verbrennung (fuel)

Unter 4.1.5 befinden sich die Kennzahlen, die im speziellen Wärmeerzeuger mit Brennstoffen betreffen.

4.1.5-1. Feuerungswärme – fuel

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------|---------|---|---------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| W_{fuel} | Wh | $m_{\text{fuel}} \cdot H_{\text{s,fuel}}$ [4-34] | m_{fuel} | 5-29 |
| | | $m_{\text{fuel}} \cdot H_{\text{i,fuel}}$ [4-35] | $H_{\text{s,fuel}}$ | 6-31 |
| | | | $H_{\text{i,fuel}}$ | 6-32 |

Die Feuerungswärme ist die Wärmemenge, die bei einer vollständigen Verbrennung unter einem konstanten Druck von 101320 Pa in einem Betrachtungszeitraum aus einem Brennstoffmasse gewonnen werden kann. Für Wärmeerzeuger welche die Wärmemenge, die bei Wasserdampfkondensation entsteht, nutzen können ist der Brennwert für die Berechnung (Formel 4-34) zu verwenden. Bei Wärmeerzeuger, welche diese latente Wärme nicht nutzen können ist der Heizwert (Formel 4-35) zu verwenden. [10]

4.1.5-2. Erzeugerverlust – fuel

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|------------------------|---------|---|---------------------|------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | In Tabelle |
| $Q_{\text{fuel,loss}}$ | Wh | $W_{\text{HG}} - Q_{\text{HG,out}}$ [4-36] | W_{fuel} | 4.1.5-1 |
| | | | $Q_{\text{HG,out}}$ | 4.1.4-1 |

Der Wärmeverlust eines Wärmeerzeugers in einem Betrachtungszeitraum beinhaltet die ungewollte Wärmeabgabe an seine Umgebung.

4.1.5-3. Hilfsenergiefaktor – fuel

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|---------------------|---------|--|---------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| AEF_{fuel} | | $\frac{Q_{\text{HG,out}}}{E_{\text{HG,in}}}$ | $Q_{\text{HG,out}}$ | 4.1.4-1 |
| | | | $E_{\text{HG,in}}$ | 4.1.4-3 |

Der Hilfsenergiefaktor beschreibt, wie viel elektrische Hilfsenergie anteilmäßig zur erzeugten Wärmemenge notwendig war.

4.1.5-4. Nutzungsgrad – fuel

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|----------------------|---------|--|---------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| η_{fuel} | % | $\frac{Q_{\text{HG,out}}}{W_{\text{fuel}}} \cdot 100\%$ [4-37] | $Q_{\text{HG,out}}$ | 4.1.4-1 |
| | | | W_{fuel} | 4.1.5-1 |

Der Nutzungsgrad eines Wärmeerzeugers mit festem Brennstoff ergibt sich aus dem Verhältnis der abgegebenen Wärmemenge zur zugeführten Brennstoffenergie.

4.1.6 Wärmeerzeuger – Wärmepumpe (HP)

Unter 4.1.6 befinden sich die Kennzahlen, die elektrisch angetriebene Wärmepumpen betreffen.

4.1.6-1. Nutzungsgrad (Arbeitszahl) – HP

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------|---------|---|---------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| η_{HP} | % | $\frac{Q_{\text{HG,out}}}{E_{\text{HG,in}}} \cdot 100\%$ [4-38] | $Q_{\text{HG,out}}$ | 4.1.4-1 |
| | | | $E_{\text{HG,in}}$ | 4.1.4-3 |

Für die Arbeitszahl der Wärmepumpe wird die gesamte elektrische Energie verwendet, welche bis zum Wärmeübergabepunkt an der Wärmeerzeugerbilanzgrenze, zur Bereitstellung der Wärme, benötigt wurde. Üblicherweise wird für die Arbeitszahl von Wärmepumpen eine Berechnungszeitspanne von einem Jahr (Jahresarbeitszahl) gewählt.

4.1.6-2. Leistungszahl – HP

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------|---------|---|-----------------------------------|--------------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| COP_{HP} | - | $\frac{\dot{Q}_{HG,out}}{P_{HG,in}}$ [4-39] | $\dot{Q}_{HG,out}$ $P_{HG,in}$ | 4.1.4-2 4.1.4-4 |

Für die Leistungszahl der Wärmepumpe wird die gesamte elektrische Leistung verwendet, welche sie bis zum Wärmeübergabepunkt an der Wärmeerzeugerbilanzgrenze, benötigt wurde.

4.1.6-3. Carnot Leistungszahl – HP

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------|---------|---|-----------------------------------|--------------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $COP_{HP,C}$ | - | $\frac{T_{HG,sup} + 273,15K}{T_{HG,sup} - T_{HP,eva}}$ [4-40] | $\dot{Q}_{HG,out}$ $P_{HG,in}$ | 4.1.4-2 4.1.4-4 |

Diese Kennzahl ist die höchste theoretisch mögliche Leistungszahl einer Wärmepumpe.

4.1.6-4. Gütegrad – HP

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------|---------|--|----------------------------|--------------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| ν_{HP} | - | $\frac{COP_{HP}}{COP_{HP,C}}$ [4-41] | COP_{HP} $COP_{HP,C}$ | 4.1.6-2 4.1.6-3 |

Der Gütegrad einer elektrisch angetriebenen Wärmepumpe ist das Verhältnis zwischen tatsächlicher und der höchst theoretisch möglicher Leistungszahl bei einem Betriebspunkt.

4.1.7 Wärmeerzeuger – Kraft-Wärme-Kopplung (CHP)

Unter 4.1.6 befinden sich die Kennwerte, die Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen betreffen.

4.1.7-1. Abgegebene elektrische Energie – CHP

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|----------------------|---------|----------------------|----------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $E_{\text{CHP,out}}$ | Wh | | $E_{\text{CHP,out}}$ | 5-32 |

Diese Kennzahl beschreibt die an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugers in einem Betrachtungszeitraum abgegebene elektrische Energie.

4.1.7-2. Abgegebene elektrische Leistung – CHP

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|----------------------|---------|----------------------|----------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $P_{\text{CHP,out}}$ | W | | $P_{\text{CHP,out}}$ | 5-33 |

Diese Kennzahl beschreibt die an der Bilanzgrenze des Wärmeerzeugers abgegebene elektrische Leistung.

4.1.8 Thermische Speicher (TES)

Die thermischen Speicher in Fernwärmesystemen sind Teilsysteme mit oft sehr unterschiedlichen Einsatzstrategien. Unter 4.1.8 sind die Kennzahlen aufgeführt, mit deren Hilfe thermische Speicher energetisch und strategisch bewerten werden können.

4.1.8-1. Eingespeiste Wärmemenge – TES

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|----------------|---------|------------------------------|----------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $Q_{TES,load}$ | Wh | $\int \dot{Q}_{TES,load} dt$ | $\dot{Q}_{TES,load}$ | 4.1.8-3 |

Die Kennzahl beschreibt die Wärmemenge die in einem Betrachtungszeitraum einem thermischen Speicher und zugeführt wurde.

4.1.8-2. Nutzbare Wärmemenge – TES

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|----------------|---------|---|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $Q_{TES,usab}$ | Wh | $\sum_h V_h \cdot \rho_{htf,h} \cdot c_{htf} \cdot \Delta T_h$ [4-42] | c_{htf} | 6-28 |
| | | $\Delta T_h = T_{TES,h} - T_{TES,h,low}$ [4-43] | $T_{TES,h}$ | 4.1.8-5 |
| | | | $\rho_{htf,h}$ | 6-29 |
| | | | $T_{TES,h,low}$ | 6-34 |

Die nutzbare Wärmemenge ist vom Temperaturniveau im thermischen Speicher abhängig und muss über die einzelnen Temperaturschichten h berechnet werden. Die Wärme kann nur solange nutzbar entladen werden, wie die Temperatur am Speichertritt die Mindestaustrittstemperatur (Vorlauf) des thermischen Speichers aufweist.

4.1.8-3. Ladewärmeleistung – TES

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|----------------------|---------|--|---------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{Q}_{TES,load}$ | W | $\begin{cases} x & \text{for } x > 0 \\ 0 & \text{for } x \leq 0 \end{cases}$ [4-44] | $\dot{Q}_{TES,in}$ | 5-35 |
| | | $x = \dot{Q}_{TES,in} - \dot{Q}_{TES,out}$ [4-45] | $\dot{Q}_{TES,out}$ | 5-36 |

Die Kennzahl beschreibt die Wärmeleistung, mit der ein thermischer Speicher beladen wurde.

4.1.8-4. Entladewärmeleistung – TES

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-----------------------------|---------|--|----------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{Q}_{\text{TES,unlo}}$ | W | $\begin{cases} x & \text{for } x > 0 \\ 0 & \text{for } x \leq 0 \end{cases}$ [4-46] | $\dot{Q}_{\text{TES,out}}$ | 5-36 |
| | | $x = \dot{Q}_{\text{TES,out}} - \dot{Q}_{\text{TES,in}}$ [4-47] | $\dot{Q}_{\text{TES,in}}$ | 5-35 |

Die Kennzahl beschreibt die Wärmeleistung, mit der ein thermischer Speicher entladen wurde.

4.1.8-5. Speichertemperatur – TES

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------|---------|----------------------|--------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $T_{\text{TES,h}}$ | °C | | $T_{\text{TES,h}}$ | 5-37 |

Hierbei handelt es sich um die Speichertemperatur auf einer Höhen h im thermischen Speicher.

4.1.8-6. Speichernutzungsgrad eines Entladezyklus – TES

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------------------------|---------|--|-----------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\hat{\eta}_{\text{TES,unlo,peri}}$ | - | $\frac{Q_{\text{TES,usab,t2}}}{Q_{\text{TES,usab,t1}}}$ [4-48] | $Q_{\text{TES,usab}}$ | 4.1.8-2 |
| | | $t_1 = \text{before unload period}$ [4-49] | | |
| | | $t_2 = \text{after unload period}$ [4-50] | | |

Diese Kennzahl gibt Auskunft darüber, wie viel nutzbare Wärmemenge vom thermischen Speicher bei einem Entladezyklus verbraucht wurde. [22]

4.1.8-7. Speicheraktivitätsindex – TES

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|----------------|---------|--|--------------------------------|--------------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| α_{TES} | - | $\frac{Q_{TES,load}}{Q_{HL,out}}$ [4-51] | $Q_{TES,load}$ $Q_{HL,out}$ | 4.1.8-1 4.1.1-2 |

Der Speicheraktivitätsindex gibt an wie viel vom Wärmeerzeugungsstandort abgegebene Wärmemenge im thermischen Speicher zwischengespeichert wurde. Er ist ein Maß wie aktiv der thermischen Speicher durch Be- und Entladung war. [22]

4.1.9 Netzpumpe (NP)

Unter 4.1.9 befinden sich die Kennwerte, welche zur Bewertung von Netzpumpen nötig sind. Eine Netzpumpe ist zur Umwälzung des Wärmeträgers im Wärmeverteilnetz zuständig ist.

4.1.9-1. Zugeführte elektrische Energie – NP

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| E_{NP} | Wh | | E_{NP} | 5-40 |

Hierbei handelt es sich um die elektrische Energie, die in einem Betrachtungszeitraum einer Netzpumpe zugeführt wurde.

4.1.9-2. Zugeführte elektrische Leistung – NP

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| P_{NP} | W | | P_{NP} | 5-41 |

Hierbei handelt es sich um die elektrische Leistung, die einer Netzpumpe zugeführt wurde.

4.1.9-3. Differenzdruck über die Pumpe – NP

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-----------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| Δp_{NP} | Pa | | Δp_{NP} | 5-42 |

Hierbei handelt es sich um den Differenzdruck zwischen Saug- und Druckseite, der von einer Netzpumpe erzeugt wird.

4.1.9-4. Druckseitiger Differenzdruck zwischen Vor- und Rücklauf – NP

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------------|---------|----------------------|--------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\Delta p_{NP,pipe,upp}$ | Pa | | $\Delta p_{NP,pipe,upp}$ | 5-43 |

Hierbei handelt es sich um den Differenzdruck zwischen der Druckseite einer Netzpumpe und der gegenüberliegenden Rohrleitung.

4.1.9-5. Saugseitiger Differenzdruck zwischen Vor- und Rücklauf – NP

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------------|---------|----------------------|--------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\Delta p_{NP,pipe,low}$ | Pa | | $\Delta p_{NP,pipe,low}$ | 5-44 |

Hierbei handelt es sich um den Differenzdruck zwischen der Saugseite einer Netzpumpe und der gegenüberliegenden Rohrleitung.

4.1.9-6. Absolutdruck Saugseite – NP

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $p_{NP,low}$ | Pa | | $p_{NP,low}$ | 5-45 |

Hierbei handelt es sich um den Absolutdruck auf der Saugseite einer Netzpumpe.

4.1.9-7. Absolutdruck Druckseite – NP

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $p_{NP,upp}$ | Pa | | $p_{NP,upp}$ | 5-46 |

Hierbei handelt es sich um den Absolutdruck auf der Druckseite einer Netzpumpe.

4.1.9-8. Absolutdruck in der Rohrleitung gegenüber einer Netzpumpe – NP

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|---------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $p_{NP,pipe}$ | Pa | | $p_{NP,pipe}$ | 5-47 |

Hierbei handelt es sich um den Absolutdruck in der gegenüberliegenden Rohrleitung einer Netzpumpe.

4.1.9-9. Umgewälzte Masse des Wärmeträgers – NP

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|------------------|---------|--|-------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $m_{HL\ to\ HN}$ | kg | $m_{THL,sec,htf}$ for THL to HN [4-52] | $m_{THL,sec,htf}$ | 4.1.2-5 |

Hierbei handelt es sich um die Wärmeträgermasse, die in einem Betrachtungszeitraum durch eine Netzpumpe im Wärmeverteilnetz umgewälzt wurde.

4.1.9-10. Massenstrom des Wärmeträgers – NP

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|------------------------|---------|--|-------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{m}_{HL\ to\ HN}$ | kg/s | $\dot{m}_{THL,sec,htf}$ for THL to HN [4-53] | $\dot{m}_{THL,sec,htf}$ | 4.1.3-6 |

Hierbei handelt es sich um den Wärmeträgermassenstrom, der durch eine Netzpumpe in das Wärmeverteilnetz geflossen ist.

4.1.10 Nachfüll- und Druckhaltesysteme (RI)

Unter 4.1.10 befinden sich die Kennwerte, die Nachfüll- und Druckhaltesysteme betreffen. Diese Einrichtungen befinden sich in den meisten Fällen in einem Wärmeerzeugungsstandort.

4.1.10-1. Zugeführte Wärmeträgermasse – RI

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $m_{RI,htf}$ | kg | | $m_{RI,htf}$ | 5-38 |

Diese Kennzahl beschreibt die Wärmeträgermasse, die in einem Betrachtungszeitraum von einem Nachfüllsystem dem Fernwärmesystem zugeführt wurde.

4.1.10-2. Zugeführter Wärmeträgermassenstrom – RI

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------|---------|----------------------|--------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{m}_{RI,htf}$ | kg/s | | $\dot{m}_{RI,htf}$ | 5-39 |

Diese Kennzahl beschreibt den Wärmeträgermassenstrom, der von einem Nachfüllsystem dem Fernwärmesystem zugeführt wurde.

4.1.10-3. Sollabsolutdruck – RI

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $p_{RI,set}$ | Pa | | $p_{RI,set}$ | 6-22 |

Diese Kennzahl beschreibt den Absolutdruck der an einem Druckhaltesystem erreicht werden soll.

4.1.10-4. Sollabsolutdruckabweichung – RI

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------------|---------|-----------------------|--------------------------|----------------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\Delta p_{RI,set,dif}$ | Pa | $p_{RI} - p_{RI,set}$ | $p_{RI,set}$ p_{RI} | 4.1.10-3 4.1.10-8 |

Diese Kennzahl beschreibt die Abweichung des tatsächlichen Absolutdruck zum Sollabsolutdruck an einem Druckhaltesystem.

4.1.10-5. Wasserhärte – RI

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| wh | °dH | | wh | 6-35 |

Diese Kennzahl beschreibt die Wasserhärte des Wärmeträgers, der von einem Nachfüllsystem dem Fernwärmesystem zugeführt wurde.

4.1.10-6. Elektrische Leitfähigkeit – RI

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| σ | S/m | | σ | 6-36 |

Diese Kennzahl beschreibt die elektrische Leitfähigkeit des Wärmeträgers, der von einem Nachfüllsystem dem Fernwärmesystem zugeführt wurde.

4.1.10-7. pH-Wert – RI

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| pH | | | pH | 6-37 |

Diese Kennzahl beschreibt den pH-Wert des Wärmeträgers, der von einem Nachfüllsystem dem Fernwärmesystem zugeführt wurde.

4.1.10-8. Absolutdruck – RI

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| p_{RI} | Pa | | p_{RI} | 5-3 |

Diese Kennzahl beschreibt den Absolutdruck an einem Druckhaltesystem.

4.2 Wärmeverteilnetz

Das Wärmeverteilnetz liefert die Wärme von der Wärmeerzeugung zu den Wärmekunden. Unter 4.2 sind alle Kennwerte aufgelistet, die eine Bewertung des Wärmeverteilnetzes oder der darin verbauten Komponenten zulassen.

4.2.1 Wärmeverteilnetz allgemein (HN)

Unter 4.2.1 sind die Kennzahlen enthalten, die das Wärmeverteilnetz in seiner Gesamtheit betreffen.

4.2.1-1. Zugeführte Wärmemenge – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------|---------|---|-----------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $Q_{\text{HN,in}}$ | Wh | $\sum_i Q_{\text{HL to HN},i}$ [4-54] | $Q_{\text{HL to HN}}$ | 4.1.1-3 |

Die gesamte dem Wärmeverteilnetz zugeführte Wärmemenge in einem Betrachtungszeitraum setzt sich aus den zugeführten Wärmemengen i der Wärmeliefernden Wärmeerzeugungsstandorte zusammen.

4.2.1-2. Abgegebene Wärmemenge – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|---------------------|---------|--|------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $Q_{\text{HN,out}}$ | Wh | $\sum_i Q_{\text{HS,pri,in},i}$ [4-55] | $Q_{\text{HS,pri,in}}$ | 4.3.1-1 |

Die gesamte in einem Betrachtungszeitraum abgegebene Wärmemenge vom Wärmeverteilnetz setzt sich aus der Summe aller Wärmemengen i der Wärmeübergabestationen zusammen, welche vom Wärmeverteilnetz beliefert werden.

4.2.1-3. Zugeführte Wärmeleistung – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------|---------|--|------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{Q}_{HN,in}$ | W | $\sum_i \dot{Q}_{HL\ to\ HN,i}$ [4-56] | $\dot{Q}_{HL\ to\ HN}$ | 4.1.1-8 |

Die gesamte dem Wärmeverteilnetz zugeführte Wärmemenge setzt sich aus den zugeführten Wärmemengen i der Wärmeliefernden Wärmeerzeugungsstandorte zusammen.

4.2.1-4. Abgegebene Wärmeleistung – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------|---------|---|-----------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{Q}_{HN,out}$ | W | $\sum_i \dot{Q}_{HS,pri,in,i}$ [4-57] | $\dot{Q}_{HS,pri,in}$ | 4.3.1-2 |

Die gesamte abgegebene Wärmeleistung vom Wärmeverteilnetz setzt sich aus der Summe der an die Wärmeübergabestationen zugeführten Wärmeleistungen i zusammen.

4.2.1-5. Wärmeverlust – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|---------------|---------|-----------------------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $Q_{HN,loss}$ | Wh | $Q_{HN,in} - Q_{HN,out}$ [4-58] | $Q_{HN,in}$ | 4.2.1-1 |
| | | | $Q_{HN,out}$ | 4.2.1-2 |

Die Wärmeverluste in einem Betrachtungszeitraum des Wärmeverteilnetzes werden über die Differenz zwischen zugeführter und abgegebener Wärmemenge berechnet. Bei kleinen Berechnungszeitspanne und Instationärer Wärmeeinspeisung sollte der Zeitversatz zwischen zugeführter und abgegebener Wärmemeng, bei der Bewertung der Kennzahl, berücksichtigt werden.

4.2.1-6. Nenn-/Anschlussleistung – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------------------|---------|---|-------------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{Q}_{\text{HN,out,nom}}$ | W | $\sum_i \dot{Q}_{\text{HS,pri,nom},i}$ [4-59] | $\dot{Q}_{\text{HS,pri,nom}}$ | 4.3.1-3 |

Die gesamte Anschlussleistung des Wärmeverteilnetzes setzt sich aus der Summe aller Anschlussleistungen i der Wärmeübergabestationen zusammen.

4.2.1-7. Umgewälzte Wärmeträgermasse – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|------------------------|----------------|---|---------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $m_{\text{HN,htf,in}}$ | m ³ | $\sum_i m_{\text{HL to HN,htf},i}$ [4-60] | $m_{\text{HL to HN,htf}}$ | 4.1.9-9 |

Die im Wärmeverteilnetz in einem Betrachtungszeitraum umgewälzte Masse des Wärmeträgers setzt sich aus der umgewälzten Wärmeträgermasse i aller Netzpumpen zusammen.

4.2.1-8. Primärenergiefaktor – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------------|---------|--|--------------------------|----------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| PEF_{HN} | - | $\frac{\sum_{i,k} Q_{\text{HL to HN},i} \cdot \text{PEF}_{\text{HL},i,k}}{Q_{\text{HN,out}}}$ [4-61] | $Q_{\text{HL to HN}}$ | 4.1.1-3 |
| | | | PEF_{HL} | 4.1.1-13 |
| | | | $Q_{\text{HN,out}}$ | 4.2.1-2 |

Der Primärenergiefaktor des Wärmeverteilnetzes berechnet sich aus Wärmemengengewichteten Primärenergiefaktoren k . Die Gewichtung erfolgt anhand der jeweiligen Wärmemengen der Wärmeübergabepunkte i . Als Berechnungszeitspanne wird nach DIN V 18599-1 ein Jahr empfohlen. Zur Berechnung sollten kaufmännisch nachweisbare Energiedaten verwendet werden. Die Bewertungszeitraum für Bestandsanlagen erstreckt sich nach AGFW FW-309 in der Regel über drei Jahre. [25] [10]

4.2.1-9. Erfüllungsgrad EEWärmeG – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------|---------|---|---|--------------------------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| DFE_{HN} | - | $\frac{\sum_{i,k} Q_{HL\ to\ HN,i} \cdot DFE_{HL,k}}{Q_{HN,in}} \quad [4-62]$ | $Q_{HL\ to\ HN}$ DFE_{HL} $Q_{HN,in}$ | 4.1.1-3 4.1.1-14 4.2.1-1 |

Mithilfe des Erfüllungsgrades vom Wärmeverteilernetzes wird das Erreichen der Nutzungspflicht von erneuerbaren Energien des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) überprüft. Der Erfüllungsgrad setzt sich anteilmäßig aus den einzelnen Wärmeübergabepunkten der Wärmeerzeugungsstandorte zusammen, die das Wärmeverteilnetz beliefern. Die Berechnung deckt sich mit den Vorschriften zur Nutzung von Fernwärme oder Fernkälte aus dem EEWärmeG. Die Berechnungszeitspanne sollte für eine stabile und robuste Basis an Messwerten in der Regel 3 Jahre betragen. [27]

4.2.1-10. Trassenlänge der Verteilungen – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-----------------|---------|----------------------|------------------|----------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $rout_{HN,len}$ | m | | $rout_{HN,len}$ | 4.2.1-10 |

Diese Kennzahl beschreibt die gesamte Trassenlänge aller Verteilungen des Wärmeverteilnetzes.

4.2.1-11. Wärmemengeniendichte – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------|---------|---|---------------------------------|---------------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| HPRD _{HN} | Wh/m | $\frac{Q_{HN,out}}{rout_{HI,Len}}$ [4-63] | $Q_{HN,out}$ $rout_{HI,Len}$ | 4.2.1-2 4.2.1-10 |

Diese Kennzahl beschreibt die durchschnittliche abgegebene Wärmemenge je Meter Trasse der Verteilung vom Wärmeverteilnetz. [23]

4.2.1-12. Wärmekundenspezifische Wärmemengendichte – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------|---------|--|----------------------------|-----------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| HECD _{HN} | Wh/HC | $\frac{Q_{HN,out}}{HC_{num}}$ [4-64] | $Q_{HN,out}$ HC_{num} | 4.2.1-2 6-27 |

Diese Kennzahl beschreibt die durchschnittlich abgegebene Wärmemenge je Wärmekunde. [23]

4.2.1-13. Wärmeleistungsliniendichte – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------|---------|---|---------------------------------------|---------------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| HERD _{HN} | W/m | $\frac{\dot{Q}_{HN,out}}{rout_{HI,Len}}$ [4-65] | $\dot{Q}_{HN,out}$ $rout_{HI,Len}$ | 4.2.1-4 4.2.1-10 |

Die Kennzahl beschreibt die durchschnittliche abgegebene Wärmeleistung je Meter Trasse der Verteilung vom Wärmeverteilnetz. [23]

4.2.1-14. Nennwärmeleistungsliniendichte – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|------------------------|---------|--|--|---------------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| HERD _{HN,nom} | W/m | $\frac{\dot{Q}_{HN,out,nom}}{r_{out_{HI,len}}}$ [4-66] | $\dot{Q}_{HN,out,nom}$ $r_{out_{HI,len}}$ | 4.2.1-6 4.2.1-10 |

Die Kennzahl beschreibt die durchschnittliche Nennwärmeanschlussleistung je Meter Trasse der Verteilung vom Wärmeverteilnetz. [23]

4.2.1-15. Wärmekundenspezifische Wärmeleistungsdichte – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------|---------|--|----------------------------------|-----------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| HPCD _{HN} | W/HC | $\frac{\dot{Q}_{HN,out}}{HC_{num}}$ [4-67] | $\dot{Q}_{HN,out}$ HC_{num} | 4.2.1-4 6-27 |

Die Kennzahl beschreibt die durchschnittliche abgegebene Wärmeleistung je Wärmekunde vom Wärmeverteilnetz. [23]

4.2.1-16. Wärmekundenspezifische Nennwärmeleistungsdichte – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|------------------------|---------|--|--------------------------------------|-----------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| HPCD _{HN,nom} | W/HC | $\frac{\dot{Q}_{HN,out,nom}}{HC_{num}}$ [4-68] | $\dot{Q}_{HN,out,nom}$ HC_{num} | 4.2.1-6 6-27 |

Diese beschreibt die durchschnittliche Nennwärmeanschlussleistung je Wärmekunde vom Wärmeverteilnetz. [23]

4.2.1-17. Wärmekundenspezifische Trassenlänge der Verteilleitungen – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------|---------|--|--|------------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| HCSR _{HN} | m/HC | $\frac{rout_{HI, len}}{HC_{num}}$ [4-69] | rout _{HI, len} HC _{num} | 4.2.1-10 6-27 |

Die Kennzahl beschreibt die durchschnittliche Trassenlänge der Verteilleitung je Wärmekunde vom Wärmeverteilnetz. [23]

4.2.1-18. Nutzungsgrad – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------|---------|---|-------------------------------|--------------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| η_{HN} | % | $\frac{Q_{HN, out}}{Q_{HN, in}} \cdot 100\%$ [4-70] | $Q_{HN, in}$ $Q_{HN, out}$ | 4.2.1-1 4.2.1-2 |

Der Nutzungsgrad des Wärmeverteilnetzes beschreibt das Verhältnis zwischen zugeführter Wärmemenge an den Wärmeübergabepunkte und der zu einem Nutzzweck abgegebener Wärmemenge.

4.2.1-19. Vollbenutzungsstunden der Anschlussleistung – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------|---------|---|---|--------------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| FHU _{HN} | - | $\frac{Q_{HN, out}}{\dot{Q}_{HN, out, nom}}$ [4-71] | $Q_{HN, out}$ $\dot{Q}_{HN, out, nom}$ | 4.2.1-2 4.2.1-6 |

Der Bewertungszeitraum für die Vollbenutzungsstunden eines Wärmeerzeugers entspricht üblicherweise einem Jahr. Die tatsächliche Berechnungszeitspanne ist zur Kennzahl mit anzugeben.

4.2.1-20. Gleichzeitigkeit der Anschlussleistung – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------|---------|---|--|--------------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| ζ_{HN} | - | $\frac{\max(\dot{Q}_{HN,out,t1})}{\dot{Q}_{HN,out,nom}} \quad [4-72]$ | $\dot{Q}_{HN,out}$ $\dot{Q}_{HN,out,nom}$ | 4.2.1-4 4.2.1-6 |

Die Gleichzeitigkeit der Anschlussleistung ist abhängig von der höchsten abgegebenen Wärmeleistung im Bewertungszeitraum.

4.2.1-21. Wärmemengenbezogene Temperaturspreizung – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------------|---------|--|---|----------------------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\Delta\hat{T}_{HN,in}$ | K | $\frac{Q_{HN,in}}{m_{HN,htf,in} \cdot c_{htf}} \quad [4-73]$ | $Q_{HN,in}$ $m_{HN,htf,in}$ c_{htf} | 4.2.1-1 4.2.1-7 6-28 |

Diese Kennzahl beschreibt die Temperaturspreizung des Wärmeträgers, die bei der tatsächlich durchgesetzten Wärmeträgermasse theoretisch zur Versorgung des Wärmeverteilnetz nötig wäre. Diese Kennzahl entspricht nicht dem arithmetischen Mittelwert der Temperaturspreizungen.

4.2.1-22. Wärmekundenspezifisches Rücklaufemperaturabsenkungspotenzial – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------|---------|--|-------------------------|----------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| RRPC _{HN} | K | $\Delta\hat{T}_{HN,in} - \frac{Q_{HN,in}}{(m_{HN,htf,in} - x) \cdot c_{htf}} \quad [4-74]$ | $Q_{HN,in}$ | 4.2.1-1 |
| | | $x = \sum_i m_{HS,pri,PR,htf,i} \quad [4-75]$ | c_{htf} | 6-28 |
| | | | $m_{HN,htf,in}$ | 4.2.1-7 |
| | | | $m_{HS,pri,PR}$ | 4.3.1-13 |
| | | | $\Delta\hat{T}_{HN,in}$ | 4.2.1-21 |

Die Kennzahl gibt Auskunft darüber, wie sich die mittlere Rücklaufemperatur des Wärmeverteilnetzes durch das Ändern der umgewälzten Wärmeträgermasse von i Wärmeübergabestationen verändert. [21]

4.2.1-23. Wärmekundenspezifisches Rücklaufemperaturabsenkungspotenzial je Kelvin – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|---------------------|---------|--|-------------------------|----------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| RRPCK _{HN} | K | $\Delta\hat{T}_{HN,in} - \frac{Q_{HN,in}}{(m_{HN,htf,in} - x) \cdot c_{htf}} \quad [4-76]$ | $Q_{HN,in}$ | 4.2.1-1 |
| | | $x = \sum_i \hat{m}_{HS,pri,PR,htf,i} \quad [4-77]$ | c_{htf} | 6-28 |
| | | | $m_{HN,htf,in}$ | 4.2.1-7 |
| | | | $\hat{m}_{HS,pri,PR}$ | 4.3.1-14 |
| | | | $\Delta\hat{T}_{HN,in}$ | 4.2.1-21 |

Die Kennzahl gibt Auskunft darüber, wie sich die mittlere Rücklaufemperatur des Wärmeverteilnetzes durch das Ändern der umgewälzten Wärmeträgermasse, das durch eine Reduzierung der Rücklaufemperatur um ein Kelvin, von i Wärmeübergabestationen verändert.

4.2.1-24. System Average Interruption Duration Index – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|---------------------|---------|--|---------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| SAIDI _{HN} | min | $\frac{\sum_{i=1}^{\text{num}_{\text{fa,HN}}} \Delta t_{\text{fa,HN},i} \cdot \text{num}_{\text{fa,HC}}}{\text{num}_{\text{HC}}} \quad [4-78]$ | num _{HC} | 6-27 |
| | | | num _{fa,HN} | 6-16 |
| | | | $\Delta t_{\text{fa,HN}}$ | 6-15 |
| | | | num _{fa,HC} | 6-17 |

SAIDI des Wärmeverteilnetzes beschreibt die durchschnittliche Ausfalldauer je Wärmekunden durch Verschulden des Wärmeverteilnetzes. Die Kennzahl wird anhand aller Ausfälle i im Wärmeverteilnetz und der davon betroffenen Wärmeabnehmer berechnet. [28]

4.2.1-25. System Average Interruption Frequency Index – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|---------------------|---------|--|----------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| SAIFI _{HN} | min | $\frac{\sum_{i=1}^{\text{num}_{\text{fa,HN}}} \text{num}_{\text{fa,HC}}}{\text{num}_{\text{HC}}} \quad [4-79]$ | num _{HC} | 6-27 |
| | | | num _{fa,HN} | 6-16 |
| | | | num _{fa,HC} | 6-17 |

SAIFI des Wärmeverteilnetzes gibt die durchschnittlichen Versorgungsunterbrechungen je Wärmekunden an, die durch (Teil-) Ausfälle i im Wärmeverteilnetz entstehen. [29]

4.2.1-26. Customer Average Interruption Duration Index – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|---------------------|---------|--|---------------------|----------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| CAIDI _{HN} | min | $\frac{\text{SAIDI}_{\text{HN}}}{\text{SAIFI}_{\text{HN}}}$ [4-80] | SAIDI _{HN} | 4.2.1-24 |
| | | | SAIFI _{HN} | 4.2.1-25 |

CAIDI des Wärmeverteilnetzes gibt die durchschnittliche Ausfalldauer pro Versorgungsunterbrechung je Wärmekunden an, die durch das Wärmeverteilnetz verschuldet wurden. [29]

4.2.2 Messstelle im Wärmeverteilnetz (MN)

Die Stellen bei denen Messungen am Wärmeverteilnetz erfolgen sind meistens bei Komponenten, die zum technischen Betrieb notwendig sind. Grundsätzlich sind Messungen an vielen anderen Stellen ebenfalls möglich, zum Beispiel um das thermische oder hydraulische Verhalten des Wärmeverteilnetzes abzubilden.

4.2.2-1. Wärmemenge – MN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-----------------|---------|----------------------|------------------|------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | In Tabelle |
| Q_{MN} | Wh | | Q_{MN} | 5-53 |

Diese Kennzahl beschreibt die Wärmemenge, die in einem Betrachtungszeitraum einen Wärmeverteilnetzpunkt passiert.

4.2.2-2. Wärmeleistung – MN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-----------------------|---------|----------------------|-----------------------|------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | In Tabelle |
| \dot{Q}_{MN} | W | | \dot{Q}_{MN} | 5-54 |

Diese Kennzahl beschreibt die Wärmeleistung, die einen Wärmeverteilnetzpunkt passiert.

4.2.2-3. Zugeführte elektrische Energie – MN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $E_{MN,in}$ | Wh | | $E_{MN,in}$ | 5-49 |

Die dem Wärmenetznetzpunkt in einem Betrachtungszeitraum zugeführte elektrische Energie wird an jedem Punkt definiert, an dem sie die Bilanzgrenze des Wärmeverteilnetzpunkts passiert.

4.2.2-4. Zugeführte elektrische Leistung – MN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $P_{MN,in}$ | W | | $P_{MN,in}$ | 5-48 |

Die dem Wärmeverteilnetzpunkt zugeführte elektrische Leistung wird an jedem Punkt definiert, an dem sie die Bilanzgrenze des Wärmeverteilnetzpunkts passiert.

4.2.2-5. Wärmeträgermassenstrom – MN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------|---------|----------------------|--------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{m}_{MN,htf}$ | kg/s | | $\dot{m}_{MN,htf}$ | 5-52 |

Diese Kennzahl beschreibt den Wärmeträgermassenstrom im Vor- oder Rücklauf an einem Wärmeverteilnetzpunkt.

4.2.2-6. Vorlauftemperatur – MN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $T_{MN,sup}$ | °C | | $T_{MN,sup}$ | 5-50 |

Hierbei handelt es sich um die Vorlauftemperatur des Wärmeträgers an einem Wärmeverteilstützpunkt.

4.2.2-7. Rücklauftemperatur – MN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $T_{MN,ret}$ | °C | | $T_{MN,ret}$ | 5-51 |

Hierbei handelt es sich um die Rücklauftemperatur des Wärmeträgers an einem Wärmeverteilstützpunkt.

4.2.2-8. Differenzdruck zwischen Vor- und Rücklauf – MN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-----------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| Δp_{MN} | Pa | | Δp_{MN} | 5-55 |

Hierbei handelt es sich um den Differenzdruck zwischen Vorlauf und Rücklauf an einem Wärmeverteilstützpunkt.

4.2.2-9. Differenzdruck durch eine Druckerhöhung – MN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------|---------|----------------------|--------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\Delta p_{PI,MN}$ | Pa | | $\Delta p_{PI,MN}$ | 5-56 |

Hierbei handelt es sich um den Differenzdruck, der von einer Netzpumpe erzeugt wird.

4.3 Wärmeverbrauch

Der Wärmeverbrauch wird an jeden Wärmeübergabepunkt definiert, an dem das Wärmeverteilnetz als Wärmelieferant dient.

4.3.1 Wärmeübergabestation Primärseite (HS)

Jeder Wärmekunde besitzt mindestens eine Wärmeübergabestation. Unter 4.3.1 sind die Kennzahlen aufgeführt, welche die Primärseite betreffen. Bei direkten Wärmeübergabestationen sind die Kennzahlen der Primärseite zu verwenden.

4.3.1-1. Zugeführte Wärmemenge (Primärseite) – HS

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-----------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $Q_{HS,pri,in}$ | Wh | | $Q_{HS,pri,in}$ | 5-57 |

Diese Kennzahl beschreibt die Wärmemenge, die in einem Betrachtungszeitraum einer Wärmeübergabestation vom Wärmeverteilnetz zugeführt wird.

4.3.1-2. Zugeführte Wärmeleistung (Primärseite) – HS

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-----------------------|---------|----------------------|-----------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{Q}_{HS,pri,in}$ | W | | $\dot{Q}_{HS,pri,in}$ | 5-58 |

Diese Kennzahl beschreibt die Wärmeleistung, die einer Wärmeübergabestation vom Wärmeverteilnetz zugeführt wird.

4.3.1-3. Nenn-/Anschlusswärmeleistung (Primärseite) – HS

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|------------------------|---------|----------------------|------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{Q}_{HS,pri,nom}$ | W | | $\dot{Q}_{HS,pri,nom}$ | 5-59 |

Hierbei handelt es sich um die Nenn-/Anschlusswärmeleistung der Wärmeübergabestation, die vom Wärmeverteilnetz bereitgestellt wird.

4.3.1-4. Umgewälzte Wärmeträgermasse (Primärseite) – HS

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|------------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $m_{HS,pri,htf}$ | kg | | $m_{HS,pri,htf}$ | 5-60 |

Hierbei handelt es sich um die Wärmeträgermasse im Vorlauf oder Rücklauf vom Wärmeverteilnetz, die in einem Betrachtungszeitraum über eine Wärmeübergabestation geflossen ist.

4.3.1-5. Wärmeträgermassenstrom (Primärseite) – HS

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|------------------------|---------|----------------------|------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{m}_{HS,pri,htf}$ | kg/s | | $\dot{m}_{HS,pri,htf}$ | 5-61 |

Hierbei handelt es sich um die Wärmeträgermasse im Vorlauf oder Rücklauf vom Wärmeverteilnetz, die über eine Wärmeübergabestation geflossen ist.

4.3.1-6. Vorlauftemperatur (Primärseite) – HS

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|------------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $T_{HS,pri,sup}$ | °C | | $T_{HS,pri,sup}$ | 5-62 |

Hierbei handelt es sich um die Temperatur des Wärmeträgers im Vorlauf des Wärmeverteilnetzes an einer Wärmeübergabestation.

4.3.1-7. Rücklauftemperatur (Primärseite) – HS

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|------------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $T_{HS,pri,ret}$ | °C | | $T_{HS,pri,ret}$ | 5-63 |

Hierbei handelt es sich um die Temperatur des Wärmeträgers im Rücklauf des Wärmeverteilnetzes an einer Wärmeübergabestation.

4.3.1-8. Temperaturspreizung (Primärseite) – HS

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|---------------------|---------|--|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\Delta T_{HS,pri}$ | K | $T_{HS,pri,sup} - T_{HS,pri,ret}$ [4-81] | $T_{HS,pri,ret}$ | 4.3.1-7 |
| | | | $T_{HS,pri,sup}$ | 4.3.1-6 |

Hierbei handelt es sich um die Temperaturspreizung des Wärmeträgers zwischen Vorlauf und Rücklauf des Wärmeverteilnetzes an einer Wärmeübergabestation.

4.3.1-9. Wärmemengenbezogene Temperaturspreizung (Primärseite) – HS

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|---------------------------|---------|---|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\Delta \hat{T}_{HS,pri}$ | K | $\frac{Q_{HS,pri,in}}{m_{HS,pri,htf} \cdot c_{htf}}$ [4-82] | $Q_{HS,pri,in}$ | 4.3.1-1 |
| | | | $m_{HS,pri,htf}$ | 4.3.1-4 |
| | | | c_{htf} | 6-28 |

Diese Kennzahl beschreibt die Temperaturspreizung des Wärmeträgers, die bei der tatsächlich durchgesetzten Wärmeträgermasse theoretisch zur Versorgung der Wärmeübergabestation nötig wäre. Diese Kennzahl entspricht nicht dem arithmetischen Mittelwert der Temperaturspreizungen.

4.3.1-10. Abweichung zur Mindestvorlauftemperatur (Primärseite) – HS

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------------|---------|--|--|-----------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\Delta T_{HS,pri,sup}$ | K | $T_{HS,pri,sup} - T_{HS,pri,set,sup}$ [4-83] | $T_{HS,pri,set,sup}$ $T_{HS,pri,sup}$ | 6-38 4.3.1-6 |

Diese Kennzahl beschreibt die Abweichung der Vorlauftemperatur des Wärmeverteilnetzes an einer Wärmeübergabestation zur Mindestvorlauftemperatur aus den Technischen Anschlussbedingungen des Wärmelieferanten.

4.3.1-11. Abweichung zur maximalen Rücklauftemperatur (Primärseite) – HS

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------------|---------|--|--|-----------------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\Delta T_{HS,pri,ret}$ | K | $T_{HS,pri,ret} - T_{HS,pri,set,ret}$ [4-84] | $T_{HS,pri,set,ret}$ $T_{HS,pri,ret}$ | 6-39 4.3.1-7 |

Diese Kennzahl beschreibt die Abweichung der Rücklauftemperatur des Wärmeverteilnetzes an einer Wärmeübergabestation zur maximalen Rücklauftemperatur aus den Technischen Anschlussbedingungen des Wärmelieferanten.

4.3.1-12. Differenzdruck zwischen Vor- und Rücklauf (Primärseite) – HS

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|---------------------|---------|----------------------|---------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\Delta p_{HS,pri}$ | Pa | | $\Delta p_{HS,pri}$ | 5-64 |

Diese Kennzahl beschreibt den Differenzdruck zwischen Vorlauf und Rücklauf des Wärmeverteilnetzes an einer Wärmeübergabestation.

4.3.1-13. Massenreduzierungspotenzial des Wärmeträgers (Primärseite) – HS

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|---------------------|---------|---|-------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $m_{HS,pri,PR,htf}$ | kg | $m_{HS,pri,htf} - \frac{Q_{HS,pri,in}}{c_{htf} \cdot \Delta T_{HS,pri,ref}}$ [4-85] | $Q_{HS,pri,in}$ | 4.3.1-1 |
| | | | $\Delta T_{HS,pri,ref}$ | 6-40 |
| | | | c_{htf} | 6-28 |
| | | | $m_{HS,pri,htf}$ | 4.3.1-4 |

Diese Kennzahl beschreibt die mögliche Reduzierung der durchgesetzten Wärmeträgermasse in einem Betrachtungszeitraum bei einer Erhöhung der Temperaturspreizung des Wärmeträgers auf eine Referenztemperaturspreizung. Laut einem Planungshandbuch für Fernwärmesysteme sollte als Referenztemperaturspreizung der Temperaturangaben von Vor- und Rücklauf der Technischen Anschlussbedingungen beruhen. [21]

4.3.1-14. Temperaturspezifisches Massenreduzierungspotenzial des Wärmeträgers (Primärseite) – HS

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|---------------------------|----------------|--|---------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\hat{m}_{HS,pri,PR,htf}$ | m ³ | $\frac{m_{HS,pri,htf}}{1 + \frac{1K}{\Delta \hat{T}_{HS,pri}}}$ [4-86] | $m_{HS,pri,htf}$ | 4.3.1-4 |
| | | | $\Delta \hat{T}_{HS,pri}$ | 4.3.1-9 |

Diese Kennzahl beschreib die mögliche Reduzierung der durchgesetzten Wärmeträgermasse in einem Betrachtungszeitraum bei einer Erhöhung der Temperaturspreizung des Wärmeträgers um ein Kelvin.

4.3.1-15. Trassenlänge der Hausanschlussleitung – HN

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|------------------|---------|----------------------|------------------|----------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $r_{out,HN,len}$ | m | | $r_{out,HN,len}$ | 4.2.1-10 |

Diese Kennzahl beschreibt die Trassenlänge der Hausanschlussleitung.

4.3.2 Wärmeverbraucherübergabestation – Indirekt (HTC)

Unter 4.3.2 sind die Kennzahlen aufgeführt, die nur indirekte Wärmeübergabestationen von Wärmekunden betreffen. Bei direkten Wärmeübergabekundenstationen sind die Kennzahlen der Primärseite unter 4.3.1 zu verwenden.

4.3.2-1. Abgegebene Wärmemenge (Sekundärseite) – HS

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-----------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $Q_{HS,sec,in}$ | Wh | | $Q_{HS,sec,in}$ | 5-65 |

Die Kennzahl beschreibt die Wärmemenge, die in einem Betrachtungszeitraum der Sekundärseite einer Wärmeübergabestation zugeführt wird.

4.3.2-2. Zugeführte Wärmeleistung (Sekundärseite) – HS

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-----------------------|---------|----------------------|-----------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{Q}_{HS,sec,in}$ | W | | $\dot{Q}_{HS,sec,in}$ | 5-66 |

Diese Kennzahl beschreibt die Wärmeleistung, die in einem Betrachtungszeitraum der Sekundärseite einer Wärmeübergabestation zugeführt wird.

4.3.2-3. Umgewälzte Wärmeträgermasse (Sekundärseite) – HS

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|------------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $m_{HS,sec,htf}$ | kg | | $m_{HS,sec,htf}$ | 5-67 |

Diese Kennzahl beschreibt die in einem Betrachtungszeitraum umgewälzte Wärmeträgermasse auf der Sekundärseite einer Wärmeübergabestation.

4.3.2-4. Wärmeträgermassenstrom (Sekundärseite) – HS

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------------------|---------|----------------------|-------------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{m}_{\text{HS,sec,htf}}$ | kg/s | | $\dot{m}_{\text{HS,sec,htf}}$ | 5-68 |

Diese Kennzahl beschreibt den Wärmeträgermassenstrom im Vor- oder Rücklauf auf der Sekundärseite einer Wärmeübergabestation.

4.3.2-5. Vorlauftemperatur (Sekundärseite) – HS

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------------|---------|----------------------|-------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $T_{\text{HS,sec,sup}}$ | °C | | $T_{\text{HS,sec,sup}}$ | 5-69 |

Hierbei handelt es sich um die Temperatur des Wärmeträgers im Vorlauf auf der Sekundärseite einer Wärmeübergabestation.

4.3.2-6. Rücklauftemperatur (Sekundärseite) – HS

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------------|---------|----------------------|-------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $T_{\text{HS,sec,ret}}$ | °C | | $T_{\text{HS,sec,ret}}$ | 5-70 |

Hierbei handelt es sich um die Temperatur des Wärmeträgers im Rücklauf auf der Sekundärseite einer Wärmeübergabestation.

4.3.2-7. Temperaturspreizung (Sekundärseite) – HS

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|---------------------|---------|--|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\Delta T_{HS,sec}$ | K | $T_{HS,sec,sup} - T_{HS,sec,ret}$ [4-87] | $T_{HS,sec,ret}$ | 4.3.2-6 |
| | | | $T_{HS,sec,sup}$ | 4.3.2-5 |

Hierbei handelt es sich um die Temperaturspreizung des Wärmeträgers zwischen Vorlauf und Rücklauf auf der Sekundärseite einer Wärmeübergabestation.

4.3.3 Wärmekundenseitiger Einzelwärmeverbraucher

Einzelwärmeverbraucher auf der Sekundärseite der Wärmeübergabestation können Auskunft über die Charakteristik des Wärmeverbrauchs der Wärmekunden liefern.

4.3.3-1. Zugeführte Wärmemenge – HCl

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------|---------|----------------------|------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $Q_{HCl,in}$ | Wh | | $Q_{HCl,in}$ | 5-71 |

Diese Kennzahl beschreibt die Wärmemenge, die in einem Betrachtungszeitraum einem Einzelwärmeverbraucher bei einem Wärmekunden zugeführt wird.

4.3.3-2. Zugeführte Wärmeleistung – HCl

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|--------------------|---------|----------------------|--------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{Q}_{HCl,in}$ | W | | $\dot{Q}_{HCl,in}$ | 5-72 |

Diese Kennzahl beschreibt die Wärmeleistung, die einem Einzelwärmeverbraucher bei einem Wärmekunden zugeführt wird.

4.3.3-3. Umgewälzte Wärmeträgermasse – HCl

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|----------------------|---------|----------------------|----------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $m_{\text{HCl,htf}}$ | kg | | $m_{\text{HCl,htf}}$ | 5-73 |

Diese Kennzahl beschreibt die umgewälzte Wärmeträgermasse im Vor- oder Rücklauf in einem Betrachtungszeitraum an einem Einzelwärmeverbraucher bei einem Wärmekunden.

4.3.3-4. Wärmeträgermassenstrom – HCl

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|----------------------------|---------|----------------------|----------------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $\dot{m}_{\text{HCl,htf}}$ | kg/s | | $\dot{m}_{\text{HCl,htf}}$ | 5-74 |

Diese Kennzahl beschreibt den Wärmeträgermassenstrom im Vor- oder Rücklauf zu einem Einzelwärmeverbraucher bei einem Wärmekunden.

4.3.3-5. Vorlauftemperatur – HCl

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|----------------------|---------|----------------------|----------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $T_{\text{HCl,sup}}$ | °C | | $T_{\text{HCl,sup}}$ | 5-75 |

Hierbei handelt es sich um die Temperatur des Wärmeträgers im Vorlauf zu einem Einzelwärmeverbraucher bei einem Wärmekunden.

4.3.3-6. Rücklauftemperatur – HCl

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|----------------------|---------|----------------------|----------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| $T_{\text{HCl,ret}}$ | °C | | $T_{\text{HCl,ret}}$ | 5-76 |

Hierbei handelt es sich um die Temperatur des Wärmeträgers im Rücklauf zu einem Einzelwärmeverbraucher bei einem Wärmekunden.

4.3.3-7. Temperaturspreizung – HCl

| Kennzahl | | | Berechnungsgröße | |
|-------------------------|---------|--|----------------------|---------|
| Bezeichnung | Einheit | Berechnungsgrundlage | Bezeichnung | Verweis |
| ΔT_{HCl} | K | $T_{\text{HCl,sup}} - T_{\text{HCl,ret}}$ [4-88] | $T_{\text{HCl,ret}}$ | 4.3.3-6 |
| | | | $T_{\text{HCl,sup}}$ | 4.3.3-5 |

Hierbei handelt es sich um die Temperaturspreizung des Wärmeträgers zwischen Vorlauf und Rücklauf zu einem Einzelwärmeverbraucher bei einem Wärmekunden.

5 Messgrößen

| ABKÜRZUNG | BESCHREIBUNG |
|-------------------------|--|
| $E_{HL,in}$ | 5-1 Zugeführte elektrische Energie eines Wärmeerzeugungsstandortes |
| $P_{HL,in}$ | 5-2 Zugeführte elektrische Leistung eines Wärmeerzeugungsstandortes |
| p_{RI} | 5-3 Absolutdruck an der Druckhaltung eines Wärmeerzeugungsstandortes |
| $Q_{THL,sec,in}$ | 5-4 Zugeführte Wärmemenge an einem Wärmeübergabepunkt |
| $\dot{Q}_{THL,sec,in}$ | 5-5 Zugeführte Wärmeleistung eines Wärmeübergabepunktes |
| $Q_{THL,sec,out}$ | 5-6 Abgegebene Wärmemenge eines Wärmeübergabepunktes |
| $\dot{Q}_{THL,sec,out}$ | 5-7 Abgegebene Wärmeleistung eines Wärmeübergabepunktes |
| $T_{THL,sec,sup}$ | 5-8 Vorlauftemperatur eines Wärmeübergabepunktes |
| $T_{THL,sec,ret}$ | 5-9 Rücklauftemperatur eines Wärmeübergabepunktes |
| $m_{THL,sec,htf}$ | 5-10 Umgewälzte Wärmeträgermasse eines Wärmeübergabepunktes |
| $\dot{m}_{THL,sec,htf}$ | 5-11 Wärmeträgermassenstrom eines Wärmeübergabepunktes |
| $Q_{THL,pri,in}$ | 5-12 Primärseitig zugeführte Wärmemenge eines Wärmeübergabepunktes |
| $\dot{Q}_{THL,pri,in}$ | 5-13 Primärseitig zugeführte Wärmeleistung eines Wärmeübergabepunktes |
| $Q_{THL,pri,out}$ | 5-14 Primärseitig abgegebene Wärmemenge eines Wärmeübergabepunktes |
| $\dot{Q}_{THL,pri,out}$ | 5-15 Primärseitig abgegebene Wärmeleistung eines Wärmeübergabepunktes |
| $T_{THL,pri,sup}$ | 5-16 Primärseitige Vorlauftemperatur eines Wärmeübergabepunktes |
| $T_{THL,pri,ret}$ | 5-17 Primärseitige Rücklauftemperatur eines Wärmeübergabepunktes |
| $m_{THL,pri,htf}$ | 5-18 Primärseitig umgewälzte Wärmeträgermasse eines Wärmeübergabepunktes |

| ABKÜRZUNG | BESCHREIBUNG |
|---------------------------------|--|
| $\dot{m}_{\text{THL,pri,htf}}$ | 5-19 Primärseitiger Wärmeträgermassenstrom eines Wärmeübergabepunktes |
| $Q_{\text{HG,out}}$ | 5-20 Abgegebene Wärmemenge eines Wärmeerzeugers |
| $\dot{Q}_{\text{HG,out}}$ | 5-21 Abgegebene Wärmeleistung eines Wärmeerzeugers |
| $E_{\text{HG,in}}$ | 5-22 Zugeführte elektrische Energie eines Wärmeerzeugers |
| $P_{\text{HG,in}}$ | 5-23 Zugeführte elektrische Leistung eines Wärmeerzeugers |
| $T_{\text{HG,sup}}$ | 5-24 Vorlauftemperatur eines Wärmeerzeugers |
| $T_{\text{HG,ret}}$ | 5-25 Rücklauftemperatur eines Wärmeerzeugers |
| $T_{\text{HG,boi,in}}$ | 5-26 Heizkesselintrittstemperatur (Rücklauftemperaturanhebung) eines Wärmeerzeugers |
| $T_{\text{HG,boi}}$ | 5-27 Kesseltemperatur eines Wärmeerzeugers |
| $T_{\text{HG,exh}}$ | 5-28 Abgastemperatur eines Wärmeerzeugers |
| $\dot{m}_{\text{HG,fuel}}$ | 5-29 Brennstoffmassenstrom eines Wärmeerzeugers |
| $m_{\text{HG,fuel}}$ | 5-30 Verbrauchte Brennstoffmasse eines Wärmeerzeugers |
| $\dot{m}_{\text{HG,htf}}$ | 5-31 Massenstrom Wärmeträgers durch einen Wärmeerzeuger |
| $E_{\text{CHP,out}}$ | 5-32 Abgegebene elektrische Energie einer Kraft-Wärme-Kopplung |
| $P_{\text{CHP,out}}$ | 5-33 Abgegebene elektrische Leistung einer Kraft-Wärme-Kopplung |
| $E_{\text{GU,gen,i}}$ | 5-34 Abgegebene elektrische Energie einer Erzeugereinheit |
| $\dot{Q}_{\text{TES,in}}$ | 5-35 Einem thermischen Speicher zugeführte Wärmeleistung |
| $\dot{Q}_{\text{TES,out}}$ | 5-36 Einem thermischen Speicher entnommene Wärmeleistung |
| $T_{\text{TES,h}}$ | 5-37 Speichertemperaturen in bei einer Höhen h |
| $m_{\text{RI,htf}}$ | 5-38 Zugeführte Wärmeträgermasse von einer Nachfüllstation |
| $\dot{m}_{\text{RI,htf}}$ | 5-39 Zugeführter Wärmeträgermassenstrom von einer Nachfüllstation |
| E_{NP} | 5-40 Zugeführte elektrische Energie einer Netzpumpe |
| P_{NP} | 5-41 Zugeführte elektrische Leistung einer Netzpumpe |
| Δp_{NP} | 5-42 Differenzdruck über eine Netzpumpe |
| $\Delta p_{\text{NP,pipe,upp}}$ | 5-43 Druckseitiger Differenzdruck zwischen einer Netzpumpe und Rohrleitung gegenüber |
| $\Delta p_{\text{NP,pipe,low}}$ | 5-44 Saugseitiger Differenzdruck zwischen einer Netzpumpe und Rohrleitung gegenüber |

| ABKÜRZUNG | BESCHREIBUNG |
|------------------------|---|
| $p_{NP,low}$ | 5-45 Absolutdruck vor einer Netzpumpe |
| $p_{NP,upp}$ | 5-46 Absolutdruck nach einer Netzpumpe |
| $p_{NP,pipe}$ | 5-47 Absolutdruck in der Rohrleitung gegenüber einer Netzpumpe |
| $P_{MN,in}$ | 5-48 Zugeführte elektrische Leistung eines Wärmeverteilkpunktes |
| $E_{MN,in}$ | 5-49 Zugeführte elektrische Energie eines Wärmeverteilkpunktes |
| $T_{MN,sup}$ | 5-50 Vorlauftemperatur eines Wärmeverteilkpunktes |
| $T_{MN,ret}$ | 5-51 Rücklauftemperatur eines Wärmeverteilkpunktes |
| \dot{m}_{MN} | 5-52 Massenstrom an einem Wärmeverteilkpunkt |
| Q_{MN} | 5-53 Wärmemenge die einen Wärmeverteilkpunkt passiert hat |
| \dot{Q}_{MN} | 5-54 Wärmeleistung die einen Wärmeverteilkpunkt passiert |
| Δp_{MN} | 5-55 Differenzdruck zwischen Vor- und Rücklauf eines Wärmeverteilkpunktes |
| $\Delta p_{PI,MN}$ | 5-56 Differenzdruck über eine Druckerhöhung eines Wärmeverteilkpunktes |
| $Q_{HS,pri,in}$ | 5-57 Zugeführte Wärmemenge (Primärseite) – HS |
| $\dot{Q}_{HS,pri,in}$ | 5-58 Zugeführte Wärmeleistung (Primärseite) – HS |
| $\dot{Q}_{HS,pri,nom}$ | 5-59 Nenn-/Anschlussleistung (Primärseite) – HS |
| $m_{HS,pri,htf}$ | 5-60 Umgewälzte Wärmeträgermasse (Primärseite) – HS |
| $\dot{m}_{HS,pri,htf}$ | 5-61 Wärmeträgermassenstrom (Primärseite) – HS |
| $T_{HS,pri,sup}$ | 5-62 Vorlauftemperatur (Primärseite) – HS |
| $T_{HS,pri,ret}$ | 5-63 Rücklauftemperatur (Primärseite) – HS |
| $\Delta p_{HS,pri}$ | 5-64 Differenzdruck zwischen Vor- und Rücklauf (Primärseite) – HS |
| $Q_{HS,sec,in}$ | 5-65 Zugeführte Wärmemenge (Sekundärseite) – HS |
| $\dot{Q}_{HS,sec,in}$ | 5-66 Zugeführte Wärmeleistung (Sekundärseite) – HS |
| $m_{HS,sec,htf}$ | 5-67 Umgewälzte Wärmeträgermasse (Sekundärseite) – HS |
| $\dot{m}_{HS,sec,htf}$ | 5-68 Wärmeträgermassenstrom (Sekundärseite) – HS |
| $T_{HS,sec,sup}$ | 5-69 Vorlauftemperatur (Sekundärseite) – HS |
| $T_{HS,sec,ret}$ | 5-70 Rücklauftemperatur (Sekundärseite) – HS |
| $Q_{HCl,in}$ | 5-71 Zugeführte Wärmemenge – HCl |
| $\dot{Q}_{HCl,in}$ | 5-72 Zugeführte Wärmeleistung – HCl |

| ABKÜRZUNG | BESCHREIBUNG |
|---------------------------|--|
| $m_{\text{HCl,hf}}$ | 5-73 Umgewälzte Wärmeträgermasse – HCl |
| $\dot{m}_{\text{HCl,hf}}$ | 5-74 Wärmeträgermassenstrom – HCl |
| $T_{\text{HCl,sup}}$ | 5-75 Vorlauftemperatur – HCl |
| $T_{\text{HCl,ret}}$ | 5-76 Rücklauftemperatur – HCl |

6 System- und Betriebsparameter

| ABKÜRZUNG | BESCHREIBUNG |
|---------------------------------|---|
| $T_{\text{THL,sec,set,sup}}$ | 6-1 Sollvorlauftemperatur an einem Wärmeübergabepunkt |
| $T_{\text{THL,sec,set,ret}}$ | 6-2 Sollrücklauftemperatur an einem Wärmeübergabepunkt |
| $\Delta T_{\text{THL,sec,set}}$ | 6-3 Solltemperaturspreizung an einem Wärmeübergabepunkt |
| $T_{\text{THL,pri,set,sup}}$ | 6-4 Primärseitige Sollvorlauftemperatur an einem Wärmeübergabepunkt |
| $T_{\text{THL,pri,set,ret}}$ | 6-5 Primärseitige Sollrücklauftemperatur an einem Wärmeübergabepunkt |
| $\Delta T_{\text{THL,pri,set}}$ | 6-6 Primärseitige Solltemperaturspreizung an einem Wärmeübergabepunkt |
| PEF_{HG} | 6-7 Primärenergiefaktor der für einen Brennstoff angesetzt wird |
| PEF_{el} | 6-8 Primärenergiefaktor vom allgemeinen Strommix |
| $\Delta t_{\text{fa,HG}}$ | 6-9 Zeitabschnitt in der ein Wärmeerzeuger ausgefallen ist |
| $\Delta t_{\text{op,HG}}$ | 6-10 Zeitabschnitt in der eine Wärmeerzeuger Funktionsfähig ist |
| $\text{num}_{\text{fa,HG}}$ | 6-11 Anzahl der Störungen eines Wärmeerzeugers |
| $t_{\text{fa,HL}}$ | 6-12 Zeitabschnitt, in der ein Wärmeerzeugungsstandort keine Wärme liefern kann |
| $\Delta t_{\text{op,HL}}$ | 6-13 Zeitabschnitt, in der ein Wärmeerzeugungsstandort Wärme liefern kann |
| $\text{num}_{\text{fa,HL}}$ | 6-14 Anzahl der Ausfälle eines Wärmeerzeugungsstandortes |
| $\Delta t_{\text{fa,HN}}$ | 6-15 Zeitabschnitt, in der (Teil-) Ausfälle im Wärmeverteil vorherrschen |
| $\text{num}_{\text{fa,HN}}$ | 6-16 Anzahl der (Teil-) Ausfälle im Wärmeverteil |
| $\text{num}_{\text{fa,HC}}$ | 6-17 Anzahl von einem Ausfall (fa) betroffener Wärmeverbraucher |
| $\Delta T_{\text{HTC,ref}}$ | 6-18 Referenz Temperaturspreizung an einem Wärmeverbraucher |
| $T_{\text{HTC,ret}}$ | 6-19 Referenz Rücklauftemperatur an einem Wärmeverbraucher |
| OSE_{EHS} | 6-20 Pflichtanteil nach EEWärmeG des externen Wärmelieferanten |
| PEF_{EHS} | 6-21 Primärenergiefaktor des externen Wärmelieferanten |
| $p_{\text{RI,set}}$ | 6-22 Sollabsolutdruck an einer Druckhaltung |

| ABKÜRZUNG | BESCHREIBUNG |
|----------------------------|---|
| $\dot{Q}_{HG,nomn}$ | 6-23 Nennleistung eines Wärmeerzeugers |
| $\dot{Q}_{HS,pri,nom}$ | 6-24 Nenn-/Anschlussleistung einer Wärmeverbraucherübergabestation |
| $\dot{Q}_{THL,sec,in,nom}$ | 6-25 Zugeführte Nenn-/Anschlussleistung eines Wärmeübergabepunktes an einem Wärmeerzeugungsstandort |
| $rout_{HN,len}$ | 6-26 Wärmeverteiler-Trassenlänge |
| num_{HC} | 6-27 Anzahl der Wärmeverbraucher |
| $c_{p,htf}$ | 6-28 Wärmekapazität des Wärmeträgermediums |
| $\rho_{htf,h}$ | 6-29 Dichte des Wärmeträgermediums |
| $H_{i,fuel}$ | 6-30 Heizwert des Brennstoffes |
| $H_{s,fuel}$ | 6-31 Brennwert des Brennstoffes |
| $H_{i,fuel}$ | 6-32 Heizwert des Brennstoffes |
| OSE_X | 6-33 Pflichtanteil nach EEWärmeG für Wärmeerzeuger X |
| $T_{TES,h,low}$ | 6-34 Mindesttemperatur am Speicherausgang (Vorlauf) |
| wh | 6-35 Wasserhärte des Wärmeträgers an einer Nachfülleinrichtung |
| σ | 6-36 Elektrische Leitfähigkeit des Wärmeträgers an einer Nachfülleinrichtung |
| pH | 6-37 pH-Wert des Wärmeträgers an einer Nachfülleinrichtung |
| $T_{HS,pri,set,sup}$ | 6-38 Mindestvorlauftemperatur (Primärseite) – HS |
| $T_{HS,pri,set,ret}$ | 6-39 Maximale Rücklauftemperatur (Primärseite) – HS |
| $\Delta T_{HTC,pri,ref}$ | 6-40 Referenz Temperaturspreizung (Primärseite) – HS |

7 Ausblick

In dieser Arbeit wurde im Rahmen des Forschungsprojektes Nemo „*Wärmenetze im energetischen Monitoring*“, ein Kennzahlenkatalog entwickelt. In diesem Katalog sind eine Vielzahl von Kennzahlen definiert, mit deren Hilfe Fernwärmesysteme überwacht werden sollen. Für den Katalog wurde ein Kennzahlensystem entwickelt, das es ermöglicht, die Kennzahlen in einer klaren Struktur darzustellen. Nachdem der Kennzahlenkatalog erstellt wurde, können als nächstes Methoden entwickelt werden, wie die Kennzahlen anzuwenden sind. Für einen Großteil der Kennzahlen müssen in diesem Schritt noch sinnvolle Betrachtungszeiträume identifiziert werden. Je nachdem in welchem Detail die Fernwärmesysteme betrachtet werden, können im Verlauf des Projekts Nemo noch weitere Teilsysteme im Kennzahlenkatalog mit aufgenommen werden. Ebenfalls sind für die bereits im Katalog enthaltenen Teilsysteme die Kennzahlen noch nicht vollständig. In der Betriebswirtschaft werden in vielen Fällen Kennzahlen herangezogen um Entscheidungen möglichst zielorientiert herbeizuführen. Dort wird versucht, dass Kennzahlen Informationen möglichst komprimiert darstellen. Sobald mit den Kennzahlen energetische Optimierungspotenziale aufgedeckt werden, können auf deren Grundlage zusätzliche Kennzahlen entwickelt werden, welche die wirtschaftlichen Aspekte aufzeigen.

VII. Kennzahlenverzeichnis

| | |
|---|----|
| 4.1.1-1. Gesamt zugeführte Wärmemenge – HL..... | 25 |
| 4.1.1-2. Gesamt abgegebene Wärmemenge – HL..... | 25 |
| 4.1.1-3. An das Wärmeverteilstnetz abgegebene Wärmemenge – HL | 26 |
| 4.1.1-4. Gesamte Wärmemenge der Wärmeerzeuger – HL..... | 26 |
| 4.1.1-5. Wärmeverlust zwischen Wärmeerzeugung und Wärmeübergabe – HL..... | 26 |
| 4.1.1-6. Gesamt zugeführte Wärmeleistung – HL | 27 |
| 4.1.1-7. Gesamte abgegebene Wärmeleistung – HL | 27 |
| 4.1.1-8. An das Wärmeverteilstnetz abgegebene Wärmeleistung – HL..... | 27 |
| 4.1.1-9. Gesamte Wärmeleistung der Wärmeerzeuger – HL | 28 |
| 4.1.1-10. Gesamte Nennwärmeerzeugungsleistung – HL..... | 28 |
| 4.1.1-11. Zugeführte elektrische Energie – HL..... | 28 |
| 4.1.1-12. Zugeführte elektrische Leistung – HL..... | 29 |
| 4.1.1-13. Primärenergiefaktor – HL | 29 |
| 4.1.1-14. Erfüllungsgrad nach EEWärmeG – HL..... | 30 |
| 4.1.1-15. Deckungsanteil am Wärmeverteilstnetzeinspeisung – HL | 30 |
| 4.1.1-16. Hilfsenergiefaktor – HL..... | 31 |
| 4.1.1-17. Vollbenutzungsstunden der Gesamtwärmeerzeugungskapazität – HL | 31 |
| 4.1.1-18. Mittlerer Ausfallabstand – HL | 32 |
| 4.1.2-1. Zugeführte Wärmemenge (Sekundärseite) – THL | 32 |
| 4.1.2-2. Abgegebene Wärmemenge (Sekundärseite) – THL | 33 |
| 4.1.2-3. Zugeführte Wärmeleistung (Sekundärseite) – THL..... | 33 |
| 4.1.2-4. Abgegebene Wärmeleistung (Sekundärseite) – THL..... | 33 |
| 4.1.2-5. Umgewälzte Wärmeträgermasse (Sekundärseite) – THL | 34 |
| 4.1.2-6. Wärmeträgermassenstrom (Sekundärseite) – THL..... | 34 |
| 4.1.2-7. Vorlauftemperatur (Sekundärseite) – THL..... | 34 |
| 4.1.2-8. Rücklauftemperatur (Sekundärseite) – THL..... | 35 |
| 4.1.2-9. Temperaturspreizung (Sekundärseite) – THL | 35 |
| 4.1.2-10. Sollvorlauftemperaturabweichung (Sekundärseite) – THL | 35 |
| 4.1.2-11. Sollrücklauftemperaturabweichung (Sekundärseite) – THL | 36 |
| 4.1.2-12. Abweichung zur Solltemperaturspreizung (Sekundärseite) – THL | 36 |
| 4.1.3-1. Zugeführte Wärmemenge (Primärseite) – THL | 37 |

| | |
|---|----|
| 4.1.3-2. Abgegebene Wärmemenge (Primärseite) – THL | 37 |
| 4.1.3-3. Zugeführte Wärmeleistung (Primärseite) – THL..... | 37 |
| 4.1.3-4. Abgegebene Wärmeleistung (Primärseite) – THL..... | 38 |
| 4.1.3-5. Umgewälzte Wärmeträgermasse (Primärseite) – THL..... | 38 |
| 4.1.3-6. Wärmeträgermassenstrom (Primärseite) – THL..... | 38 |
| 4.1.3-7. Vorlauftemperatur (Primärseite) – THL | 39 |
| 4.1.3-8. Rücklauftemperatur (Primärseite) – THL..... | 39 |
| 4.1.3-9. Temperaturspreizung (Primärseite) – THL..... | 39 |
| 4.1.3-10. Sollvorlauftemperaturabweichung (Primärseite) – THL..... | 40 |
| 4.1.3-11. Sollrücklauftemperaturabweichung (Primärseite) – THL | 40 |
| 4.1.3-12. Abweichung zur Solltemperaturspreizung (Primärseite) – THL..... | 40 |
| 4.1.4-1. Abgegebene Wärmemenge – HG | 41 |
| 4.1.4-2. Abgegebene Wärmeleistung – HG..... | 41 |
| 4.1.4-3. Zugeführte elektrische Energie – HG | 41 |
| 4.1.4-4. Zugeführte elektrische Leistung – HG..... | 42 |
| 4.1.4-5. Verbrauchte Brennstoffmasse – HG..... | 42 |
| 4.1.4-6. Wärmeträgermassenstrom – HG..... | 42 |
| 4.1.4-7. Heizkesselwärmeträgermassenstrom (Rücklauftemperaturanhebung) – HG | 43 |
| 4.1.4-8. Brennstoffmassenstrom – HG | 43 |
| 4.1.4-9. Vorlauftemperatur – HG | 43 |
| 4.1.4-10. Rücklauftemperatur – HG..... | 44 |
| 4.1.4-11. Heizkesselintrittstemperatur (Rücklauftemperaturanhebung) – HG | 44 |
| 4.1.4-12. Heizkesseltemperatur – HG | 44 |
| 4.1.4-13. Abgastemperatur – HG | 45 |
| 4.1.4-14. Vollbenutzungsstunden – HG..... | 45 |
| 4.1.4-15. Mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen – HG | 45 |
| 4.1.5-1. Feuerungswärme – fuel..... | 46 |
| 4.1.5-2. Erzeugerverlust – fuel | 46 |
| 4.1.5-3. Hilfsenergiefaktor – fuel..... | 47 |
| 4.1.5-4. Nutzungsgrad – fuel..... | 47 |
| 4.1.6-1. Nutzungsgrad (Arbeitszahl) – HP..... | 47 |
| 4.1.6-2. Leistungszahl – HP | 48 |
| 4.1.6-3. Carnot Leistungszahl – HP..... | 48 |

| | |
|---|----|
| 4.1.6-4. Gütegrad – HP | 48 |
| 4.1.7-1. Abgegebene elektrische Energie – CHP | 49 |
| 4.1.7-2. Abgegebene elektrische Leistung – CHP..... | 49 |
| 4.1.8-1. Eingespeiste Wärmemenge – TES | 50 |
| 4.1.8-2. Nutzbare Wärmemenge – TES | 50 |
| 4.1.8-3. Ladewärmeleistung – TES | 50 |
| 4.1.8-4. Entladewärmeleistung – TES..... | 51 |
| 4.1.8-5. Speichertemperatur – TES..... | 51 |
| 4.1.8-6. Speichernutzungsgrad eines Entladezyklus – TES..... | 51 |
| 4.1.8-7. Speicheraktivitätsindex – TES..... | 52 |
| 4.1.9-1. Zugeführte elektrische Energie – NP..... | 52 |
| 4.1.9-2. Zugeführte elektrische Leistung – NP | 52 |
| 4.1.9-3. Differenzdruck über die Pumpe – NP..... | 53 |
| 4.1.9-4. Druckseitiger Differenzdruck zwischen Vor- und Rücklauf – NP | 53 |
| 4.1.9-5. Saugseitiger Differenzdruck zwischen Vor- und Rücklauf – NP | 53 |
| 4.1.9-6. Absolutdruck Saugseite – NP..... | 53 |
| 4.1.9-7. Absolutdruck Druckseite – NP..... | 54 |
| 4.1.9-8. Absolutdruck in der Rohrleitung gegenüber einer Netzpumpe – NP | 54 |
| 4.1.9-9. Umgewälzte Masse des Wärmeträgers – NP..... | 54 |
| 4.1.9-10. Massenstrom des Wärmeträgers – NP | 54 |
| 4.1.10-1. Zugeführte Wärmeträgermasse – RI..... | 55 |
| 4.1.10-2. Zugeführter Wärmeträgermassenstrom – RI..... | 55 |
| 4.1.10-3. Sollabsolutdruck – RI | 55 |
| 4.1.10-4. Sollabsolutdruckabweichung – RI | 56 |
| 4.1.10-5. Wasserhärte – RI | 56 |
| 4.1.10-6. Elektrische Leitfähigkeit – RI..... | 56 |
| 4.1.10-7. pH-Wert – RI | 57 |
| 4.1.10-8. Absolutruck – RI..... | 57 |
| 4.2.1-1. Zugeführte Wärmemenge – HN | 58 |
| 4.2.1-2. Abgegebene Wärmemenge – HN | 58 |
| 4.2.1-3. Zugeführte Wärmeleistung – HN..... | 59 |
| 4.2.1-4. Abgegebene Wärmeleistung – HN..... | 59 |
| 4.2.1-5. Wärmeverlust – HN..... | 59 |
| 4.2.1-6. Nenn-/Anschlussleistung – HN..... | 60 |

| | |
|--|----|
| 4.2.1-7. Umgewälzte Wärmeträgermasse – HN..... | 60 |
| 4.2.1-8. Primärenergiefaktor – HN..... | 60 |
| 4.2.1-9. Erfüllungsgrad EEWärmeG – HN..... | 61 |
| 4.2.1-10. Trassenlänge der Verteilleitungen – HN..... | 61 |
| 4.2.1-11. Wärmemengenliniendichte – HN..... | 62 |
| 4.2.1-12. Wärmekundenspezifische Wärmemengendichte – HN..... | 62 |
| 4.2.1-13. Wärmeleistungsliniendichte – HN..... | 62 |
| 4.2.1-14. Nennwärmeleistungsliniendichte – HN..... | 63 |
| 4.2.1-15. Wärmekundenspezifische Wärmeleistungsdichte – HN..... | 63 |
| 4.2.1-16. Wärmekundenspezifische Nennwärmeleistungsdichte – HN..... | 63 |
| 4.2.1-17. Wärmekundenspezifische Trassenlänge der Verteilleitungen – HN..... | 64 |
| 4.2.1-18. Nutzungsgrad – HN..... | 64 |
| 4.2.1-19. Vollbenutzungsstunden der Anschlussleistung – HN..... | 64 |
| 4.2.1-20. Gleichzeitigkeit der Anschlussleistung – HN..... | 65 |
| 4.2.1-21. Wärmemengenbezogene Temperaturspreizung – HN..... | 65 |
| 4.2.1-22. Wärmekundenspezifisches Rücklauf-temperaturabsenkungspotenzial – HN..... | 66 |
| 4.2.1-23. Wärmekundenspezifisches Rücklauf-temperaturabsenkungspotenzial je Kelvin – HN..... | 66 |
| 4.2.1-24. System Average Interruption Duration Index – HN..... | 67 |
| 4.2.1-25. System Average Interruption Frequency Index – HN..... | 67 |
| 4.2.1-26. Customer Average Interruption Duration Index – HN..... | 68 |
| 4.2.2-1. Wärmemenge – MN..... | 68 |
| 4.2.2-2. Wärmeleistung – MN..... | 68 |
| 4.2.2-3. Zugeführte elektrische Energie – MN..... | 69 |
| 4.2.2-4. Zugeführte elektrische Leistung – MN..... | 69 |
| 4.2.2-5. Wärmeträgermassenstrom – MN..... | 69 |
| 4.2.2-6. Vorlauf-temperatur – MN..... | 70 |
| 4.2.2-7. Rücklauf-temperatur – MN..... | 70 |
| 4.2.2-8. Differenzdruck zwischen Vor- und Rücklauf – MN..... | 70 |
| 4.2.2-9. Differenzdruck durch eine Druckerhöhung – MN..... | 70 |
| 4.3.1-1. Zugeführte Wärmemenge (Primärseite) – HS..... | 71 |
| 4.3.1-2. Zugeführte Wärmeleistung (Primärseite) – HS..... | 71 |
| 4.3.1-3. Nenn-/Anschlusswärmeleistung (Primärseite) – HS..... | 72 |

| | |
|--|----|
| 4.3.1-4. Umgewälzte Wärmeträgermasse (Primärseite) – HS..... | 72 |
| 4.3.1-5. Wärmeträgermassenstrom (Primärseite) – HS | 72 |
| 4.3.1-6. Vorlauftemperatur (Primärseite) – HS | 72 |
| 4.3.1-7. Rücklauftemperatur (Primärseite) – HS..... | 73 |
| 4.3.1-8. Temperaturspreizung (Primärseite) – HS..... | 73 |
| 4.3.1-9. Wärmemengenbezogene Temperaturspreizung (Primärseite) – HS..... | 73 |
| 4.3.1-10. Abweichung zur Mindestvorlauftemperatur (Primärseite) – HS..... | 74 |
| 4.3.1-11. Abweichung zur maximalen Rücklauftemperatur (Primärseite) – HS..... | 74 |
| 4.3.1-12. Differenzdruck zwischen Vor- und Rücklauf (Primärseite) – HS | 74 |
| 4.3.1-13. Massenreduzierungs­potenzial des Wärmeträgers (Primärseite) – HS..... | 75 |
| 4.3.1-14. Temperaturspezifisches Massenreduzierungs­potenzial des Wärmeträgers (Primärseite) – HS..... | 75 |
| 4.3.1-15. Trassenlänge der Hausanschlussleitung – HN | 75 |
| 4.3.2-1. Abgegebene Wärmemenge (Sekundärseite) – HS | 76 |
| 4.3.2-2. Zugeführte Wärmeleistung (Sekundärseite) – HS..... | 76 |
| 4.3.2-3. Umgewälzte Wärmeträgermasse (Sekundärseite) – HS..... | 76 |
| 4.3.2-4. Wärmeträgermassenstrom (Sekundärseite) – HS..... | 77 |
| 4.3.2-5. Vorlauftemperatur (Sekundärseite) – HS | 77 |
| 4.3.2-6. Rücklauftemperatur (Sekundärseite) – HS..... | 77 |
| 4.3.2-7. Temperaturspreizung (Sekundärseite) – HS..... | 78 |
| 4.3.3-1. Zugeführte Wärmemenge – HCl | 78 |
| 4.3.3-2. Zugeführte Wärmeleistung – HCl..... | 78 |
| 4.3.3-3. Umgewälzte Wärmeträgermasse – HCl..... | 79 |
| 4.3.3-4. Wärmeträgermassenstrom – HCl..... | 79 |
| 4.3.3-5. Vorlauftemperatur – HCl | 79 |
| 4.3.3-6. Rücklauftemperatur – HCl..... | 80 |
| 4.3.3-7. Temperaturspreizung – HCl..... | 80 |

VIII. Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Systemgrenzen der Hauptssysteme mit eingezeichneten Energieströmen | 21 |
| Abbildung 2: Systemgrenzen für untergeordnete Teilsysteme und deren Energieströme | 22 |

IX. Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Grobübersicht zu energetischen und technischen Kennzahlen in Fernwärmesysteme | 17 |
|--|----|

X. Literaturverzeichnis

- [1] Duden, „Duden,“ [Online]. Available: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Abgas>. [Zugriff am 25.01.2019].
- [2] Deutsches Institut für Normung e.V., *DIN V 18160-1:2016-1 Abgasanlagen - Planung und Ausführung*.
- [3] DIN EN, *ISO 52000-1, Energieeffizienz von Gebäuden*, 2018.
- [4] *BHG Urteil vom 25.10.1989, NJW 1990, 1181*.
- [5] Deutsches Institut für Normung e.V., *DIN EN 15316-4-1:2017-9, Energetische Bewertung von Gebäuden, Teil 4-1: Wärmeerzeugung für Raumheizung und Trinkwassererwärmung, Verbrennungssysteme (Heizkessel, Biomasse)*.
- [6] Deutsches Institut für Normung e.V., *DIN EN 15316-4-5:2017-9, Energetische Bewertung von Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Energieforderungen und Nutzungsgrade*.
- [7] Westermann, „Korrosion,“ in *Anlagenmechanik für Sanitär-, Heizungs-, und Klimatechnik 3. Auflage*, Westermann Gruppe (ISBN: 978-14-235053-0), 2018, p. 75.
- [8] P. D. W. Krieger, „Gabler Wirtschaftslexikon,“ [Online]. Available: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/kennzahlen-41897>. [Zugriff am 27.2.2019].
- [9] Deutsches Institut für Normung e.V., „DIN 1319-1:1995-6, Grundlagen der Messtechnik - Grundbegriffe“.
- [10] Deutsches Institut für Normung e.V., *DIN V 18599-1:2018-9, Energetische Bewertung von Gebäuden, Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger*.
- [11] Deutsches Institut für Normung e.V., *DIN IECV 60050-351:2014-9, Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch, Teil 351: Leittechnik*.
- [12] Deutsches Institut für Normung e.V., *DIN EN 61069-1:2017-7, Leittechnik für industrielle Prozesse - Terminologie und Konzepte, Teil 1: Terminologie und Konzepte*.
- [13] GZB Internationales Geothermal Centre, „Studie - Analyse des deutschen Wärmepumpenmarktes,“ ZSW- Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung, Baden Württemberg, 2017.
- [14] Deutsches Institut für Normung e.V., *DIN EN 378-1:2018-4, Wärmepumpen, Kälteanlagen, Teil 1: Grundlagen Anforderungen, Begriffe, Klassifikationen und Auswahlkriterien*, Beuth Verlag GmbH.
- [15] QM Fernwärme, „Planungshandbuch Fernwärme,“ Schweiz, 2017.
- [16] AGFW, *Begriffe der Verorgungswirtschaft Heft 2*, Frankfurt am Main: AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., 1997.

- [17] Verein Deutscher Ingenieure, VDI Wärmeatlas, 11 Auflage, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2013.
- [18] Deutsches Institut für Normung e.V., DIN 53400:1988-6, Prüfung von Weichmachern - Bestimmung der physikalischen und chemischen Kennzahlen von Weichmachern, 1988.
- [19] Deutsches Institut für Normung e.V., DIN EN 15341:2017-6, Instandhaltung - Wesentliche Leistungskennzahlen für die Instandhaltung.
- [20] AGFW, *Regelwerk Fernwärme*, Frankfurt am Main: AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., 2018.
- [21] A. Q. Fernwärme, „Studie, Planungshandbuch Fernwärme,“ EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE, Schweiz, 2017.
- [22] S. Schuster und D. Bücken, „Key Performance Indicators for Thermal Energy Storage in District Heating Systems,“ *EuroHeat&Power International*, Nr. III, pp. 15-18, 2018.
- [23] Bayerisches Landesamt für Umwelt, „Wärmeneetze in Kommunen - Leitfaden,“ 2017.
- [24] Deutsches Institut für Normung e.V., DIN EN 8743:2014-1, Verpackungsmaschinen und Verpackungsanlagen - Kennzahlen zur Charakterisierung des Betriebsverhaltens und Bedingungen für deren Ermittlung im Rahmen eines Abnahmelaufs.
- [25] AGFW, *FW 309-1, Bestimmung der spezifischen Primärenergiefaktoren für Fernwärmeversorgungssysteme*, AGFW, 2010.
- [26] H. B. Jens Lienig, „Elektronische Gerätetechnik,“ in *Grundlagen für das Entwickeln elektronischer Baugruppen und Geräte*, Springer, 2014, p. 52.
- [27] Bundesministerium der Justiz und Verbraucherschutz, *Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG)*, 2015.
- [28] Bundesnetzagentur, 19 10 2018. [Online]. Available: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Versorgungsunterbrechungen/Auswertung_Strom/Versorgungsunterbrech_Strom_node.html. [Zugriff am 18 01 2019].
- [29] The Institute of Electrical and Electronics Engineers inc., „IEEE 1366:2003:5, Trial-Use Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices“.
- [30] C.A.R.M.E.N, „Erfolgsfaktor - Auslegung Wärmeerzeuger,“ 2004. [Online]. Available: <https://www.carmen-ev.de/biogene-festbrennstoffe/biomasseheizwerke/auslegung-waermeerzeuger/436-auslegung-waermeerzeuger>. [Zugriff am 25 01 2019].
- [31] E. Hering und B. Schröder, *Wärmeschutz und Heiztechnik*, Springer Verlag (ISBN 978-3-658-08600-8), 2014.