



LEITFADEN ZUM MONITORINGKONZEPT

**IM RAHMEN DES BEGLEITFORSCHUNGSPROGRAMMS
ZUR FÖRDERAKTION DES
KLIMA- UND ENERGIEFONDS
"SOLARTHERMIE - SOLARE GROßANLAGEN"**

GLEISDORF, APRIL 2019

Das Anlagenmonitoring ist Teil des Förderprogramms und erfolgt im Rahmen einer wissenschaftlichen Begleitforschung. Diese wird von AEE - Institut für Nachhaltige Technologien (AEE INTEC) durchgeführt.



Inhalt

1	MÖGLICHKEITEN UND VORTEILE EINES PROFESSIONELLEN ANLAGENMONITORINGS..	3
1.1	ENERGIEBILANZ (INPUT-OUTPUT BILANZIERUNG)	3
1.2	BEHAGLICHKEIT UND RAUMTEMPERATUR.....	3
1.3	BETRIEBSOPTIMIERUNG	3
1.4	FUNKTIONSÜBERPRÜFUNG.....	3
1.5	MONATLICHE ENERGIEBILANZEN MIT SOLL-ISTWERTVERGLEICH	4
2	ANLAGENKONZEPTE	5
2.1	BEISPIELHAFTES SYSTEMKONZEPT INKL. MESSSENSOREN FÜR DIE ANWENDUNG „SOLARE PROZESSWÄRME IN PRODUKTIONSBETRIEBEN“	5
2.2	BEISPIELHAFTES SYSTEMKONZEPT INKL. MESSSENSOREN FÜR DIE ANWENDUNG „SOLARE EINSPEISUNG IN NETZGEBUNDENE WÄRMEVERSORGUNGEN“	6
2.3	BEISPIELHAFTES SYSTEMKONZEPT INKL. MESSSENSOREN FÜR DIE ANWENDUNG „HOHE SOLARE DECKUNGSGRADE IN GEWERBE- UND DIENSTLEISTUNGSBETRIEBEN“	9
2.4	BEISPIELHAFTES SYSTEMKONZEPT INKL. MESSSENSOREN FÜR DIE ANWENDUNG „SOLAR UNTERSTÜTZTE KLIMATISIERUNG UND DEREN KOMBINATION MIT SOLARER WARMWASSERAUFBEREITUNG UND HEIZUNG IN ZEITEN OHNE KÜHLBEDARF“	10
2.4.1	<i>Typisches Blockschaltbild für solares Kühlen in Verbindung mit Absorptionsmaschinen und geschlossenen Adsorptionsmaschinen:</i>	10
2.4.2	<i>Typisches Blockschaltbild für solares Kühlen in Verbindung mit einem offenen Adsorptionsprozess (DEC-Anlagen):</i>	11
2.5	MONITORINGKONZEPT FÜR DIE ANWENDUNGEN „SOLARTHERMIE IN KOMBINATION MIT WÄRMEPUMPE“	13
2.6	MONITORINGKONZEPT FÜR DIE ANWENDUNGEN „NEUE TECHNOLOGIEN UND INNOVATIVE ANSÄTZE“	13
3	DATENERFASSUNG UND SENSORIK	14
3.1	GRUNDSÄTZLICHE ANFORDERUNGEN AN DAS SYSTEM.....	14
3.2	SPEZIFIKATIONEN DES DATENLOGGERS	14
3.3	SPEZIFIKATION DER SENSOREN	15
3.3.1	<i>Wärmemengenzähler</i>	15
3.3.2	<i>Temperatursensoren</i>	17
3.3.3	<i>Drucksensoren</i>	17
3.3.4	<i>Einstrahlungssensoren</i>	18
3.3.5	<i>Stromzähler</i>	18
4	WEITERE INFORMATIONEN UND HINWEISE	19

1 Möglichkeiten und Vorteile eines professionellen Anlagenmonitorings

Die Vorteile eines professionellen Anlagenmonitorings sind vielfältig. Der Investor profitiert dabei, dass die Anlage zumindest ein Betriebsjahr von erfahrenen Solarexperten im Detail überwacht, analysiert, optimiert und die Energieflüsse über den Betrachtungszeitraum bilanziert werden. Um diese Vorteile zu erzielen, ist es aber notwendig, ein entsprechendes Monitoringkonzept umzusetzen. Nachfolgend sind die einzelnen Aspekte, die ein Anlagenmonitoring in der geplanten Form ermöglicht, zusammengefasst.

1.1 Energiebilanz (Input-Output Bilanzierung)

Bei diesem Anlagenmonitoring werden sowohl die Wärmeinputs (üblicherweise umfasst dies das Solarsystem und die konventionellen Wärmeerzeuger) in den Energiespeicher (Wasser-Pufferspeicher, Bauteilaktivierung, Eisspeicher, etc.) als auch der Wärmeoutput (alle Verbraucher) inkl. der dazugehörigen Temperaturen erfasst. Dadurch können verbrauchsspezifische Rahmenbedingungen erfasst und Wechselwirkungen mit dem Solarsystem bzw. Beeinflussungen festgestellt werden. Eine Bestimmung des solaren Deckungsgrades unter Berücksichtigung der Speicherverluste ist möglich.

Eine Ausnahme hinsichtlich Input-Output Bilanzierung bilden Anlagen zum solarthermischen Kühlen. Des Weiteren verlangt der Einsatz neuartiger Speichertechnologien (Bauteilaktivierung, Eisspeicher, etc.), neuer Kollektortypen (Luft-, PVT-, konzentrierende Kollektoren, etc.) oder neuartige Verschaltung von Wärmeerzeugern (komplexe Wärmepumpensysteme, Niedertemperatur- bzw. Anergienetze, etc.) eine Anpassung bzw. Erweiterung des Monitoringkonzepts. Diese werden mittels speziell zu definierendem Monitoringkonzept untersucht, wobei ggf. die Strom- und die Wärmeseite bilanziert wird.

1.2 Behaglichkeit und Raumtemperatur

Die Messung von Raumtemperaturen erlaubt eine Charakterisierung des Gebäudes hinsichtlich Behaglichkeit und ist daher eine wichtige Kenn- und Messgröße für die Optimierung der Performance des Gesamtsystems.

1.3 Betriebsoptimierung

In den ersten drei Betriebsmonaten jeder Anlage erfolgt die sogenannte Optimierungsphase. In diesem Zeitraum werden die Anlagen hinsichtlich Funktionalitäts- und Effizienzsteigerungspotenziale untersucht und bei festgestellten Verbesserungspotenzialen diese in Kooperation mit dem Team des Förderwerbers (Haustechnikplaner, Installationsunternehmen, Regelungsunternehmen, Betreiber, etc.) auch umgesetzt. Dadurch kann ein optimiertes Betriebsverhalten der Anlagen erreicht werden.

1.4 Funktionsüberprüfung

Die einzelnen Funktionen und Zustände der Anlagen werden über den gesamten Monitoringzeitraum von einem Jahr überwacht. Basierend auf definierten Grenzwerten wird bei Über- bzw. Unterschreitung von Kennwerten bzw. Verhältniszahlen eine Fehlermeldung generiert. Diese Plausibilitätsprüfung soll beim Vorgang des Einlesens der Daten auf die Datenbank erfolgen. Dadurch kann gewährleistet werden, dass die Erkennung von Anlagenstandzeiten (sprich Mängel) rasch erfolgt und prompt darauf reagiert werden kann.

1.5 Monatliche Energiebilanzen mit Soll-Istwertvergleich

Die aufgezeichneten Wärmemengen werden u.a. in repräsentativen Monatsbilanzen dargestellt und mit den Sollwerten aus der Anlagenplanung verglichen. Treten größere Abweichungen auf, wird der Ursache nachgegangen und dem Investor/Betreiber Rückmeldung gegeben. In weiterer Folge wird versucht, vorherrschende Problempunkte in enger Kooperation mit dem Team des Förderwerbers (Haustechnikplaner, Installationsunternehmen, Regelungsunternehmen, Betreiber, etc.) zu korrigieren.

2 Anlagenkonzepte

Die an der Begleitforschung teilnehmenden Systeme werden entsprechend der nachfolgenden Standardkonzepte kategorisiert. Aufgrund der Vielfalt an möglichen Hydraulikkonzepten in den unterschiedlichen Anwendungsbereichen verstehen sich diese Hydraulikkonzepte als beispielhafte Musterkonzepte. Abweichungen in der Hydraulik oder der eingesetzten Speichertechnologie (Bauteilaktivierung, Eisspeicher, Erdspeicher, Großwasserspeicher, etc.) oder der verwendeten Solarkollektortypen (Luft-, PVT-, konzentrierende Kollektoren) können zu Änderungen im Bereich des Standard-Monitoringkonzeptes führen, weshalb dieses dann entsprechend angepasst werden muss.

2.1 Beispielhaftes Systemkonzept inkl. Messsensoren für die Anwendung „Solare Prozesswärme in Produktionsbetrieben“

Die Generierung von Prozesswärme in Produktionsbetrieben kann grundsätzlich auf sehr vielfältige Weise erfolgen, was bedeutet, dass bei bestehenden Produktionsprozessen sehr unterschiedliche Rahmenbedingungen (Temperaturniveaus, Arbeitsmedium Dampf oder Flüssigkeit, Prozessketten, Wärmeverteilsysteme, intermittierender Wärmebedarf, etc.) vorherrschen können. Dieser Aspekt ist insbesondere bei der Integration der Solarthermieanlage in den Prozess zu berücksichtigen. Bezogen auf ein anzuwendendes Monitoringkonzept kann nachfolgendes Grundsaltbild herangezogen werden. Abweichungen können in der Praxis zwar immer wieder auftreten, wobei die prinzipielle Hydraulik aber gut abgedeckt wird.

In Abbildung 1 sind die für eine Input – Output Bilanzierung notwendigen Messsensoren (drei Wärmemengenzähler), die für eine vereinfachte Systembeurteilung erforderlichen Vor- und Rücklauftemperaturen in jedem hydraulischen Kreis, der Kollektortemperatur sowie 3 Temperaturen im Energiespeicher dargestellt. Bei großen Energiespeichern können mehrere Temperatursensoren notwendig werden. Des Weiteren werden ein Globalstrahlungssensor zur Beurteilung der Solarerträge im Vergleich zum Strahlungsangebot und ein Drucksensor im Primärkreis des Solarsystems als Bestandteil eines Standard- oder Mindestmonitoringkonzeptes definiert.

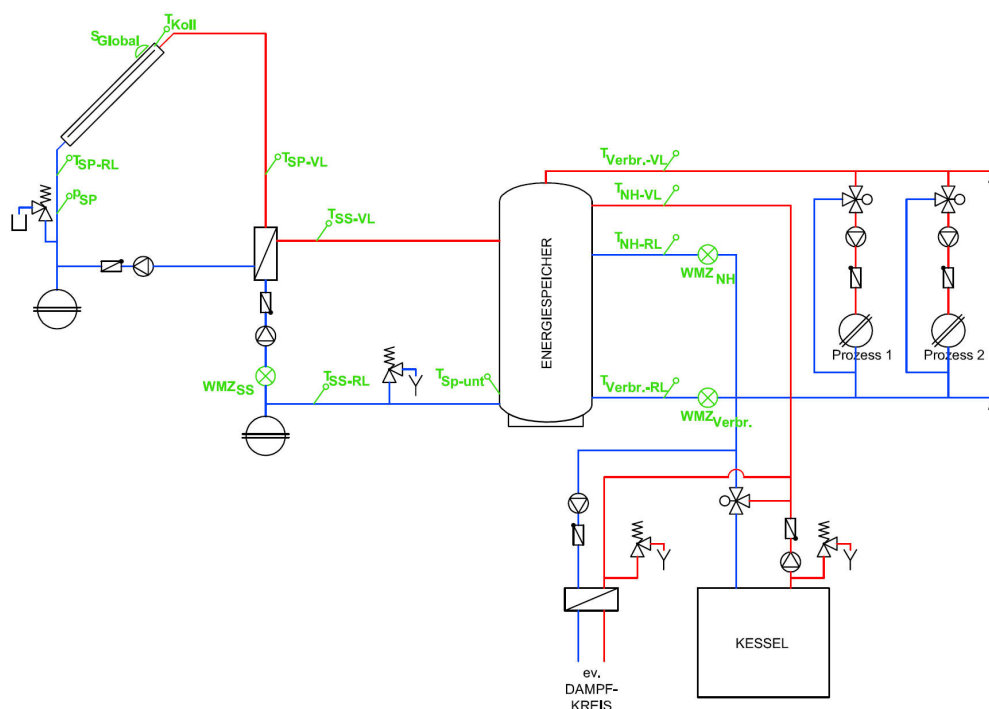


Abbildung 1: Beispielhaftes Systemkonzept inkl. Messsensoren für die Anwendung „Solare Prozesswärme in Produktionsbetrieben“ (grün dargestellt sind die Messsensoren für eine Input-Output Bilanzierung)

Mindest-Messpunkte für eine Input-Output Bilanzierung:Globalstrahlungssensor in Kollektorebene S_{Global} Drucksensor im Solar-Primärkreis p_{SP} Wärmemengenzähler im Solar-Sekundärkreis WMZ_{SS} (Energie, Volumen, Leistung, Durchfluss, Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur)-Wärmemengenzähler im Nachheizungskreis WMZ_{NH} (Energie, Volumen, Leistung, Durchfluss, Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur)Wärmemengenzähler im Verbraucherkreis $WMZ_{\text{Verbr.}}$ (Energie, Volumen, Leistung, Durchfluss, Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur)Kollektortemperatur T_{Koll} Solarvorlauftemperatur im Primärkreis $T_{\text{SP-VL}}$ Solarrücklauftemperatur im Primärkreis $T_{\text{SP-RL}}$ Energiespeichertemperaturen oben, mitte, unten $T_{\text{Sp-o}}, T_{\text{Sp-m}}, T_{\text{Sp-u}}$ **2.2 Beispielhafte Systemkonzepte inkl. Messsensoren für die Anwendung „Solare Einspeisung in netzgebundene Wärmeversorgungen“**

Solarwärme kann nach unterschiedlichen Prinzipien in Wärmenetze eingespeist werden. In Abhängigkeit der Größe des Wärmenetzes, des Ausbaustandes bzw. Ausbauplanes, der örtlichen Gegebenheiten Kollektorfläche unterzubringen, der Wärmebelegung, des Lastprofils, der Betriebsweise und der Regelstrategie, etc. kommen teilweise sehr unterschiedliche Konzepte (zentrale oder dezentrale Rücklaufanhebungen bzw. Vorlaufeinspeisungen, Systeme mit zentraler oder dezentraler Lastausgleichsspeicherung, etc.) zum Einsatz. Dementsprechend schwierig ist hier die Definition eines einzigen Standardhydraulikkonzeptes und die dazugehörige Bestimmung eines Monitoringkonzeptes.

Aus diesem Grund sind nachfolgend die zwei häufigsten Konzepte für die Einspeisung von Solarwärme in Wärmenetze inkl. des vorgeschlagenen Mindestmonitorings dargestellt.

Typisches Hydraulikkonzept für die Einspeisung in „kleinere“ Wärmenetze wie beispielsweise Mikronetze oder Nahwärmenetze:

In Abbildung 2 sind die für eine Input – Output Bilanzierung notwendigen Messsensoren (drei Wärmemengenzähler), die für eine vereinfachte Systembeurteilung erforderlichen Vor- und Rücklauftemperaturen in jedem hydraulischen Kreis, der Kollektortemperatur sowie 3 Temperaturen im Energiespeicher dargestellt. Bei großen Energiespeichern können mehrere Temperatursensoren notwendig werden. Des Weiteren werden ein Globalstrahlungssensor zur Beurteilung der Solarerträge im Vergleich zum Strahlungsangebot und ein Drucksensor im Primärkreis des Solarsystems als Bestandteil eines Standard- oder Mindestmonitoringkonzeptes definiert.

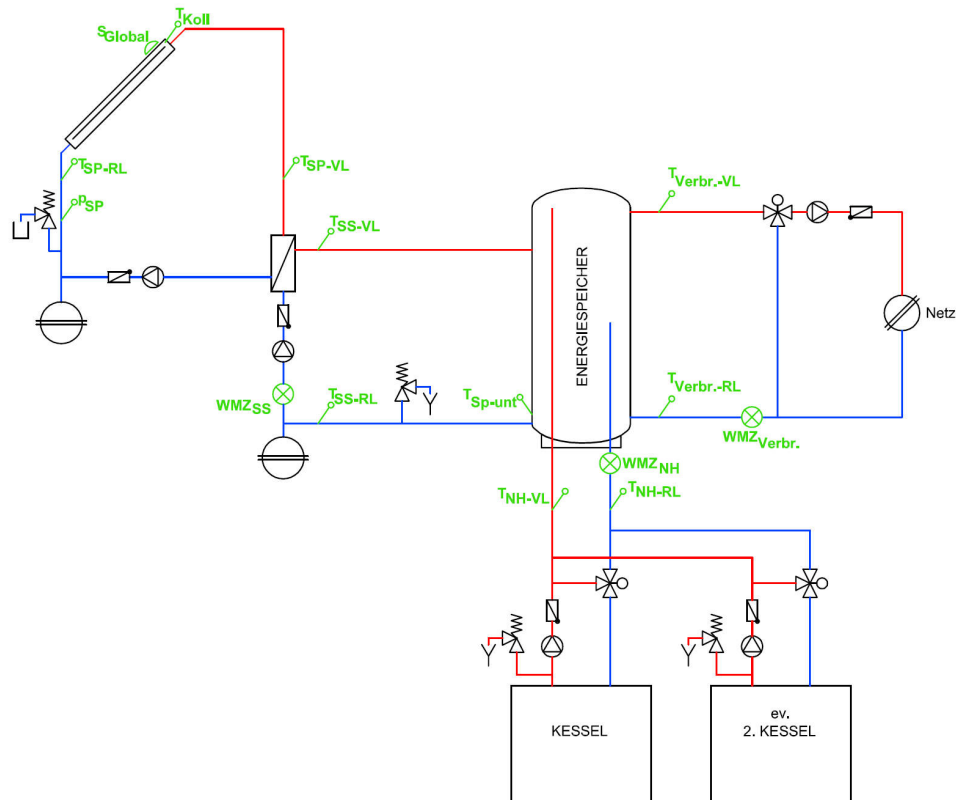


Abbildung 2: Beispielhaftes Systemkonzept inkl. Messsensoren für die Anwendung „Solare Einspeisung in kleinere netzgebundene Wärmeversorgungen“ (grün dargestellt sind die Messsensoren für eine Input-Output Bilanzierung)

Mindest-Messpunkte für eine Input-Output Bilanzierung:

Globalstrahlungssensor in Kollektorebene S_{Global}

Drucksensor im Solar-Primärkreis p_{SP}

Wärmemengenzähler im Solar-Sekundärkreis WMZ_{SS} (Energie, Volumen, Leistung, Durchfluss, Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur)

Wärmemengenzähler im Nachheizungskreis WMZ_{NH} (Energie, Volumen, Leistung, Durchfluss, Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur)

Wärmemengenzähler im Verbraucherkreis $WMZ_{\text{Verbr.}}$ (Energie, Volumen, Leistung, Durchfluss, Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur)

Kollektortemperatur T_{Koll}

Solarvorlauftemperatur im Primärkreis $T_{\text{SP-VL}}$

Solarrücklauftemperatur im Primärkreis $T_{\text{SP-RL}}$

Energiespeichertemperaturen oben, mitte, unten $T_{\text{Sp-o}}, T_{\text{Sp-m}}, T_{\text{Sp-u}}$

Typisches Hydraulikkonzept für die Einspeisung in „größere“ Wärmenetze wie beispielsweise städtischen Fernwärmenetzen:

Abbildung 3 zeigt die Einspeisung der Solaranlage als Rücklaufanhebung des Wärmenetzes, wie sie beispielsweise bei städtischen Fernwärmenetzen umgesetzt wird. Sowohl eine Input-Output als auch eine reine Input-Bilanzierung ist in den meisten Fällen nur sehr aufwendig durchzuführen, da sämtliche Einspeisepunkte von Wärmeerzeugern (das können viele sein) erfasst werden müssten. Aus diesem Grund wird im Falle solcher Netzintegrationen die Reduktion des Monitorings auf die Erfassung der solarsystemspezifischen Punkte (Vor- und Rücklaftemperaturen im Primär- und im Sekundärkreis des Solarsystems, die Kollektortemperatur, die Globalstrahlung in der Kollektorebene, ein Drucksensor im Primärkreis sowie ein Wärmemengenzähler im Sekundärkreis) und der Netztemperaturen vorgeschlagen.

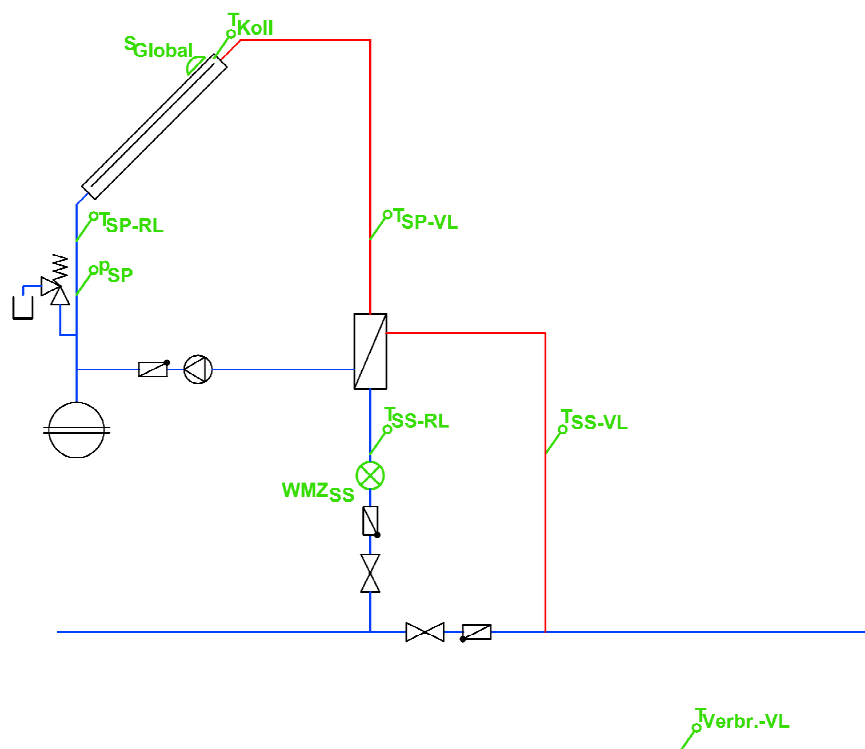


Abbildung 3: Beispielhaftes Systemkonzept inkl. Messsensoren für die Anwendung „Solare Einspeisung in größere netzgebundene Wärmeversorgungen (Rücklaufanhebung in städtischen Fernwärmenetzen)“ - grün dargestellt sind die Messsensoren zur Beurteilung des eingebundenen Solarsystems

Mindest-Messpunkte:

Globalstrahlungssensor in Kollektorebene S_{Global}

Drucksensor im Solar-Primärkreis p_{SP}

Wärmemengenzähler im Solar-Sekundärkreis WMZ_{SS} (Energie, Volumen, Leistung, Durchfluss, Vorlauftemperatur, Rücklaftemperatur)

Kollektortemperatur T_{Koll}

Solarvorlauftemperatur im Primärkreis $T_{\text{SP-VL}}$

Solarrücklaftemperatur im Primärkreis $T_{\text{SP-RL}}$

Vorlauftemperatur im Verbraucher-Kreis $T_{\text{Verbr.-VL}}$

2.3 Beispielhaftes Systemkonzept inkl. Messsensoren für die Anwendung „Hohe solare Deckungsgrade in Gewerbe- und Dienstleistungsbetrieben“

Auch im Bereich der Wärmeversorgungskonzepte für Gewerbe- und Dienstleistungsbetrieben (Warmwasserbereitung und Raumheizung) existieren unterschiedliche Möglichkeiten (welcher Wärmeerzeuger?, welches Wärmeverteilsystem bzw. Wärmeabgabe?, welches Warmwasserbereitungssystem?, etc.). Trotzdem kann die Vielzahl an Varianten zu einem Grundhydraulikkonzept zusammengefasst werden. Abbildung 4 zeigt hierzu ein typisches Hydraulikkonzept zur solarunterstützten Wärmeversorgung in Gewerbe- und Dienstleistungsbetrieben inkl. der eingezeichneten Messpunkte für ein Mindestmonitoring.

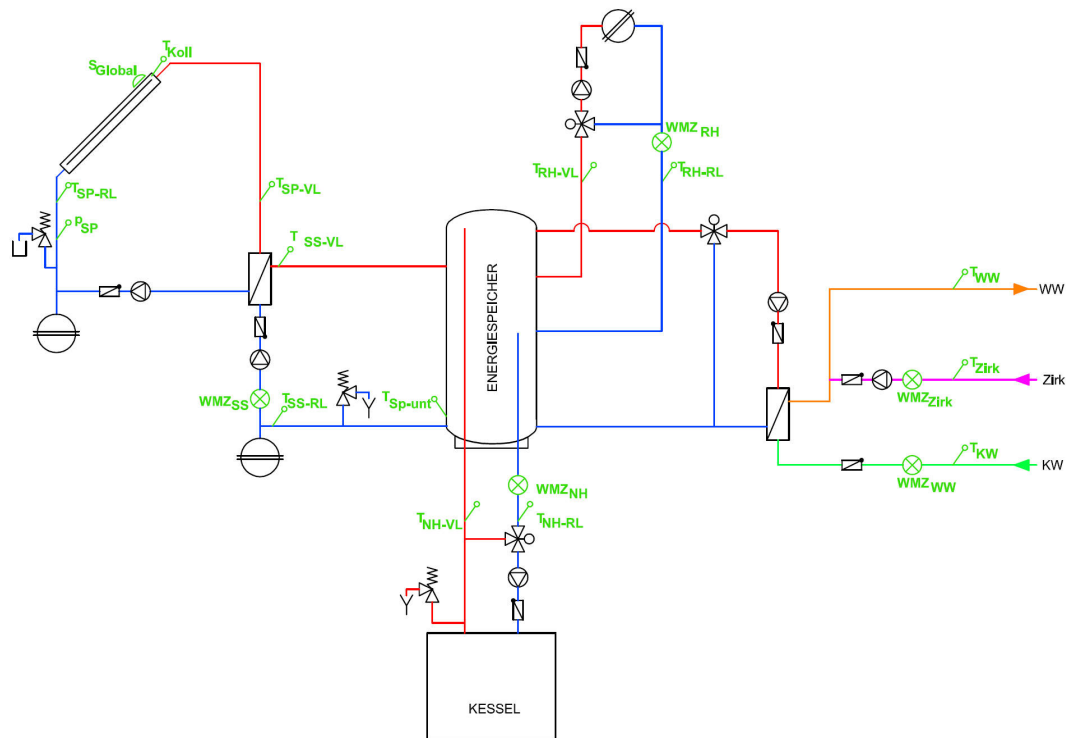


Abbildung 4: Beispielhaftes Systemkonzept inkl. Messsensoren für die Anwendung „Hohe solare Deckungsgrade in Gewerbe- und Dienstleistungsbetrieben“ (grün dargestellt sind die Messsensoren für eine Input-Output Bilanzierung)

Dabei sind die für eine Input – Output Bilanzierung notwendigen Messsensoren (fünf Wärmemengenzähler), die für eine vereinfachte Systembeurteilung erforderlichen Vor- und Rücklauftemperaturen in jedem hydraulischen Kreis, der Kollektortemperatur sowie 3 Temperaturen im Energiespeicher (bei Einsatz von Bauteilaktivierung sind zusätzlich die Kerntemperaturen zu erfassen) dargestellt. Bei großen Energiespeichern können mehrere Temperatursensoren notwendig werden. Des Weiteren werden ein Globalstrahlungssensor zur Beurteilung der Solarerträge im Vergleich zum Strahlungsangebot, Raumtemperatursensoren und ein Drucksensor im Primärkreis des Solarsystems als Bestandteil eines Standardmonitoringkonzepts definiert.

Mindest-Messpunkte für eine Input-Output Bilanzierung:

Globalstrahlungssensor in Kollektorebene S_{Global}

Drucksensor im Solar-Primärkreis p_{SP}

Wärmemengenzähler im Solar-Sekundärkreis WMZ_{SS} (Energie, Volumen, Leistung, Durchfluss, Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur)

Wärmemengenzähler im Nachheizungskreis WMZ_{NH} (Energie, Volumen, Leistung, Durchfluss, Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur)

Wärmemengenzähler im Verbraucherkreis-Raumheizung WMZ_{RH} (Energie, Volumen, Leistung, Durchfluss, Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur)

Wärmemengenzähler im Verbraucherkreis-Warmwasser WMZ_{WW} (Energie, Volumen, Leistung, Durchfluss, Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur)

Wärmemengenzähler im Verbraucherkreis-Zirkulationsleitung WMZ_{Zirk} (Energie, Volumen, Leistung, Durchfluss, Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur)

Kollektortemperatur T_{Koll}

Solarvorlauftemperatur im Primärkreis T_{SP-VL}

Solarrücklauftemperatur im Primärkreis T_{SP-RL}

Energiespeichertemperaturen oben, mitte, unten $T_{Sp-o}, T_{Sp-m}, T_{Sp-u}$

Raumtemperaturen T_{Raum}

2.4 Beispielhafte Systemkonzepte inkl. Messsensoren für die Anwendung „Solar unterstützte Klimatisierung und deren Kombination mit solarer Warmwasseraufbereitung und Heizung in Zeiten ohne Kühlbedarf“

Es existieren grundsätzlich verschiedene Prinzipien der thermischen und somit auch der solaren Kühlung. Grundsätzlich kann bei den häufigsten Prinzipien in Absorptions- und Adsorptionsmaschinen unterschieden werden. Desweiteren kann die „Adsorption“ noch in ein geschlossenes bzw. in ein offenes Verfahren (DEC-Anlagen) unterteilt werden. Aufgrund der komplexen Systemtechniken steht bei diesen Anwendungen nicht die reine Analyse des Solarsystems im Vordergrund sondern vielmehr die Effizienz des Gesamtsystems (primärenergetische Betrachtung) und hier insbesondere der Nachweis des elektrischen COP's und des thermischen COP's. Aus diesem Grund und nicht zuletzt auch aus den gänzlich unterschiedlichen Gesamthydraulikkonzepten weichen die Monitoringkonzepte zum solaren Kühlen sehr von den in den vorherigen Kapiteln beschriebenen anderen drei Anwendungen ab. Versucht man die Kühlprinzipien hinsichtlich eines Standardmonitoringkonzeptes zu ordnen, kann man diese auf zwei Kategorien (auf der einen Seite die Absorptions- und geschlossene Adsorptionstechnik sowie auf der anderen Seite die offene Sorptionstechnik – DEC) reduzieren.

2.4.1 Typisches Blockschaltbild für solares Kühlen in Verbindung mit Absorptionsmaschinen und geschlossenen Adsorptionsmaschinen:

In Abbildung 5 sind die für eine Beurteilung des Solarsystems sowie für eine Bestimmung des elektrischen und thermischen COP's des Gesamtsystems notwendigen Messgrößen in einem Prinzipschaltbild dargestellt. Dabei sollen im Primärkreis und im Sekundärkreis des Solarsystems (sowohl am Vorlauf als auch am Rücklauf) bzw. auch am Kollektor die Temperatur erfasst werden. Ein Globalstrahlungssensor in Kollektorebene und ein Drucksensor im Primärkreis des Solarsystems werden ebenso für ein Mindestmonitoring vorgeschlagen wie auch die Erfassung der Austreiber-Vorlauftemperatur, der Kühlturmücklauftemperatur sowie der erzeugten Kaltwassertemperatur. Desweiteren werden drei Wärmemengenzähler und fünf Stromzähler zur entsprechenden Bilanzierung vorgeschlagen. Auf eine Möglichkeit der Bilanzierung der Energieflüsse des Gesamtsystems (inkl. konventioneller Wärmequelle, einer ev. konventionellen Kompressionskältemaschine, anderer Wärmeverbraucher wie beispielsweise Warmwasser und Raumheizung, etc.) wurde aus Kostengründen in diesem Monitoringkonzept bewusst verzichtet.

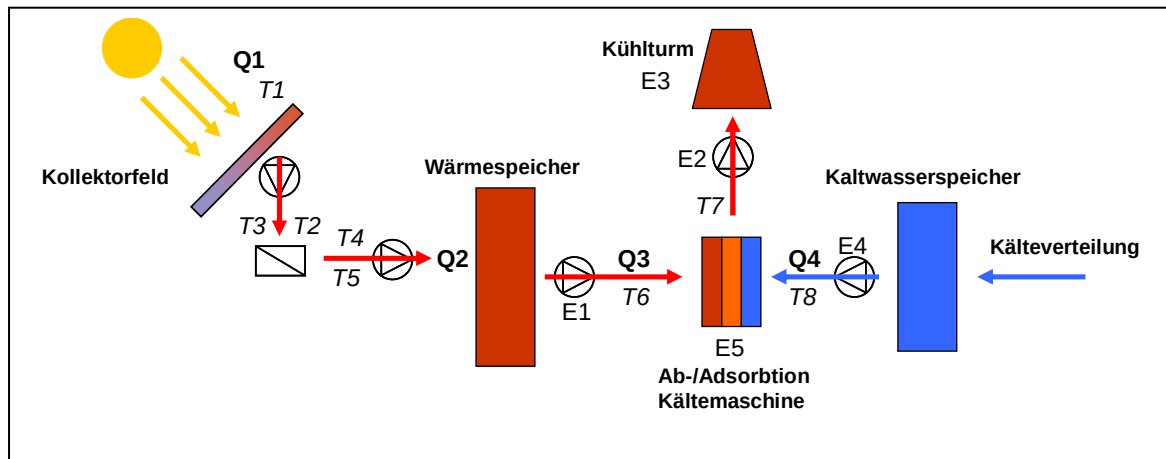


Abbildung 5: Blockschaltbild inkl. Messsensoren für die Anwendung „Solares Kühlen“ (Absorptions- und Adsorptionstechnik)

Vorgeschlagene Mindest-Messpunkte:

Globalstrahlungssensor in Kollektorebene S_{Global} (Q1)
 Drucksensor im Solar-Primärkreis p_{SP}
 Wärmemengenzähler im Solar-Sekundärkreis (Q2) (Energie, Volumen, Leistung, Durchfluss, Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur)
 Wärmemengenzähler im Austreiberkreis (Q3) (Energie, Volumen, Leistung, Durchfluss, Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur)
 Wärmemengenzähler im Kaltwasserkreis (Q4) (Energie, Volumen, Leistung, Durchfluss, Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur)
 Kollektortemperatur T_{Koll} (T1)
 Solarvorlauftemperatur im Primärkreis (T2)
 Solarrücklauftemperatur im Primärkreis (T3)
 Vorlauftemperatur Austreiber (T6)
 Rücklauftemperatur Kühlturm (T7)
 Wärmespeichertemperatur unten $T_{\text{Sp-unt}}$ (T9)
 Stromzähler Austreiberkreispumpe (E1)
 Stromzähler Rückkühlerkreispumpe (E2)
 Stromzähler Kühlturmventilator (E3)
 Stromzähler Kaltwasserkreispumpe (E4)
 Stromzähler Kältemaschine (E5)

2.4.2 Typisches Blockschaltbild für solares Kühlen in Verbindung mit einem offenen Adsorptionsprozess (DEC-Anlagen):

In Abbildung 6 sind die für eine Beurteilung des Solarsystems sowie für eine Bestimmung des thermischen COP's des Gesamtsystems notwendigen Messgrößen in einem Prinzipschaltbild dargestellt. Im Gegensatz zur vorherigen Kategorie (Absorption und Adsorption) steht der elektrische Strombedarf bei DEC-Anwendungen aufgrund der direkten Ankopplung an Lüftungssysteme nicht im Vordergrund, weshalb auf eine Messung der Stromverbräuche hier verzichtet werden kann. Zur Effizienzbeurteilung konzentriert man sich auf die Bestimmung des thermischen COP's. Grundsätzlich sollen im Primärkreis und im Sekundärkreis des Solarsystems (sowohl am Vorlauf als auch am Rücklauf) bzw. auch am Kollektor die Temperatur erfasst werden. Ein Globalstrahlungssensor in Kollektorebene und ein Drucksensor im Primärkreis des Solarsystems werden ebenso für ein Mindestmonitoring vorgeschlagen wie die Erfassung der Lufttemperatur nach dem Trockenregister sowie der Lufttemperatur und der relativen Feuchte beim Eintritt und beim Austritt in die DEC-Anlage. Zur Interpretation des Solaranlagenverhaltens und zur Bestimmung des thermischen COP's bilden

ein Wärmemengenzähler im Sekundärkreis des Solarsystems, ein Wärmemengenzähler zwischen Speicher und Trocknungsregister sowie eine Massenstrommessung in der Lüftungsanlage in Verbindung mit den erfassten relativen Feuchten am Ein- und am Austritt der DEC-Anlage weitere Bestandteile eines Mindestmonitoringkonzeptes.

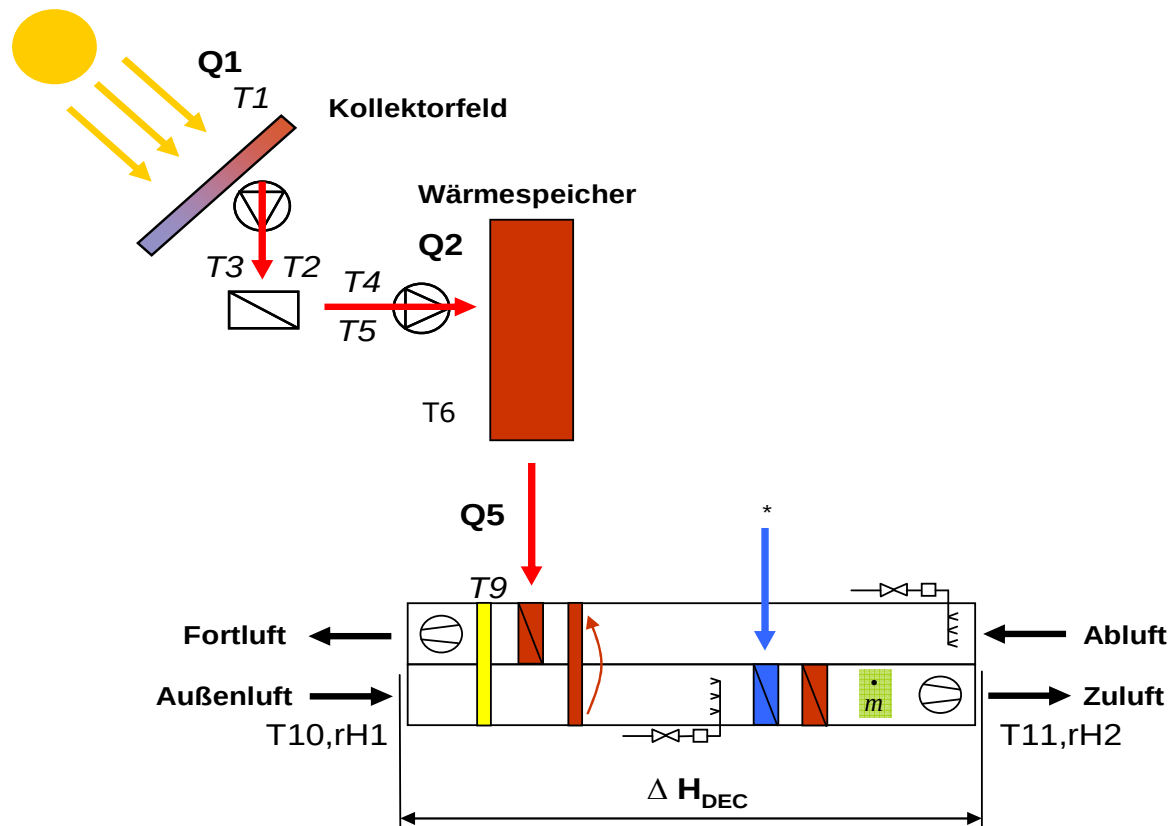


Abbildung 6: Blockschaltbild inkl. Messsensoren für die Anwendung „Solares Kühlen – DEC-Anlagen“

Wird bei einer solchen Anwendung beispielsweise noch eine konventionelle Kompressionskältemaschine eingebunden, muss dieser Input in der Enthalpiedifferenz berücksichtigt werden.

Auf eine Möglichkeit der Bilanzierung der Energieflüsse des Gesamtsystems (inkl. konventioneller Wärmequelle, anderer Wärmeverbraucher wie beispielsweise Warmwasser und Raumheizung, etc.) wird aus Kostengründen in diesem Monitoringkonzept bewusst verzichtet.

Vorgeschlagene Mindest-Messpunkte:

Globalstrahlungssensor in Kollektorebene S_{Global} (Q1)

Drucksensor im Solar-Primärkreis p_{SP}

Wärmemengenzähler im Solar-Sekundärkreis (Q2) (Energie, Volumen, Leistung, Durchfluss, Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur)

Wärmemengenzähler zum Trocknungsregister (Q5) (Energie, Volumen, Leistung, Durchfluss, Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur)

Kollektortemperatur T_{Koll} (T1)

Solarvorlauftemperatur im Primärkreis (T2)

Solarrücklauftemperatur im Primärkreis (T3)

Wärmespeichertemperatur unten $T_{\text{Sp-unt}}$ (T6)

Lufttemperatur nach Trockenregister (T9)

Lufttemperatur Eintritt DEC-Anlage (T10)

Lufttemperatur Austritt DEC-Anlage (T11)

Relative Luftfeuchtigkeit Eintritt DEC-Anlage (rH1)

Relative Luftfeuchtigkeit Austritt DEC-Anlage (rH2)

Massenstrom im Zuluftteil der DEC-Anlage

2.5 Monitoringkonzept für die Anwendungen „Solarthermie in Kombination mit Wärmepumpe“

Aufgrund der großen Bandbreite der Kombinationsmöglichkeiten von Wärmepumpe und Solarthermie ist nicht sinnvoll standardisierte Hydrauliken zu definieren.

In Abstimmung mit dem Team der Begleitforschung wird anlassbezogen und in Anlehnung an die bisher vorgestellten Systemkonzepte ein Monitoringkonzept entworfen, welches zusätzlich folgenden Rahmenbedingungen unterliegt:

- Es muss eine Input-Output-Bilanzierung des Gesamtsystems möglich sein
- Der Wärmepumpen-Kreislauf muss sowohl auf der Verdampfer- als auch auf der Kondensatorseite vollständig bilanzierbar sein
- Es ist sowohl der Kompressorstrom als auch die Leistungsaufnahme der Hilfsantriebe rund um die Wärmepumpe zu erfassen

2.6 Monitoringkonzept für die Anwendungen „Neue Technologien und innovative Ansätze“

Aufgrund der vielfältigen und völlig unterschiedlichen Systemarchitekturen und -anwendungen, welche unter dieser Kategorie eingereicht werden können, ist es nicht sinnvoll standardisierte Anlagenhydrauliken zu definieren. Die Monitoringkonzepte für die unter diese Kategorien fallenden Anwendungen werden in Anlehnung an die bisher vorgestellten Konzepte durch das Team der Begleitforschung erstellt.

Beim Einsatz neuer Speichertechnologien (Bauteilaktivierung, Eisspeicher, Erdspeicher, etc.) werden die Speichertemperaturen sowie die eingespeisten als auch die entnommenen Wärmemengen messtechnisch erfasst.

Neue Kollektortechnologien erfordern ggf. andere bzw. zusätzliche Sensorik. So wird bei Luftkollektoren neben dem Volumenstrom auch die Luftfeuchte und -temperatur erfasst. Bei Hybridkollektoren (PVT) wird sowohl der thermische als auch der elektrische Ertrag gemessen.

Das Monitoringkonzept für weitere, nicht erwähnte Technologien oder Systemkonzepte wird in enger Abstimmung mit dem Team der Begleitforschung festgelegt.

3 Datenerfassung und Sensorik

Nachfolgend sind die Anforderungen an das Messdatenerfassungssystem sowie an die Sensoren beschrieben. Einbauerfordernisse für die Sensorik runden die Ausführungen ab. Des Weiteren wird darauf hingewiesen, dass vor Bestellung und Einbau der jeweiligen Messtechnik nachweislich Rücksprache mit dem Team der wissenschaftlichen Begleitforschung gehalten werden muss.

3.1 Grundsätzliche Anforderungen an das System

Das System zur Messdatenerfassung, Speicherung und Messdatenübertragung muss folgende Punkte erfüllen.

- Das Datenloggersystem muss grundsätzlich als eigenständiges und von anderen Einflüssen unabhängiges System ausgeführt sein.
- Während der Datenerfassung muss auch eine automatisierte Plausibilitätsprüfung der Messdaten durchgeführt werden.
- Die erfassten Messdaten müssen mindestens drei Monate unabhängig von Stromausfällen im Datenlogger gespeichert bleiben.
- Sämtliche Messdaten der Sensoren müssen zumindest in einem 5 Minutenintervall auf dem Logger abgespeichert werden.
- Der Datenfluss von der Messdatenerfassung bis zur Datenübertragung über das mobile oder analoge Telefonnetz muss vollkommen automatisiert ablaufen.

Die Einheiten und die benötigte Auflösung der Messwerte sind der nachfolgenden Tabelle 1 zu entnehmen:

Tabelle 1 Einheiten und geforderte Auflösung zu den jeweiligen physikalischen Größen

Physikalische Größe	Einheit	Auflösung der Messwerte
Temperatur	°C	1 Nachkommastelle
Energie	kWh	3 Nachkommastellen bzw. Wh
Volumen	m ³	3 Nachkommastellen bzw. Liter
Leistung (therm. oder elektr.)	kW	3 Nachkommastellen bzw. W
Durchfluss	m ³ /h	3 Nachkommastellen oder Liter/h
Temperaturdifferenz	K	1 Nachkommastelle
Druck	bar	1 Nachkommastelle
Differenzdruck	bar	2 Nachkommastellen
Solarstrahlung	W/m ²	0 Nachkommastellen

Sollte diese Vorgaben analgenspezifisch nicht sinnvoll sein, so kann das Begleitforschungsteam geringere Auflösungstiefen akzeptieren. (z.B. bei einem sehr hohen Energiewert kann Auflösung in kWh mit 1 Nachkommastelle ausreichend sein)

3.2 Spezifikationen des Datenloggers

Der Datenlogger muss als eigenständiger und PC unabhängiger Logger für die Erfassung von analogen und digitalen Sensoren ausgeführt sein.

Datenpufferung mittels Pufferbatterie: Lithium-Batterie 3V

Komplettsystem des Datenloggers B&R bestehend aus:

- Messkasten
- 24 V Spannungsversorgung

- Zentraleinheit X20CP1382 oder X20CP048X
- Digitaleingang X20DI8371
- Analogeingang X20AI4622
Analoge Eingänge 4..20mA, 0..10V
- Temperatureingänge X20ATB312 oder X20AT4222
- Busmodule und Feldklemmen
- GSM-Router oder LAN-Router
- Verkabelt und Eingänge auf Federklemmen gesetzt
- Programmierung für das Einlesen und Aufbereiten der Analog- bzw. Digitalmesswerte im Takt von 50ms inkl. entsprechender Plausibilitätsprüfung mit Protokoll und Mittelwertbildung bzw. Summenbildung der Messwerte über einem Zeitraum von 5 Minuten.
- Speicherung der Daten in eigenen Tagesfiles auf dem nicht flüchtigen Datenspeicher

Empfohlenes Produkt:

Komplettsystem „Elektro Brand“ oder Vergleichbares.

Kontakt Daten Elektro Brand:

Ansprechperson Franz Maurer

Erzherzog Johann Gasse 11

8200 Gleisdorf

03112 / 2000

3.3 Spezifikation der Sensoren

3.3.1 Wärmemengenzähler

M-Busfähiger Ultraschall Wärmemengenzähler

Zusätzliche Messwertspeicherung auf Monatsbasis im Rechenwerk

Stichtagsprogrammierbar, LC-Display

Ausgerüstet mit M-Bus Schnittstellenmodulen

Nachrüstbar für Impulsausgang für Energie und Volumen.

Stromversorgung: Batterie (5+1 Jahre) (Netzteil 230V, 50 Hz nachrüstbar)

Temperaturbereich Volumengeber: 5-130 °C

Temperaturdifferenzbereich: 3-177 K

opt. Schnittstelle: ZVEI kompatibel, Protokoll nach N 60870-5

Platin-Widerstandsthermometer JMT 100-00

Mit fest angeschlossenem Kabel, gepaart nach DIN IEC 751 und geeicht.

Widerstandsthermometer: Pt 100 oder Pt 500 Temperaturbereich: 0-150 °C

Einbau: nach Möglichkeit nass in Kugelhahn, bzw. mittels Tauchhülse für Vor und Rücklauf.

Nenndurchfluss q_p (Q_n): m³/h, Nennweite: DN, Druckstufe: PN 16

Zulassung nach PTB

Empfohlenes Produkt:

Techem Ultra S3; Kamstrup MULTICAL® 302 (mit 12 Jahre Batterie) oder Vergleichbares

Kombinierte Wärme/Kälte Messung:

Für eine Wärme- und Kältemessung mit einem Zähler ist sicherzustellen, dass ein geeigneter Wärmemengenzähler mit einem separaten Zählregister verwendet wird. Zudem muss dieses per M-Bus ausgelesen werden können.

Messung bei Medium Frostschutzgemisch:

Bei der Energiemessung in hydraulischen Kreisen mit Wärmeträger (z.B. Glykol/Wasser Gemisch) ist auf Folgendes zu achten:

- Das Volumenstrommessteil muss für das jeweilige Medium geeignet sein und dieses mit entsprechender Genauigkeit (Abbildung 7) erfassen.

Durchflusssensor

Klasse 2:

$$\pm (2 + 0,02 \frac{q_p}{q}) \% , \text{ aber nicht mehr als } \pm 5 \%$$

Klasse 3:

$$\pm (3 + 0,05 \frac{q_p}{q}) \% , \text{ aber nicht mehr als } \pm 5 \%$$

Abbildung 1 Genauigkeit des Durchflussmessteils

- Das Rechenwerk muss für Medium Wasser ausgelegt sein und die Kalkulation der Energiemenge mit den Stoffdaten für Wasser durchführen.
- Der Begleitforschung ist eine exakte Angabe des Wärmeträgermediums (z.B. Wasser-Propylenglycol 40%; TYFOCOR® LS®; etc.) sowie ein Datenblatt mit Angabe der Dichte und Wärmekapazität des Gemisches zu übermitteln.

Das Rechenteil muss über eine M-Bus Schnittstelle verfügen.

Empfohlene Produkte: superstatic-440 mit Rechenwerk supercal-531 mit Einstellung für Medium Wasser; Solar-Erfassungsgerät WZE 1,5 mit Rechenwerk classic S3 mit Einstellung für Medium Wasser;

Informationen zum Einbau von Wärmemengenzählern:

Damit bei der Montage von Wärmemengenzählern Fehler vermieden werden, sollten folgende Punkte beachtet werden (EN 1434-6, 1997):

- Beim Einbau des Zählers sind die Anweisungen des Lieferanten einzuhalten, die sich auf die Fließrichtung, Einbaulage des Zählers und den richtigen Einbau der Temperaturfühler des Wärmezählers beziehen. Werden vom Hersteller keine Ein- und Auslaufstrecken angegeben, wird in der EN 1434-6 eine Einlaufstrecke > 10 x DN und eine Auslaufstrecke > 8 x DN empfohlen (siehe Abbildung 7).
- Vor dem Einbau ist der Kreislauf, in den der Durchfluss-Sensor eingebaut werden soll, gründlich zu spülen um Verunreinigungen zu entfernen. Das Sieb ist, soweit vorhanden, zu säubern.
- Der Wärmezähler ist gegen Beschädigungen durch Stöße oder Vibrationen zu schützen, die am Einbauort entstehen können.
- Der Wärmezähler darf keinen, von Rohren oder Formstücken verursachten, übermäßigen Spannungen ausgesetzt werden,
- Die Rohrleitungen des Heizungssystems sind vor und hinter dem Wärmezähler hinreichend zu verankern.
- Wärmezähler, die eine Netzversorgung haben, sind entsprechend den gültigen elektrischen Vorschriften anzuschließen.
- Signalleitungen dürfen nicht unmittelbar neben Hauptversorgungsleitungen verlegt und müssen unabhängig geschützt sein. Der Abstand zwischen Signalleitungen und Versorgungsleitungen muss mindestens 50 mm betragen.
- Jede Signalleitung zwischen Temperaturfühlern und Rechenwerk muss in der Länge kontinuierlich sein und darf keine Verbindungen aufweisen.
- Es sind Maßnahmen zu treffen, damit der Wärmezähler nicht durch hydraulische Einflüsse wie Kavitation, Rückschläge und Druckstöße beschädigt wird.

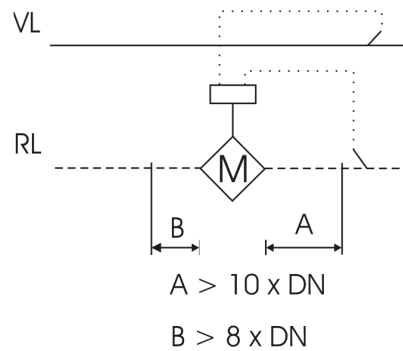


Abbildung 7: Ein- und Auslaufstrecke bei Wärmemengenzählern (EN 1434-6, 1997)

3.3.2 Temperatursensoren

Spezifikation des Messelements:

PT100 1/3 DIN B , 4 Leiter- oder 3 Leitertechnik

Hinweis:

Im gesamten Solar-Primärkreislauf ist auf eine temperaturbeständige Ausführung der Temperaturmessung zu achten (Temperaturen bei Flachkollektoren bis 220° und bei Vakuumkollektoren bis 300°C sind möglich). In diesen Bereichen muss auf temperaturbeständige Fühlerelemente bzw. temperaturbeständige Anschlussleitung aus Silikon oder PTFE zurückgegriffen werden.

Informationen zum Einbau von Temperatursensoren

Damit optimale Messbedingungen vorherrschen, sollten beim Einbau von Temperatursensoren folgende Punkte beachtet werden:

- Die Temperatur der Rohrwand sowie die der Einbaustelle soll möglichst gleich der Temperatur des Wärmeträgers sein. Dies wird durch ausreichende Wärmeschutzisolierung der Rohrleitung und der Einbaustelle erreicht.
- Die mechanische Beanspruchung möglichst gering halten
- Das Fühlerelement bzw. die Fühlerleitung nach der höchst möglichen Temperaturbelastung auswählen.
- Der Wärmeübergang kann durch den Einsatz entsprechender Wärmeleitpasten (auf die Temperaturbeständigkeit achten) verbessert werden.
- Die erforderliche Länge der Tauchhülse ist von der Größe des Wärmeüberganges, also von der Art des Wärmeträgers abhängig. In Flüssigkeiten mit gutem Wärmeübergang soll die Eintauchtiefe bzw. die Schutzrohrlänge etwa das 1,5-fache der Länge des Fühlerelementes, mindestens aber das 6- bis 8fache des Schutzrohrdurchmessers betragen.
- Die Wärmeübertragung vom Schutzrohr zum Temperaturfühler soll so gut wie möglich sein. Besonders wichtig ist es, die Messeinsätze mit wenig Spiel im Schutzrohr einzupassen und sie mit dem untersten Teil des Schutzrohres bzw. Schutzrohrbodens wärmeschlüssig zu verbinden (Wärmeleitpasta).

3.3.3 Drucksensoren

Diese müssen für das Betriebsmedium Wasser- Glykol geeignet sein.

Absolutdruckmesswertgeber:	
Druckbereich	0..6 bar
Ausgangsbereich	4..20mA
Versorgungsspannung	11-33V
zul. Überlast	2 x Endwert
Toleranz Nullbereich	+/- 0,3 % der Messspanne
Toleranz Endwert	+/- 0,3 % der Messspanne
Auflösung	+/- 0,1 % der Messspanne
Summe aus Linearität, Hysterese und Reproduzierbarkeit	+/- 0,3 % der Messspanne
Langzeitstabilität	+/- 0,5 % der Messspanne
Temperaturabhängigkeit Nullpunkt	+/- 0,3 % der Messspanne pro 10°C
Temperaturabhängigkeit bei 80°C	+/- 0,15 % der Messspanne pro 10°C

Durch entsprechend abgesetzte Leitungsführung ist dafür Sorge zu tragen, dass die Temperaturbelastungen soweit reduziert werden, dass die max. Temperaturgrenzen für den Sensor nicht erreicht werden können.

Empfohlenes Produkt:

Huba Control Typ 691 oder Vergleichbares

3.3.4 Einstrahlungssensoren

Nachfolgende Spezifikationen beschreiben die Anforderungen an den Einstrahlungssensor:

Messbereich	0 - 1500 W/m ²
Sensortyp	Monokristalline Zelle (33 mm / 50 mm)
Sensor-Genauigkeit	±5 % Jahresmittel
Elektrischer Ausgang	4 - 20 mA oder 0 - 10 V oder 0 - 3.125 V oder 0 - 150 mV
Kalibrierung	Sonnensimulator Solar Constant 1200 mit einem im Fraunhofer ISE (Freiburg) kalibrierten Referenzsensor
Sensoraufbau	Kapselung der Messzelle in Glas
Versorgungsspannung	5 - 30 V DC oder 12 - 30 V DC
Normen	CE-Zeichen

Empfohlenes Produkt:

Spectron 320 (TRITEC Group) oder Si-I-420TC (Ingenieurbüro Mencke & Tegtmeyer GmbH) oder Vergleichbares

Der Strahlungssensor ist **exakt** in Kollektorebene zu positionieren! (Neigung & Azimut)

3.3.5 Stromzähler

Es sind geeichte M-Bus oder Modbus fähige Stromzähler der Klasse 1 (CEI 62052-11 & 62053-21) oder Klasse B (MID EN50470-1 & 50470-3) zu verwenden (z.B. DZ65 (MID) MBus).

4 Weitere Informationen und Hinweise

Das Team der wissenschaftlichen Begleitforschung unterstützt Sie bei der Umsetzung des Monitoringkonzeptes im Falle einer positiven Förderzusage. Die nächsten Schritte zur Umsetzung des entsprechenden Monitoringkonzeptes und der Durchführung des Monitorings nach der positiven Förderzusage sind nachfolgend zusammengefasst:

- 1) Sie (als Teilnehmer des Förderprogramms) übermitteln das schlussendliche, tatsächlich zur Umsetzung gelangende Systemkonzept sowie einen groben Zeitplan zur Projektumsetzung an das Team der Begleitforschung vor Baubeginn.
- 2) Die schlussendliche Festlegung des Monitoringkonzeptes und die Freigabe zur Beschaffung der Messtechnik erfolgt durch das Team der Begleitforschung.
- 3) Das Team der Begleitforschung unterstützt Sie (als Teilnehmer des Förderprogramms) bei der Spezifikation und Beschaffung der Messgeräte. Es sind alle Datenblätter mit Genauigkeitsangaben der Messsensoren an das Team der Begleitforschung zu übermitteln. Daraus muss erkennbar sein, dass die Sensoren alle Genauigkeitsvorgaben aus dem Monitoring-Leitfaden einhalten.
- 4) Die Messgeräte sind Eigentum des Förderwerbers. Die Kosten dafür sind entsprechend den Bestimmungen im Förderleitfaden abrechenbar.
- 5) Das Team der Begleitforschung unterstützt Sie (als Teilnehmer des Förderprogramms) bei Fragestellungen zum Einbau der Messtechnik.
- 6) Das Team der Begleitforschung nimmt die Abnahme der installierten Messtechnik und Inbetriebnahme des Monitoringsystems vor.
- 7) Das Monitoring Ihrer Anlage über ein Betriebsjahr beginnt ab der erfolgreicher Inbetriebnahme und einer Kontrollzeit von zwei Wochen.

Bei Fragen zum Monitoringkonzept, zur Spezifikation und zur Beschaffung sowie zum Einbau der Messtechnik wenden Sie sich bitte an das Team der wissenschaftlichen Begleitforschung.

Alle Beratungs- und Empfehlungsarbeiten des Begleitforschungsteams werden nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt. Das Team der Begleitforschung kann aber für ggf. auftretende Schäden aus der Umsetzung des Monitoringkonzeptes als auch aus Umsetzungen resultierend aus spezifischen Empfehlungen keine Haftung übernehmen.

AEE – Institut für Nachhaltige Technologien (AEE INTEC)

DI Walter Becke

Tel.: 03112 / 5886-231

Mail: w.becke@aee.at