

EMPFEHLUNGEN FÜR MONITORINGKONZEPTE IN SOLARTHERMISCHEN GROßANLAGEN

**ERSTELLT IM RAHMEN DES IEA TASK 45 „LARGE
SYSTEMS“ UND IM RAHMEN DES NATIONALEN
BEGLEITFORSCHUNGSPROGRAMMS ZUR
FÖRDERAKTION DES
KLIMA- UND ENERGIEFONDS
"SOLARTHERMIE - SOLARE GROßANLAGEN"**

AUTOREN:

SAMUEL KNABL, MSc
ING. CHRISTIAN FINK
ING. WALDEMAR WAGNER



AEE – INSTITUT FÜR NACHHALTIGE TECHNOLOGIEN

GLEISDORF, APRIL 2012

Inhalt

1	MÖGLICHKEITEN UND VORTEILE EINES PROFESSIONELLEN ANLAGENMONITORINGS..	3
1.1	ENERGIEBILANZ (INPUT-OUTPUT BILANZIERUNG)	3
1.2	BETRIEBSOPTIMIERUNG	3
1.3	FUNKTIONSÜBERPRÜFUNG.....	3
1.4	MONATLICHE ENERGIEBILANZEN MIT SOLL-ISTWERTVERGLEICH	3
2	ANLAGENKONZEPTE.....	4
2.1	BEISPIELHAFTES SYSTEMKONZEPT INKL. MESSSENSOREN FÜR DIE ANWENDUNG „SOLARE PROZESSWÄRME IN PRODUKTIONSBETRIEBEN“	4
2.2	BEISPIELHAFTES SYSTEMKONZEPTE INKL. MESSSENSOREN FÜR DIE ANWENDUNG „SOLARE EINSPEISUNG IN NETZGEBUNDENE WÄRMEVERSORGUNGEN“	5
2.3	BEISPIELHAFTES SYSTEMKONZEPT INKL. MESSSENSOREN FÜR DIE ANWENDUNG „HOHE SOLARE DECKUNGSRADE IN GEWERBE- UND DIENSTLEISTUNGSBETRIEBEN“.....	8
2.4	BEISPIELHAFTES SYSTEMKONZEPTE INKL. MESSSENSOREN FÜR DIE ANWENDUNG „SOLAR UNTERSTÜTZTE KLIMATISIERUNG UND DEREN KOMBINATION MIT SOLARER WARMWASSERAUFBEREITUNG UND HEIZUNG IN ZEITEN OHNE KÜHLBEDARF“	9
2.4.1	<i>Typisches Blockschaltbild für solares Kühlen in Verbindung mit Absorptionsmaschinen und geschlossenen Adsorptionsmaschinen:</i>	9
2.4.2	<i>Typisches Blockschaltbild für solares Kühlen in Verbindung mit einem offenen Adsorptionsprozess (DEC-Anlagen):</i>	10
3	DATENERFASSUNG UND SENSORIK.....	13
3.1	GRUNDSÄTZLICHE ANFORDERUNGEN AN DAS SYSTEM.....	13
3.2	SPEZIFIKATIONEN DES DATENLOGGERS	13
3.3	SPEZIFIKATION DER SENSOREN.....	14
3.3.1	<i>Wärmemengenzähler</i>	14
3.3.2	<i>Temperatursensoren</i>	15
3.3.3	<i>Drucksensoren</i>	16
3.3.4	<i>Einstrahlungssensoren</i>	16

1 Möglichkeiten und Vorteile eines professionellen Anlagenmonitorings

Die Vorteile eines professionellen Anlagenmonitorings bei solarthermischen Großanlagen sind vielfältig. Um diese Vorteile zu erzielen, ist es aber notwendig, ein entsprechendes Monitoringkonzept umzusetzen. Nachfolgend sind die einzelnen Aspekte, die ein Anlagenmonitoring in der beschriebenen Detaillierung ermöglichen, zusammengefasst.

1.1 Energiebilanz (Input-Output Bilanzierung)

Bei einem Anlagenmonitoring in der beschriebenen Detaillierung werden sowohl die Wärmeinputs (üblicherweise umfasst dies das Solarsystem und die konventionellen Wärmeerzeuger) in den Energiespeicher 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. Diese werden mittels speziellem Monitoringkonzept untersucht.

1.2 Betriebsoptimierung

In den ersten drei Betriebsmonaten jeder Anlage sollte eine sogenannte Optimierungsphase durchgeführt werden. In diesem Zeitraum gilt es die Anlagen hinsichtlich Funktionalitäts- und Effizienzsteigerungspotenziale zu untersuchen und bei festgestellten Verbesserungspotenzialen diese in Kooperation mit den beteiligten Akteuren (Haustechnikplaner, Installationsunternehmen, Regelungsunternehmen, Betreiber, etc.) auch umzusetzen. Dadurch kann ein optimiertes Betriebsverhalten der Anlagen über viele Jahre erreicht werden.

1.3 Funktionsüberprüfung

Die einzelnen Funktionen und Zustände der Anlagen werden über den gesamten Monitoringzeitraum (empfohlen wird ein Jahr) aufgezeichnet und analysiert. Basierend auf definierten Grenzwerten soll bei Über- bzw. Unterschreitung von Kennwerten bzw. Verhältniszahlen eine Fehlermeldung generiert werden. 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.

1.4 Monatliche Energiebilanzen mit Soll-Istwertvergleich

Es wird empfohlen, die aufgezeichneten Wärmemengen u.a. in repräsentativen Zeiträumen (Tage, Wochen, Monate, etc.) darzustellen und mit den Sollwerten aus der Anlagenplanung zu vergleichen. Treten größere Abweichungen auf, soll der Ursache nachgegangen werden.

2 Anlagenkonzepte

Die nachfolgenden, beispielhaften Systemkonzepte beziehen sich auf die Anwendungsgebiete „Solare Prozesswärme in Produktionsbetrieben“, „Solare Einspeisung in netzgebundene Wärmeversorgung“, „Hohe solare Deckungsgrade in Gewerbe- und Dienstleistungsbetrieben“ sowie „Solar unterstützte Klimatisierung“. Aufgrund der Vielfalt an möglichen Hydraulikkonzepten in diesen vier Anwendungsbereichen verstehen sich diese Hydraulikkonzepte als beispielhafte Musterkonzepte. Abweichungen in der Hydraulik können zu Änderungen im Bereich des Monitoringkonzeptes führen, weshalb diese im Bedarfsfall angepasst werden müssen.

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 Grundsichtbild 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 der Temperatur im unteren Teil des Energiespeicher dargestellt. Desweiteren wird ein Globalstrahlungssensor zur Beurteilung der Solarerträge im Vergleich zum Strahlungsangebot und ein Drucksensor im Primärkreis des Solarsystems als Bestandteil eines Standard- oder Mindestmonitoringkonzeptes definiert.

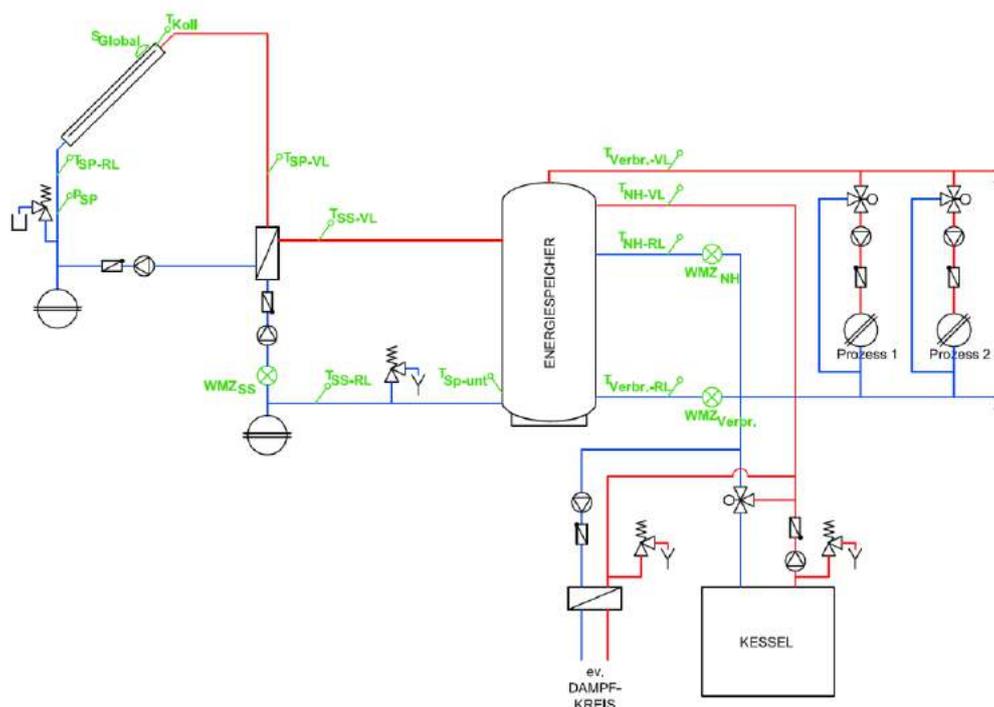


Abbildung 1: Beispielhaftes Systemkonzept inkl. Messsensoren für die Anwendung „Solare Prozesswärme in Produktionsbetrieben“ (grün dargestellt sind die Messsensoren für eine Input-Output Bilanzierung)

Mindest-Messpunkte für eine Input-Output Bilanzierung:

Globalstrahlungssensor in Kollektorebene S_{Global}
Drucksensor im Solar-Primärkreis p_{SP}
Volumenstromzähler im Solar-Sekundärkreis WMZ_{SS}
Volumenstromzähler im Nachheizungskreis WMZ_{NH}
Volumenstromzähler im Verbraucherkreis $WMZ_{\text{Verbr.}}$
Kollektortemperatur T_{Koll}
Solarvorlauftemperatur im Primärkreis $T_{\text{SP-VL}}$
Solarrücklauftemperatur im Primärkreis $T_{\text{SP-RL}}$
Solarvorlauftemperatur im Sekundärkreis $T_{\text{SS-VL}}$
Solarrücklauftemperatur im Sekundärkreis $T_{\text{SS-RL}}$
Vorlauftemperatur im Nachheizungskreis $T_{\text{NH-VL}}$
Rücklauftemperatur im Nachheizungskreis $T_{\text{NH-RL}}$
Vorlauftemperatur im Verbraucherkreis $T_{\text{Verbr.-VL}}$
Rücklauftemperatur im Verbraucherkreis $T_{\text{Verbr.-RL}}$
Energiespeichertemperatur unten $T_{\text{Sp-unt}}$

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 der Temperatur im unteren Teil des Energiespeicher dargestellt. Desweiteren wird ein Globalstrahlungssensor zur Beurteilung der Solarerträge im Vergleich zum Strahlungsangebot und ein Drucksensor im Primärkreis des Solarsystems als Bestandteil eines Standard- oder Mindestmonitoringkonzeptes definiert.

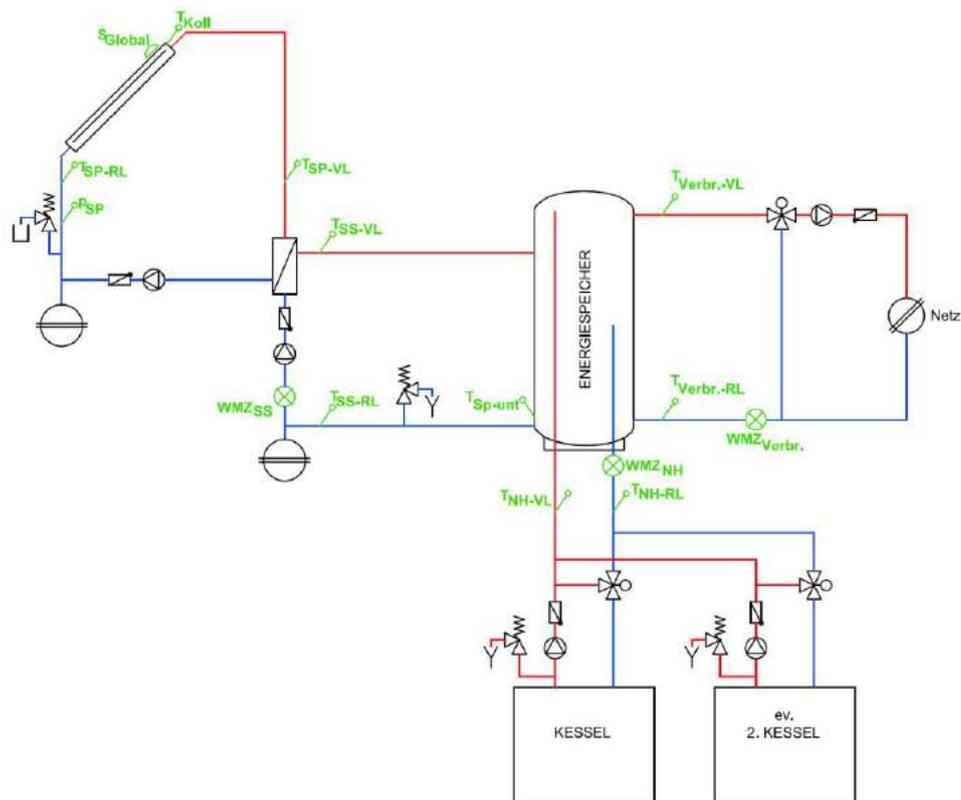


Abbildung 2: Beispielhaftes Systemkonzept inkl. Messsensoren für die Anwendung „Solare Einspeisung in kleinere netzgebundene Wärmeversorgungen“ (grün dargestellt sind die Messsensoren für eine Input-Output Bilanzierung)

Mindest-Messpunkte für eine Input-Output Bilanzierung:

Globalstrahlungssensor in Kollektorebene S_{Global}
 Drucksensor im Solar-Primärkreis p_{SP}
 Volumenstromzähler im Solar-Sekundärkreis WMZ_{SS}
 Volumenstromzähler im Nachheizungskreis WMZ_{NH}
 Volumenstromzähler im Verbraucherkreis $WMZ_{\text{Verbr.}}$
 Kollektortemperatur T_{Koll}
 Solarvorlauftemperatur im Primärkreis $T_{\text{SP-VL}}$
 Solarrücklauftemperatur im Primärkreis $T_{\text{SP-RL}}$
 Solarvorlauftemperatur im Sekundärkreis $T_{\text{SS-VL}}$
 Solarrücklauftemperatur im Sekundärkreis $T_{\text{SS-RL}}$
 Vorlauftemperatur im Nachheizungskreis $T_{\text{NH-VL}}$
 Rücklauftemperatur im Nachheizungskreis $T_{\text{NH-RL}}$
 Vorlauftemperatur im Verbraucherkreis $T_{\text{Verbr.-VL}}$
 Rücklauftemperatur im Verbraucherkreis $T_{\text{Verbr.-RL}}$
 Energiespeichertemperatur unten $T_{\text{Sp-unt}}$

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 Rücklauftemperaturen 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.

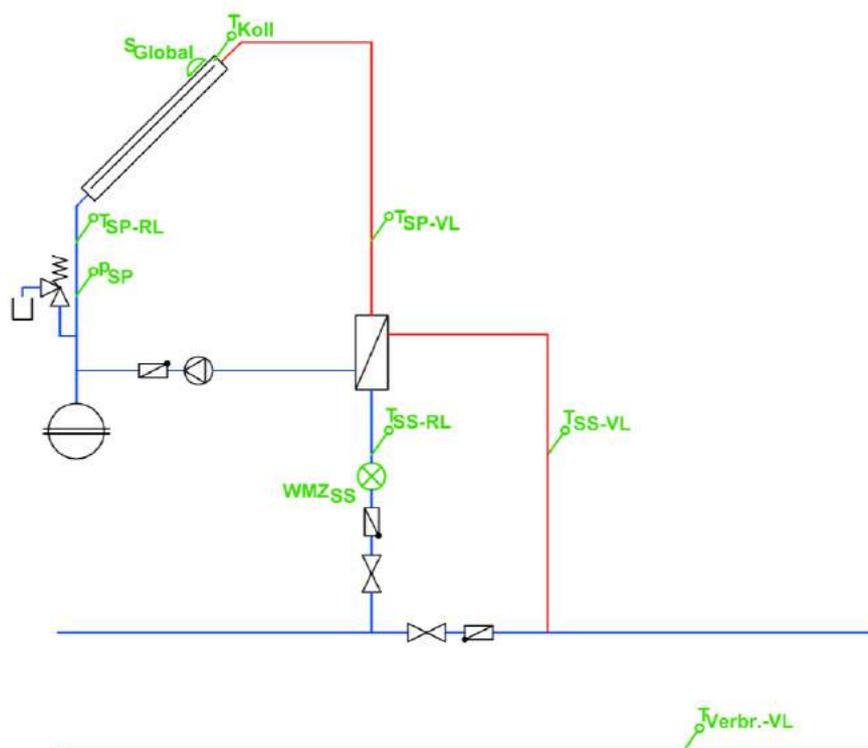


Abbildung 3: Beispielhaftes Systemkonzept inkl. Messsensoren für die Anwendung „Solare Einspeisung in größere netzgebundene Wärmeversorgungen (Rücklaufanhebung in städtischen Fernwärmenetzen)“ - grün dargestellt sind die Messsensoren zur Beurteilung des eingebundenen Solarsystems

Mindest-Messpunkte:

- Globalstrahlungssensor in Kollektorebene S_{Global}
- Drucksensor im Solar-Primärkreis p_{SP}
- Volumenstromzähler im Solar-Sekundärkreis WMZ_{SS}
- Kollektortemperatur T_{Koll}
- Solarvorlauftemperatur im Primärkreis T_{SP-VL}
- Solarrücklauftemperatur im Primärkreis T_{SP-RL}
- Solarvorlauftemperatur im Sekundärkreis T_{SS-VL}
- Solarrücklauftemperatur im Sekundärkreis T_{SS-RL}
- Vorlauftemperatur im Verbraucherkreis $T_{Verbr.-VL}$

2.3 Beispielhaftes Systemkonzept inkl. Messensoren 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.

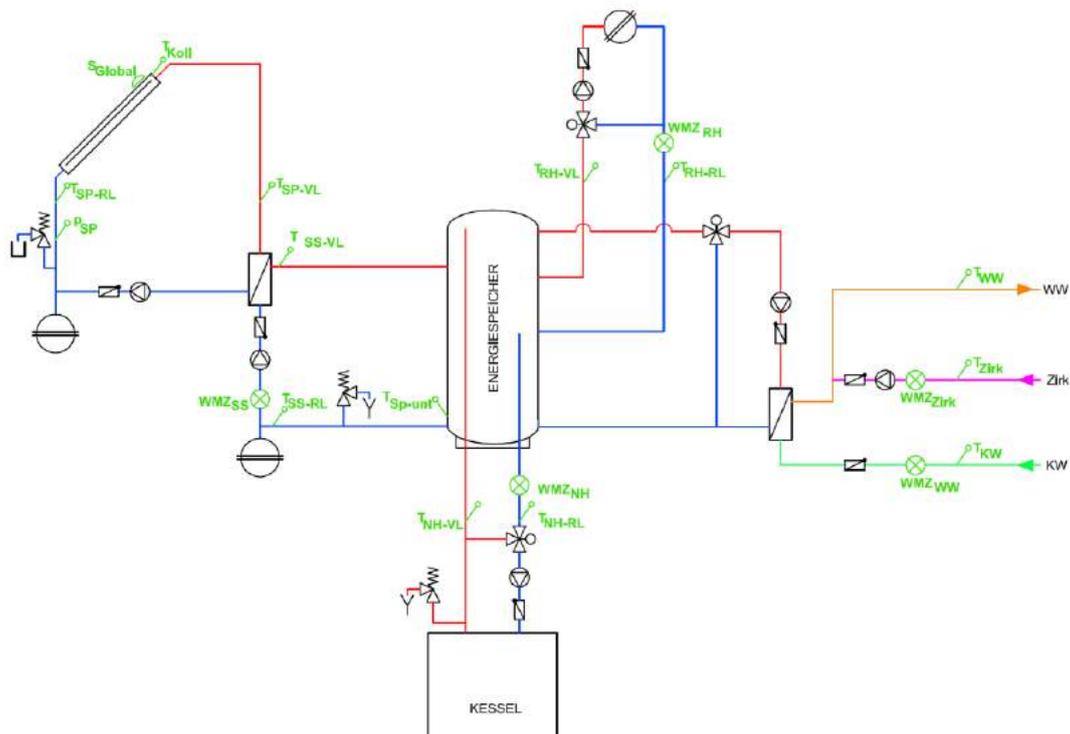


Abbildung 4: Beispielhaftes Systemkonzept inkl. Messensoren für die Anwendung „Hohe solare Deckungsgrade in Gewerbe- und Dienstleistungsbetrieben“ (grün dargestellt sind die Messensoren für eine Input-Output Bilanzierung)

Dabei sind die für eine Input – Output Bilanzierung notwendigen Messensoren (fünf Wärmemengenzähler), die für eine vereinfachte Systembeurteilung erforderlichen Vor- und Rücklauftemperaturen in jedem hydraulischen Kreis, der Kollektortemperatur sowie der Temperatur im unteren Teil des Energiespeicher dargestellt. Desweiteren wird ein Globalstrahlungssensor zur Beurteilung der Solarerträge im Vergleich zum Strahlungsangebot 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}
- Volumenstromzähler im Solar-Sekundärkreis WMZ_{SS}
- Volumenstromzähler im Nachheizkreis WMZ_{NH}

Volumenstromzähler im Verbraucherkreis-Raumheizung WMZ_{RH}
Volumenstromzähler im Verbraucherkreis-Warmwasser WMZ_{WW}
Volumenstromzähler im Verbraucherkreis-Zirkulationsleitung WMZ_{Zirk}
Kollektortemperatur T_{Koll}
Solarvorlauftemperatur im Primärkreis T_{SP-VL}
Solarrücklauftemperatur im Primärkreis T_{SP-RL}
Solarvorlauftemperatur im Sekundärkreis T_{SS-VL}
Solarrücklauftemperatur im Sekundärkreis T_{SS-RL}
Vorlauftemperatur im Nachheizungskreis T_{NH-VL}
Rücklauftemperatur im Nachheizungskreis T_{NH-RL}
Vorlauftemperatur im Verbraucherkreis-Raumheizung T_{RH-VL}
Rücklauftemperatur im Verbraucherkreis-Raumheizung T_{RH-RL}
Warmwassertemperatur T_{WW}
Kaltwassertemperatur T_{KW}
Temperatur Zirkulationsleitung T_{Zirk}
Energiespeichertemperatur unten T_{Sp-unt}

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 Kühlturmrücklauftemperatur 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.

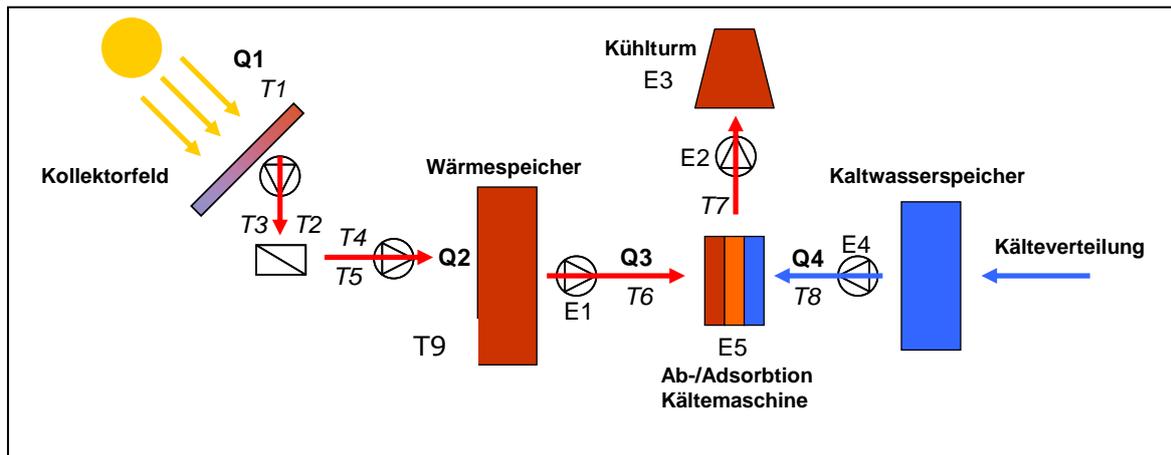


Abbildung 5: Blockschaltbild inkl. Messsensoren für die Anwendung „Solares Kühlen“ (Absorptions- und Adsorptionstechnik)

Vorgeschlagene Mindest-Messpunkte:

- Globalstrahlungssensor in Kollektorebene S_{Global} (Q1)
- Drucksensor im Solar-Primärkreis p_{SP}
- Volumenstromzähler im Solar-Sekundärkreis (Q2)
- Volumenstromzähler im Austreiberkreis (Q3)
- Volumenstromzähler im Kaltwasserkreis (Q4)
- Kollektortemperatur T_{Koll} (T1)
- Solarvorlauftemperatur im Primärkreis (T2)
- Solarrücklauftemperatur im Primärkreis (T3)
- Solarvorlauftemperatur im Sekundärkreis (T4)
- Solarrücklauftemperatur im Sekundärkreis (T5)
- Vorlauftemperatur Austreiber (T6)
- Rücklauftemperatur Kühlturm (T7)
- Erzeugte Kaltwassertemperatur (T8)
- 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.

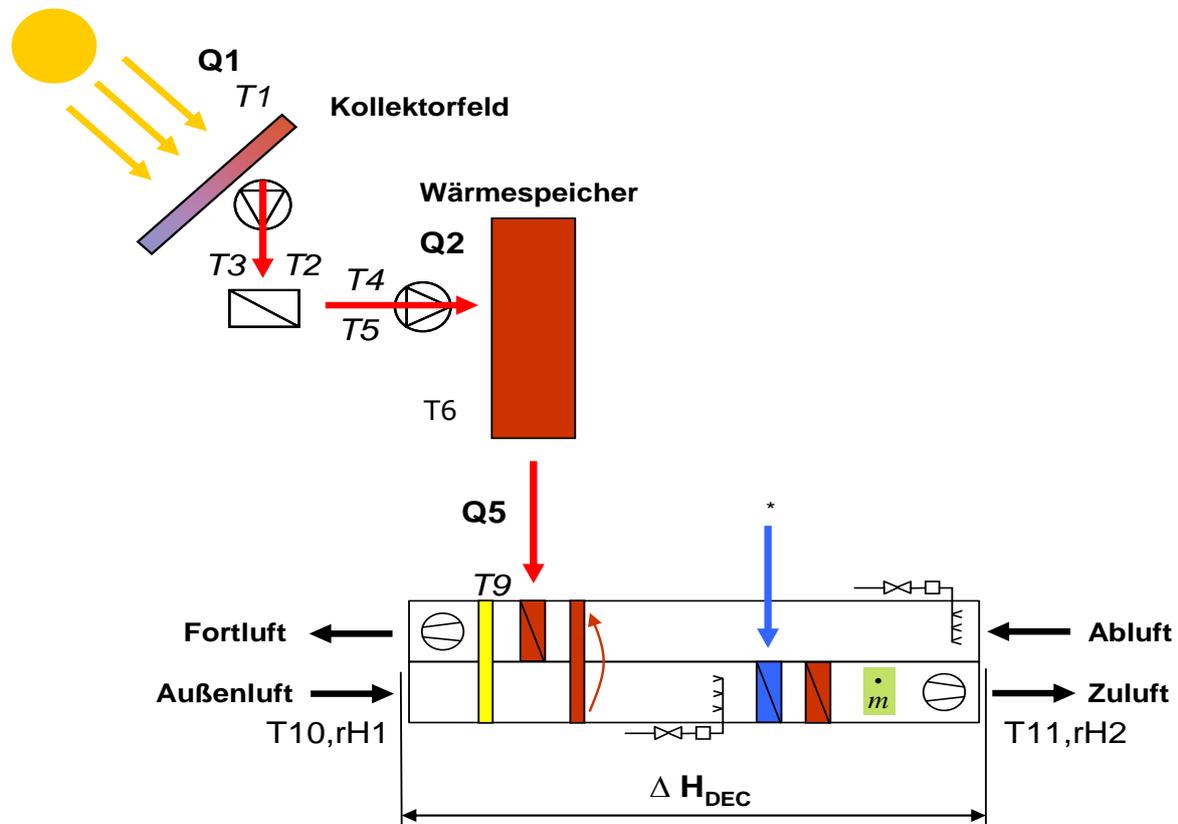


Abbildung 6: Blockschaltbild inkl. Messsensoren für die Anwendung „Solares Kühlen – DEC-Anlagen“

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}
Volumenstromzähler im Solar-Sekundärkreis (Q2)
Volumenstromzähler zum Trocknungsregister (Q5)
Kollektortemperatur T_{Koll} (T1)
Solarvorlauftemperatur im Primärkreis (T2)
Solarrücklauftemperatur im Primärkreis (T3)
Solarvorlauftemperatur im Sekundärkreis (T4)
Solarrücklauftemperatur im Sekundärkreis (T5)
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

3 Datenerfassung und Sensorik

Nachfolgend sind die Anforderungen an das Messdatenerfassungssystem sowie an die Sensoren beschrieben. Einbauerfordernisse für die Sensorik runden die Ausführungen ab. Zu beachten ist, dass es sich hierbei um Empfehlungen handelt, die auf Basis von Erfahrungen des Berichtverfassers basieren und dessen Standard-Messpaket beschreiben.

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 Minuteninterfall auf dem Logger abgespeichert werden.
- Der Datenfluss von der Messdatenerfassung bis zur Datenübertragung über das mobile oder analoge Telefonnetz muss vollkommen automatisiert ablaufen.

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 bestehend aus:

- Messkasten
- 24 V Spannungsversorgung
- Zentraleinheit X20 CP1483
 - Daten- Programmspeicher: 32 MB DRAM
 - Daten- Programmspeicher: 512 MB Compact Flash
 - Schnittstellen: RS 232,USB, modular Erweiterbar
 - Datenpufferung Pufferbatterie Lithium-Batterie 3V
- Compact Flash 512 MB
- Digitaleingang X20 DI8371
- Analogeingang X20 AI4622
 - Analoge Eingänge 4..20mA, 0..10V
- Busmodule und Feldklemmen
- Schnittstellenmodul X20 IF1020
- Pegelwandler
- GSM bzw. Analogmodem
- 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:

B&R

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 Grd.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 Temperaturbereich: 0-150 Grd.C

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

Nenndurchfluss q_p (Q_n): m^3/h , Nennweite: DN, Druckstufe: PN 16

Zulassung nach PTB

Empfohlenes Produkt:

Techem Ultra S II oder Vergleichbares

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 Wärmehählers beziehen. Werden vom Hersteller keine Ein- und Auslaufstrecken angegeben, wird in der EN 1434-6 eine Einlaufstrecke $> 10 \times DN$ und eine Auslaufstrecke $> 8 \times DN$ 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 Wärmehähler ist gegen Beschädigungen durch Stöße oder Vibrationen zu schützen, die am Einbauort entstehen können.
- Der Wärmehähler darf keinen, von Rohren oder Formstücken verursachten, übermäßigen Spannungen ausgesetzt werden,
- Die Rohrleitungen des Heizungssystems sind vor und hinter dem Wärmehähler hinreichend zu verankern.
- Wärmehähler, 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 Wärmehähler nicht durch hydraulische Einflüsse wie Kavitation, Rückschläge und Druckstöße beschädigt wird.

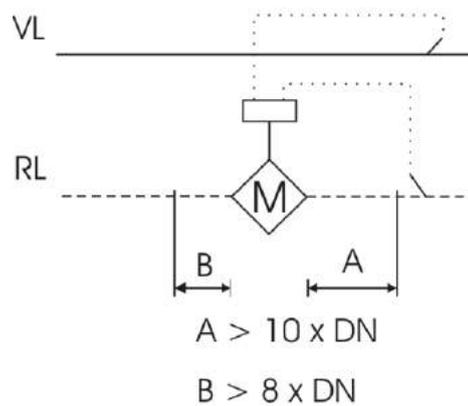


Abbildung 7: Ein- und Auslaufstrecke bei Wärmemengenzählern (EN 1434-6, 1997)

3.3.2 Temperatursensoren

Spezifikation des Messelements:
PT100 1/3 DIN B mit Messumformer 4..20mA

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 Schutzrohrdurchmesser 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
Leistungsaufnahme	Ca. 30 mW
Gehäuse	Polycarbonat, UV-beständig mit PG-Verschraubung
Anschlussstyp	Anschlussklemmen, 1,5 mm ²
Montage	Bohrungen zur Befestigung mit Schrauben und rückseitigem Schlitz für die Befestigung mit Schlauchschelle
Dimensionen (L / B / H)	150 mm / 80 mm / 60 mm
Gewicht	300 g
Garantie	2 Jahre
Normen	CE-Zeichen

Empfohlenes Produkt:

SIC 310 oder Vergleichbares