



# **LEITFADEN ZUM MONITORINGKONZEPT**

**IM RAHMEN DES BEGLEITFORSCHUNGSPROGRAMMS  
ZUR FÖRDERAKTION DES  
KLIMA- UND ENERGIEFONDS  
"INNOVATIVE KLIMANEUTRALE PROZESSWÄRME UND  
-KÄLTE IN BETRIEBEN"**

**GLEISDORF, SEPTEMBER 2024**

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

<b>1</b>	<b>MÖGLICHKEITEN UND VORTEILE EINES PROFESSIONELLEN ANLAGENMONITORINGS</b>	<b>3</b>
1.1	ENERGIEBILANZ (INPUT-OUTPUT BILANZIERUNG) .....	3
1.2	BETRIEBSOPTIMIERUNG .....	3
1.3	FUNKTIONSÜBERPRÜFUNG.....	3
1.4	MONATLICHE ENERGIEBILANZEN MIT SOLL-ISTWERTVERGLEICH .....	3
<b>2</b>	<b>MESSKONZEPT .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DATENERFASSUNG UND SENSORIK .....</b>	<b>5</b>
3.1	GRUNDSÄTZLICHE ANFORDERUNGEN AN DAS SYSTEM.....	5
3.2	SPEZIFIKATIONEN DES DATENLOGGERS .....	6
3.3	SPEZIFIKATION DER SENSOREN.....	6
3.3.1	<i>Wärmemengenzähler</i> .....	6
3.3.2	<i>Temperatursensoren</i> .....	8
3.3.3	<i>Drucksensoren</i> .....	9
3.3.4	<i>Einstrahlungssensoren</i> .....	9
3.3.5	<i>Stromzähler</i> .....	10

# **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 Experten 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 in das System bzw. in die Energiespeicher als auch der Wärmeoutput (alle Verbraucher) inkl. der dazugehörigen Temperaturen erfasst. Dadurch können verbrauchsspezifische Rahmenbedingungen erfasst und Wechselwirkungen mit den Erzeugungsanlagen festgestellt werden. Dies betrifft beispielsweise neuartige Speichertechnologien, Wärmeerzeugertypen (PVT-, konzentrierende Kollektoren, Hochtemperaturwärmepumpen, etc.), Prozesstechnologien oder neuartige Verschaltung von Wärmeerzeugern (komplexe Wärmepumpensysteme, Heißwasser- und Dampfnetze, etc.).

## **1.2 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 (Planer, Anlagenbauer, Regelungsunternehmen, Betreiber, etc.) auch umgesetzt. Dadurch kann ein optimiertes Betriebsverhalten der Anlagen erreicht werden.

## **1.3 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.

## **1.4 Monatliche Energiebilanzen**

Die aufgezeichneten Wärmemengen werden u.a. in repräsentativen Monatsbilanzen dargestellt. 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 (Planer, Anlagenbauer, Regelungsunternehmen, Betreiber, etc.) zu korrigieren.

## 2 Messkonzept

Für eine fundierte Anlagenanalyse und -bewertung sind die Konversionseffizienzen aller Wärme- bzw. Kälteerzeuger, die Wärmeströme in das System hinein bzw. heraus sowie die Temperaturen an relevanten Punkten zu erfassen.



Abbildung 1: Prinzipschema Messkonzept

### Wärme-/Kälteerzeuger

Erfassung der Antriebsenergie (z.B. Strom, Brennstoff, Globalstrahlung, etc.) und des Wärmeoutputs

### System

Erfassung der Temperaturen an relevanten Punkten (Speicher, Verteilsystem, Wärmetauscher, etc.)  
Bestimmung der relevanten Verluste

### Verbraucher

Erfassung der Massenflüsse, Temperaturen und Wärmeströme sämtlicher Verbraucher.

### 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 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
	MWh	3 Nachkommastellen bzw. kWh
Volumen	m <sup>3</sup>	3 Nachkommastellen bzw. Liter
Leistung (therm. oder elektr.)	kW	3 Nachkommastellen bzw. W
Durchfluss	m <sup>3</sup> /h	3 Nachkommastellen oder Liter/h
Temperaturdifferenz	K	1 Nachkommastelle
Druck	bar	1 Nachkommastelle
Differenzdruck	bar	2 Nachkommastellen
Globalstrahlung	W/m <sup>2</sup>	0 Nachkommastellen

Sollte diese Vorgaben anlagenspezifisch 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 GmbH:  
Ansprechperson Franz Maurer  
Neugasse 115  
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- oder Mod-BusSchnittstellenmodulen

Stromversorgung: über Netzteil

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  $q_p$  (Qn): m<sup>3</sup>/h, Nennweite: DN, Druckstufe: PN 16

Zulassung nach PTB

#### Empfohlenes Produkt:

Techem Ultra S3; Kamstrup MULTICAL® 302 oder Vergleichbares

**Hinweis:**

Die Stromversorgung von Wärmemengenzählern muss über ein Netzteil erfolgen. Bei der Versorgung der Wärmemengenzähler über Batterien kann es bei dem notwendigen schnellen Abfrageintervall zu Ausfällen auf dem M-Bus kommen. Der Wärmemengenzähler antwortet dann nicht mehr, das notwendige Abfrageintervall kann dann nicht mehr eingehalten werden.

**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.

**Messung bei Medium Dampf:**

Je nach Medium, Temperatur und Druckverhältnissen bzw. Mengen stehen unterschiedliche Messverfahren zu Verfügung: z.B.

- Ultraschall Durchflussmessung
- Wirbelzähler Durchflussmessung
- Thermische Massedurchflussmessung
- Coriolis-Massedurchflussmessung

**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 Wärmemengenzählers 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 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.

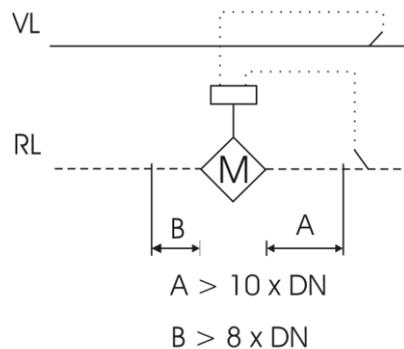


Abbildung 2: Ein- und Auslaufstrecke bei Wärmemengenzählern (EN 1434-6, 1997)

### 3.3.2 Temperatursensoren

Spezifikation des Messelements:

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

#### Hinweis:

Bitte auf die Temperaturbeständigkeit des Fühlerelementes und der Anschlussleitung achten. wenn nötig auf Anschlussleitung aus Silikon, PTFE oder Glasfaser zurückgegriffen.

#### 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 geringhalten
- Das Fühlerelement bzw. die Fühlerleitung nach der höchstmöglichen 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 (Wärmeleitpaste).

### 3.3.3 Drucksensoren

Diese müssen für das Betriebsmedium geeignet sein.

Absolutdruckmesswertgeber:	
Druckbereich	Dem entsprechenden Arbeitsdruck angepasst
Ausgangsbereich	4..20mA, 0..10V oder Bussignal
Versorgungsspannung	11-33V
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 so weit 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 <sup>2</sup>
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:

AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

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 (AEE INTEC) unterstützt Sie bei der Umsetzung des Monitoringkonzeptes im Falle einer positiven Förderzusage durch die Kommunalkredit Public Consulting GmbH (KPC). 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 erfolgreichen Inbetriebnahme und einer Kontrollzeit von zwei Wochen.

Anlagenspezifische Planungsarbeiten werden vom Team der Begleitforschung nicht vorgenommen. Alle Arbeiten sind durch kompetente Fachkräfte auszuführen. Das Team der Begleitforschung haftet für keinerlei Schäden, die direkt oder indirekt mit der Beratungstätigkeit zusammenhängen könnten!

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

### **AEE – Institut für Nachhaltige Technologien (AEE INTEC)**

DI Walter Becke

Tel.: 03112 / 5886-231

Mail: w.becke@aee.at