

**Das Input/Output-Verfahren als  
Beispiel für automatische  
Ertragsbewertung,**

**kommerzielle IOC-Geräte  
und**

**IOC-KLICK als begleitende  
„Baustellen-Software“**



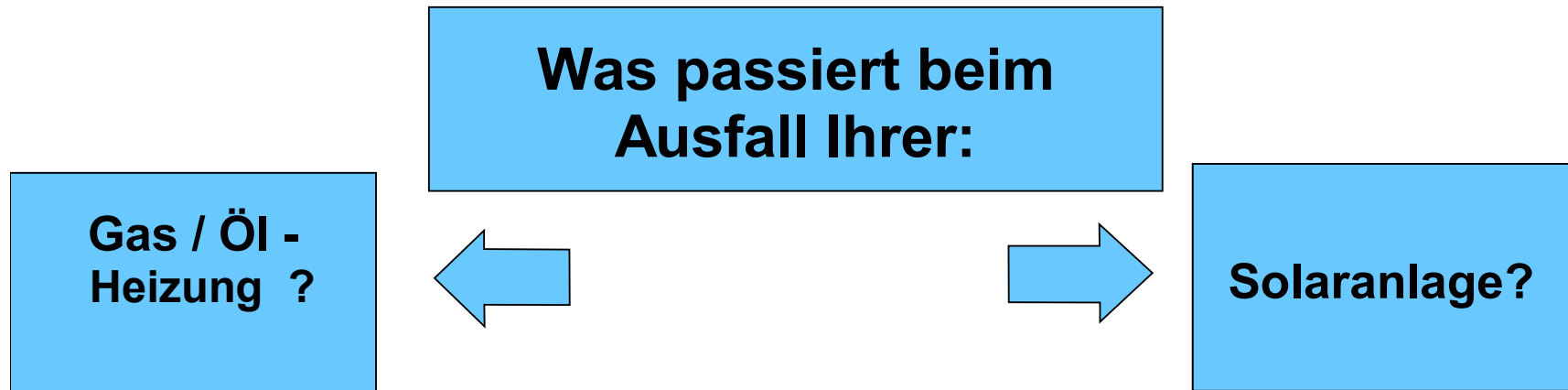
Institut für Solarenergieforschung  
Hameln

**Dr.-Ing. Klaus Vanoli**

# Warum Funktionskontrolle?



Solaranlagen sind zuverlässig, aber ....



- kein warmes Wasser und/oder kalte Wohnung
- unmittelbare Erkennung dass ein Fehler vorliegt
- Verständigung der Servicedienstes
- **rasche Fehlerbeseitigung**

- kein Transport von Solarwärme zum Speicher
- Zusatzheizung versorgt die Verbraucher!
- ununterbrochene Warmwasserversorgung
- **Solarfehler kann (lange) unentdeckt bleiben**

# Ein Beispiel für automatische Ertragsbewertung: Umsetzung im Input-Output-Verfahren

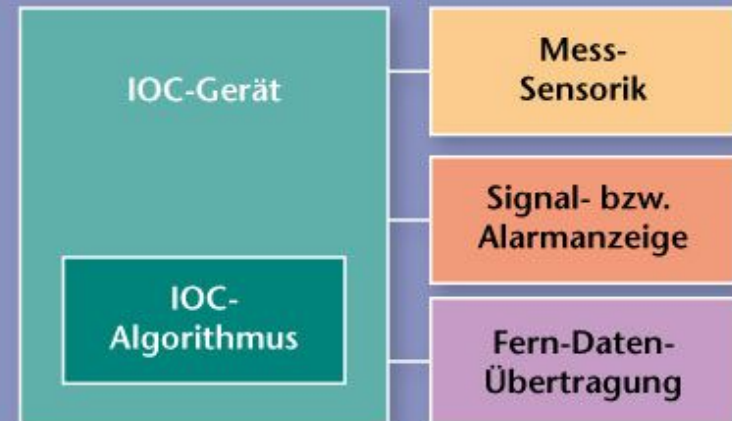


## Input-Output-Controller-(IOC-)Verfahren

### Verfahrensregeln

- Vereinbarung zur IOC-Überwachung des solarthermischen Systems mit dem Investor;
- Einbindung des IOC-Verfahrens in den Planungsprozess einschließlich Ausschreibung;
- Zusammenstellung der technischen Daten des solarthermischen Systems (Parameterliste);
- Installation von IOC-Gerät, Sensorik und Signal-/Alarmanzeige;
- Eingabe der IOC-Parameter in das IOC-Gerät und Passwortschutz;
- Start des IOC-Algorithmus, Check und Abnahme des solarthermischen Systems;
- ggf. Optimierung des solarthermischen Systems;
- Dauerüberwachung des solarthermischen Systems.

### IOC-Technologie



# 1980: Namensgebung

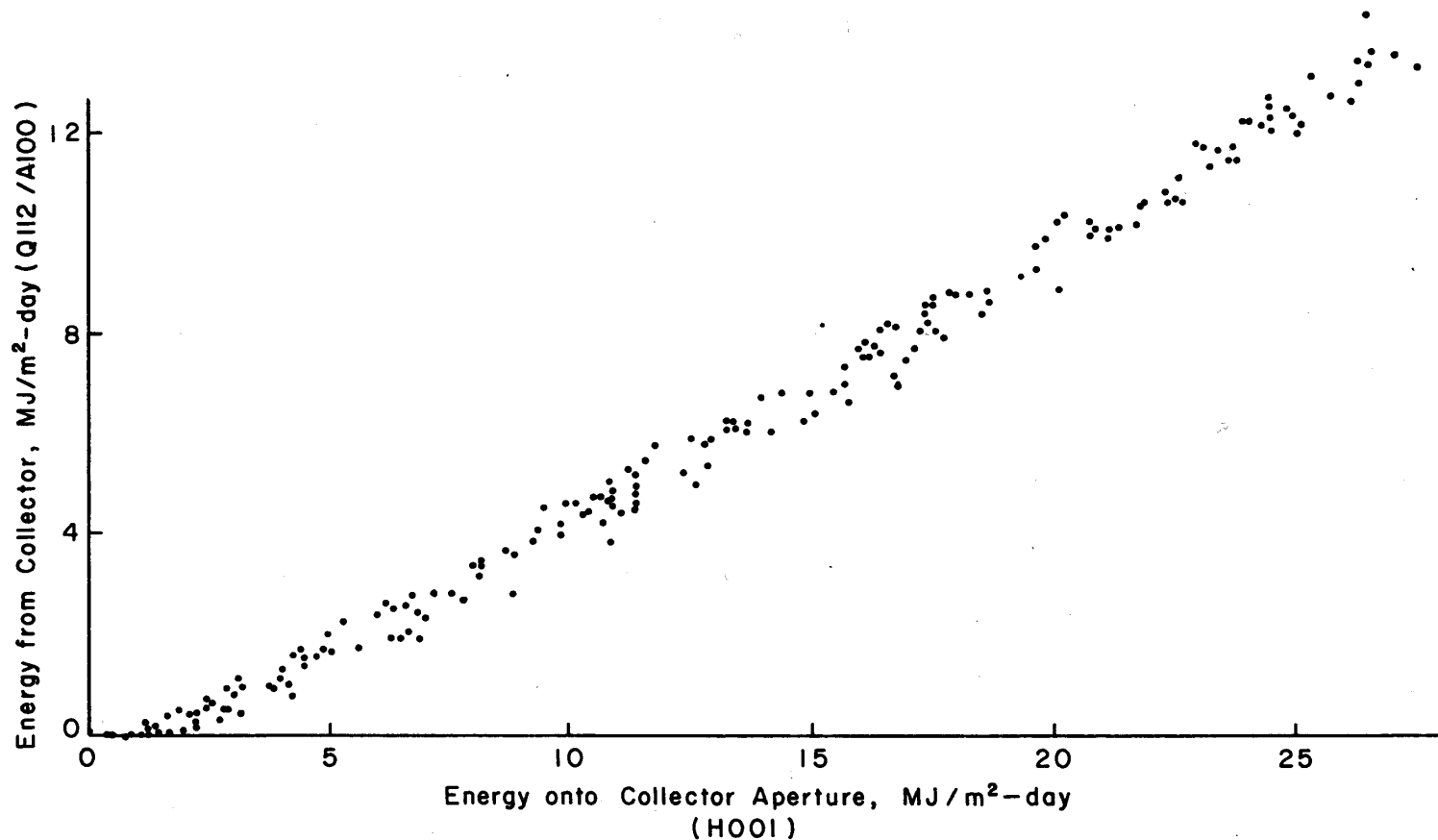
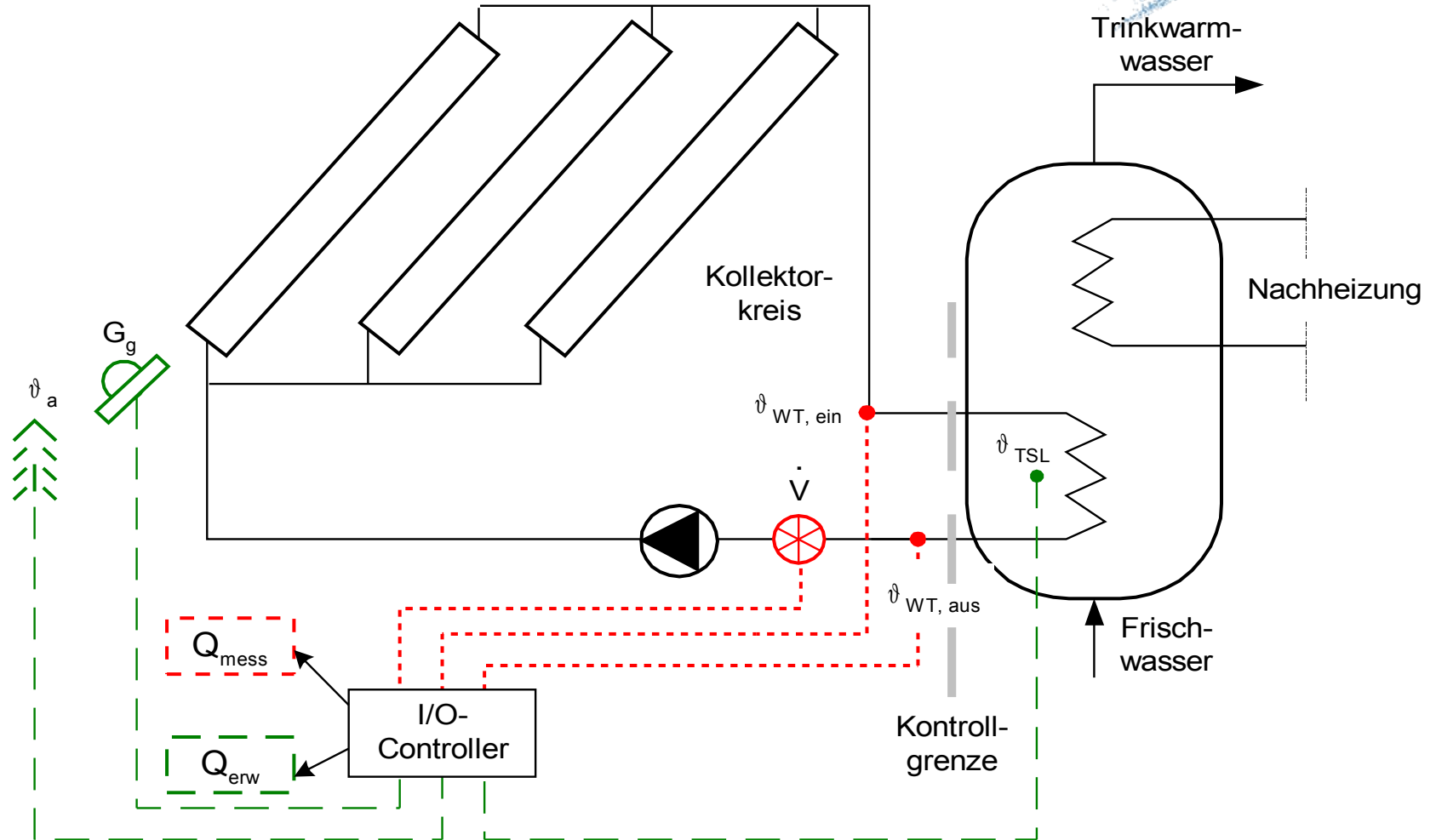


Figure 6-17. Daily Energy Input/Output for the Solarhaus Freiburg Corning Collector During 1980

# Integration in das Solarsystem

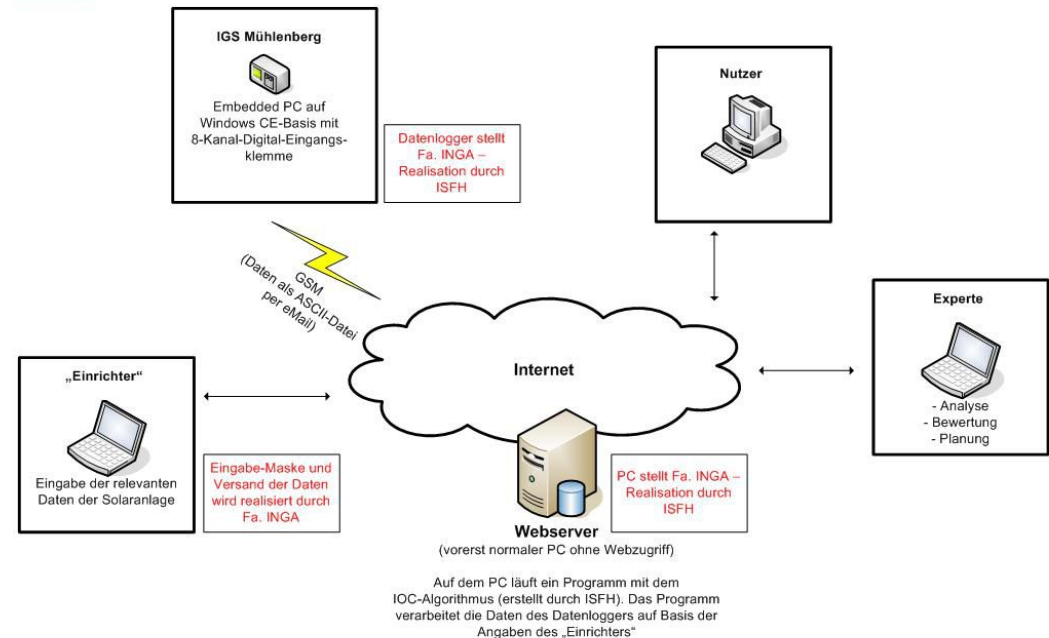


## verfügbare Seriengeräte

Fa. RESOL Kompaktgerät:



Fa. INGA, Hameln: IOC-IBS WEB-Server:



IOC – VERSUCHSANLAGE IGS MÜHLENBERG

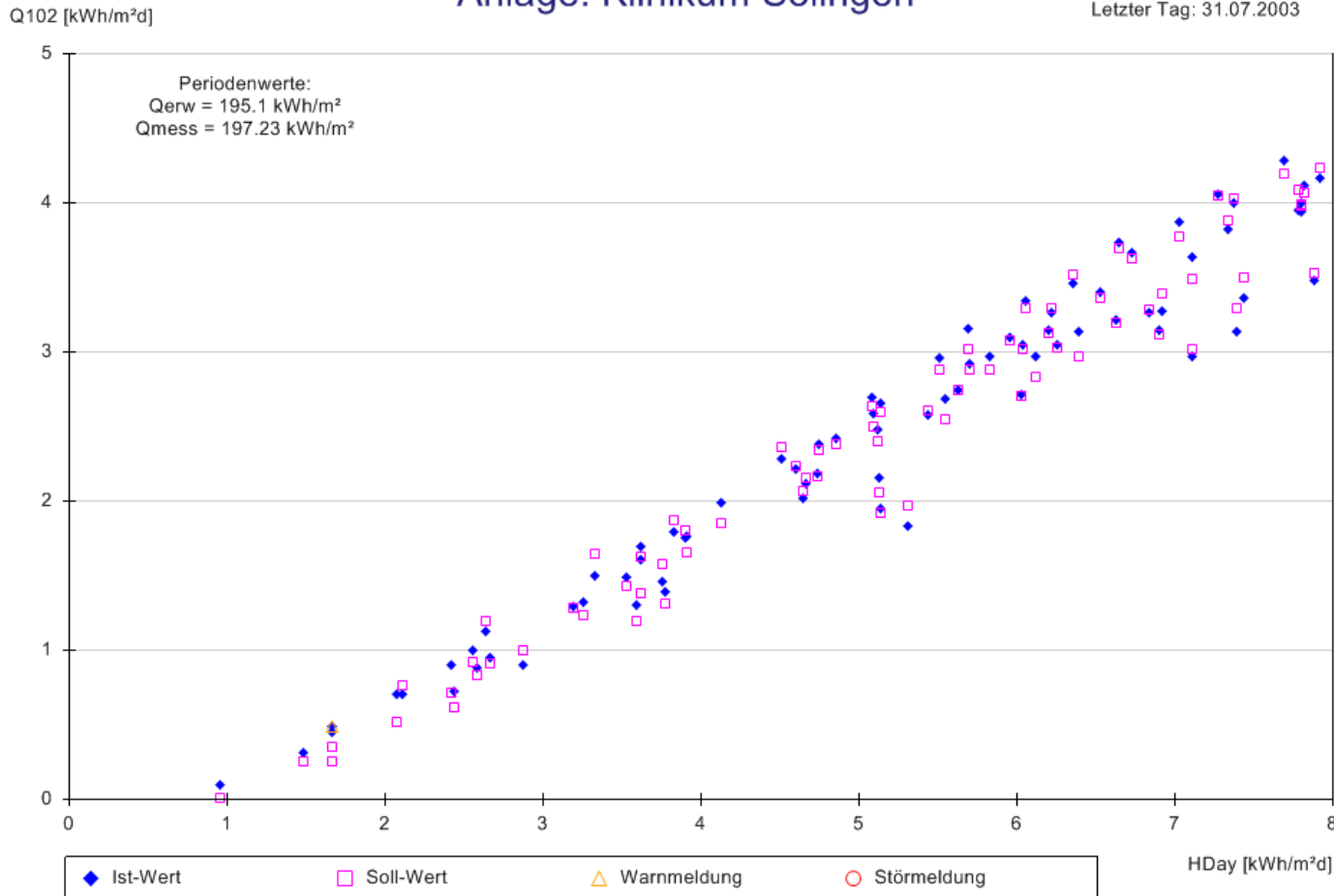
22.01.2007 / An  
Datenfluss IOC IGS  
Mühlenberg 3.vsd  
© 2007 ZACHARIAS

# Das klassische I/O-Diagramm: alles OK ! , ..... oder ??



Input-Output-Diagramm  
Anlage: Klinikum Solingen

Datum der Auswertung:  
01.09.2005 22:53:46  
Anzahl der Tage: 80  
Erster Tag: 01.05.2003  
Letzter Tag: 31.07.2003

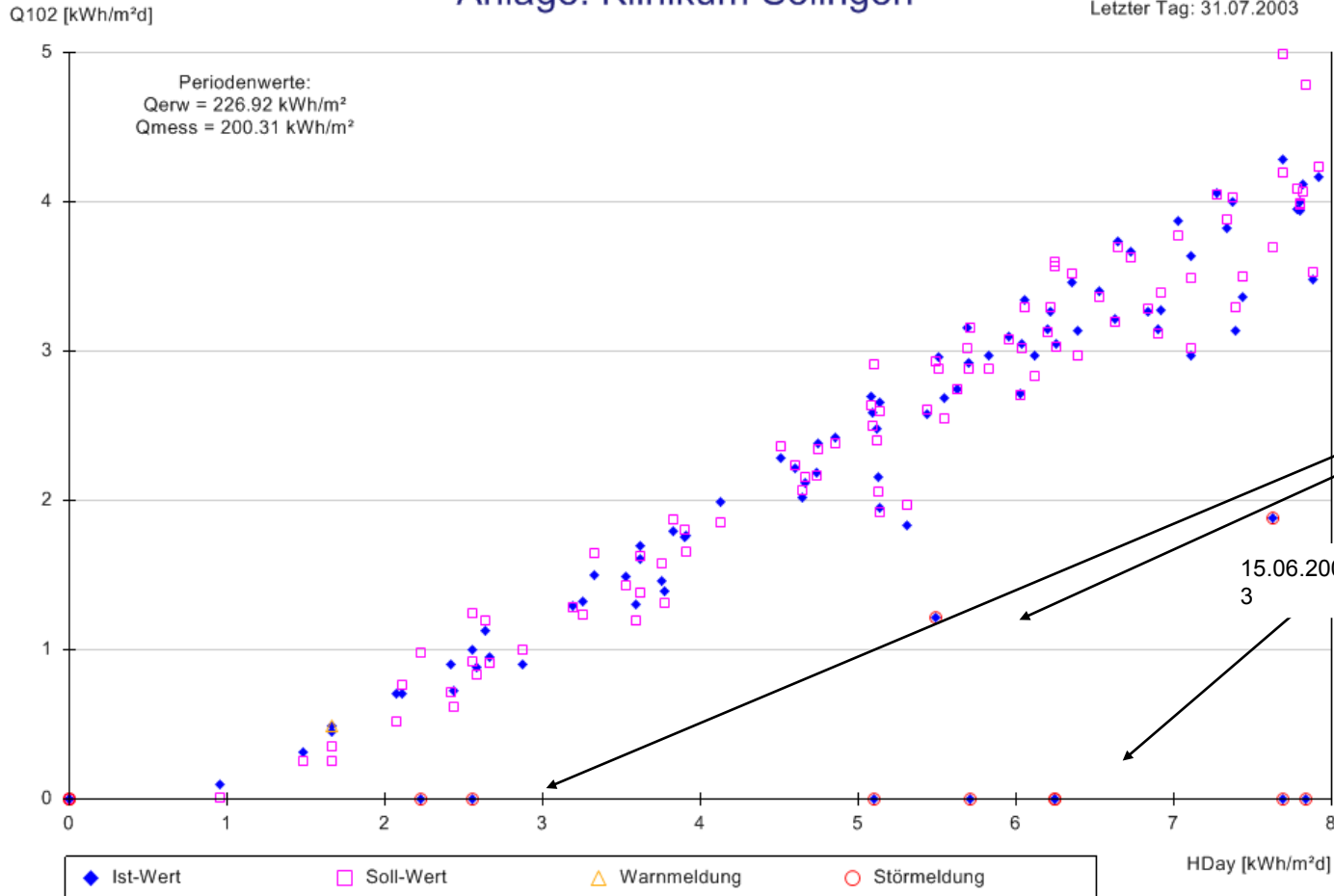


# Unterstützung bei der Fehlersuche: Service-Software *IOC-Klick*



Input-Output-Diagramm  
Anlage: Klinikum Solingen

Datum der Auswertung:  
01.09.2005 22:52:30  
Anzahl der Tage: 92  
Erster Tag: 01.05.2003  
Letzter Tag: 31.07.2003

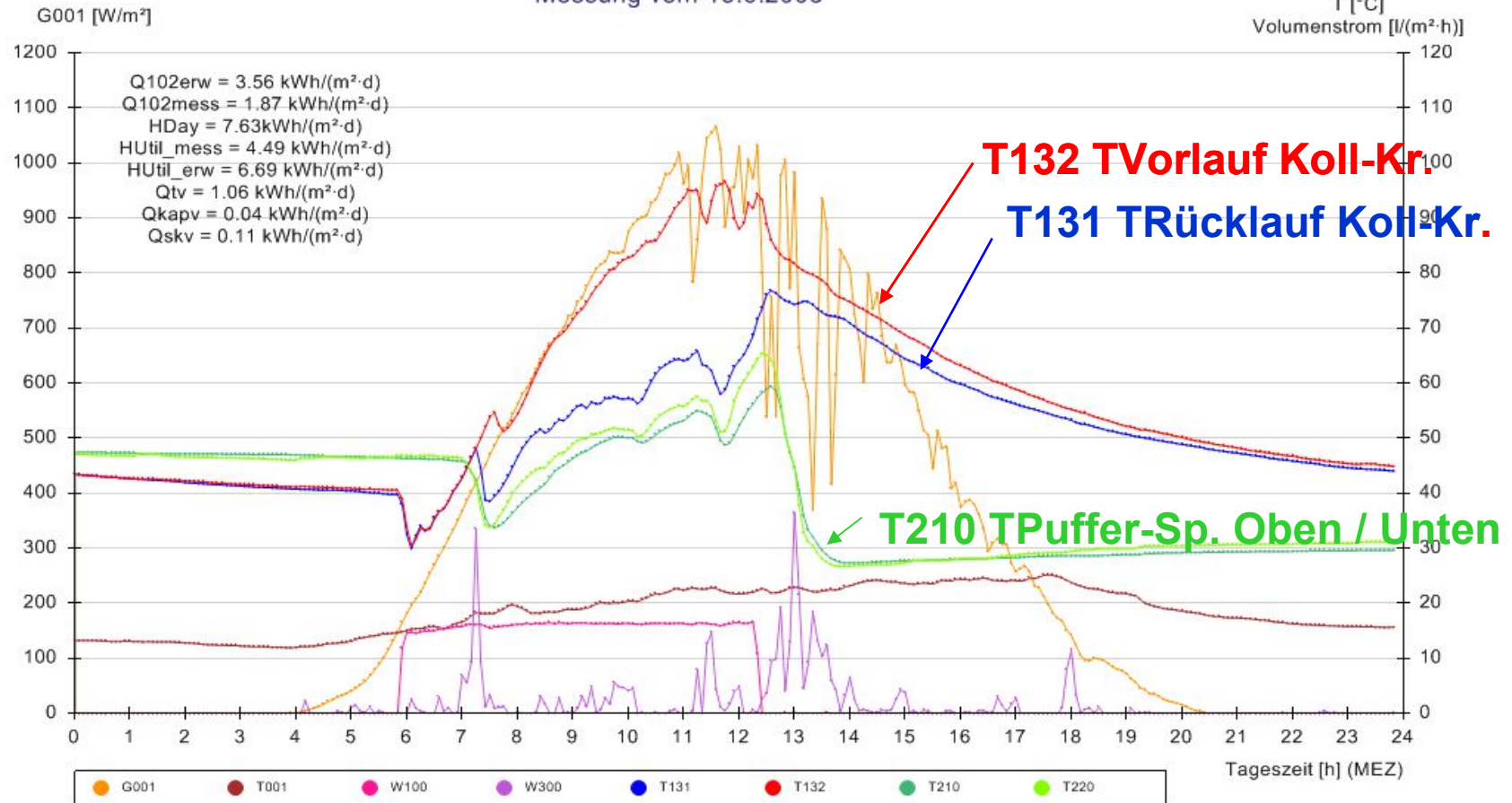




## Anlage: Klinikum Solingen

Datum der Auswertung:  
30.08.2005 11:33:07

Messung vom 15.6.2003



# Einsatzbeispiel Großanlage



Städtisches Klinikum Solingen  
ZfS, Solarthermie 2000



Institut für Solarenergieforschung  
Hameln

# Einsatzbeispiel Großanlage

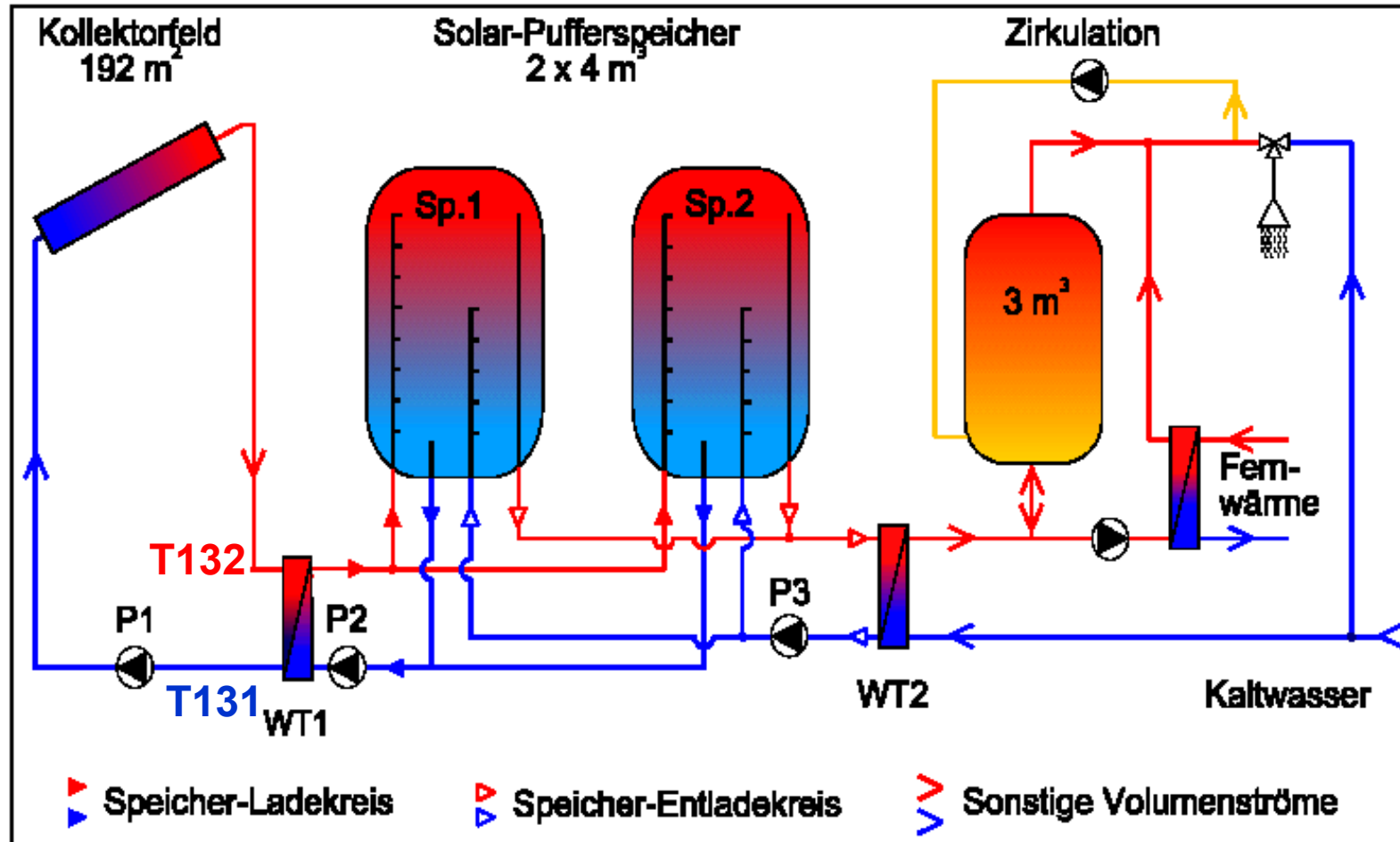
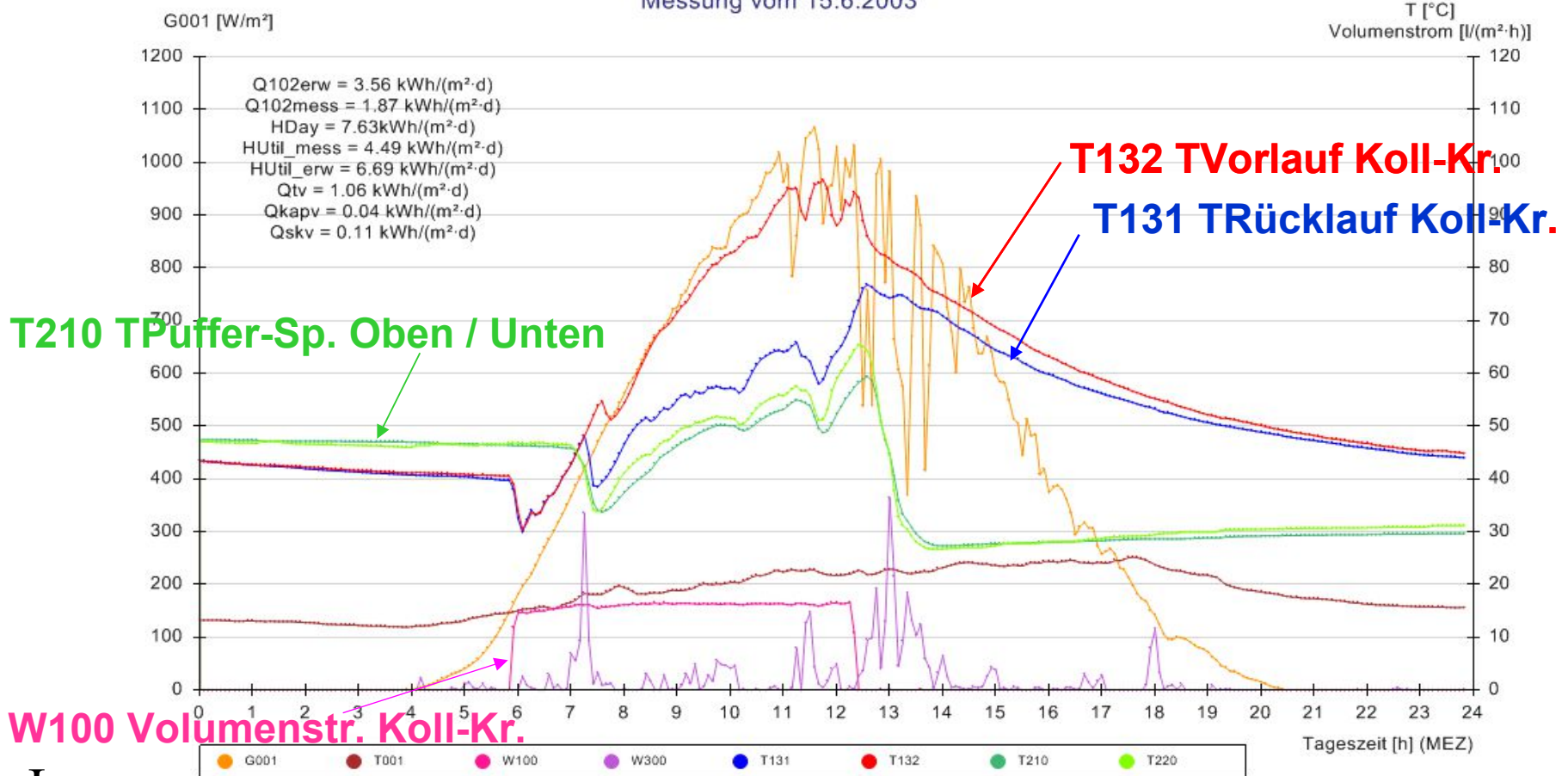


Bild 2: Prinzipieller Aufbau der Solaranlage und Einbindung in das konv. System (vereinfacht)  
Institut für Solarenergieforschung  
Hameln

Datum der Auswertung:  
30.08.2005 11:33:07

## Anlage: Klinikum Solingen

Messung vom 15.6.2003



# Ein Beispiel für automatische Ertragsbewertung: Umsetzung im Input-Output-Verfahren

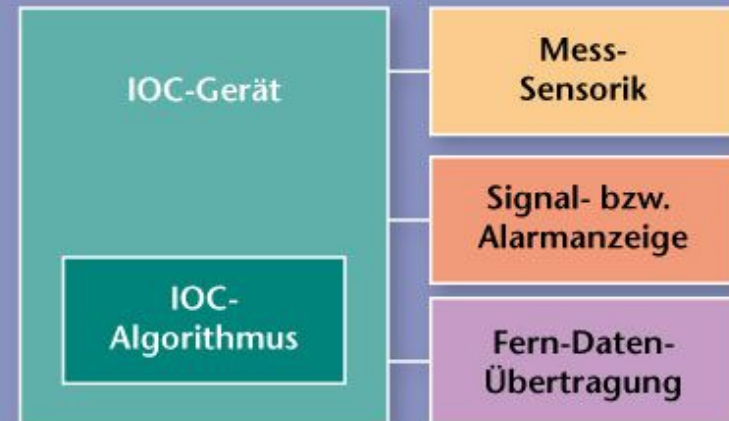


## Input-Output-Controller-(IOC-)Verfahren

### Verfahrensregeln

- Vereinbarung zur IOC-Überwachung des solarthermischen Systems mit dem Investor;
- Einbindung des IOC-Verfahrens in den Planungsprozess einschließlich Ausschreibung;
- Zusammenstellung der technischen Daten des solarthermischen Systems (Parameterliste);
- Installation von IOC-Gerät, Sensorik und Signal-/Alarmanzeige;
- Eingabe der IOC-Parameter in das IOC-Gerät und Passwortschutz;
- Start des IOC-Algorithmus, Check und Abnahme des solarthermischen Systems;
- ggf. Optimierung des solarthermischen Systems;
- Dauerüberwachung des solarthermischen Systems.

### IOC-Technologie



- Vereinbarung zur IOC-Überwachung der Solaranlage mit dem Investor
- Einbindung des IOC-Verfahrens in den Planungsprozeß einschl. Ausschreibung
- Zusammenstellung der technischen Daten der Solaranlage (Parameterliste)
- Installation von IOC-Gerät, Sensorik u. Meldungsanzeige
- Eingabe der IOC-Parameter in das IOC-Gerät und Passwortschutz
- Start des IOC-Algorithmus, Check und Abnahme der Solaranlage
- ggf. Optimierung der Solaranlage
- Dauerüberwachung der Solaranlage

## Parameterliste

Institut für Solarenergieforschung  
Hameln

# Die IOC-Parameterliste

## Kollektoren-Standort-Ausrichtung



RESOL ServiceCenter

Datei Fenster Hilfe

Datenlogger DL1 Parametrisierung VBUS-Aufzeichnung

Kollektor-Herst Installateur

Index	Id	Gespeicherter ...	Geänderter Wert
Einstellwerte			
Kollektoren			
0x1	Bez.-Fläche	Aperturfl.	
0x1	Ges.-Fläche	6,00 m <sup>2</sup>	
0x1	Koll.-Typ	Flachk.	
0x1	eta0	0,758	
0x1	Prüfmediumkorr.	Ja	
0x1	a1	2,880 W/m <sup>2</sup> /K	
0x1	a2	0,01300 W/m <sup>2</sup> /K <sup>2</sup>	
0x1	b0	0,240	
0x1	bu	0,050 s/m	
0x1	b1	15,000 W/m <sup>2</sup> /K	
0x1	b2	1,000 Ws/m <sup>2</sup> /K	
0x1	eps/alpha	0,95	
Kdir-Tabelle			
0x1	Drehung	Horiz.	
0x1	Vfluid	0,844 l/m <sup>2</sup>	
Standort			
0x1	Geogr. Länge	-9,37 °	
0x1	Geogr. Breite	52,12 °	
0x1	Windstark?	Nein	
0x1	Zeitverschiebung	-1 h	
Ausrichtung			
0x1	Azimut	0 °	
0x1	Neigung	45 °	
0x1	Reihenanzahl	1	
0x1	R.-Abstand	0,00 m	
0x1	R.-Höhe	0,00 m	

# Die IOC-Parameterliste

## Solar- Kreislauf – Regler – Fluid - Last



RESOL ServiceCenter

Datei Fenster Hilfe

Datenlogger DL1 Parametrisierung x VBus-Aufzeichnung

Kollektor-Herst Installateur

Index	Id	Gespeicherter ...		
-	Solarkreislauf			
0x1	V40-Imp.	1,0 l/Imp		
0x1	VnennKK	240 l/h		
0x1	VnennBK	0 l/h		
0x1	kWT	300 W/K		
0x1	WMZ-Platz.	Kollektorkr.		
0x1	Durchm.-IG	18 mm		
0x1	Länge-IG	24,0 m		
0x1	Temp.-IG	20 °C		
0x1	Durchm.-AG	18 mm		
0x1	Länge-AG	10,0 m		
-	Solarregler			
0x1	dT_ein	5,0 K		
0x1	dT_aus	3,0 K		
0x1	KK_Vorwärmung?	Nein		
0x1	TspMax	60 °C		
0x1	Hyst.-TspMax	2,0 K		
0x1	TSL für Tmax?	Nein		
-	Wärmeträger			
0x1	Fluidtyp	Tyfocor LS		
0x1	Fluidkonz.	20 %		
-	Last			
0x1	Nennauslast.	420 l/d		
0x1	Speichervol.	400 l		



# Die IOC-Parameterliste

## Sonstiges - Zusatzfunktionen



RESOL ServiceCenter

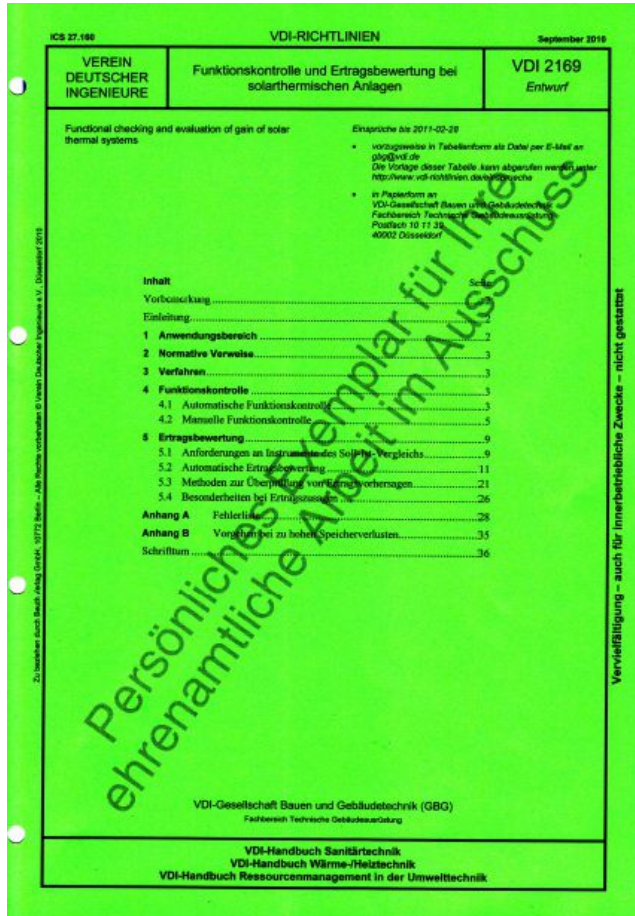
Datei Fenster Hilfe

Betreiber / Betreuer

Datenlogger DL1 Parametrisierung VBus-Aufzeichnung

Index	Id	Gespeicherter ...	Geänderter Wert
	Sonstiges		
0x0	Anp. Meldegrenze		0 %
0x1	Meldezeitraum		Intervall
0x1	Meldebeginn		08:00
0x1	Meldeende		18:00
0x1	Wmz-IOC		intern
0x1	- Imp.	1,0 kWh/Imp	
0x1	Zweite Wmz		keine
0x1	- Imp.	1,0 kWh/Imp	
0x1	V40-Imp.2	1,0 l/Imp	
0x1	Vlast Messung?		Nein
0x1	Fluidtyp2		Wasser
0x1	Fluidkonz.2		20 %
0x2	Relais		auto
	Zusatzfunktionen		
0x0	Überwachung S6		Nein
0x0	Grenze S6		100 °C
0x1	Zeitraum S6		ganztägig
0x1	- Beginn		08:00
0x1	- Ende		18:00
0x0	Überwachung S7		Nein
0x0	Grenze S7		100 °C
0x1	Zeitraum S7		immer
0x1	- Beginn		08:00
0x1	- Ende		18:00
0x0	Überw. 2. Wärme		Nein
0x1	Zeitraum		täglich
0x1	Schwelle	20,0 kWh/m²/d	

# Veröffentlichung VDI –Richtlinie 2169: Gründruck: 9.2010 – *Weißdruck in Arbeit*



## Funktionskontrolle und Ertragsbewertung bei solarthermischen Anlagen

<b>3</b>	<b>Verfahren</b> .....	.....
<b>4</b>	<b>Funktionskontrolle</b> .....	.....
4.1	Automatische Funktionskontrolle .....	.....
4.2	Manuelle Funktionskontrolle .....	.....
<b>5</b>	<b>Ertragsbewertung</b> .....	.....
5.1	Anforderungen an Instrumente des Soll-Ist-Vergleichs.....	.....
5.2	Automatische Ertragsbewertung .....	.....
5.3	Methoden zur Überprüfung von Ertragsvorhersagen.....	.....
5.4	Besonderheiten bei Ertragszusagen .....	.....
<b>Anhang A</b>	<b>Fehlerliste</b> .....	.....
<b>Anhang B</b>	<b>Vorgehen bei zu hohen Speicherverlusten.....</b>	.....

Institut für Solarenergieforschung  
Hameln

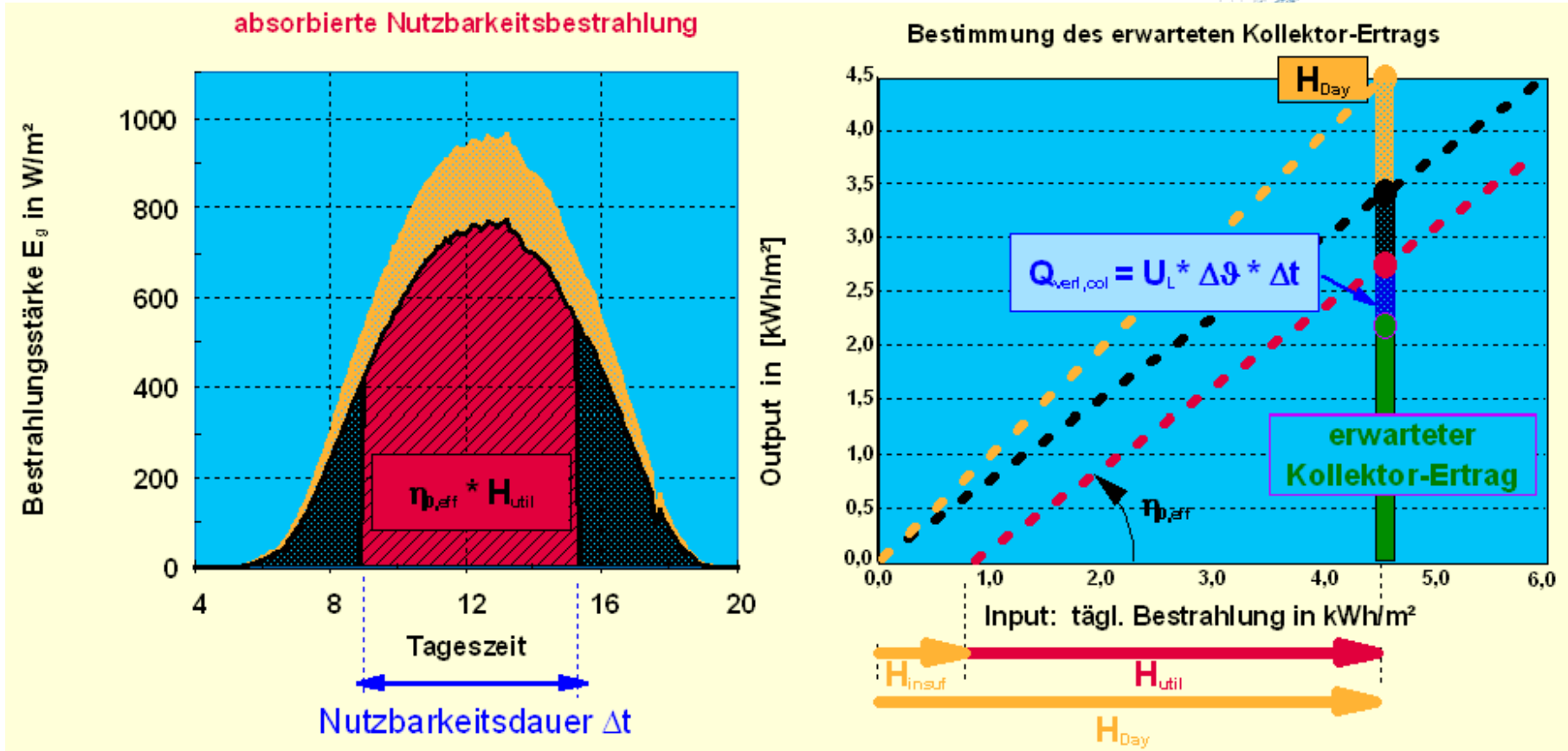
## Die automatische Ertragsbewertung.

Sie umfasst den automatischen, permanenten Betrieb von:

- Datenerfassung
- Datenauswertung zur Ermittlung der *gemessenen* Erträge
- Ertragssimulation zur Ermittlung der *erwarteten* Erträge unter aktuellen meteo- und Betriebsbedingungen
- Soll/Ist-Vergleich zur Ertragsbewertung

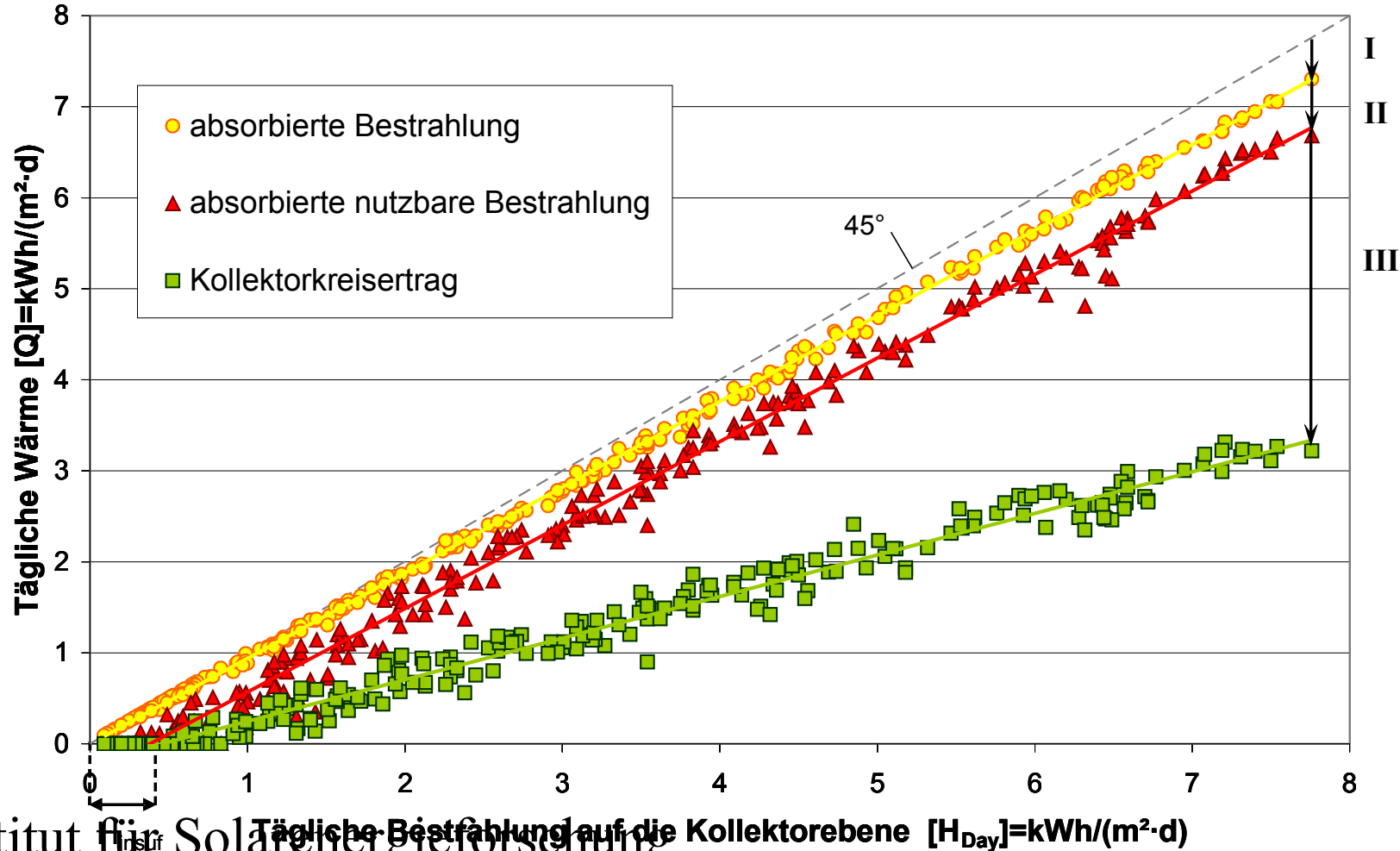
**= wichtige neue Begriffsdefinition aus VDI 2169**

$$H_{\text{Day}} = H_{\text{insuf}} + H_{\text{util}}$$



$$\text{erwarteter Kollektor-Ertrag} = -\eta_{0,\text{eff}} * H_{\text{insuf}} + \eta_{0,\text{eff}} * H_{\text{Day}} - U_L * \Delta\theta * \Delta t$$

I Optische Verluste    II Stillstandsverluste    III Thermische Verluste im Betrieb

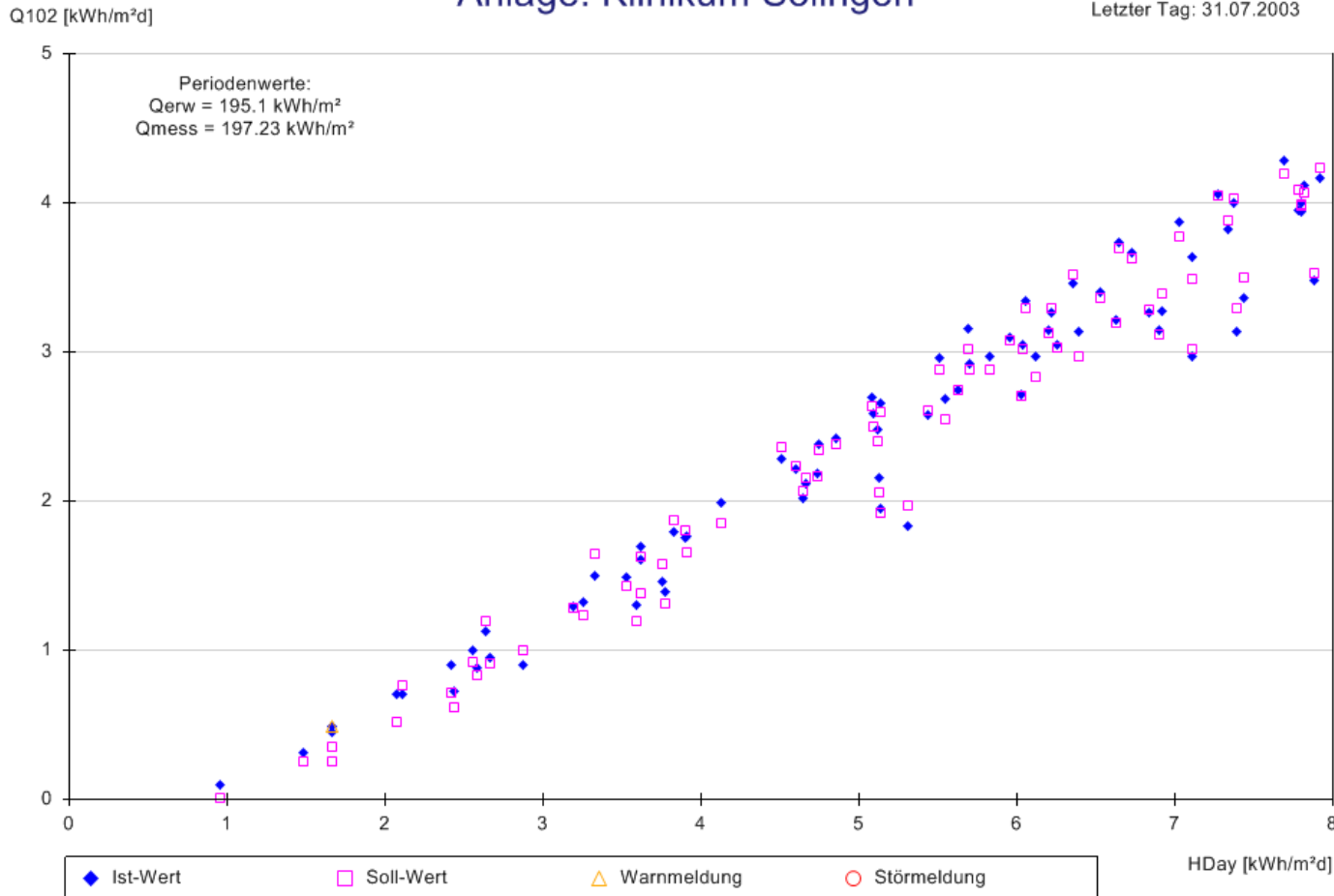


# Das klassische I/O-Diagramm: alles OK ! , ..... oder ??



Input-Output-Diagramm  
Anlage: Klinikum Solingen

Datum der Auswertung:  
01.09.2005 22:53:46  
Anzahl der Tage: 80  
Erster Tag: 01.05.2003  
Letzter Tag: 31.07.2003



- Das **Input/Output-Verfahren** ist ein intelligentes Mess- und Auswerteverfahren für Handwerker, Planer, Betreiber und Energieberater
- Der Soll-/Ist-Wert-Vergleich täglicher Erträge schafft eine sehr kompakte Datenbasis für die Funktionskontrolle und eine schnelle Effizienzbewertung
- Die Kombination täglicher Soll/Ist-Ertragsvergleiche mit dem täglichen Verlauf hoch aufgelöster 5-Minuten Datenreihen ermöglicht ergänzende Detail-Analysen

- Die Verknüpfung
  - von kostengünstiger Messtechnik und
  - Schulung betroffener Akteure in der Interpretation leicht zugänglicher und praxisrelevanter Messdatenbietet ein enormes Potenzial für die Effizienzoptimierung und ihre langfristige Absicherung !
- Dieser Beitrag ist kein Ersatz für eine Schulung !
- Bitte melden Sie sich bei Interesse im ISFH !



**Beispiele für  
Effizienz-Verbesserungen bei  
Anfangsoptimierung  
und  
Langzeit-Ertragsbewertung  
von solarunterstützten  
Wärmeversorgungsanlagen**



**Dr.-Ing. Klaus Vanoli**

Institut für Solarenergieforschung  
Hameln

# Beispiele für Effizienz-Verbesserungen...



- Fehlanpassung des Heizkesselvolumenstromes bewirkt Durchmischung des Pufferspeichers
- Vertauschung von Vor- und Rücklauf im Kollektorkreislauf
- Thermosiphon-Fehlzirkulation im Kollektorkreislauf
- Kollektorpumpe schaltet nicht ein oder zu spät ein
- Abschalten der Solarkreisläufe bei hoher Bestrahlungsstärke
- Optimierung der Pufferspeicherauskuhlung durch KW-Vorwärmbetrieb
- zu kleiner Wärmetauscher im Kollektorkreislauf
- Rücklauf der Raumheizung strömt durch den WW-Nachheiz-WT
- Fehlzirkulation der Kesselpumpe durch den Kombianlagen-Pufferspeicher

# Beispiel Nr. 6 für Effizienz-Verbesserungen...

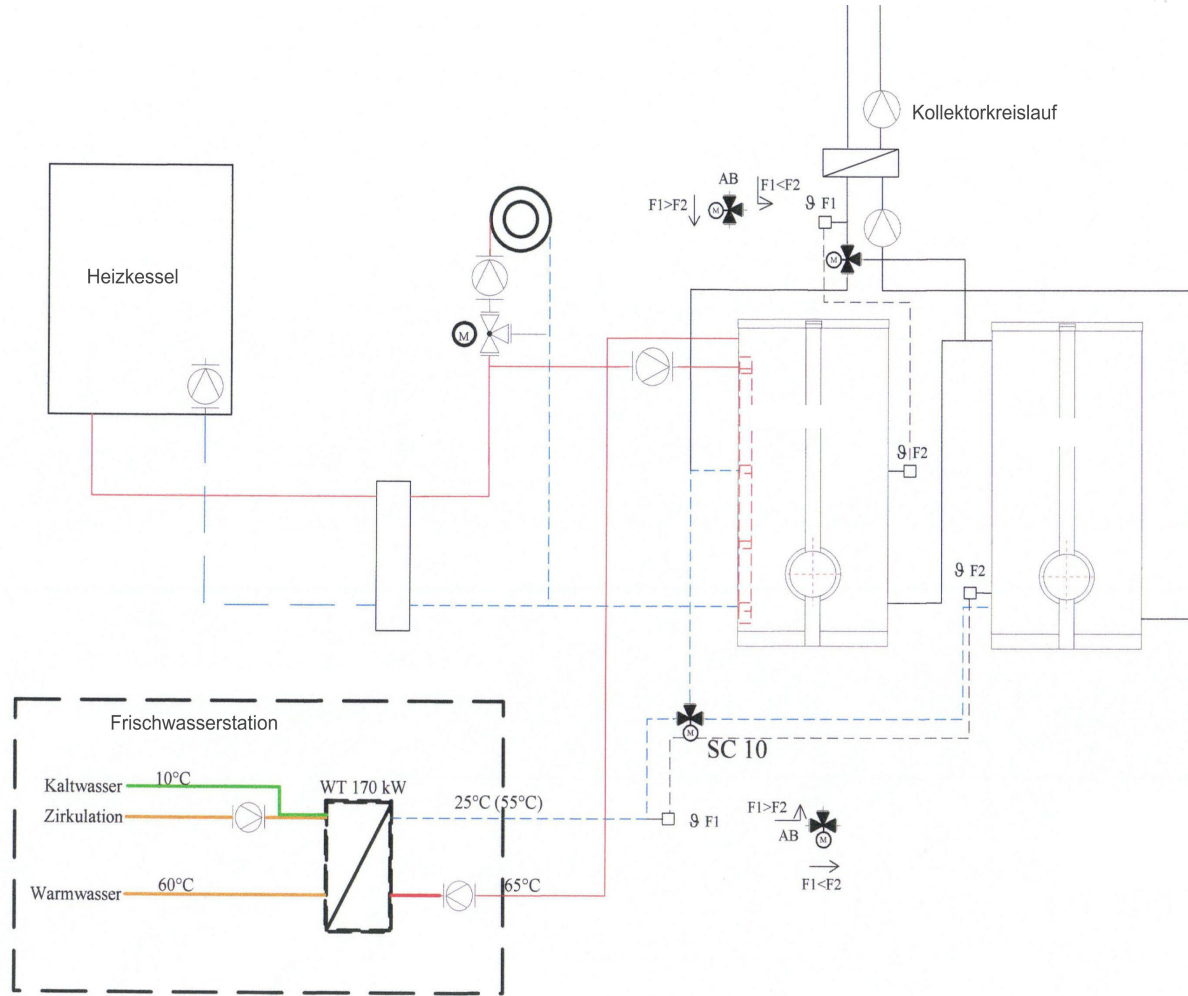


- Fehlanpassung des Heizkesselvolumenstromes bewirkt Durchmischung des Pufferspeichers
- Vertauschung von Vor- und Rücklauf im Kollektorkreislauf
- Thermosiphon-Fehlzirkulation im Kollektorkreislauf
- Kollektorpumpe schaltet nicht ein oder zu spät ein
- Abschalten der Solarkreisläufe bei hoher Bestrahlungsstärke
- ***Optimierung der Pufferspeicherauskuhlung durch KW-Vorwärmetrieb***
- zu kleiner Wärmetauscher im Kollektorkreislauf
- Rücklauf der Raumheizung strömt durch den WW-Nachheiz-WT
- Fehlzirkulation der Kesselpumpe durch den Kombianlagen-Pufferspeicher

Institut für Solarenergieforschung  
Hameln

# Aktueller Anlass für Beispiel Nr. 6

## Optimierung der Pufferspeicherauskuhlung



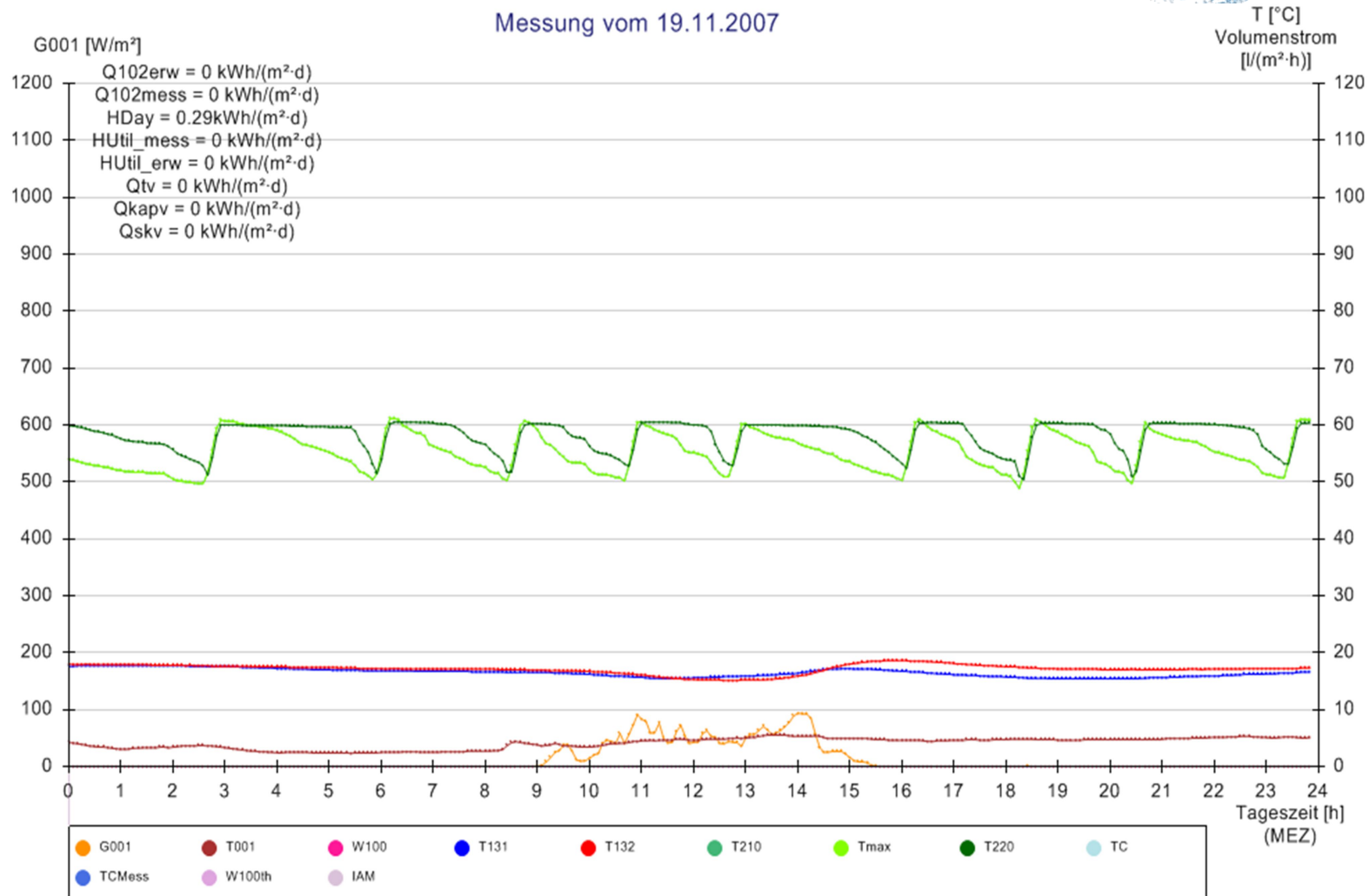
Institut für Solarenergieforschung  
Hameln

# Aktueller Anlass für Beispiel Nr. 6

## *unzureichende* Pufferspeicherauskuhlung



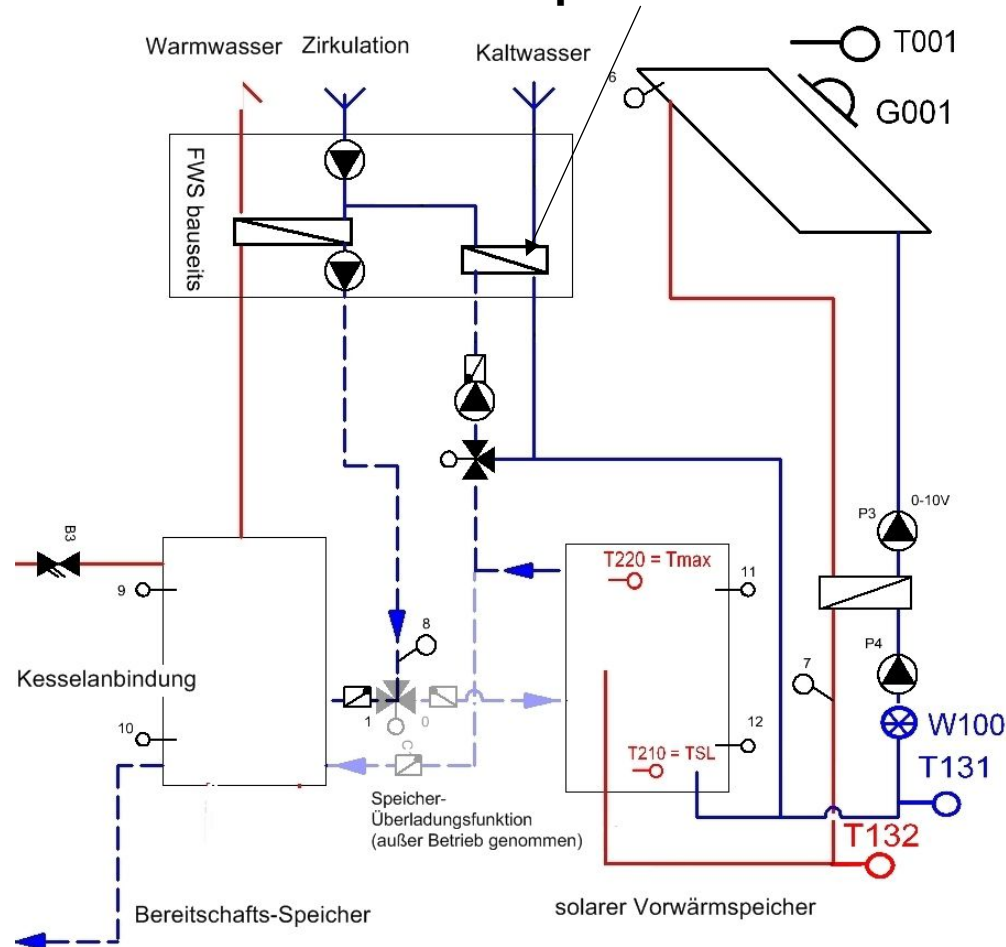
Messung vom 19.11.2007



Institut für Solarenergieforschung  
Hameln

# 6. Beispiel: Optimierung der Pufferspeicheraus Kühlung durch KW-Vorwärmbetrieb

## Schaltschema Elsa-Brandströmstr. mit separatem KW-Vorwärm-Wärmetauscher

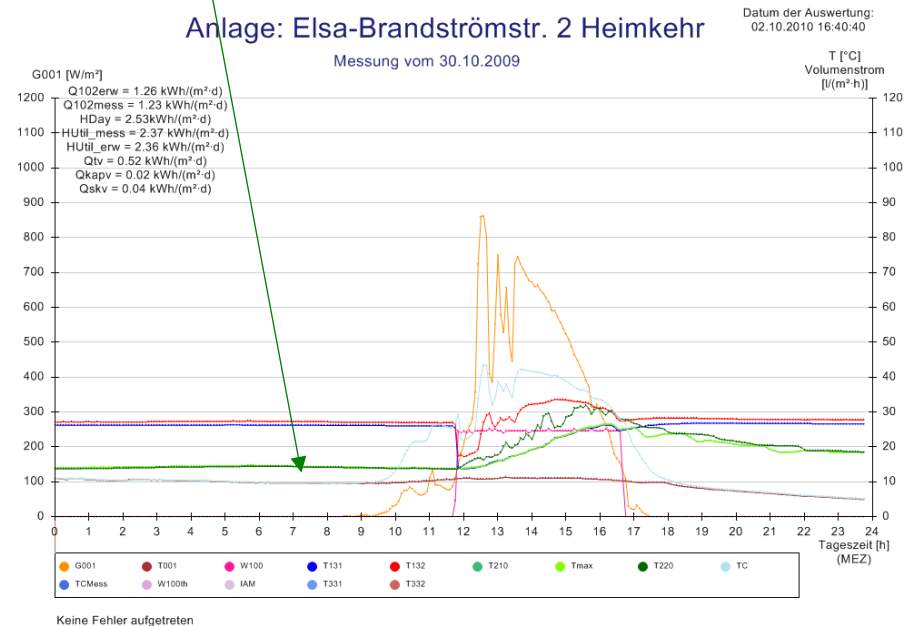
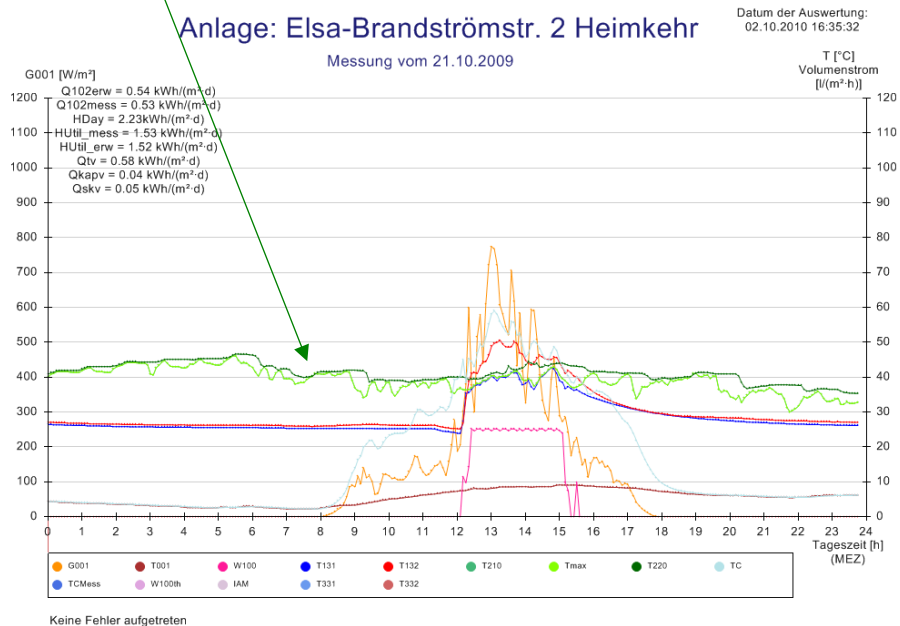


# 6. Beispiel: Optimierung der Pufferspeicheraus Kühlung durch KW-Vorwärmbetrieb



Tagesdiagramme mit unteren  
Pufferspeichertemperaturen TSL  
von 40 °C, mit Überladefunktion

Tagesdiagramme mit unteren  
Pufferspeichertemperaturen TSL  
von 15 °C, ohne Überladefunktion

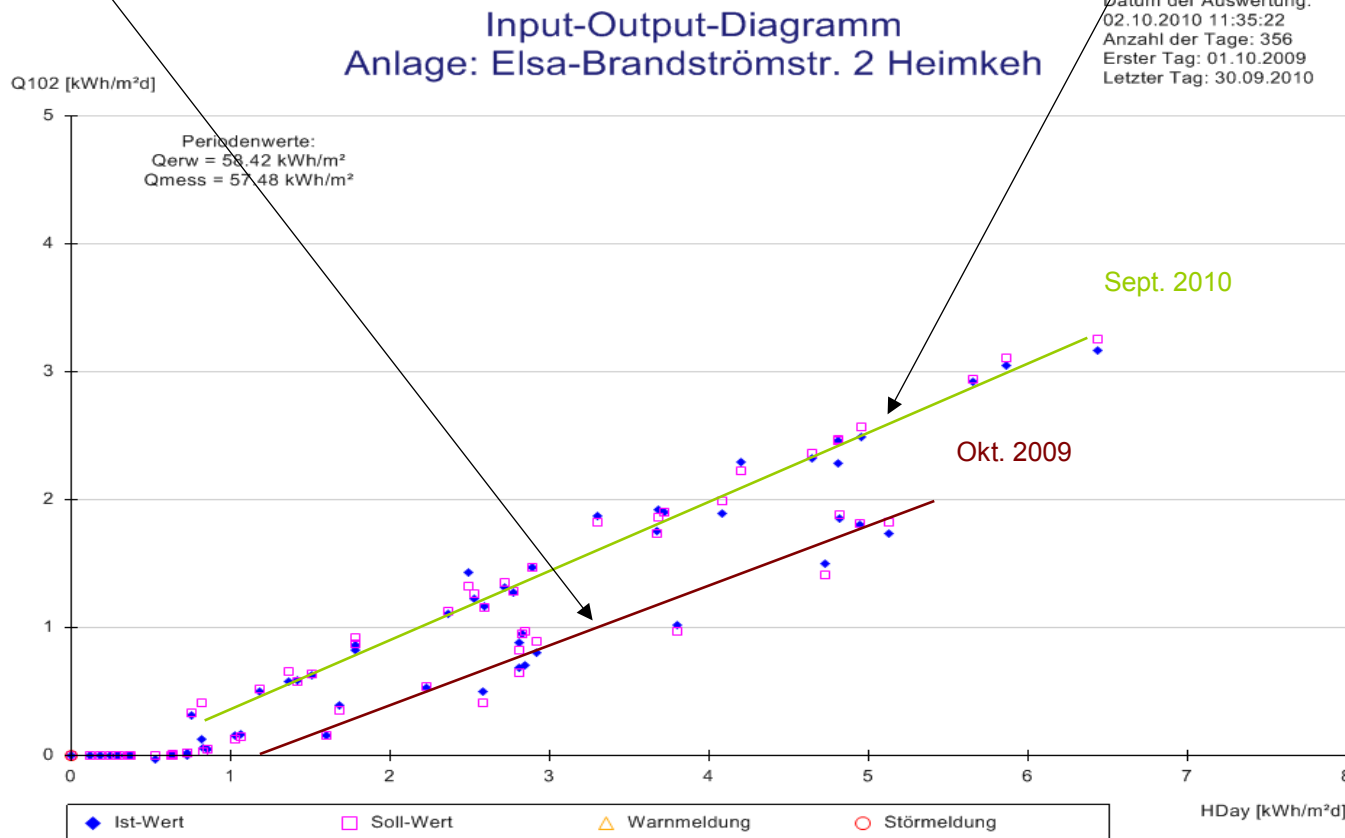


# 6. Beispiel: Optimierung der Pufferspeicheraus Kühlung durch KW-Vorwärmbetrieb



I/O-Diagramm mit unteren  
Pufferspeichertemperaturen TSL von  
40 °C, mit Überladefunktion, Okt 09

Tagesdiagramme mit unteren  
Pufferspeichertemperaturen TSL von  
15 °C, ohne Überladefunktion, Sept. 10





# Input-Output-Diagramm

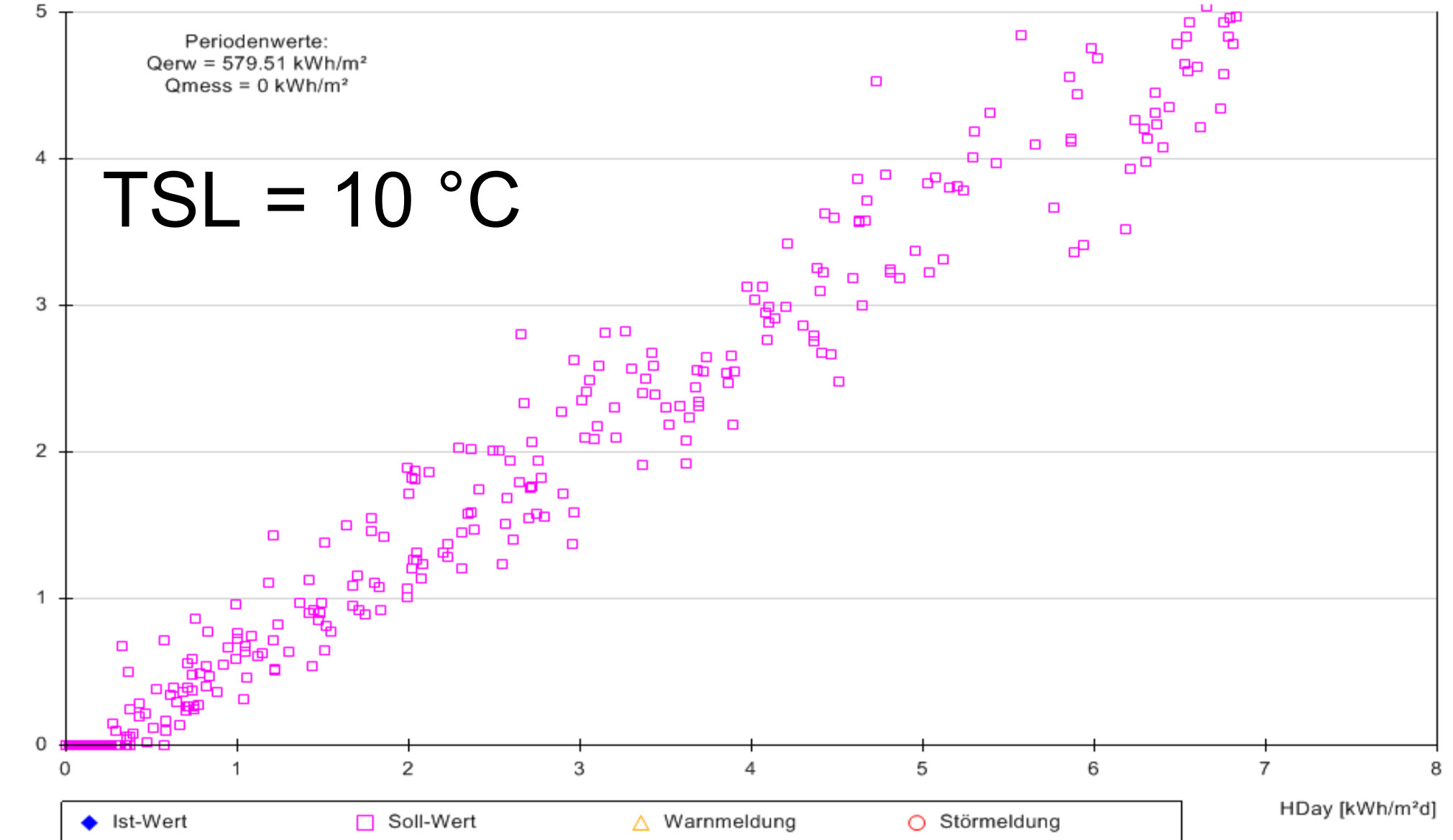
## Anlage: Elsa-Brandströmstr. 2 Heimkeh

Datum der Auswertung:  
03.10.2010 14:12:14  
Anzahl der Tage: 323  
Erster Tag: 01.11.2009  
Letzter Tag: 30.09.2010

Q102 [kWh/m<sup>2</sup>d]

Periodenwerte:  
Q<sub>erw</sub> = 579.51 kWh/m<sup>2</sup>  
Q<sub>mess</sub> = 0 kWh/m<sup>2</sup>

# TSL = 10 °C



# Input-Output-Diagramm

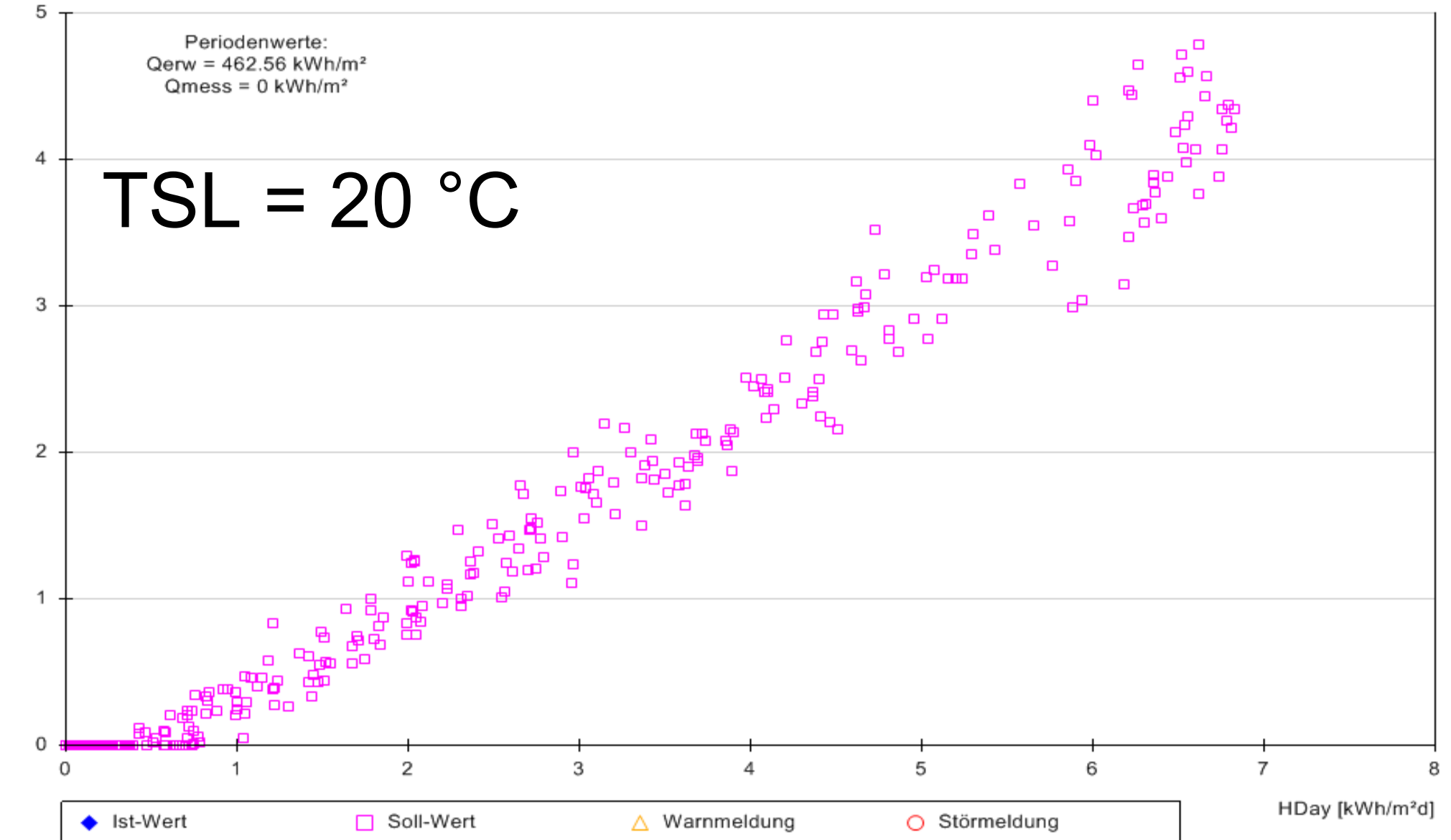
## Anlage: Elsa-Brandströmstr. 2 Heimkeh

Datum der Auswertung:  
03.10.2010 14:14:24  
Anzahl der Tage: 323  
Erster Tag: 01.11.2009  
Letzter Tag: 30.09.2010

Q102 [kWh/m<sup>2</sup>d]

Periodenwerte:  
Q<sub>erw</sub> = 462.56 kWh/m<sup>2</sup>  
Q<sub>mess</sub> = 0 kWh/m<sup>2</sup>

# TSL = 20 °C



# Input-Output-Diagramm

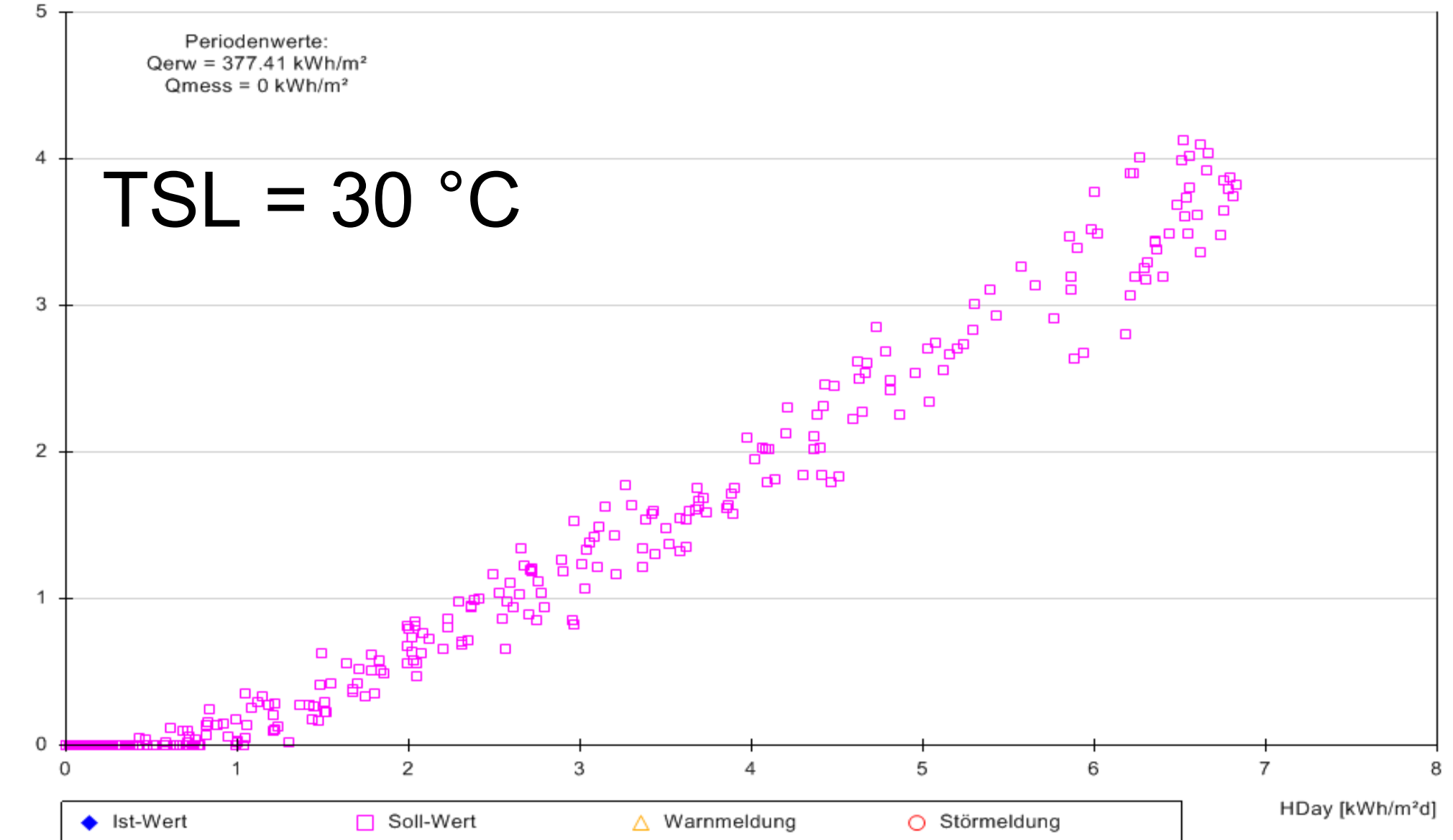
## Anlage: Elsa-Brandströmstr. 2 Heimkeh

Datum der Auswertung:  
03.10.2010 14:16:18  
Anzahl der Tage: 323  
Erster Tag: 01.11.2009  
Letzter Tag: 30.09.2010

Q102 [kWh/m<sup>2</sup>d]

Periodenwerte:  
Q<sub>erw</sub> = 377.41 kWh/m<sup>2</sup>  
Q<sub>mess</sub> = 0 kWh/m<sup>2</sup>

# TSL = 30 °C



# Input-Output-Diagramm

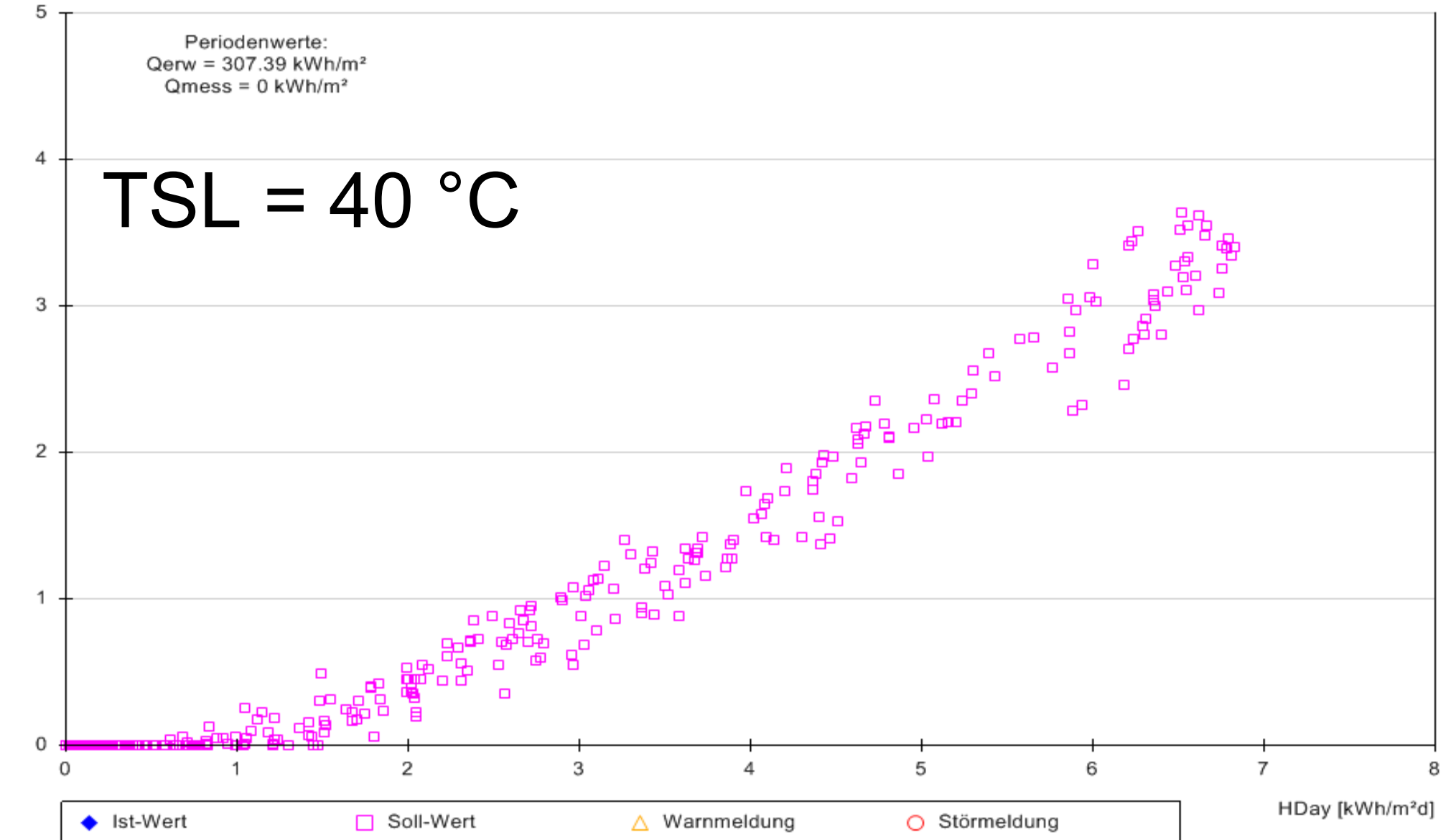
## Anlage: Elsa-Brandströmstr. 2 Heimkeh

Datum der Auswertung:  
03.10.2010 14:17:54  
Anzahl der Tage: 323  
Erster Tag: 01.11.2009  
Letzter Tag: 30.09.2010

Q102 [kWh/m<sup>2</sup>d]

Periodenwerte:  
Q<sub>erw</sub> = 307.39 kWh/m<sup>2</sup>  
Q<sub>mess</sub> = 0 kWh/m<sup>2</sup>

# TSL = 40 °C



# Input-Output-Diagramm

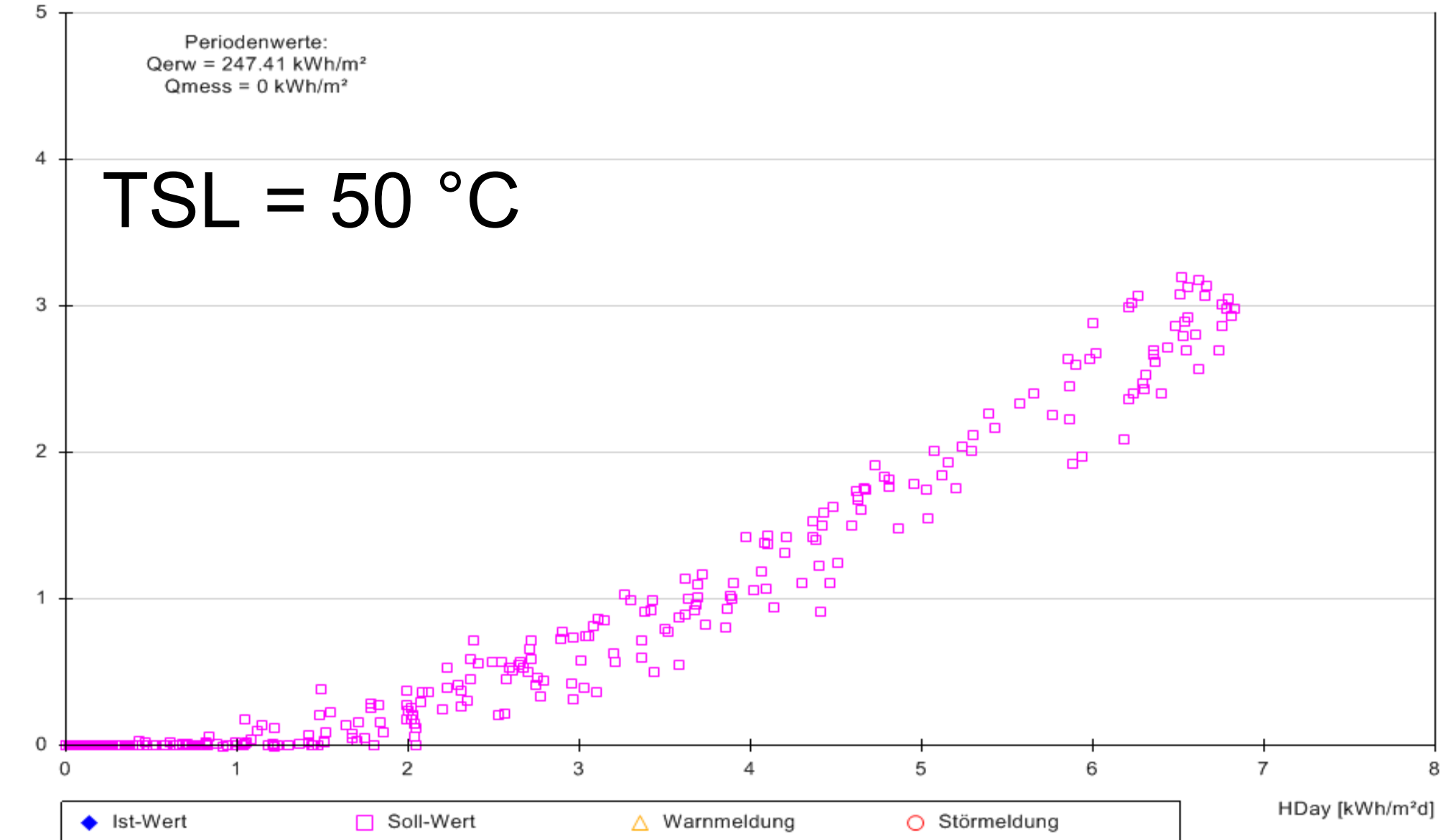
## Anlage: Elsa-Brandströmstr. 2 Heimkeh

Datum der Auswertung:  
03.10.2010 14:24:53  
Anzahl der Tage: 323  
Erster Tag: 01.11.2009  
Letzter Tag: 30.09.2010

Q102 [kWh/m<sup>2</sup>d]

Periodenwerte:  
Q<sub>erw</sub> = 247.41 kWh/m<sup>2</sup>  
Q<sub>mess</sub> = 0 kWh/m<sup>2</sup>

# TSL = 50 °C



# Input-Output-Diagramm

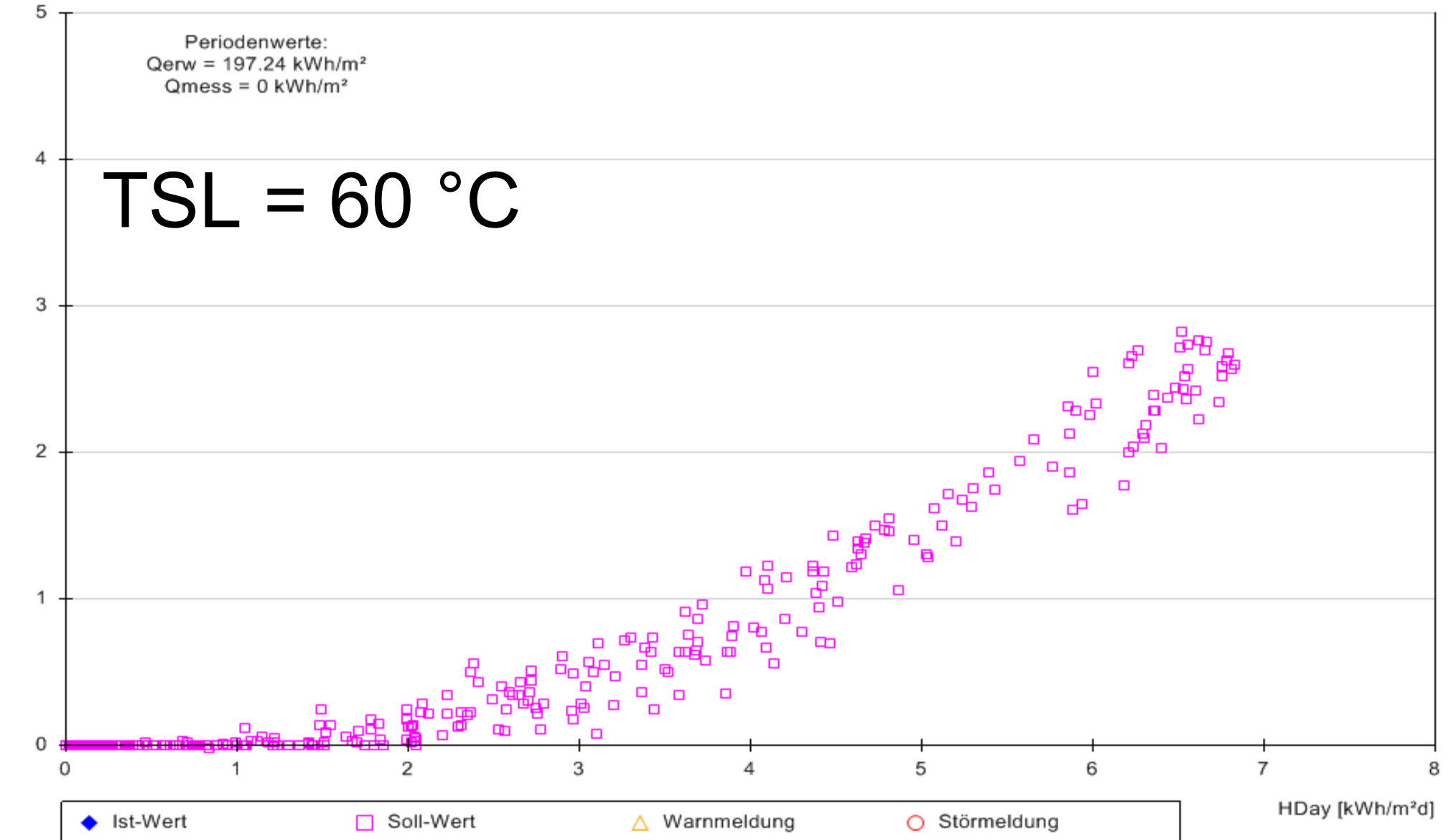
## Anlage: Elsa-Brandströmstr. 2 Heimkeh

Datum der Auswertung:  
03.10.2010 14:26:21  
Anzahl der Tage: 323  
Erster Tag: 01.11.2009  
Letzter Tag: 30.09.2010

Q102 [kWh/m<sup>2</sup>d]

Periodenwerte:  
Q<sub>erw</sub> = 197.24 kWh/m<sup>2</sup>  
Q<sub>mess</sub> = 0 kWh/m<sup>2</sup>

# TSL = 60 °C



# Input-Output-Diagramm

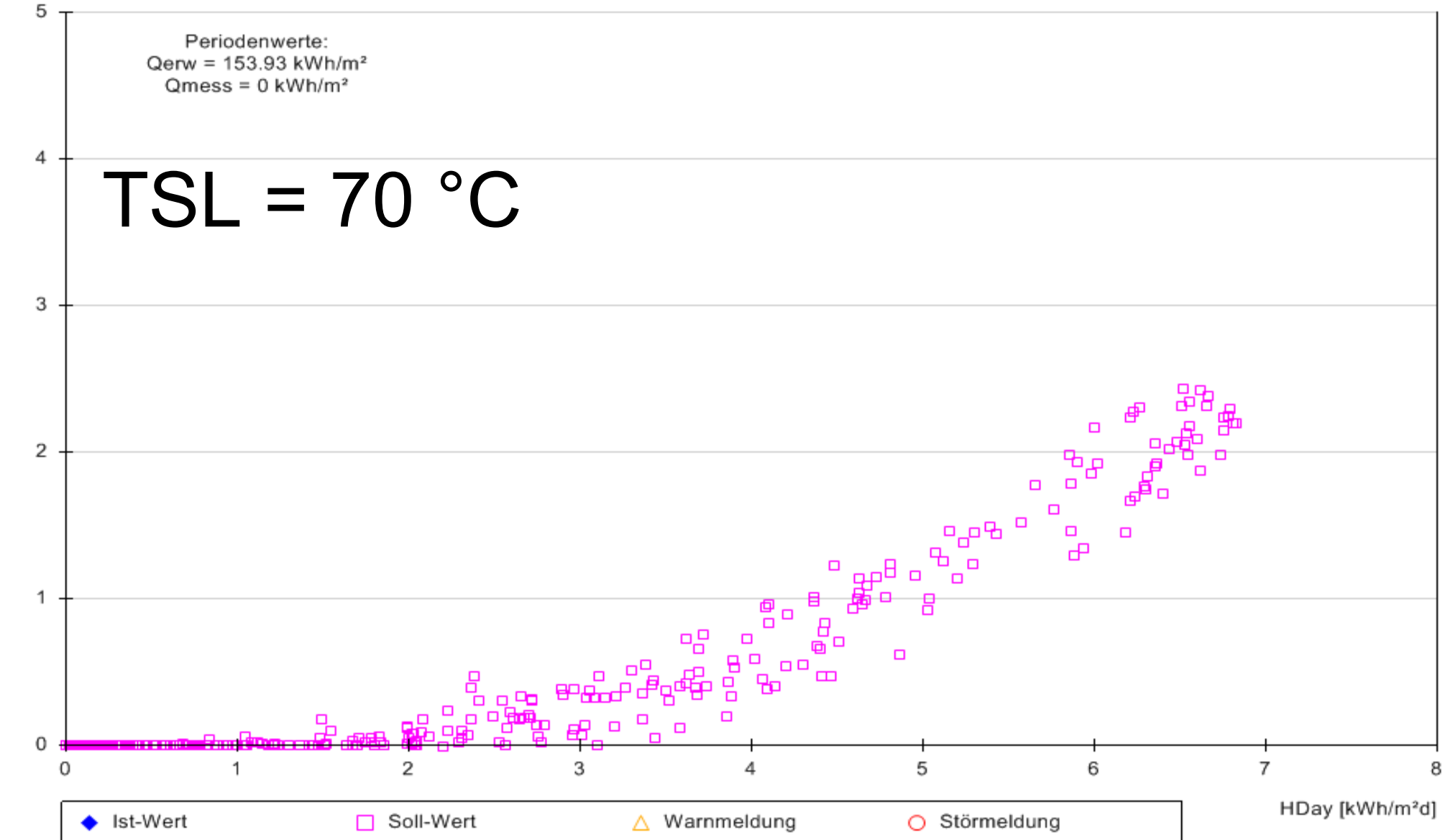
## Anlage: Elsa-Brandströmstr. 2 Heimkeh

Datum der Auswertung:  
03.10.2010 14:28:22  
Anzahl der Tage: 323  
Erster Tag: 01.11.2009  
Letzter Tag: 30.09.2010

Q102 [kWh/m<sup>2</sup>d]

Periodenwerte:  
Q<sub>erw</sub> = 153.93 kWh/m<sup>2</sup>  
Q<sub>mess</sub> = 0 kWh/m<sup>2</sup>

# TSL = 70 °C



# Input-Output-Diagramm

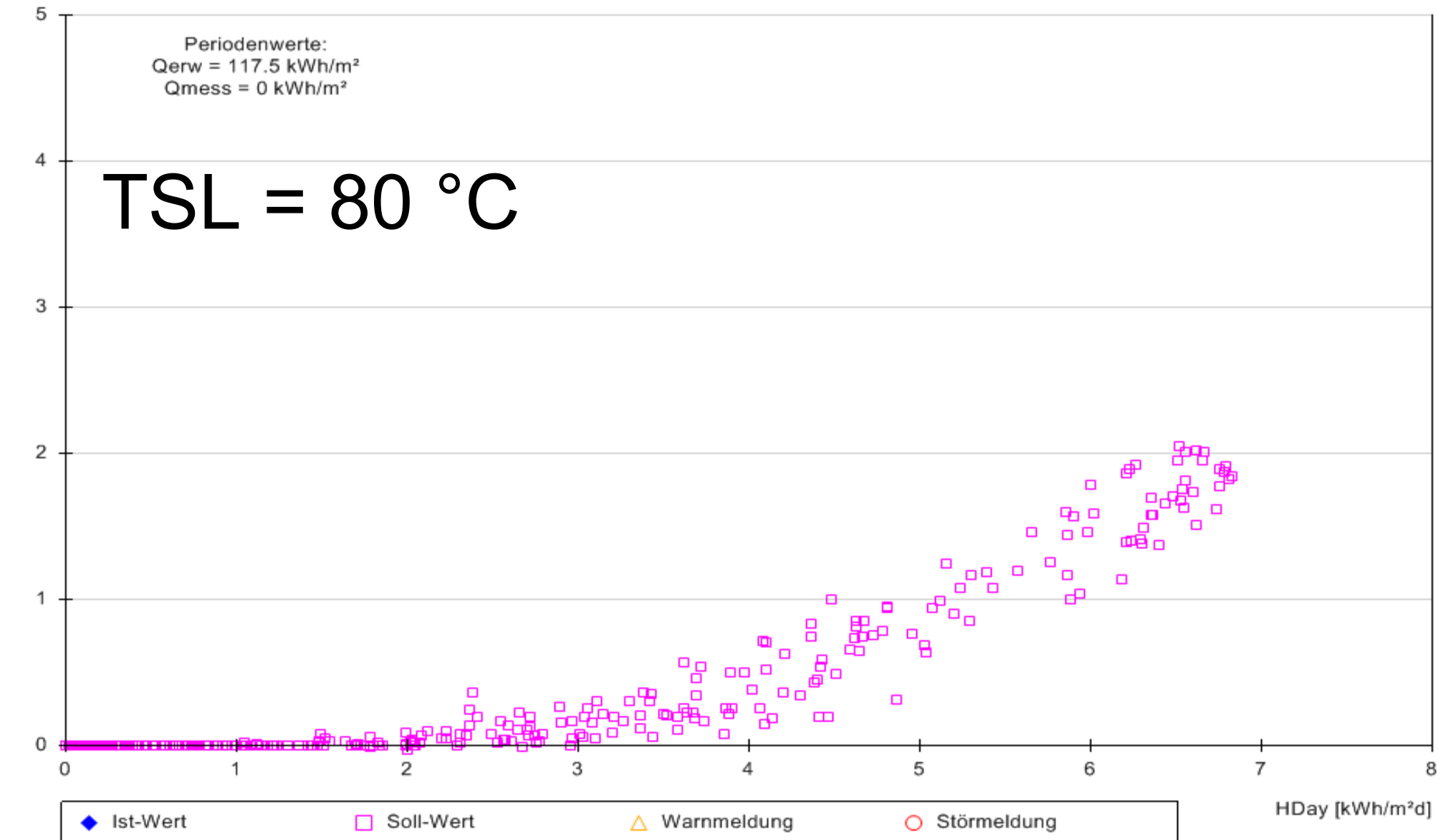
## Anlage: Elsa-Brandströmstr. 2 Heimkeh

Datum der Auswertung:  
03.10.2010 14:31:51  
Anzahl der Tage: 323  
Erster Tag: 01.11.2009  
Letzter Tag: 30.09.2010

Q102 [kWh/m<sup>2</sup>d]

Periodenwerte:  
Q<sub>erw</sub> = 117.5 kWh/m<sup>2</sup>  
Q<sub>mess</sub> = 0 kWh/m<sup>2</sup>

# TSL = 80 °C



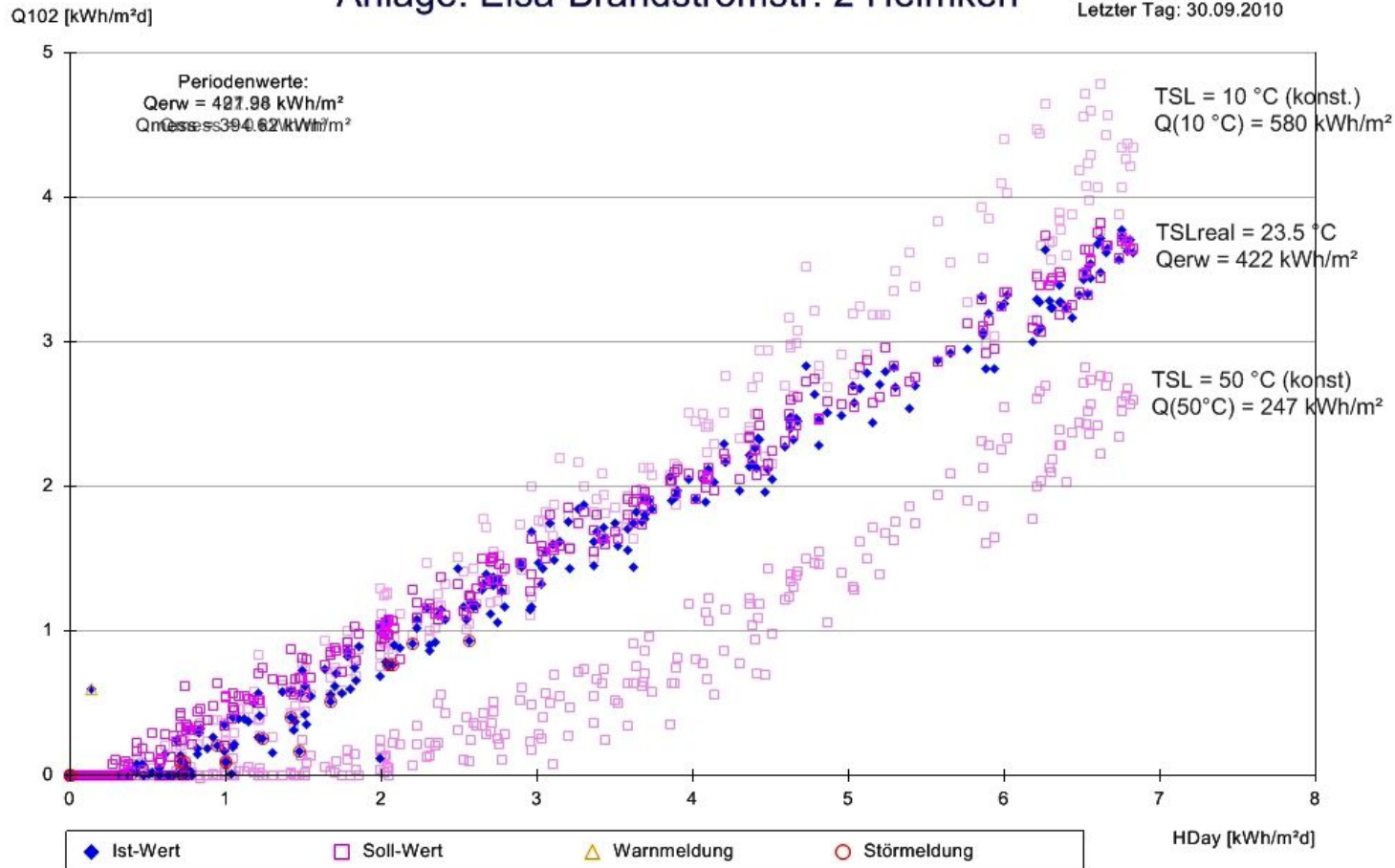


# 6. Beispiel: Optimierung der Pufferspeicherauskuhlung durch KW-Vorwärmbetrieb



Input-Output-Diagramm  
Anlage: Elsa-Brandströmstr. 2 Heimkeh

Datum der Auswertung:  
03.10.2010 16:26:29  
Anzahl der Tage: 323  
Erster Tag: 01.11.2009  
Letzter Tag: 30.09.2010



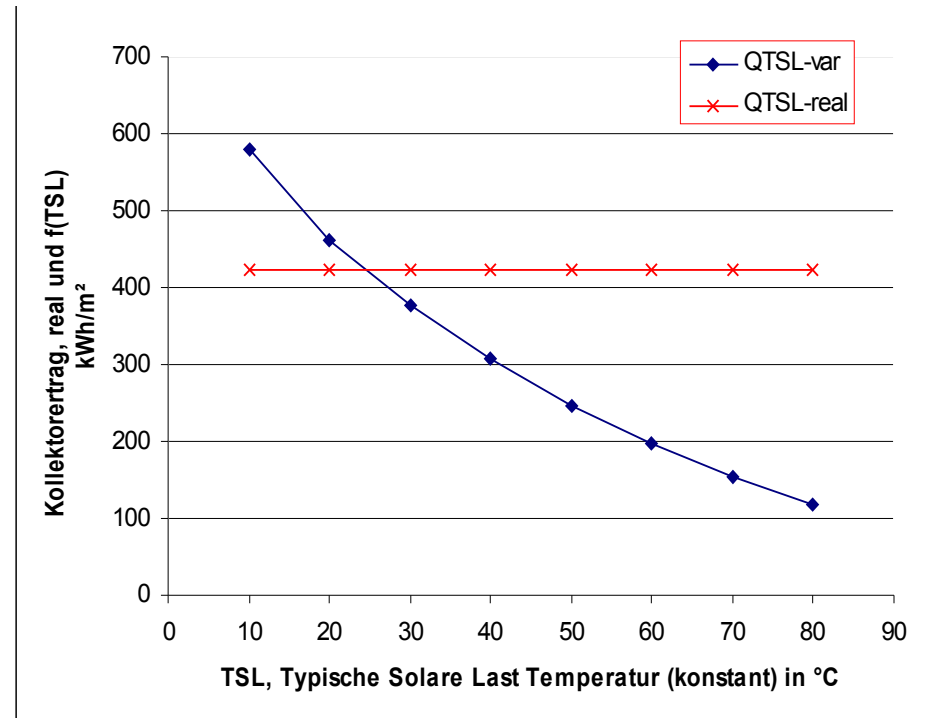
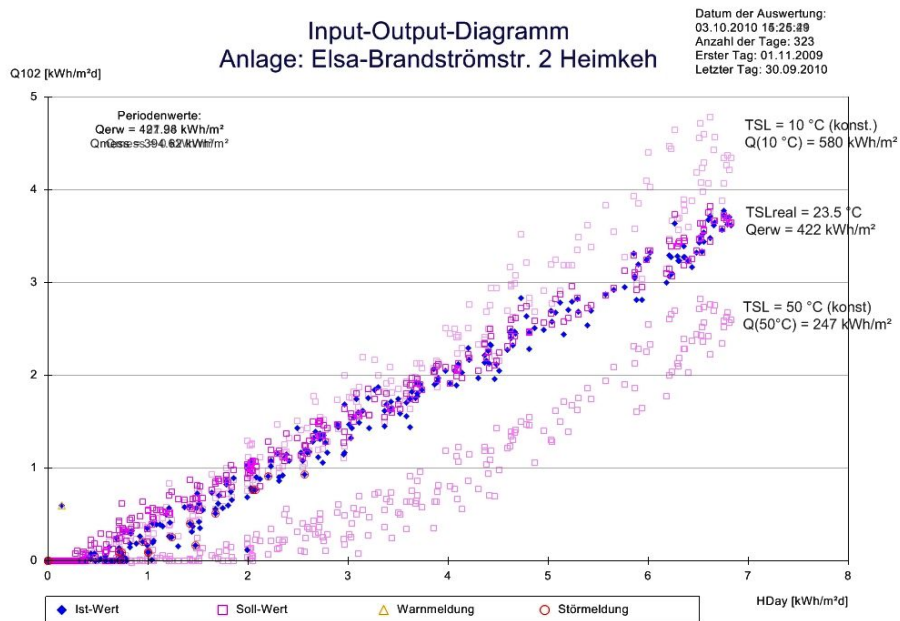
# 6. Beispiel: Optimierung der Pufferspeicheraus Kühlung durch KW-Vorwärmbetrieb



ELSA\_Brandströmstr. Nov. 2009 - Sept. 2010

Einfluß der TSL auf den Solarertrag

## Abhängigkeit des Solarertrags von der TSL zwischen 10 °C und 80 °C



# 7. Beispiel für Effizienz-Verbesserungen...



- Fehlanpassung des Heizkesselvolumenstromes bewirkt Durchmischung des Pufferspeichers
- Vertauschung von Vor- und Rücklauf im Kollektorkreislauf
- Thermosiphon-Fehlzirkulation im Kollektorkreislauf
- Kollektorpumpe schaltet nicht ein oder zu spät ein
- Abschalten der Solarkreisläufe bei hoher Bestrahlungsstärke
- Optimierung der Pufferspeicherauskuhlung durch KW-Vorwärmbetrieb
- **zu kleiner Wärmetauscher im Kollektorkreislauf**
- Rücklauf der Raumheizung strömt durch den WW-Nachheiz-WT
- Fehlzirkulation der Kesselpumpe durch den Kombianlagen-Pufferspeicher

# 7. Beispiel für Effizienz-Verbesserungen...



- **zu kleiner Wärmetauscher im Kollektorkreislauf**
- **Auslegungsempfehlung nach VDI-6002 (Zitat):**
- *„Bei guter Einstrahlung von ca. 800 W/m<sup>2</sup> auf das Kollektorfeld werden im Mittel der Betriebsbedingungen (mittlere Systemtemperatur) etwa 500 W Wärme pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche erzeugt.*
- *Bei dieser Leistung soll die mittlere log. Temperaturdifferenz am Wärmeübertrager den Wert von 5 K nicht übersteigen.*
- **Die spezifische Leistung des Wärmeübertragers (je m<sup>2</sup> Kollektorfläche) beträgt dann 100 W/(K\*m<sup>2</sup>).**
- *Diese Auslegung hat sich bei großen Anlagen bezüglich des Nutzen/Kosten-Verhältnisses in der Praxis bewährt.“*
- **Bei  $A_{\text{Kol}} = 21.5 \text{ m}^2$ :  $k_{\text{WT}} = 2200 \text{ W / K}$**

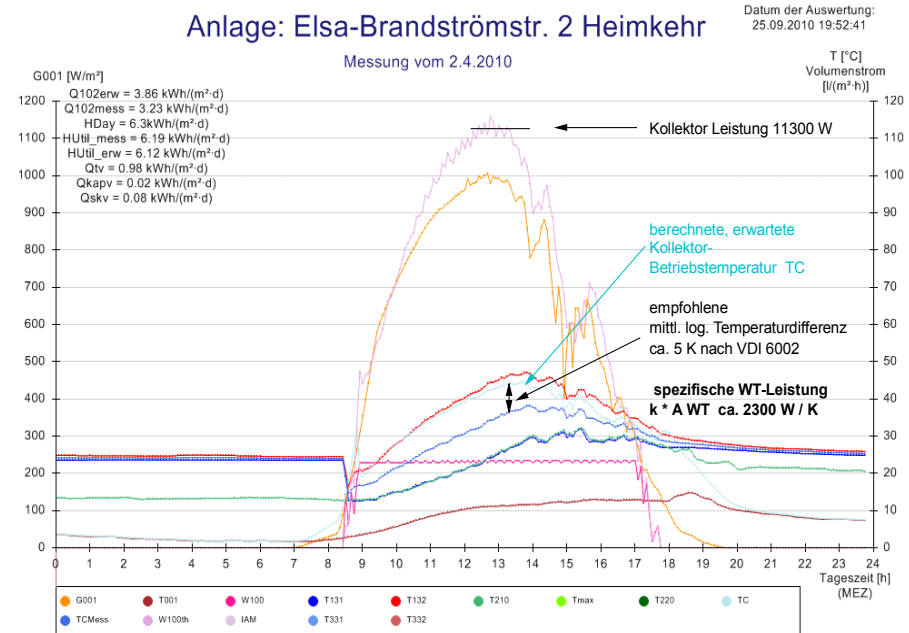
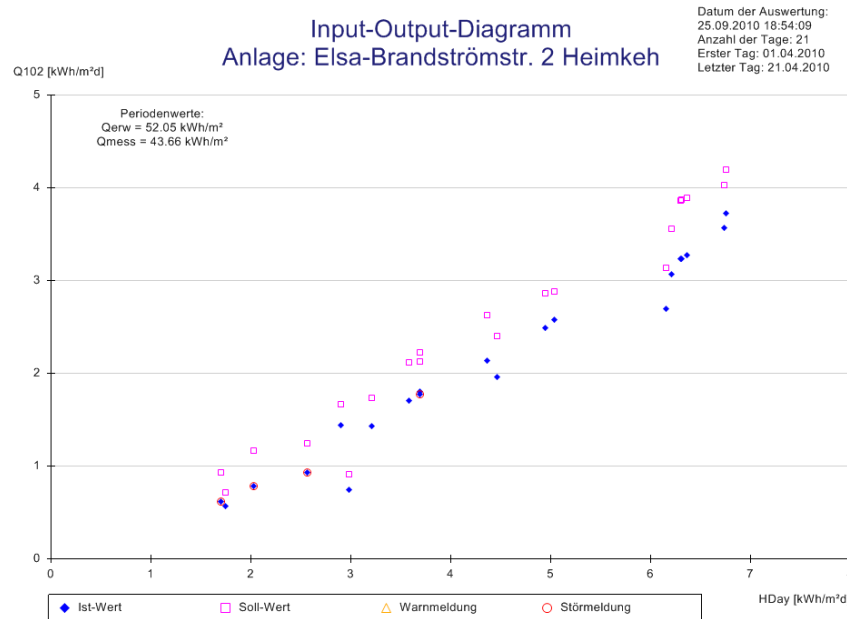
# 7. Beispiel

## zu kleiner Wärmetauscher im Kollektorkreislauf



In April 2010: 16 % Minderertrag gegenüber WT-Auslegung nach VDI 6002

Bei WT-Auslegung nach VDI 6002: 5 K zw. Kollektor- und Beladekreislauf bei Kollektorleistung 11.3 kW entspricht  $k_{wt} * A = 2260 \text{ W/K}$

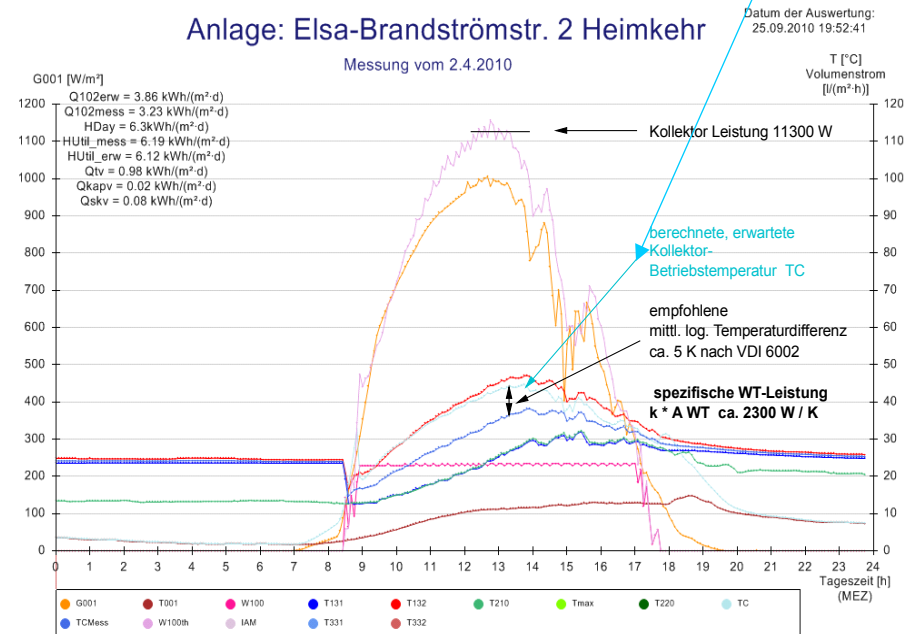
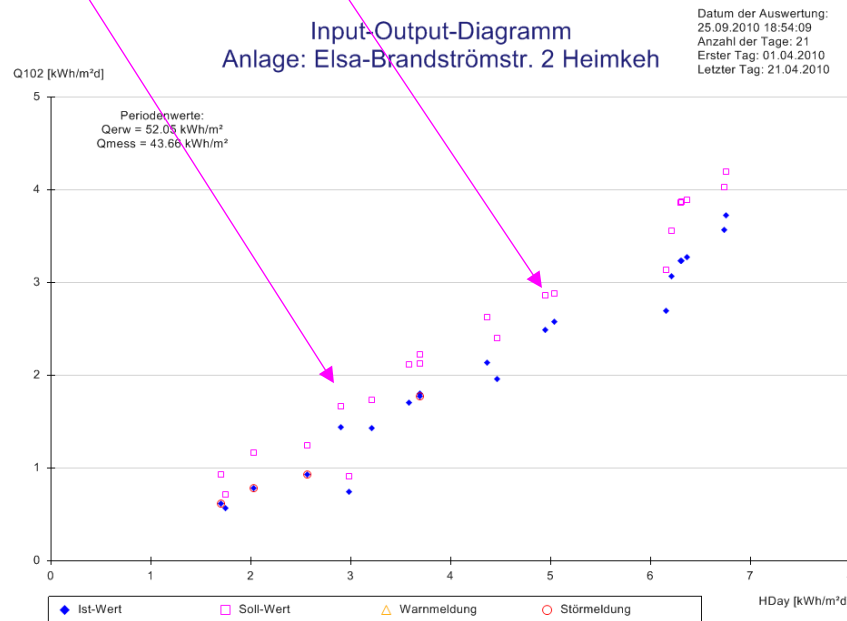


# 7. Beispiel

## zu kleiner Wärmetauscher im Kollektorkreislauf



Die erwartete Erträge werden berechnet mit der erwarteten Koll-Betriebstemperatur TC



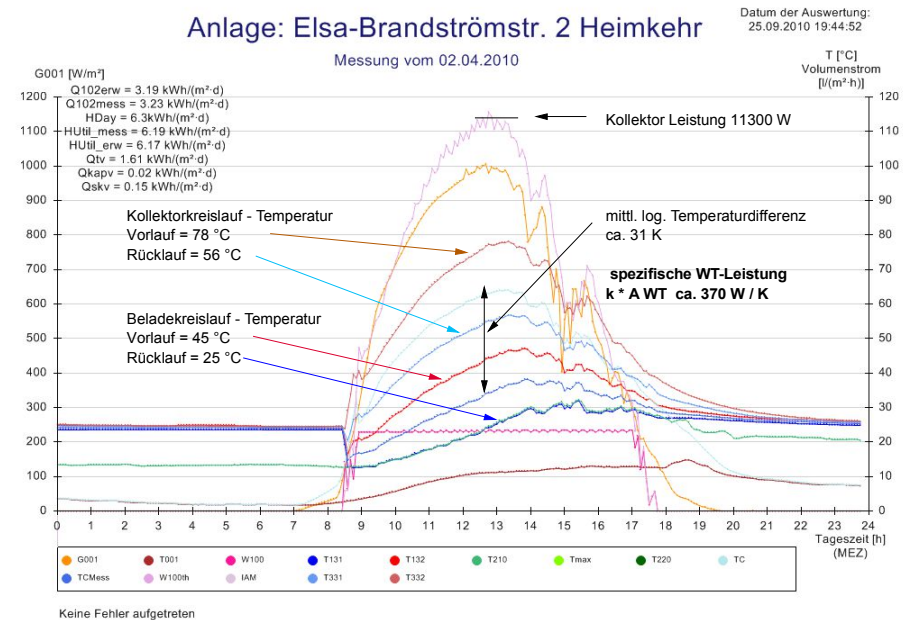
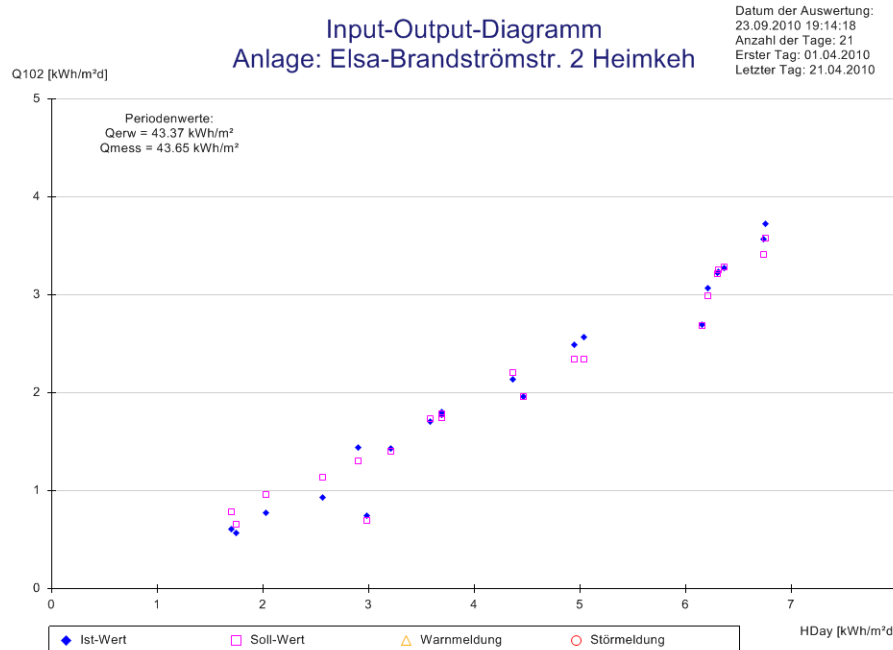
# 7. Beispiel

## zu kleiner Wärmetauscher im Kollektorkreislauf



Parametervariation für April 2010  
ergibt im Mittel:  $k \cdot A = 450 \text{ W/K}$

Beispiel 02.04.10:  $\Delta T_{\log} = 31 \text{ K}$  zw.  
Kollektor- und Beladekreislauf  
bei Kollektorleistung 11300 W ergibt  
 $k \cdot A = 370 \text{ W/K}$



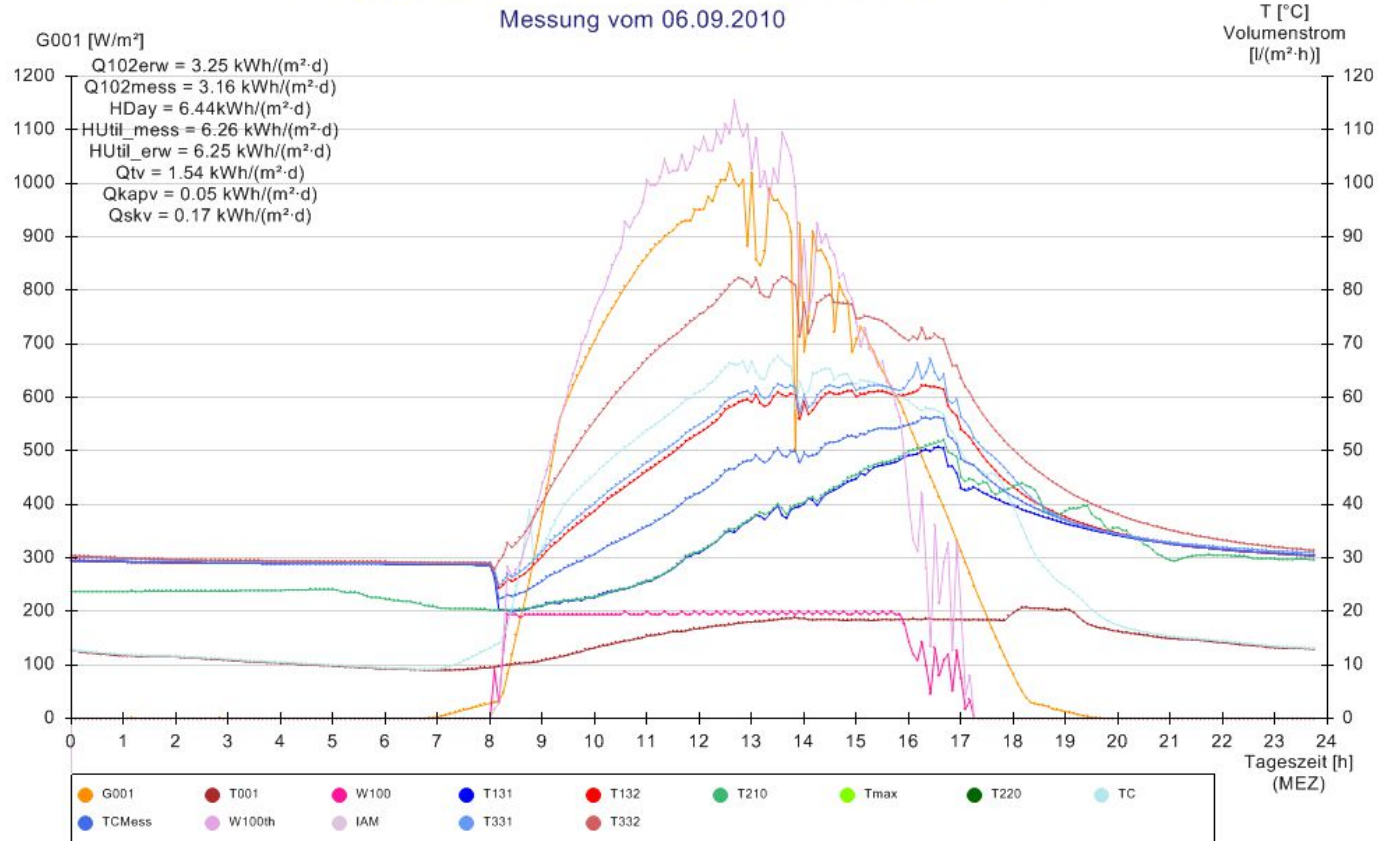
# 7. Beispiel

## NEUER Wärmetauscher im Kollektorkreislauf



Anlage: Elsa-Brandströmstr. 2 Heimkehr

Datum der Auswertung:  
25.09.2010 20:49:55



Keine Fehler aufgetreten

Institut für Solarenergieforschung  
Hameln



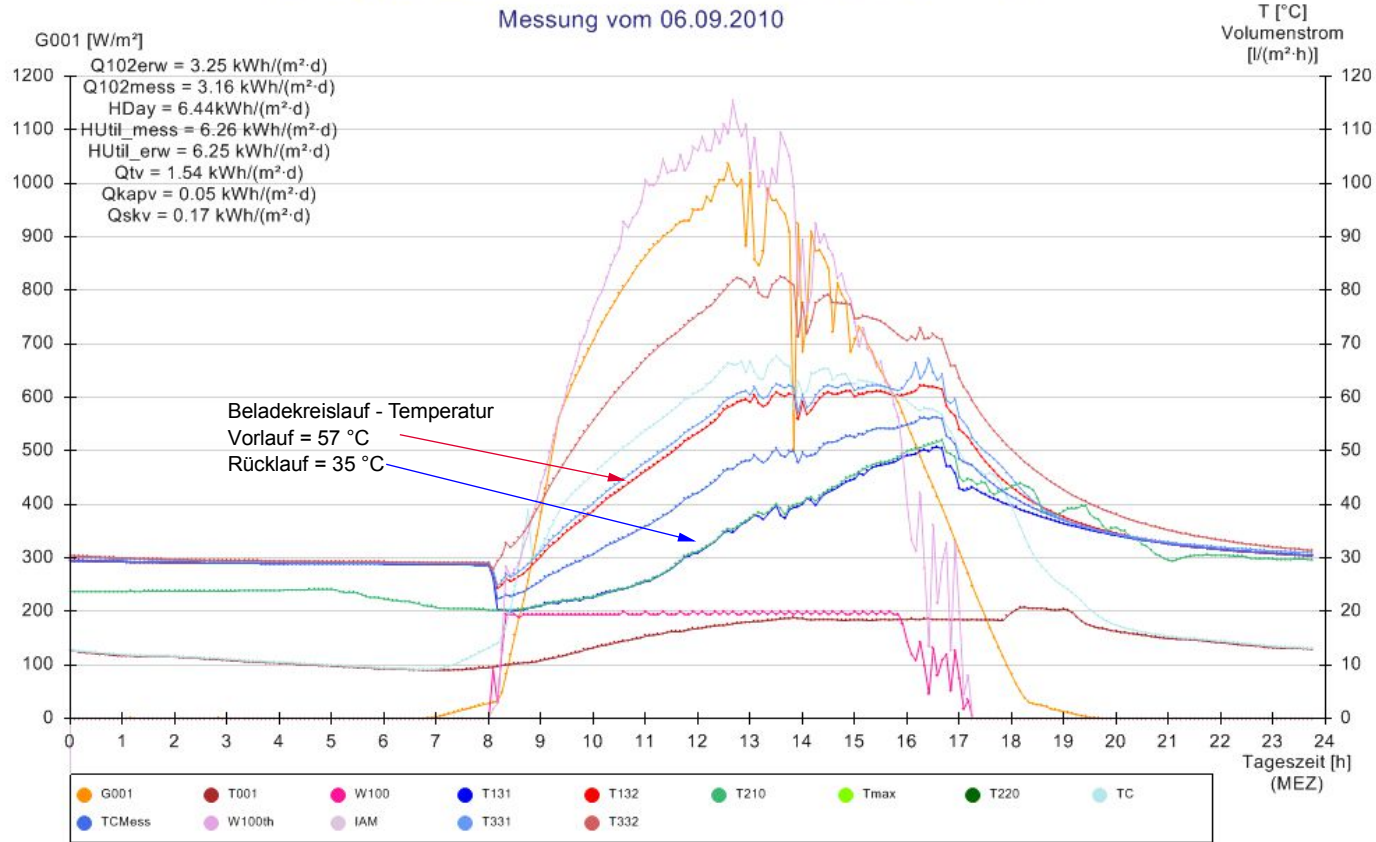
# 7. Beispiel

## NEUER Wärmetauscher im Kollektorkreislauf



Anlage: Elsa-Brandströmstr. 2 Heimkehr

Datum der Auswertung:  
25.09.2010 20:49:55



Keine Fehler aufgetreten

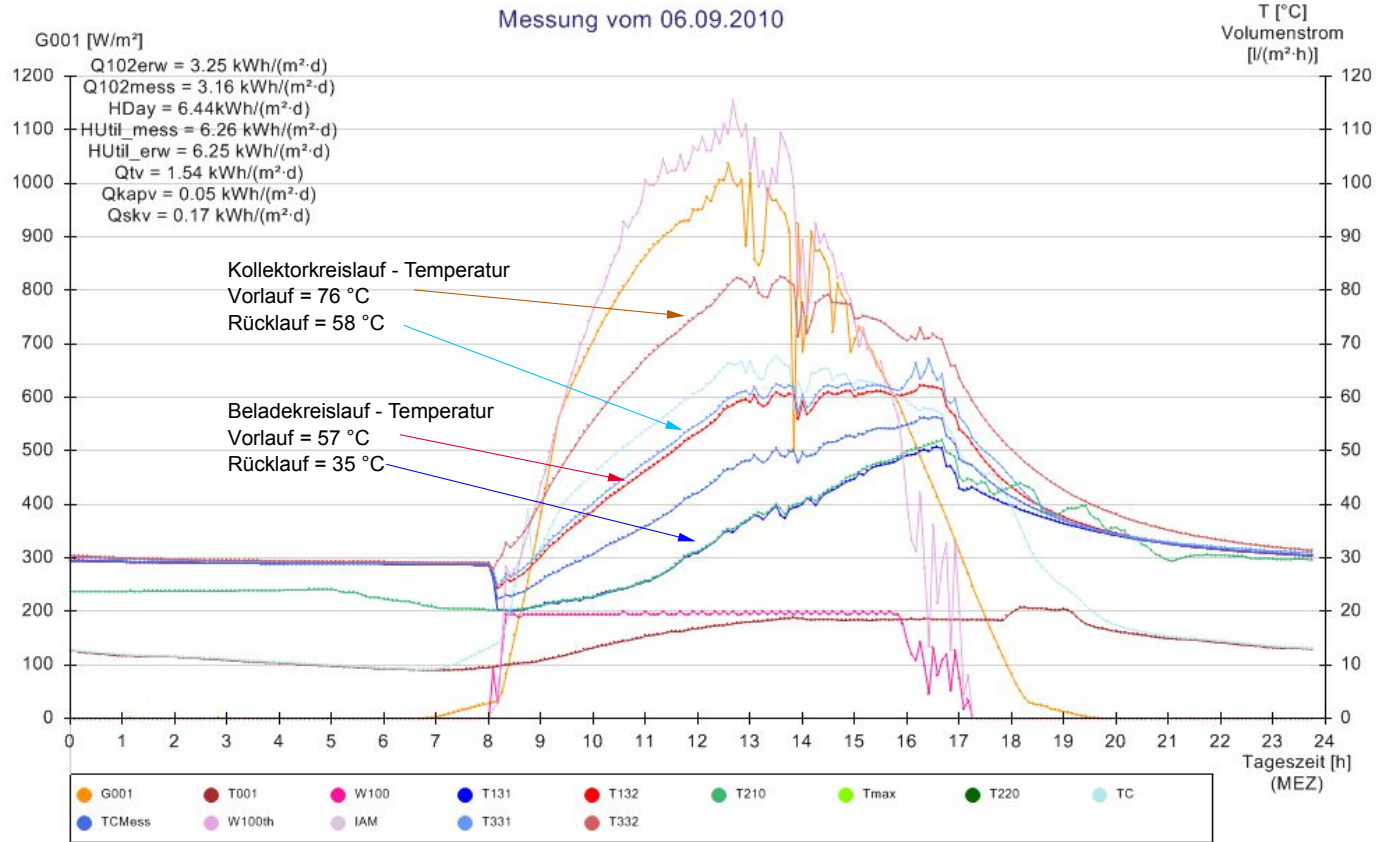
# 7. Beispiel

## NEUER Wärmetauscher im Kollektorkreislauf



Anlage: Elsa-Brandströmstr. 2 Heimkehr

Datum der Auswertung:  
25.09.2010 20:49:55



Keine Fehler aufgetreten

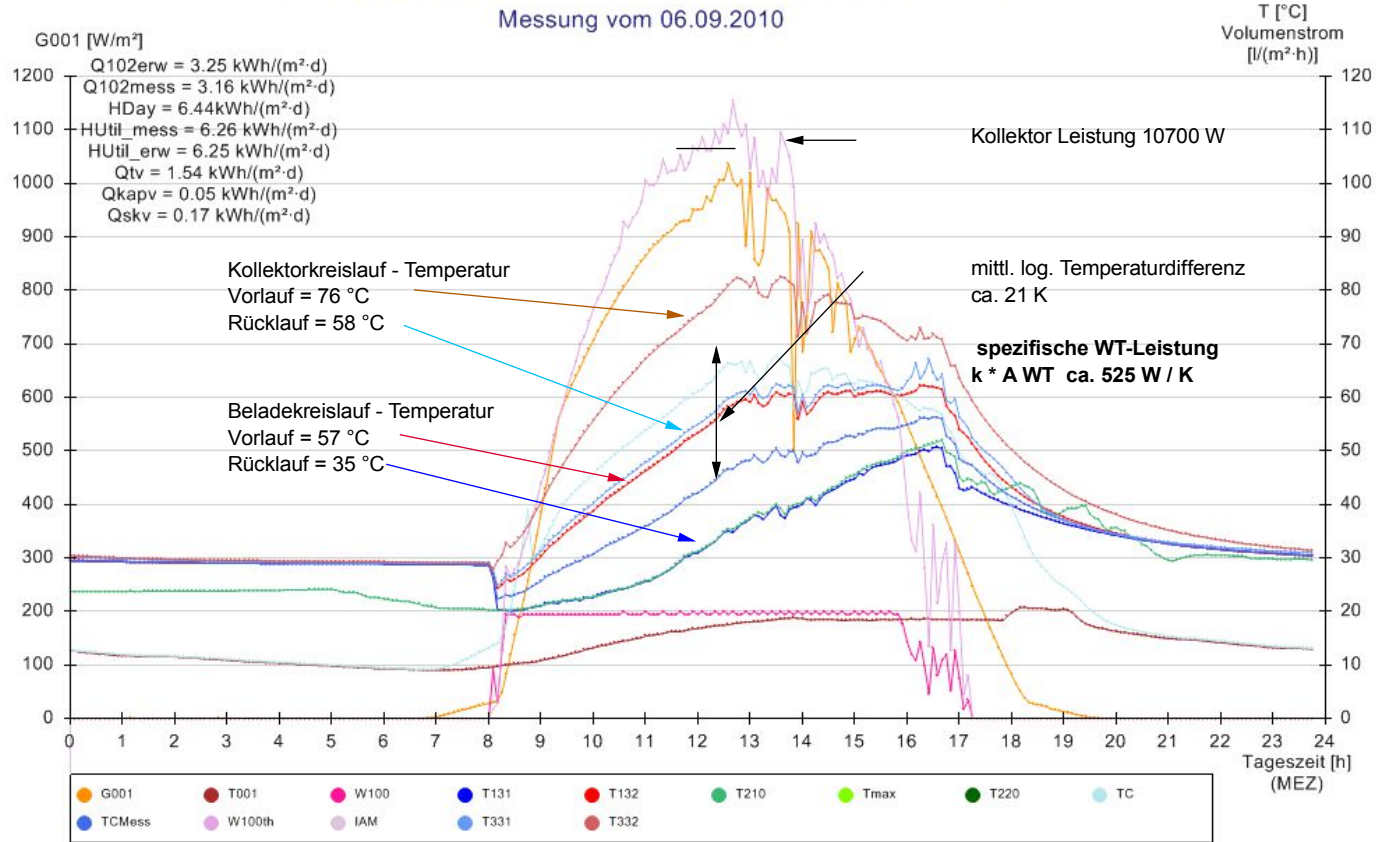
# 7. Beispiel

## NEUER Wärmetauscher im Kollektorkreislauf



Anlage: Elsa-Brandströmstr. 2 Heimkehr

Datum der Auswertung:  
25.09.2010 20:49:55



Keine Fehler aufgetreten

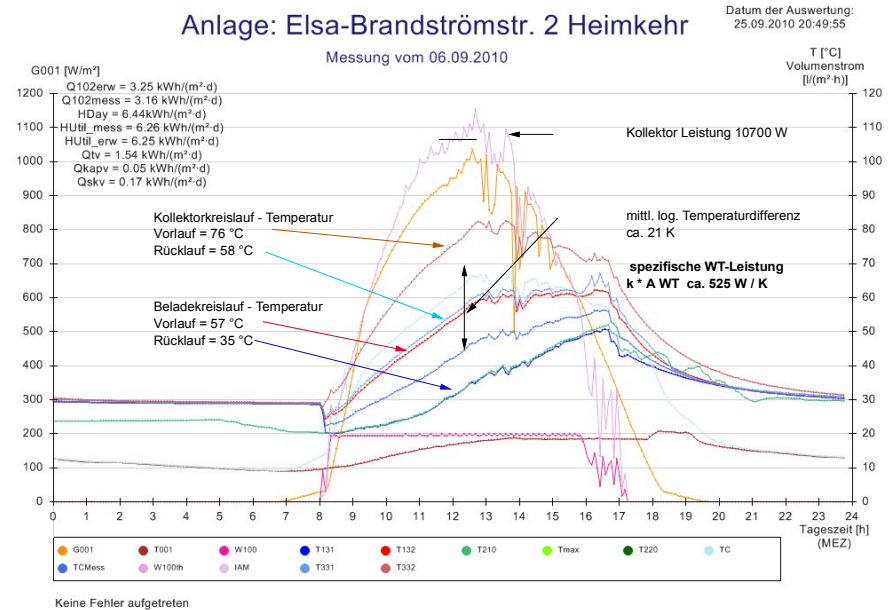
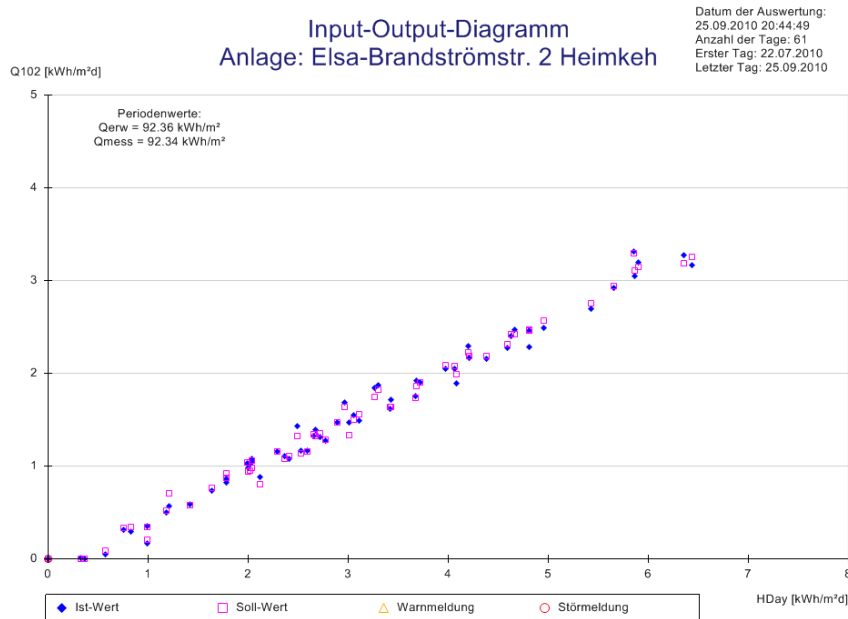
# 7. Beispiel

## NEUER Wärmetauscher im Kollektorkreislauf in Juli 2010



**Neue** Parametervariation für 61 Tage nach dem Umbau ergibt im Mittel:  $k \cdot A$ -Wert = 643 W/K

**Beispiel 06.09.10:**  $\Delta T_{log} = 21$  K zw. Kollektor- und Beladekreislauf bei Kollektorleistung 10700 W ergibt  $k \cdot A = 525$  W/K



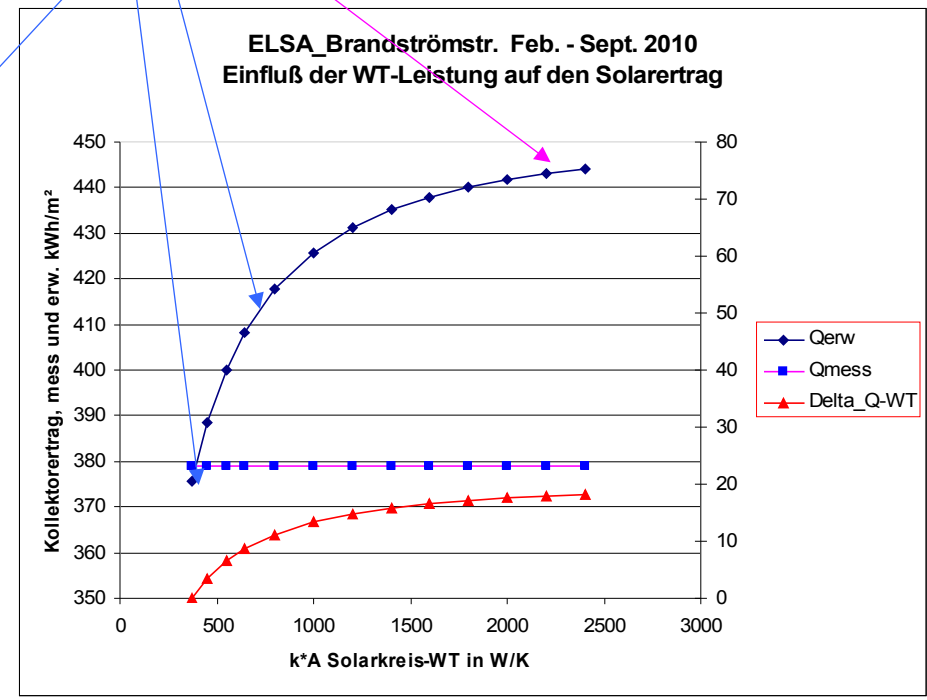
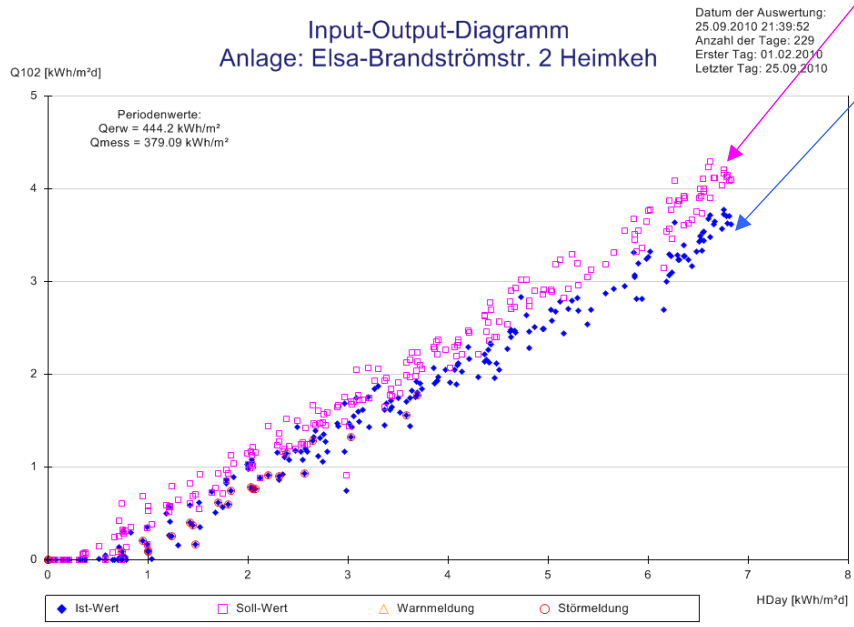
# 7. Beispiel

## Einfluss des Wärmetauschers im Kollektorkreislauf



Feb.-Sept.2010: 17.2 % Minderertrag gegenüber WT-Auslegung nach VDI 6002

VDI-Empfehlung 2300 W/K  
neuer WT ab Juli 2010 ca. 643 W/K  
erster WT bis Juli 2010 ca. 370 W/K



Einfluß der spezifischen Wärmetauscher-Übertragungsleistung auf den solaren Ertrag

Institut für Solarenergieforschung  
Hameln

- **Größere Beachtung für die Anlagenhydraulik**
- **Auslegung der Wärmeübertrager** nach der erforderlichen spezifischen Übertragungsleistung in kW/K. Richtwerte gibt die VDI 6002 ( 5 K zwischen Kollektor- und Beladekreislauf bei Nennleistung der Anlage)
- **Solare WW-Bereitung mit reinem Vorwärmtrieb** erhöht den jährlichen Solarertrag um 40-50 % gegenüber einem Betrieb der Pufferspeicher auf WW-Soll-Temperatur.
- **Keinerlei Aufheizung von solaren (Puffer-)Speichern durch konventionelle Kesselanlagen**

- Das **Input/Output-Verfahren** ist ein intelligentes Mess- und Auswerteverfahren für Handwerker, Planer, Betreiber und Energieberater
- Der Soll-/Ist-Wert-Vergleich täglicher Erträge schafft eine sehr kompakte Datenbasis für die Funktionskontrolle und eine schnelle Effizienzbewertung
- Die Kombination täglicher Soll/Ist-Ertragsvergleiche mit dem täglichen Verlauf hoch aufgelöster 5-Minuten Datenreihen ermöglicht ergänzende Detail-Analysen

- Die Verknüpfung
  - von kostengünstiger Messtechnik und
  - Schulung betroffener Akteure in der Interpretation leicht zugänglicher und praxisrelevanter Messdatenbietet ein enormes Potenzial für die Effizienzoptimierung und ihre langfristige Absicherung !
- Dieser Beitrag ist kein Ersatz für eine Schulung !
- Bitte melden Sie sich bei Interesse im ISFH !



# Beispiele für Effizienz-Verbesserungen...

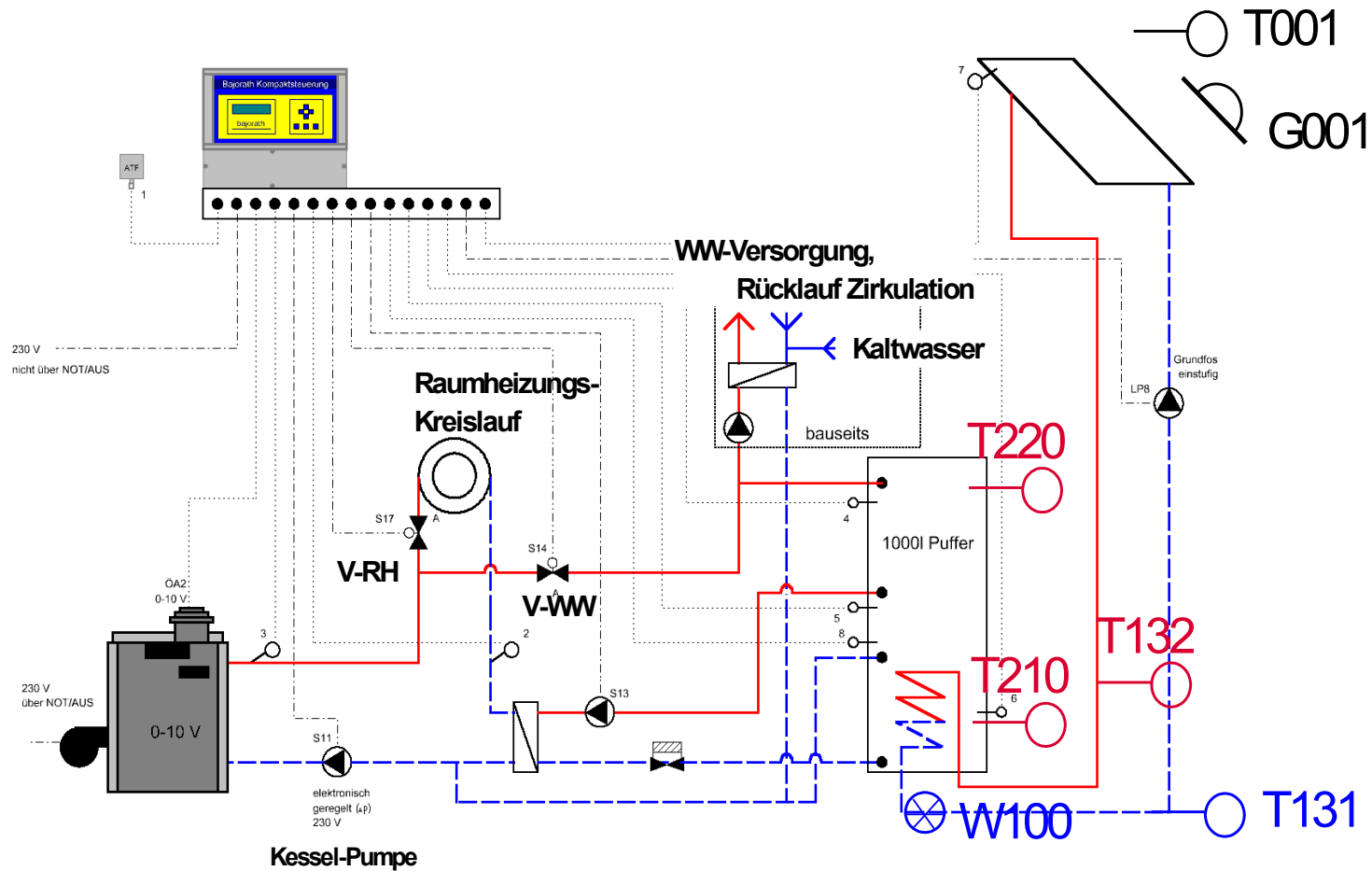


- Fehlanpassung des Heizkesselvolumenstromes bewirkt Durchmischung des Pufferspeichers
- Vertauschung von Vor- und Rücklauf im Kollektorkreislauf
- Thermosiphon-Fehlzirkulation im Kollektorkreislauf
- Kollektorpumpe schaltet nicht ein oder zu spät ein
- Abschalten der Solarkreisläufe bei hoher Bestrahlungsstärke
- Optimierung der Pufferspeicherauskuhlung durch KW-Vorwärmbetrieb
- zu kleiner Wärmetauscher im Kollektorkreislauf
- Rücklauf der Raumheizung strömt durch den WW-Nachheiz-WT
- Fehlzirkulation der Kesselpumpe durch den Kombianlagen-Pufferspeicher

# 1. Beispiel:

## Fehlanpassung des Heizkesselvolumenstromes

### Schaltschema Schneidemühler Weg 10 und 16



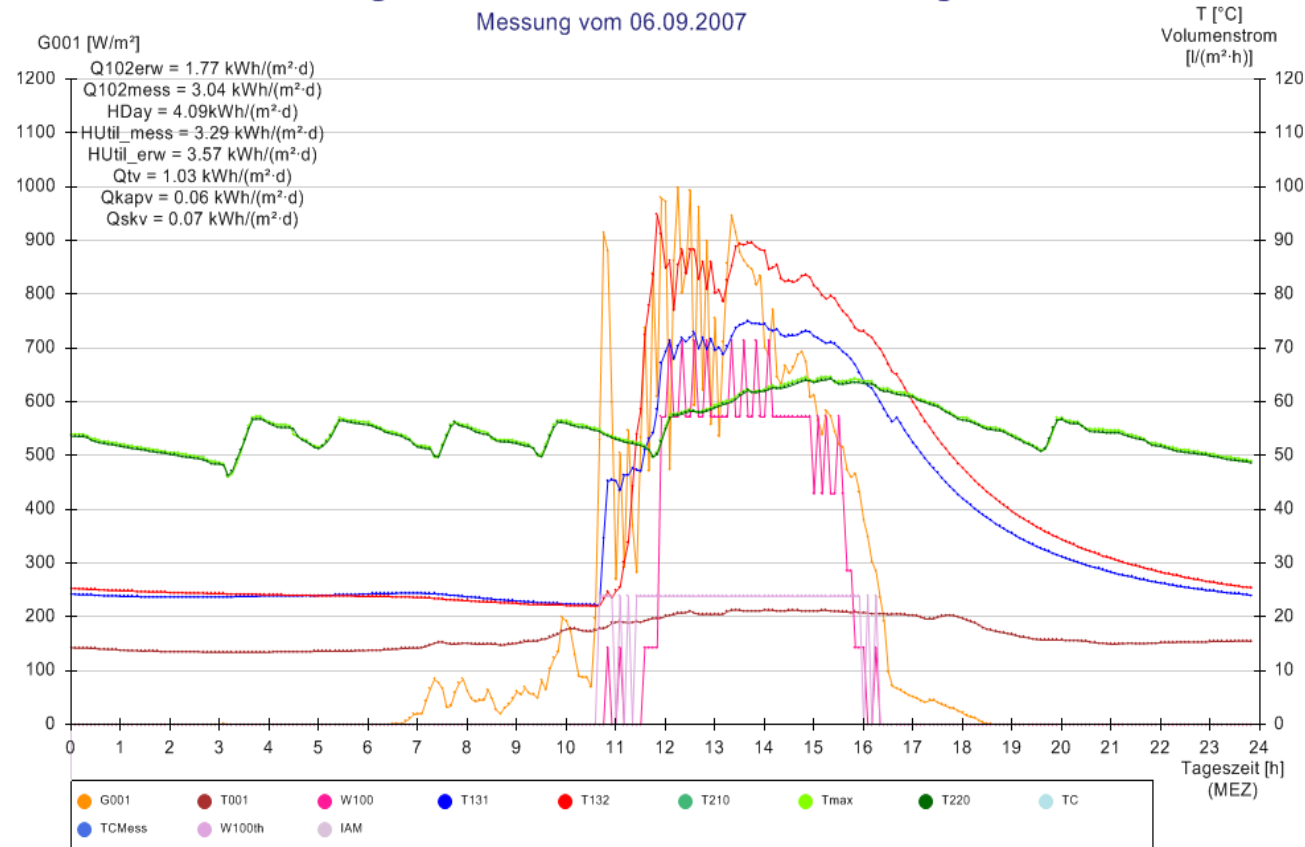
# 1. Beispiel: Fehlanpassung des Heizkesselvolumenstromes



vollständige Durchmischung des Pufferspeichers

Anlage: SchneideMühlerWeg10

Datum der Auswertung:  
20.09.2010 15:04:52



Institut für Solarenergieforschung  
Hameln

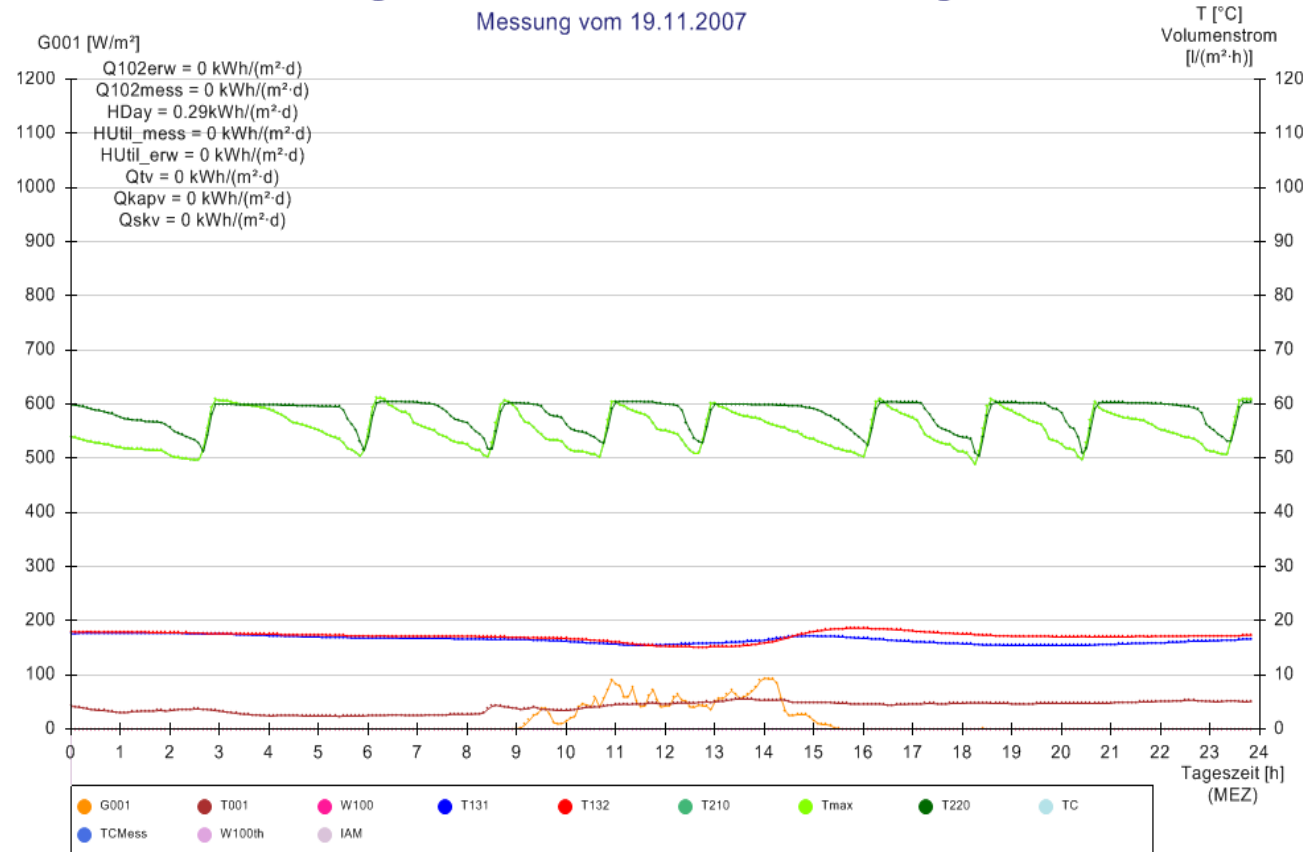
# 1. Beispiel: Fehlanpassung des Heizkesselvolumenstromes



## verbesserte Schichtung des Puffer-speichers

### Anlage: SchneideMühlerWeg10

Datum der Auswertung:  
20.09.2010 14:50:23



## 2. Beispiel für Effizienz-Verbesserungen...

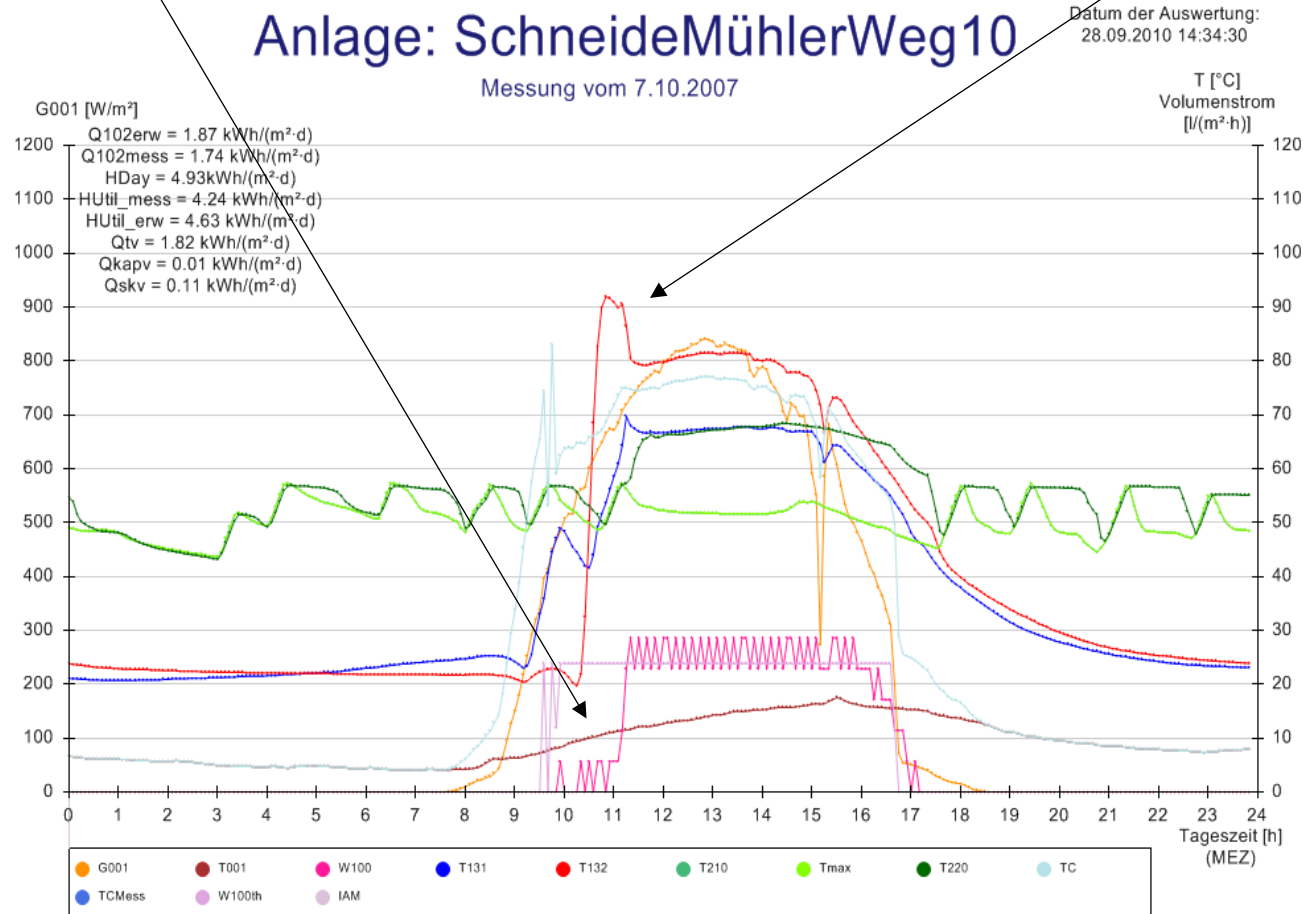


- Fehlanpassung des Heizkesselvolumenstromes bewirkt Durchmischung des Pufferspeichers
- **Vertauschung von Vor- und Rücklauf im Kollektorkreislauf**
- Thermosiphon-Fehlzirkulation im Kollektorkreislauf
- Kollektorpumpe schaltet nicht ein oder zu spät ein
- Abschalten der Solarkreisläufe bei hoher Bestrahlungsstärke
- Optimierung der Pufferspeicherauskuhlung durch KW-Vorwärmbetrieb
- zu kleiner Wärmetauscher im Kollektorkreislauf
- Rücklauf der Raumheizung strömt durch den WW-Nachheiz-WT
- Fehlzirkulation der Kesselpumpe durch den Kombianlagen-Pufferspeicher

# 2. Beispiel: Vertauschung von Vor- und Rücklauf



taktendes Einschaltverhalten des Kollektorkreislaufs führt zur Überhitzung



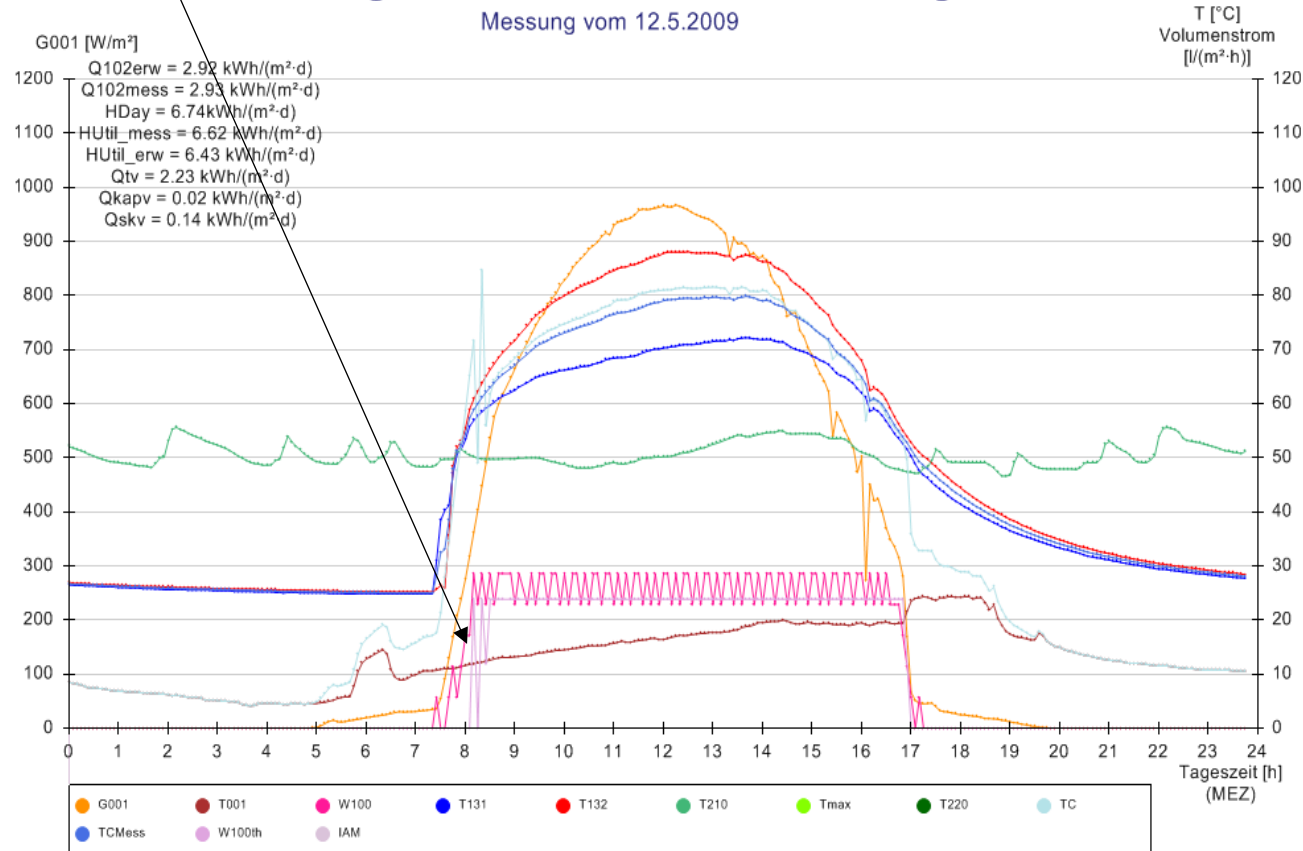
# 2. Beispiel: Vertauschung von Vor- und Rücklauf



## Korrektes Einschaltverhalten nach der Reparatur

Anlage: SchneideMühlerWeg10

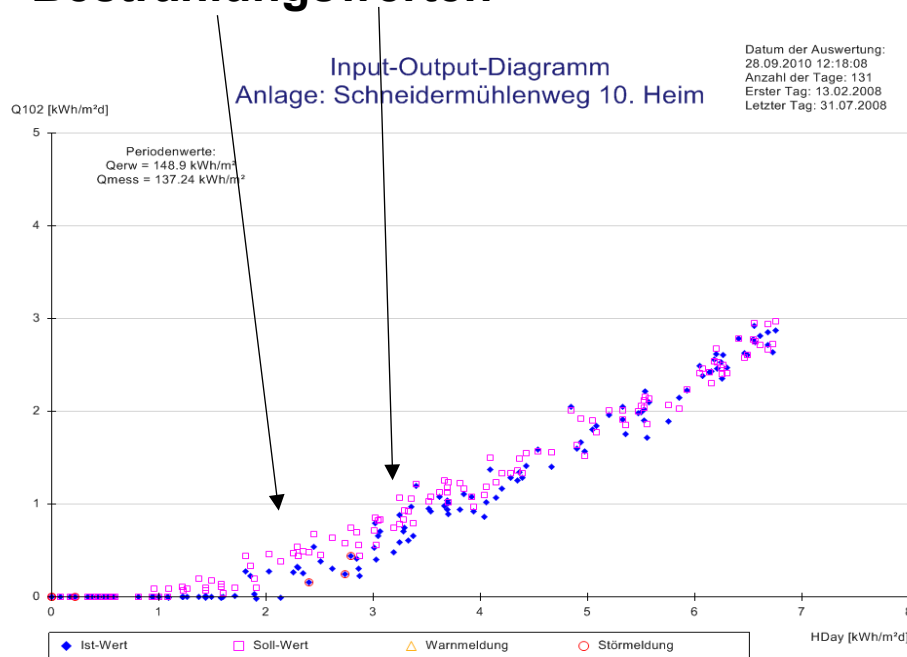
Datum der Auswertung:  
28.09.2010 14:39:38



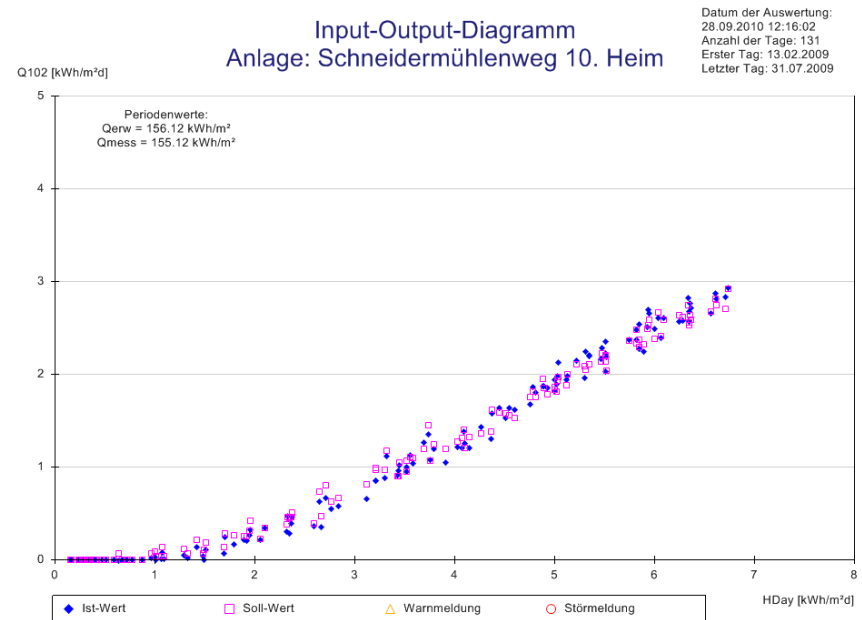
# 2. Beispiel: Vertauschung von Vor- und Rücklauf



**Minderertrag in 311-tägiger  
Messperiode etwa 11 %,  
hauptsächlich bei mittleren  
Bestrahlungswerten**



**Gute Übereinstimmung von Mess- u.  
Erwartungsertrag nach der Reparatur**





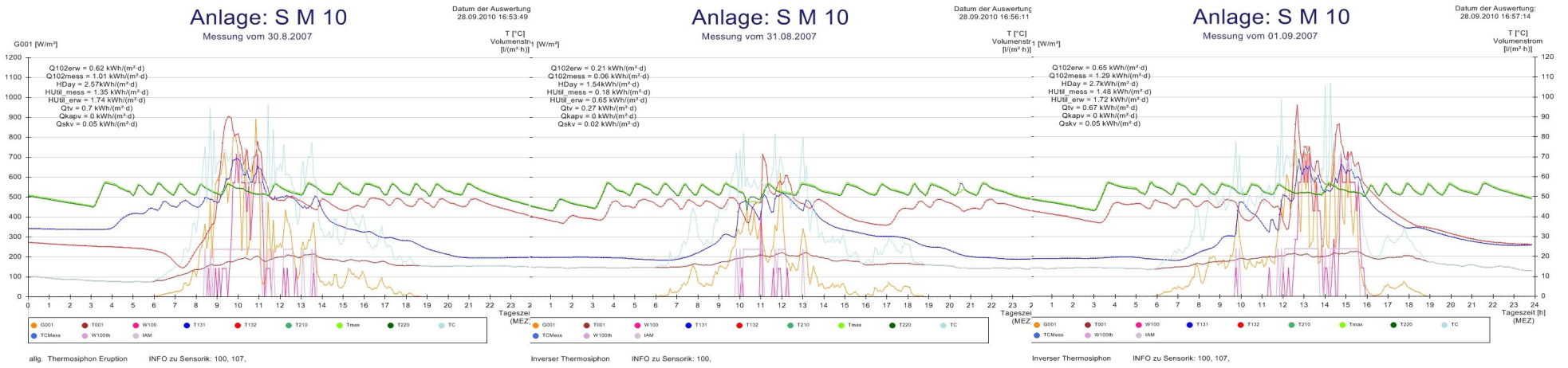
# 3. Beispiel für Effizienz-Verbesserungen...



- Fehlanpassung des Heizkesselvolumenstromes bewirkt Durchmischung des Pufferspeichers
- Vertauschung von Vor- und Rücklauf im Kollektorkreislauf
- **Thermosiphon-Fehlzirkulation im Kollektorkreislauf**
- Kollektorpumpe schaltet nicht ein oder zu spät ein
- Abschalten der Solarkreisläufe bei hoher Bestrahlungsstärke
- Optimierung der Pufferspeicherauskuhlung durch KW-Vorwärmbetrieb
- zu kleiner Wärmetauscher im Kollektorkreislauf
- Rücklauf der Raumheizung strömt durch den WW-Nachheiz-WT
- Fehlzirkulation der Kesselpumpe durch den Kombianlagen-Pufferspeicher

# 3. Beispiel:

## Thermosiphon-Fehlzirkulation im Kollektorkreislauf



# 3. Beispiel:

## Thermosiphon-Fehlzirkulation im Kollektorkreislauf



Anlage: INGA DEMO DAT

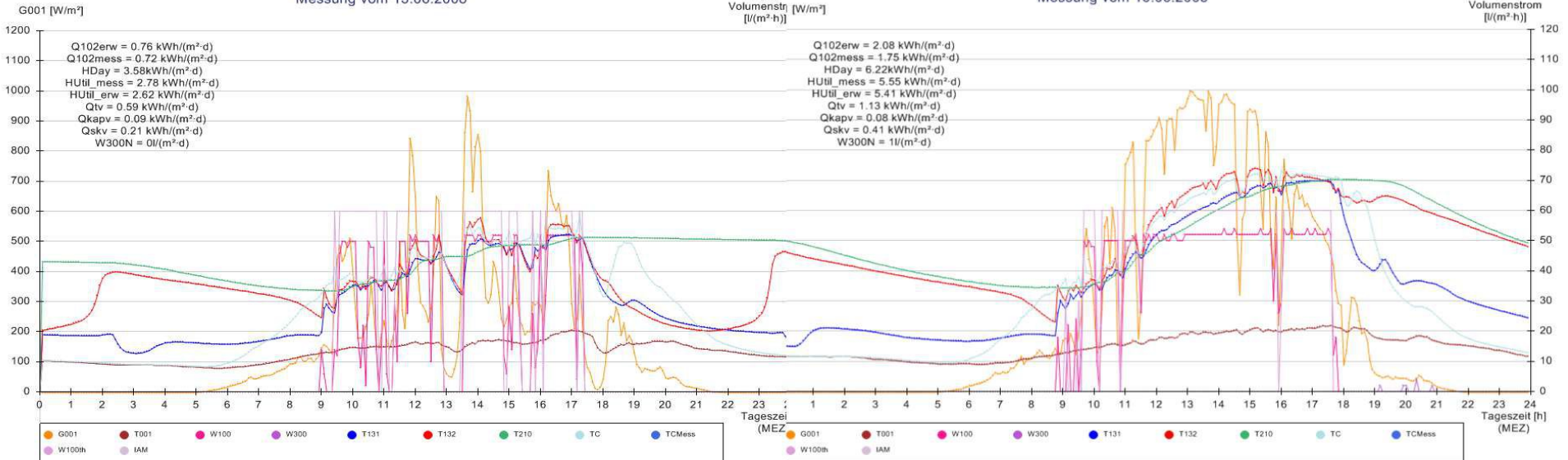
Datum der Auswertung:  
11.07.2008 21:29:27

Anlage: INGA DEMO DAT

Datum der Auswertung:  
11.07.2008 21:31:05

Messung vom 15.06.2008

Messung vom 16.06.2008



Inverser Thermosiphon INFO zu Sensorik: 100,

allg. Thermosiphon Eruption INFO zu Sensorik: 100,

# 4. Beispiel für Effizienz-Verbesserungen...

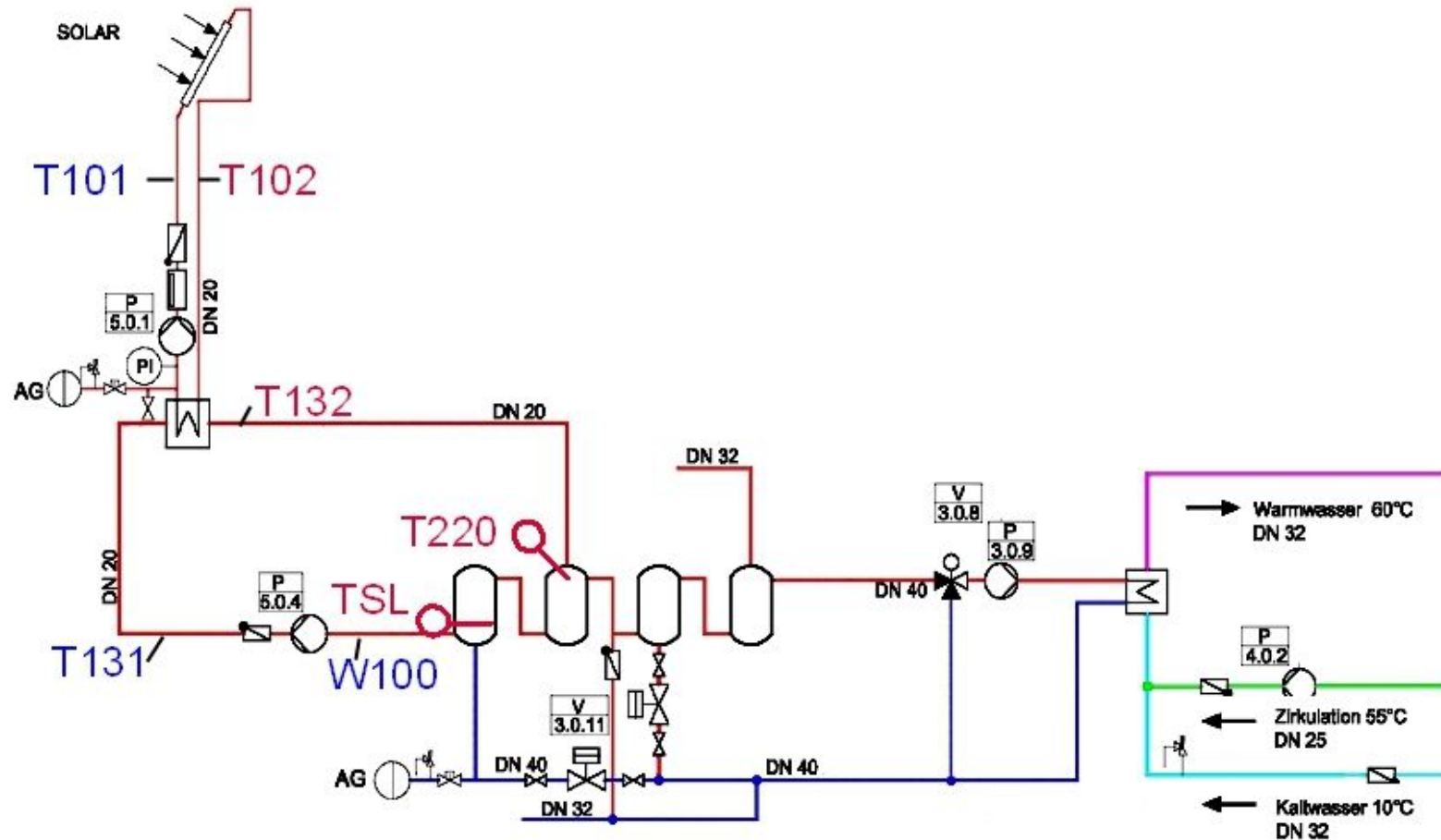


- Fehlanpassung des Heizkesselvolumenstromes bewirkt Durchmischung des Pufferspeichers
- Vertauschung von Vor- und Rücklauf im Kollektorkreislauf
- Thermosiphon-Fehlzirkulation im Kollektorkreislauf
- **Kollektorpumpe schaltet nicht ein oder zu spät ein**
- Abschalten der Solarkreisläufe bei hoher Bestrahlungsstärke
- Optimierung der Pufferspeicherauskuhlung durch KW-Vorwärmbetrieb
- zu kleiner Wärmetauscher im Kollektorkreislauf
- Rücklauf der Raumheizung strömt durch den WW-Nachheiz-WT
- Fehlzirkulation der Kesselpumpe durch den Kombianlagen-Pufferspeicher

# 4. Beispiel:

## Kollektorpumpe schaltet nicht ein oder zu spät ein

Anlage Alemannstr. mit 2 x 1000 l Pufferspeicher im Solarkreislauf



# 4. Beispiel:

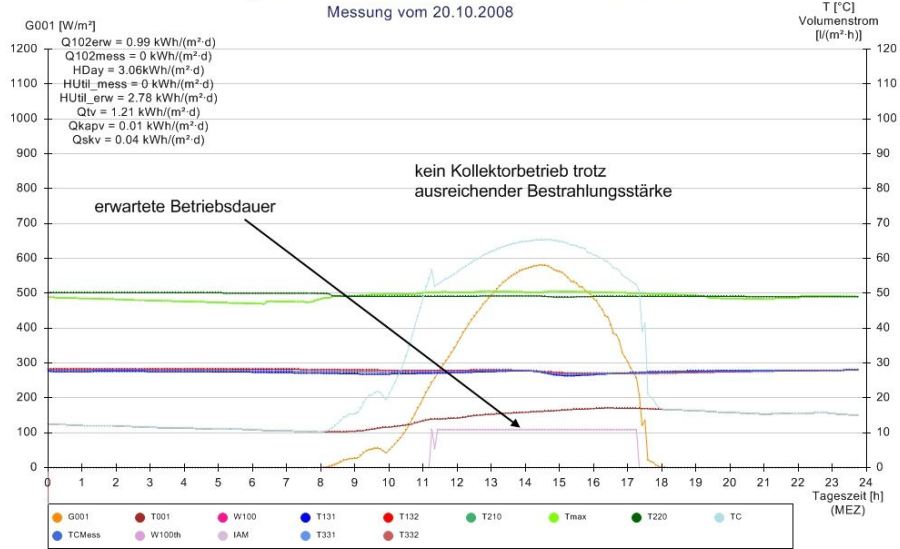
## Kollektorpumpe schaltet nicht ein, zu spät ein oder ...



### Kein bzw. zu spätes Einschalten von Kollektor- bzw. Beladekreislauflauf

Anlage: Alemannstr. 06 Heimkehr

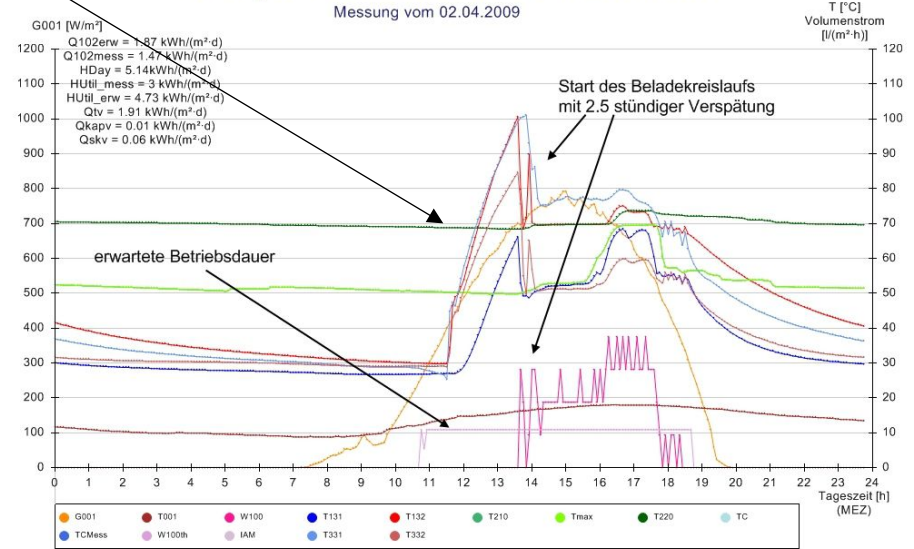
Datum der Auswertung:  
01.10.2010 11:57:13



Ineffiziente Regelung oder Pumpe defekt: Betriebszeit zu kurz

Anlage: Alemannstr. 06 Heimkehr

Datum der Auswertung:  
01.10.2010 12:13:43



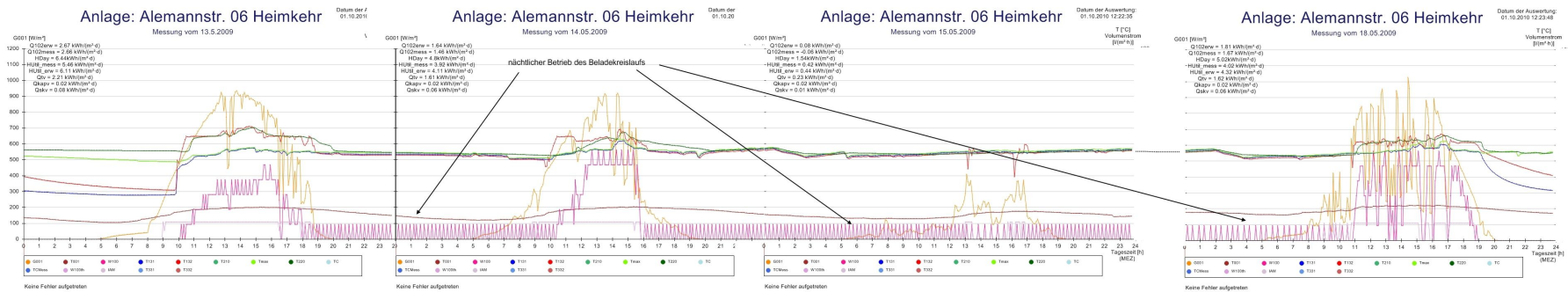
Ineffiziente Regelung oder Pumpe defekt: Betriebszeit zu kurz

# 4. Beispiel:

... Kollektorpumpe schaltet nicht aus



## nächtlicher Dauerbetrieb des Beladekreislaufs, 13. – 18. Mai 2009



# 5. Beispiel für Effizienz-Verbesserungen...



- Fehlanpassung des Heizkesselvolumenstromes bewirkt Durchmischung des Pufferspeichers
- Vertauschung von Vor- und Rücklauf im Kollektorkreislauf
- Thermosiphon-Fehlzirkulation im Kollektorkreislauf
- Kollektorpumpe schaltet nicht ein oder zu spät ein
- **Abschalten der Solarkreisläufe bei hoher Bestrahlungsstärke**
- Optimierung der Pufferspeicherauskuhlung durch KW-Vorwärmbetrieb
- zu kleiner Wärmetauscher im Kollektorkreislauf
- Rücklauf der Raumheizung strömt durch den WW-Nachheiz-WT
- Fehlzirkulation der Kesselpumpe durch den Kombianlagen-Pufferspeicher



# 5. Beispiel: Abschalten der Solarkreisläufe bei hoher Bestrahlungsstärke

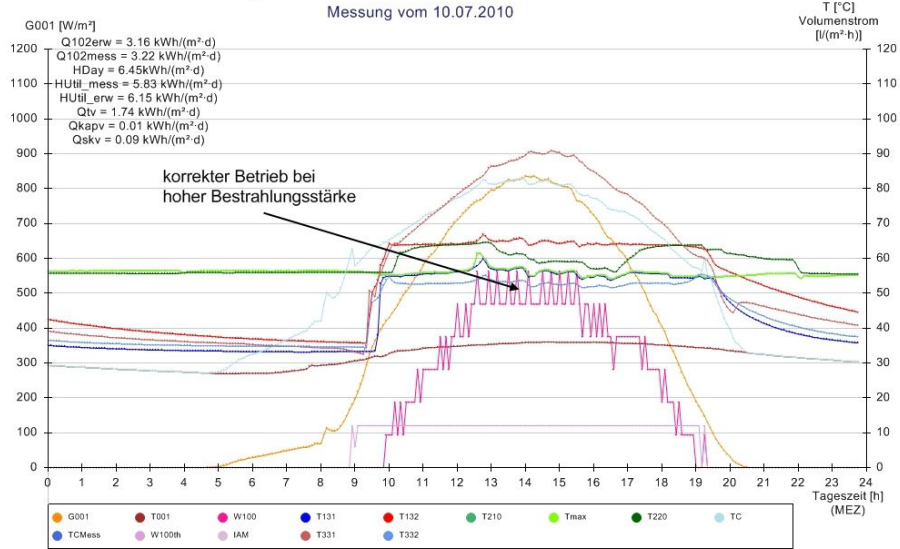


## Korrektur Betrieb bei hoher Bestrahlungsstärke

## Abschalten der Solarkreisläufe: Stagnation im Kollektorkreislauf Auskühlung im Beladekreislauf

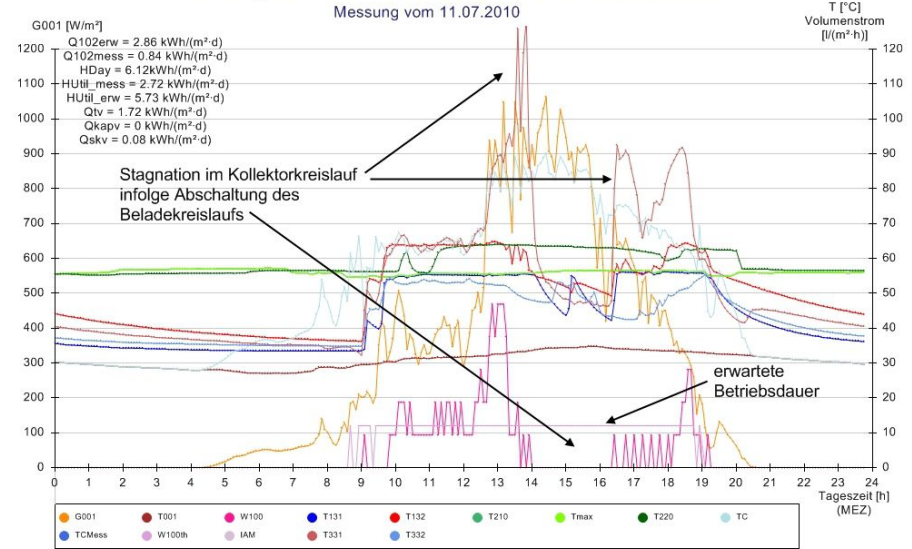
Anlage: Alemannstr. 06 Heimkehr

Datum der Auswertung:  
13.10.2010 19:20:15



Anlage: Alemannstr. 06 Heimkehr

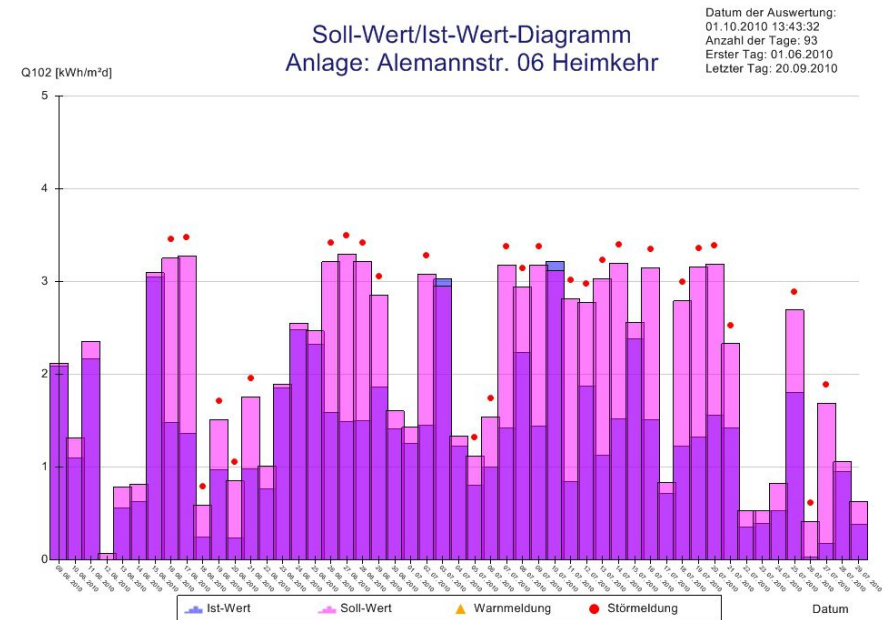
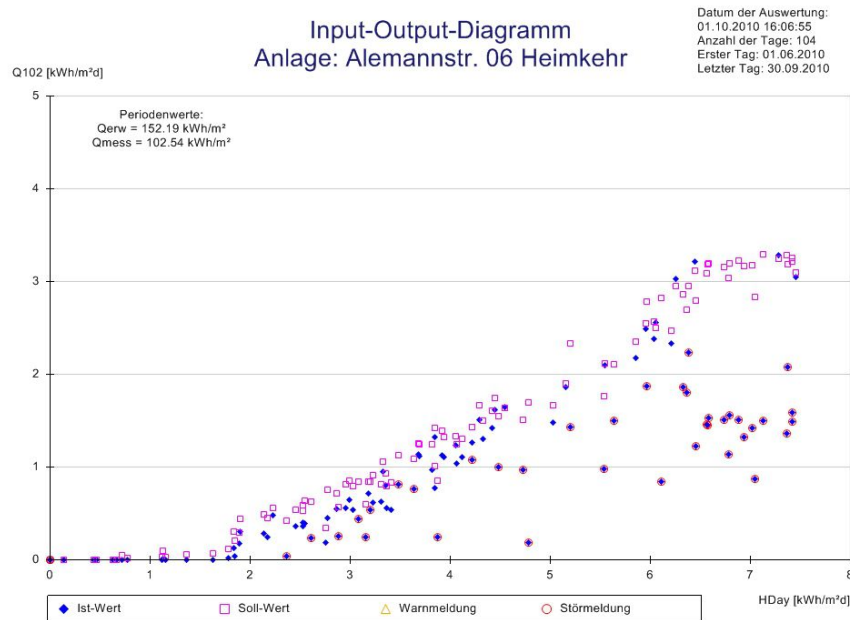
Datum der Auswertung:  
13.10.2010 19:22:27



# 5. Beispiel: Abschalten der Solarkreisläufe bei hoher Bestrahlungsstärke



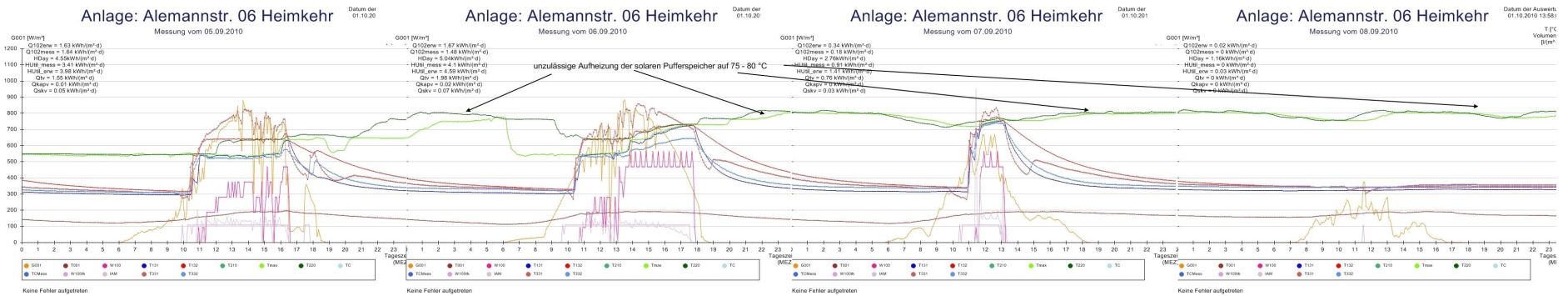
Minderertrag von 33 % während 104-tägiger Periode im Hochsommer 2010



# 5. Beispiel: Beeinträchtigung der Solarkreisläufe ...



durch Aufheizen der Solar-Pufferspeicher deutlich über WW-Last-Temperatur  
(05.09. – 08.09.10)



Institut für Solarenergieforschung  
Hameln

# 8. Beispiel für Effizienz-Verbesserungen...



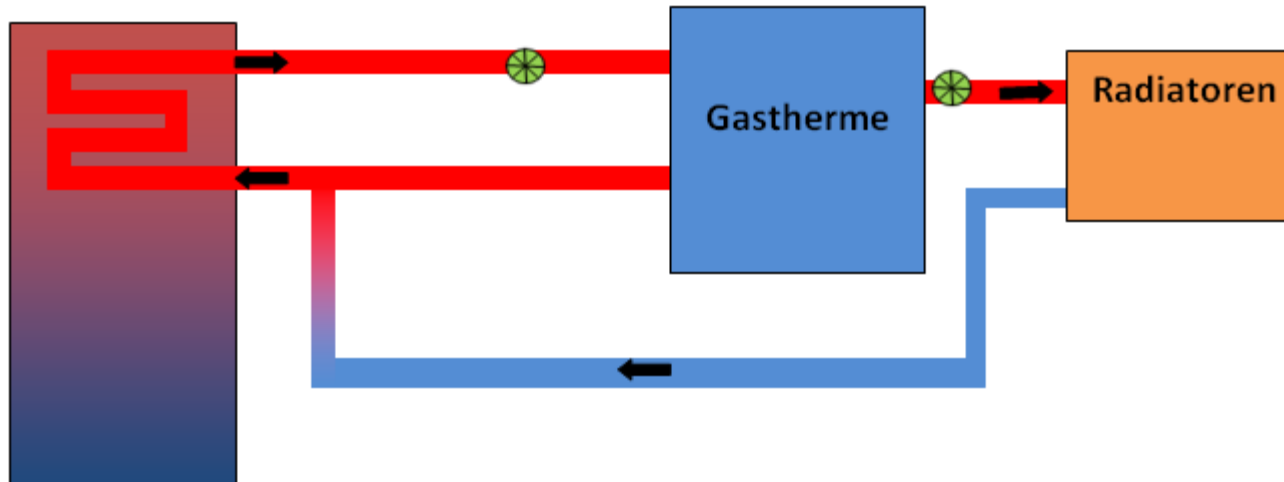
- Fehlanpassung des Heizkesselvolumenstromes bewirkt Durchmischung des Pufferspeichers
- Vertauschung von Vor- und Rücklauf im Kollektorkreislauf
- Thermosiphon-Fehlzirkulation im Kollektorkreislauf
- Kollektorpumpe schaltet nicht ein oder zu spät ein
- Abschalten der Solarkreisläufe bei hoher Bestrahlungsstärke
- Optimierung der Pufferspeicherauskuhlung durch KW-Vorwärmbetrieb
- zu kleiner Wärmetauscher im Kollektorkreislauf
- **Rücklauf der Raumheizung strömt durch den WW-Nachheiz-WT**
- Fehlzirkulation der Kesselpumpe durch den Kombianlagen-Pufferspeicher

# 8. Beispiel:

Rücklauf der Raumheizung strömt durch den WW-Nachheiz-WT



Rücklauf der Raumheizung strömt durch den WW-Nachheiz-WT



Einbindung des WW-Nachheiz-WT in die konventionelle Wärmeversorgung

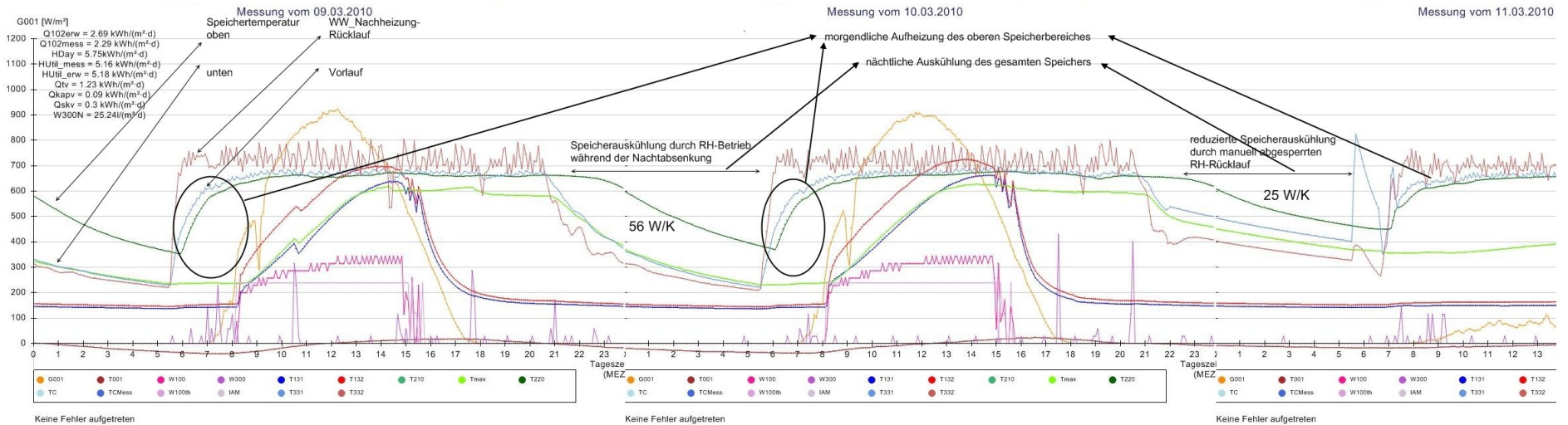
Institut für Solarenergieforschung  
Hameln

# 8. Beispiel:

## Rücklauf der Raumheizung strömt durch den WW-Nachheiz-WT



### Rücklauf der Raumheizung strömt durch den WW-Nachheiz-WT



### Einbindung des WW-Nachheiz-WT in die konventionelle Wärmeversorgung

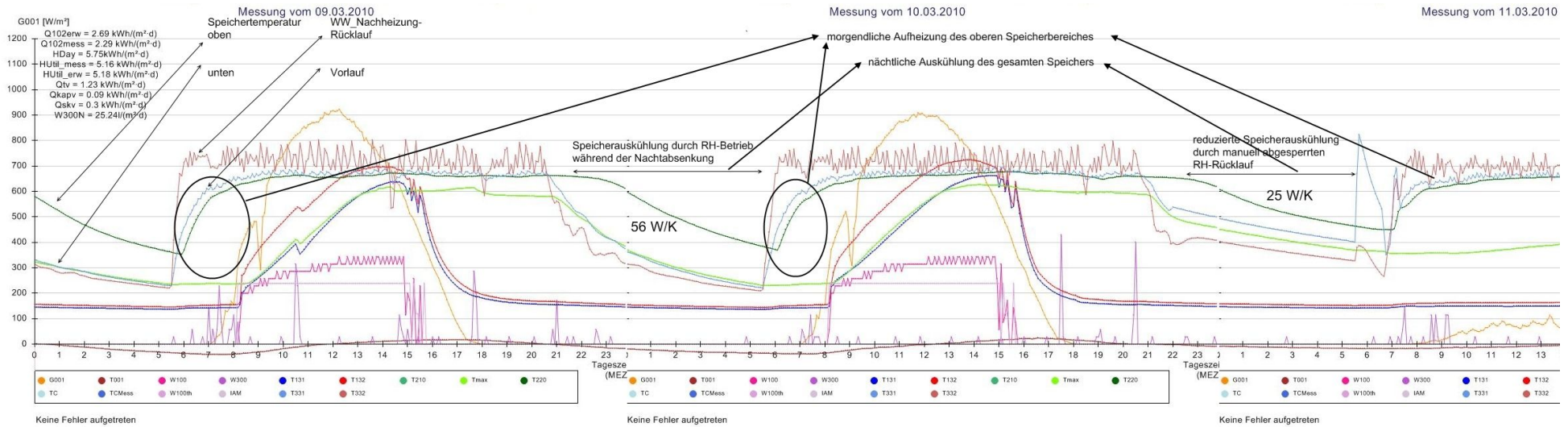
Institut für Solarenergieforschung  
Hameln

# 8. Beispiel:

## Rücklauf der Raumheizung strömt durch den WW-Nachheiz-WT



### Rücklauf der Raumheizung strömt durch den WW-Nachheiz-WT

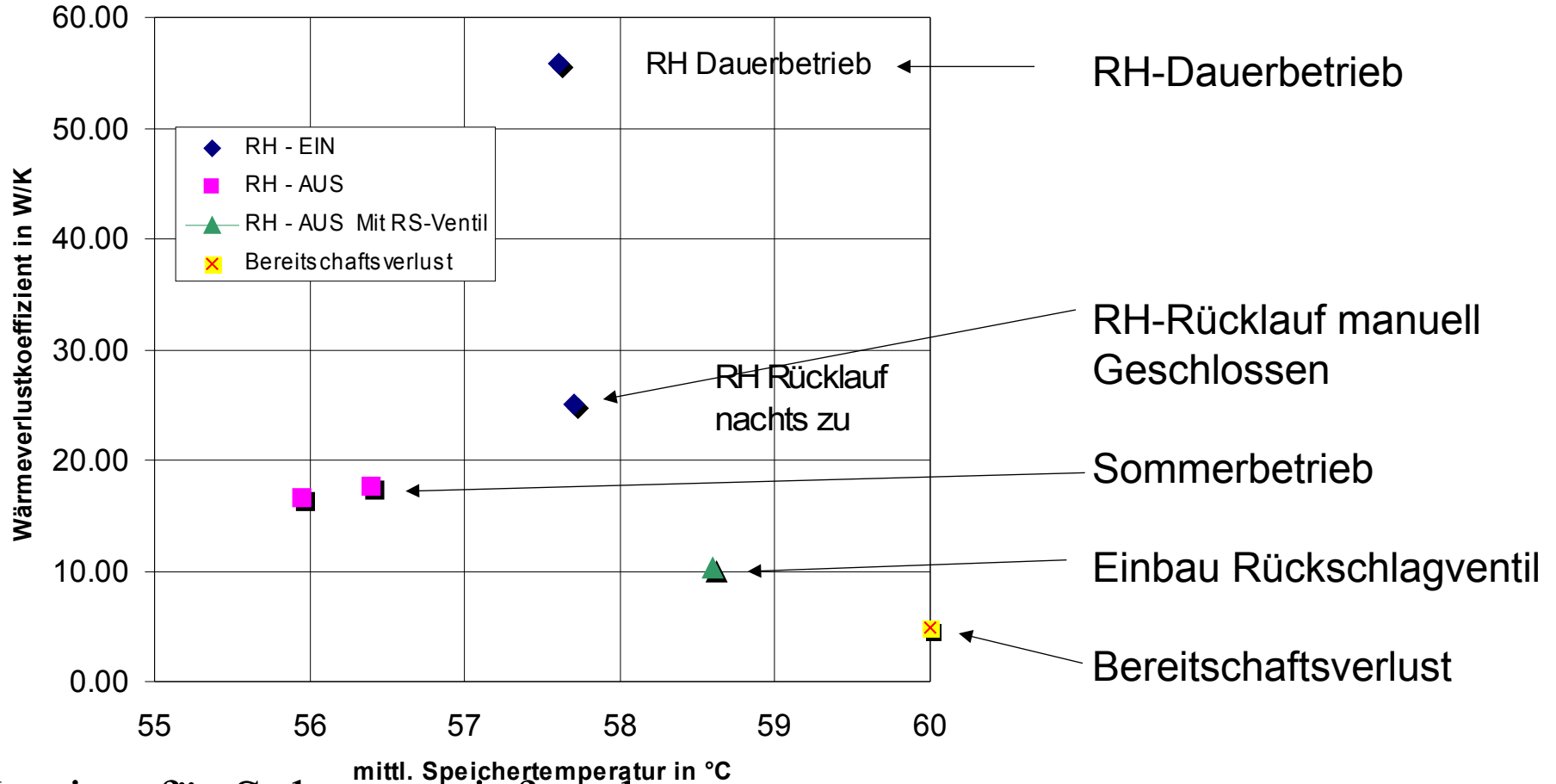


# 8. Beispiel:

## Rücklauf der Raumheizung strömt durch den WW-Nachheiz-WT



Wärmeverlustkoeffizient bei verschiedenen Betriebsweisen



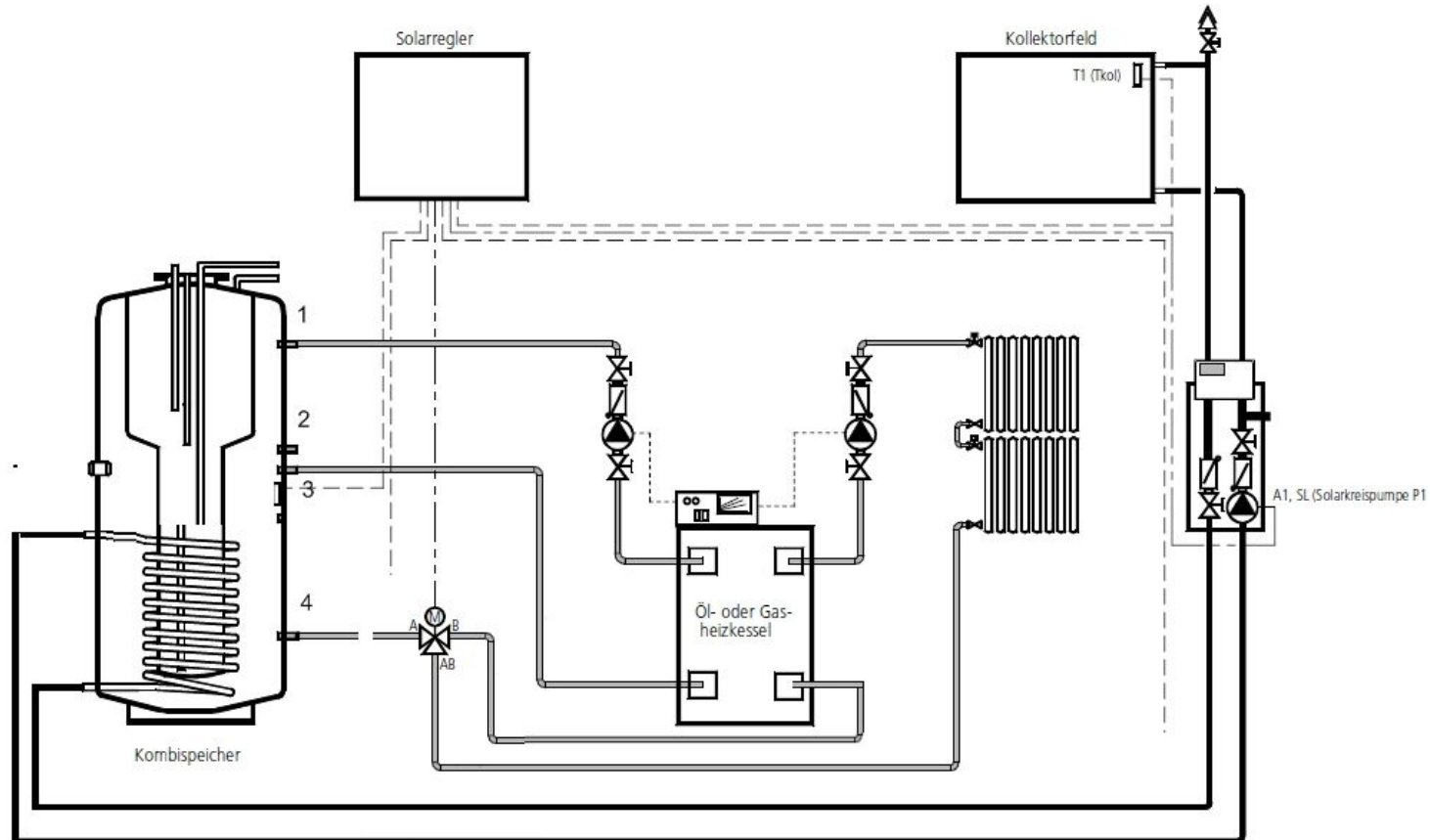


# 9. Beispiel für Effizienz-Verbesserungen...



- Fehlanpassung des Heizkesselvolumenstromes bewirkt Durchmischung des Pufferspeichers
- Vertauschung von Vor- und Rücklauf im Kollektorkreislauf
- Thermosiphon-Fehlzirkulation im Kollektorkreislauf
- Kollektorpumpe schaltet nicht ein oder zu spät ein
- Abschalten der Solarkreisläufe bei hoher Bestrahlungsstärke
- Optimierung der Pufferspeicherauskuhlung durch KW-Vorwärmbetrieb
- zu kleiner Wärmetauscher im Kollektorkreislauf
- Rücklauf der Raumheizung strömt durch den WW-Nachheiz-WT
- **Fehlzirkulation der Kesselpumpe durch den Kombianlagen-Pufferspeicher**

# 9. Beispiel: Fehlzirkulation der Kesselpumpe durch den Kombianlagen-Pufferspeicher

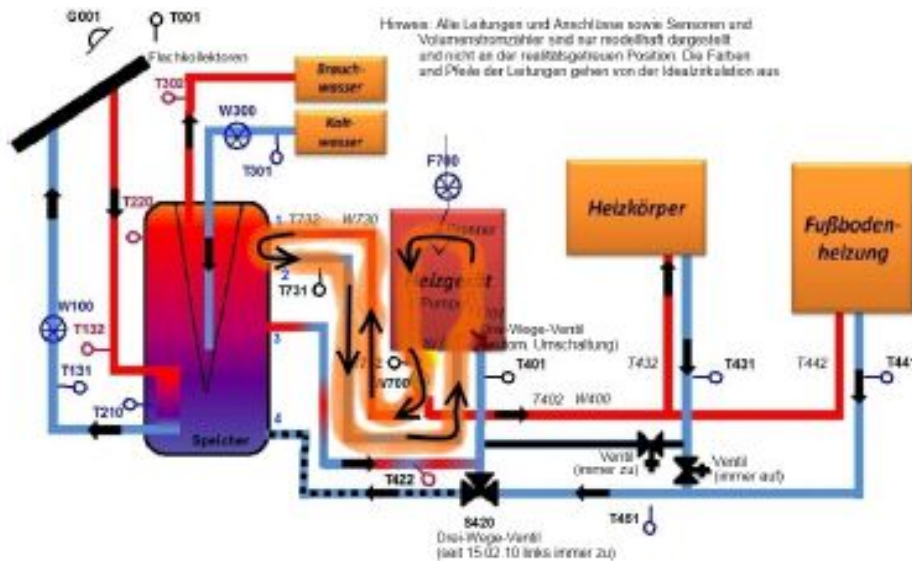


Schaltbild einer solaren Kombi-Anlage für WW- und RH-Versorgung (Firmenvorgabe)

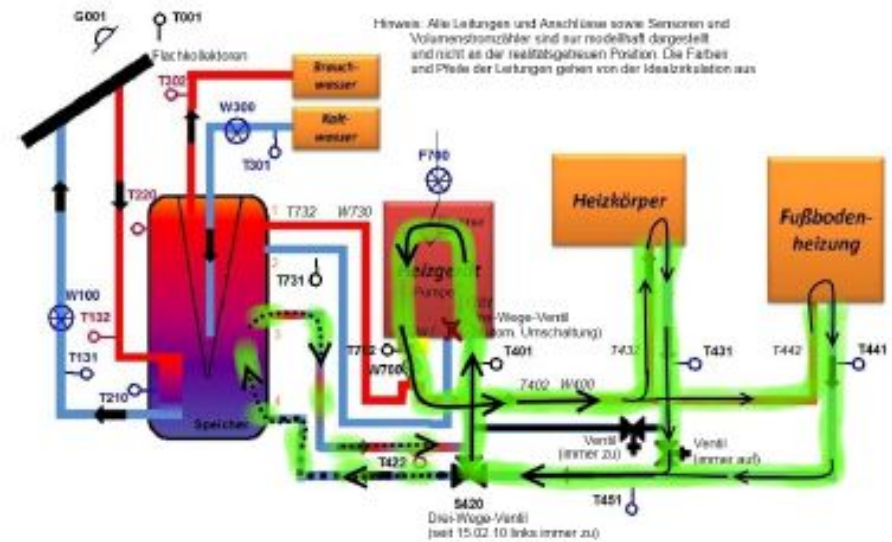
# 9. Beispiel: Fehlzirkulation der Kesselpumpe durch den Kombianlagen-Pufferspeicher

## Betriebsweisen der realisierten solaren Kombi-Anlage

bei WW-Vorrangschaltung

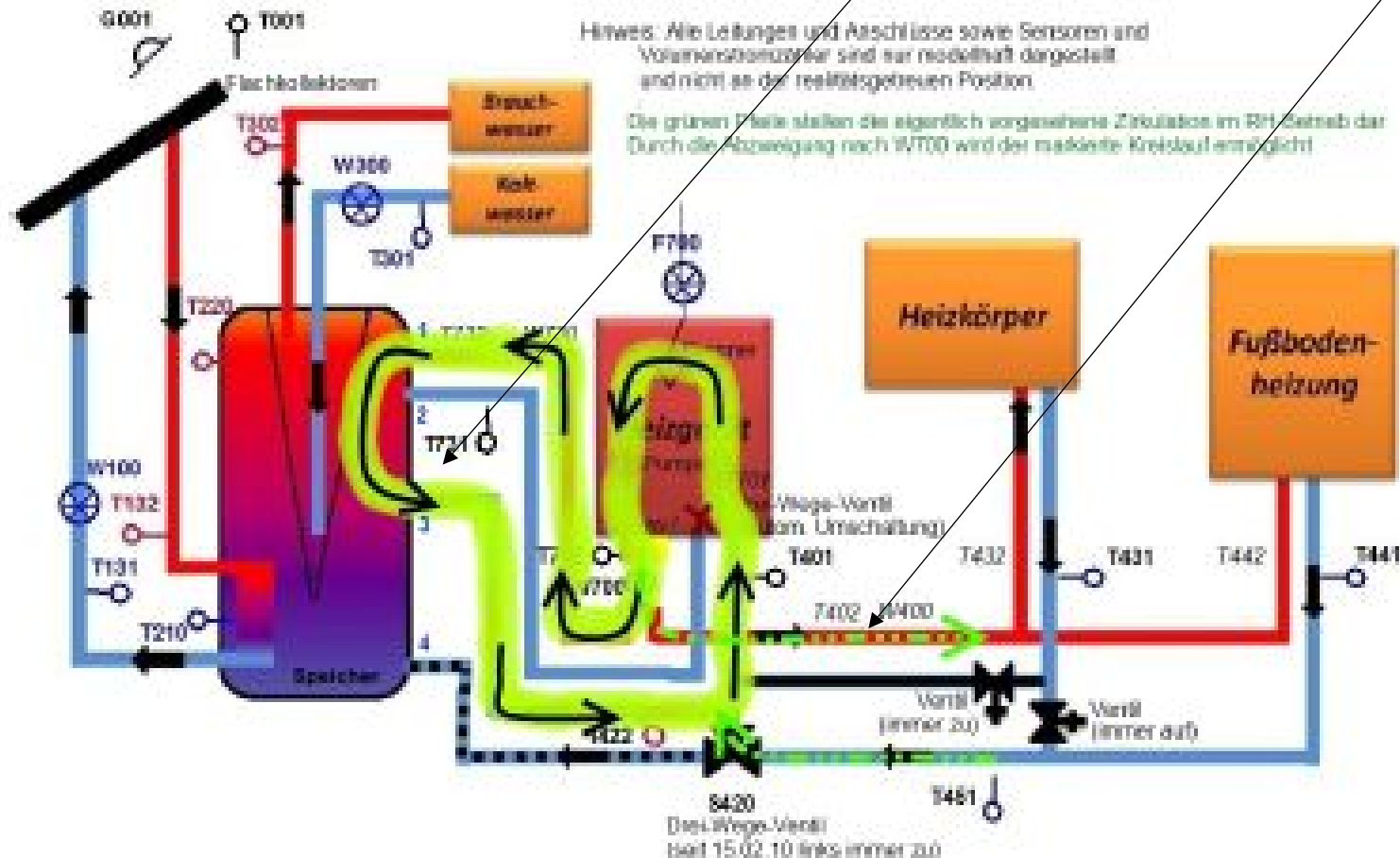


bei RH-Versorgung



# 9. Beispiel: Fehlzirkulation der Kesselpumpe durch den Kombianlagen-Pufferspeicher

## Ausbildung einer Fehlzirkulation durch den Pufferspeicher parallel zum RH-Betrieb



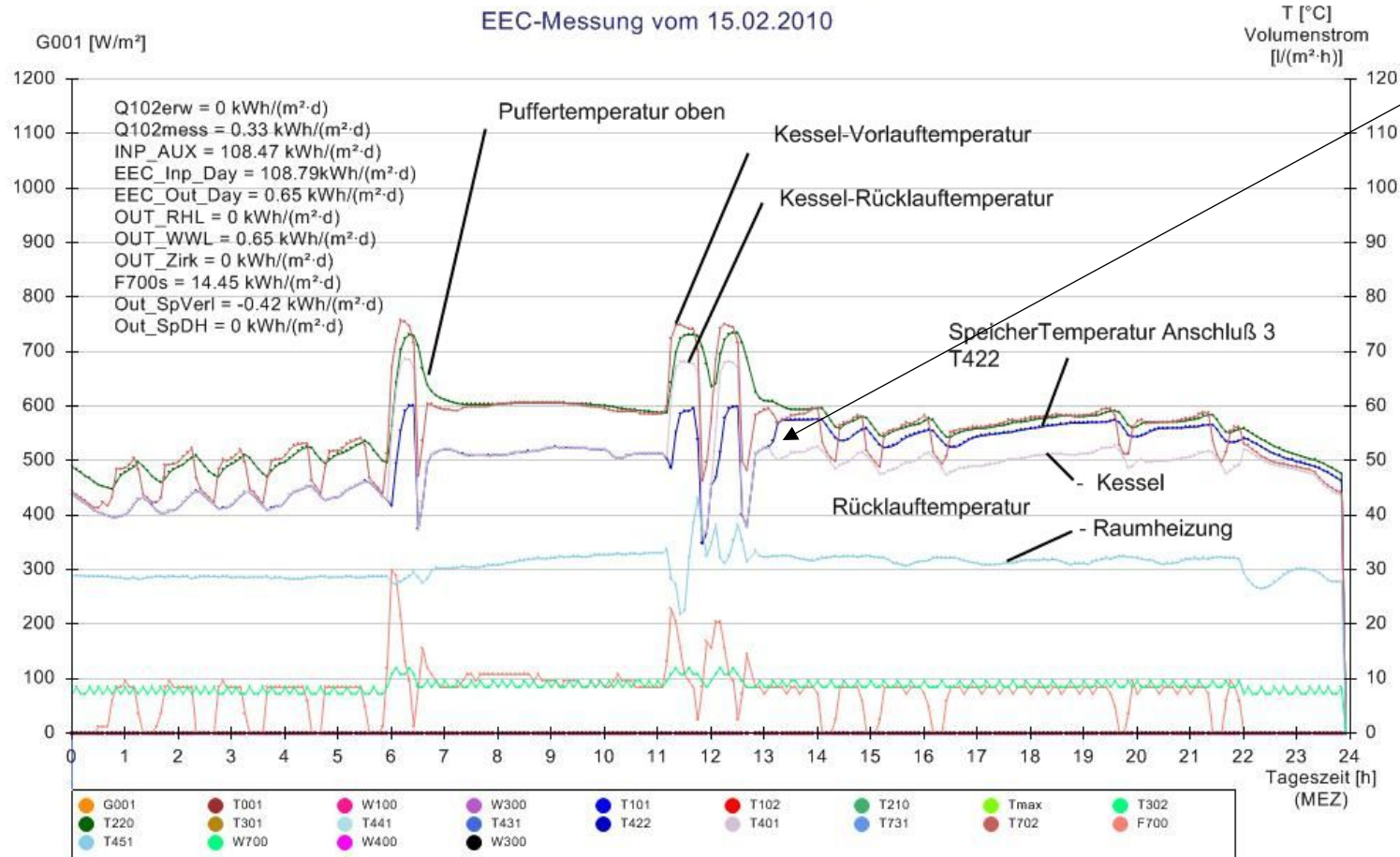
# 9. Beispiel: Fehlzirkulation der Kesselpumpe durch den Kombianlagen-Pufferspeicher



## Detektion der Fehlzirkulation durch Analyse von RH- und Speichertemperaturen

Anlage: NILS-TEC-Solar-Kombi-Anlage-Hildesheim

Datum der Auswertung:  
04.10.2010 23:02:40



manuelle  
Abschaltung der  
Rücklaufvor-  
wärmung im  
unteren  
Pufferspeicher

Parameter und Messtechnik kontrollieren

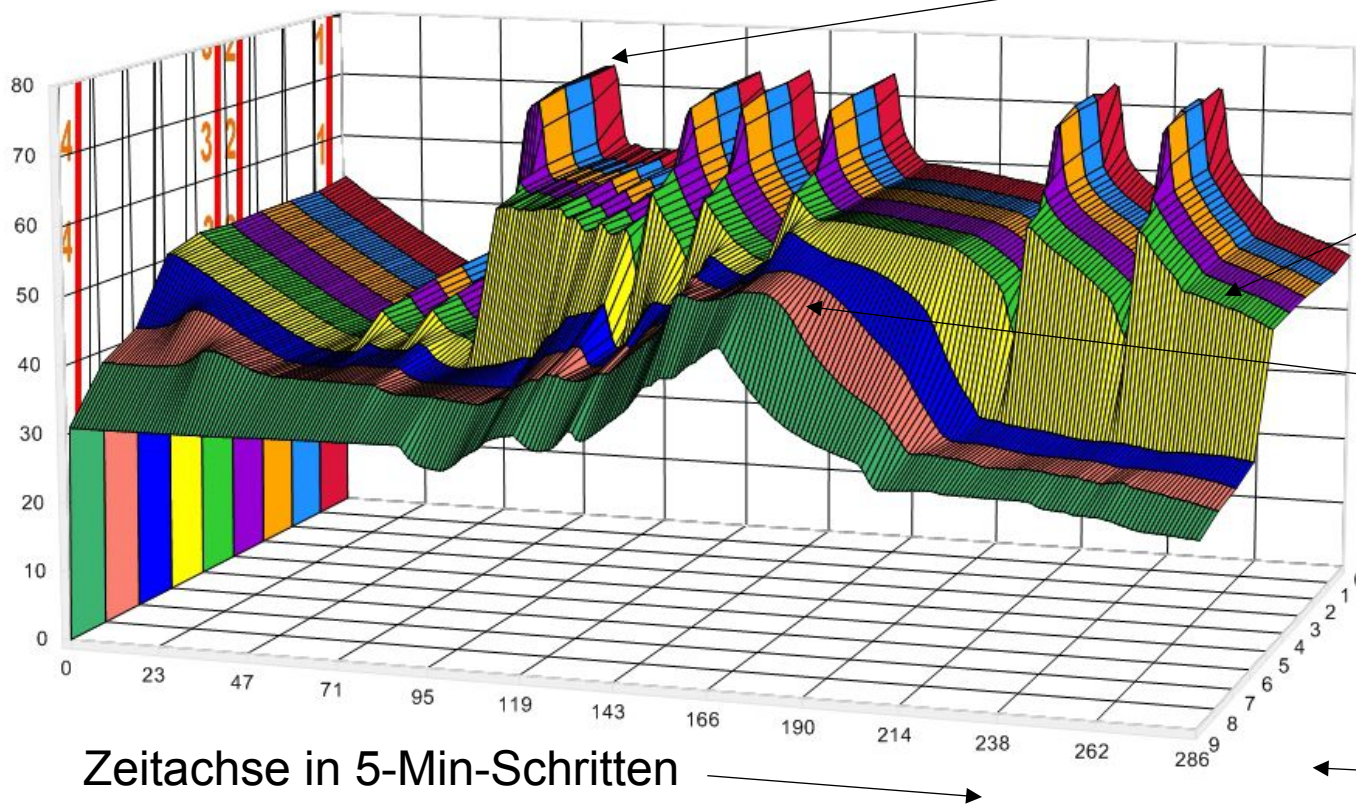
# 9. Beispiel: Fehlzirkulation der Kesselpumpe durch den Kombianlagen-Pufferspeicher



EEC-Messung vom 05.03.2010

Datum der Auswertung:  
08.04.2010 10:15:02

## 3D-Speicher-Temperatur-Schichtung



Überhitzung des oberen Pufferspeichers bei WW-Vorrang

Im RH-Betrieb Wärmetransport von Schichten Nr. 1-4 bis in Schichten Nr. 5-6

Solareinspeisung

Speicher oben

Speicher unten

Zeitachse in 5-Min-Schritten

Series 0 Series 1 Series 2 Series 3 Series 4 Series 5 Series 6 Series 7 Series 8 Series 9

Hameln

