



Umsetzungsprojekt: Integrale Planung und Steuerung der nachhaltigen Modernisierung des Gebäudebestands und der Energieversorgung der Evangelischen Stiftung Neuerkerode

Bericht Temperaturmessungen in der Nahwärme

Der Bericht wurde erstellt von /
Das Projekt wurde bearbeitet von:

Datenstand 08.09.2009

Die Verantwortung für den Inhalt
des Berichtes liegt bei den Verfassern.

Dr.-Ing. Kati Jagnow, Braunschweig

Inhalt

1	Aufgabenstellung	3
2	Datenerfassung und Messwerte	4
2.1	Datenerfassung.....	4
2.2	Messwerte der Nahwärme	6
2.3	Messwerte des Kesselhauses.....	11
3	Auswertung	14
3.1	Kesselvor- und Netzurücklauftemperatur	14
3.2	Heizkreis "Kaiserwald"	17
3.3	Heizkreis "Zentralgebiet"	18
3.4	Heizkreis "Nördlich der Wabe"	19
3.5	Temperaturverlust des Netzes im Jahresgang.....	21
3.6	Verhalten der Warmwasserbreiter	23
4	Fazit.....	24

1 Aufgabenstellung

In der Evangelischen Stiftung Neuerkerode sollen Fernwärmemetemperaturen gemessen werden, damit:

- die Temperaturverluste bis an die Enden der 3 Heizkreise bekannt sind,
- die Einspeisung von Bioabwärme in das Netz transparenter wird,
- ein Rückschluss auf die Nahwärmeauskühlung bei der Warmwasserbereitung im Sommer gezogen werden kann.

Aus den Erkenntnissen zu den Temperaturverlusten über die Weglänge lassen sich Konsequenzen für die künftige Trinkwarmwasserbereitung – ggf. inklusive der Solarthermie – ableiten.

Aus den Strömungs- und Temperaturverhältnissen rund um den Biowärmeeinspeisepunkt können Rückschlüsse gezogen werden, wie das Gebiet "Nördlich der Wabe" künftig mit Wärme versorgt wird und ob die Biowärmeeinspeisung technisch anders gestaltet werden kann. Ggf. lassen sich kurzfristige Maßnahmen ableiten.

Außerdem wurde die Temperatur im Kesselhaus an zwei Stellen erfasst. Diese Messungen können ggf. in einigen Monaten oder Jahren (nach Dämmmaßnahmen an der Technik) als Referenzwerte verwendet werden, um Einsparungen zu dokumentieren.

2 Datenerfassung und Messwerte

Zur Datenerfassung wurden mobile Datenlogger für fast 6 Wochen (24.06.2009 – 09.07.2009 sowie 20.07.2009 – 12.08.2009) an 9 verschiedenen Stellen des Nahwärmenetzes platziert. Die Logger erfassten jeweils Vor- und Rücklauftemperatur im 10 Minuten-Takt.

Außerdem wurde die Raumlufttemperatur im Kesselhaus an mehreren Stellen gemessen.

2.1 Datenerfassung

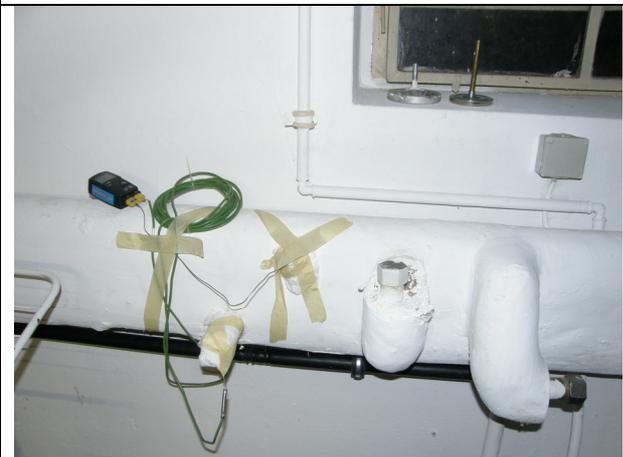
Nachfolgende Bilder dokumentieren beispielhaft für vier Gebäude die Datenerfassung. Sofern möglich wurden Einsteckthermometer aus ihren Hülsen entfernt und an der Stelle die Thermoelemente eingesteckt.



Emmaus



Schule



Wohnhaus III



Schwimmhalle

Bild 1 Messorte und Messtechnik

Weitere Messorte sind: das Kesselhaus, die Gebäude Gärtnerei, Sonnenschein, Ohe und die Biowärmeeinspeisung.

In den nachfolgenden Skizzen sind die Messorte eingetragen. Es wurden jeweils die Verbraucher am Ende der Stränge mit Messtechnik ausgestattet, bei denen noch eine Wärmeabnahme zu vermuten war (Trinkwarmwasserbereitung).

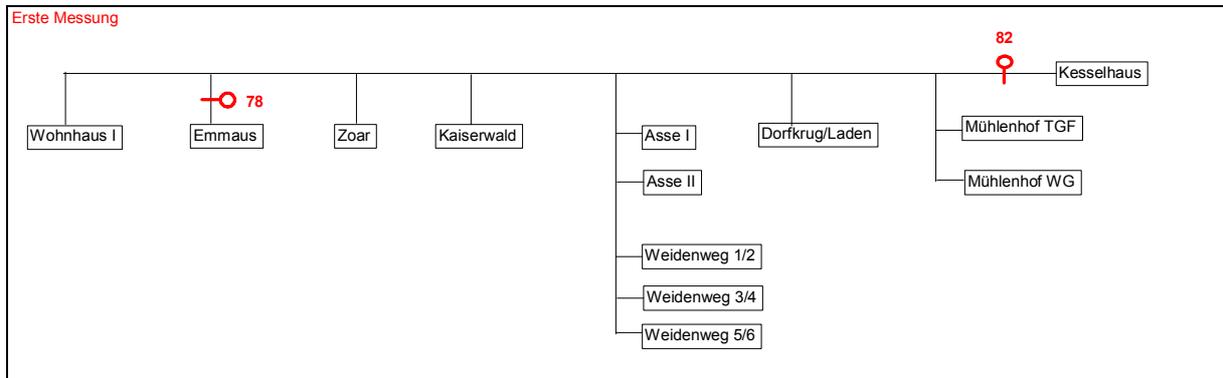


Bild 2 Datenerfassung im Strang "Kaiserwald"

Wohnhaus I ist im Umbau befindlich. Der Kindergarten hatte Betriebsferien, die Kegelbahn hat keine Warmwasserbereitung.

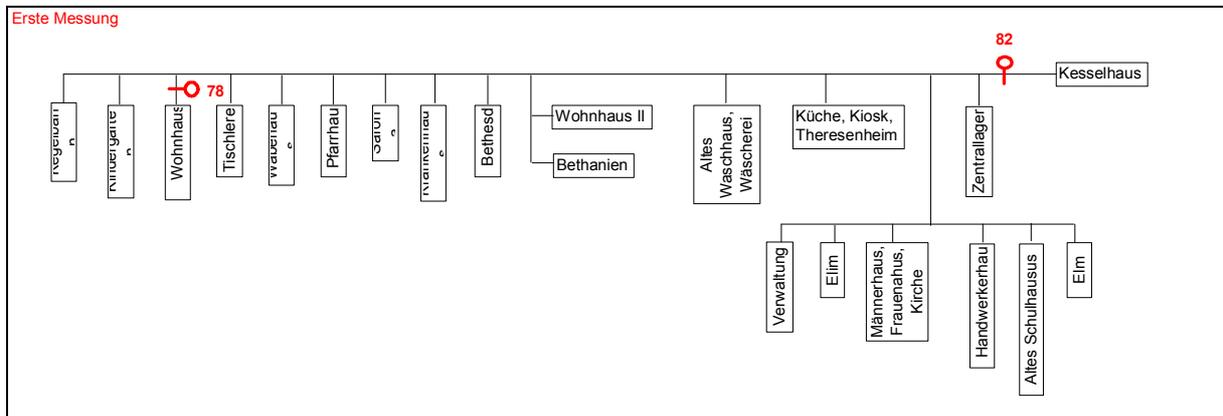


Bild 3 Datenerfassung im Strang "Zentralgebiet"

Im Kreis "Nördlich der Wabe" wurde vor und hinter dem Bioeinspeisepunkt sowie in verschiedenen Gebäuden in zwei Etappen gemessen.

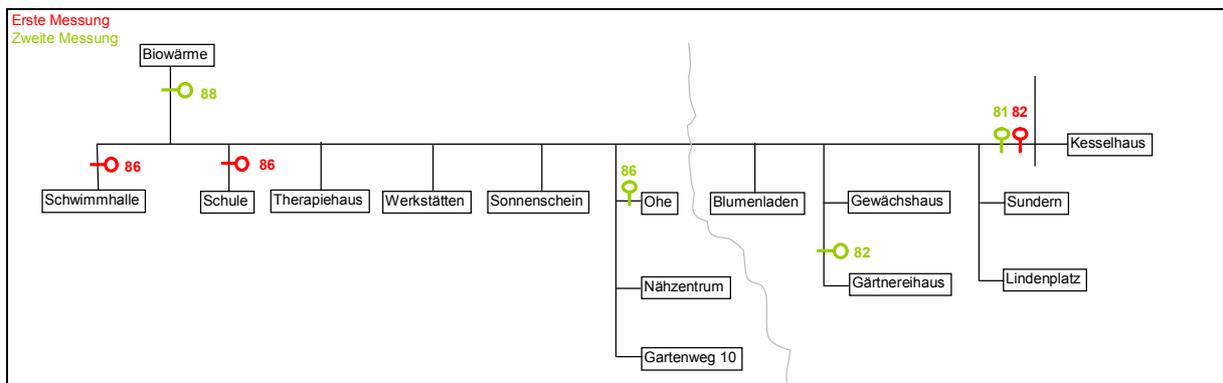


Bild 4 Datenerfassung im Strang "Nördlich der Wabe"

2.2 Messwerte der Nahwärme

Die nachfolgenden Grafiken zeigen die Einzelmesswerte der Datenlogger im Verlauf jeweils der vorhandenen 2 oder 3,5-wöchigen Messphase. Die Daten sind ungefiltert.

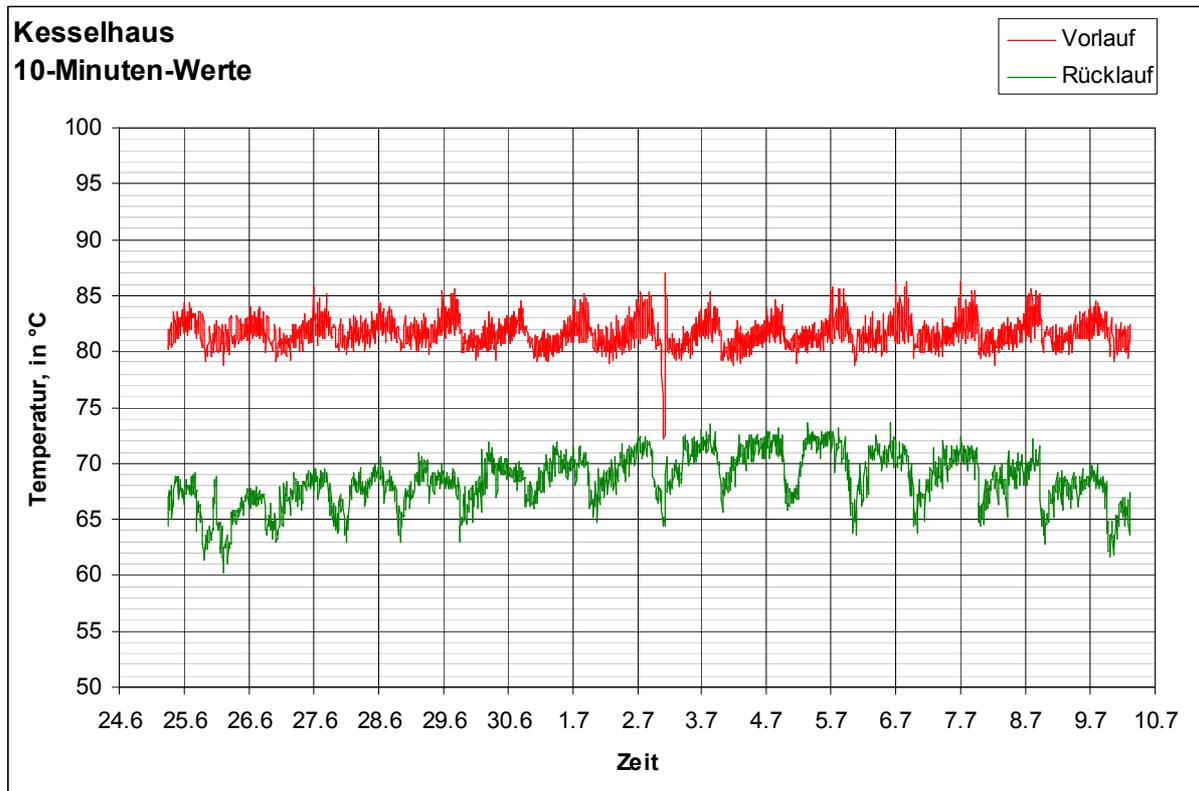


Bild 5 Messwerte Kesselhaus, Messperiode 1

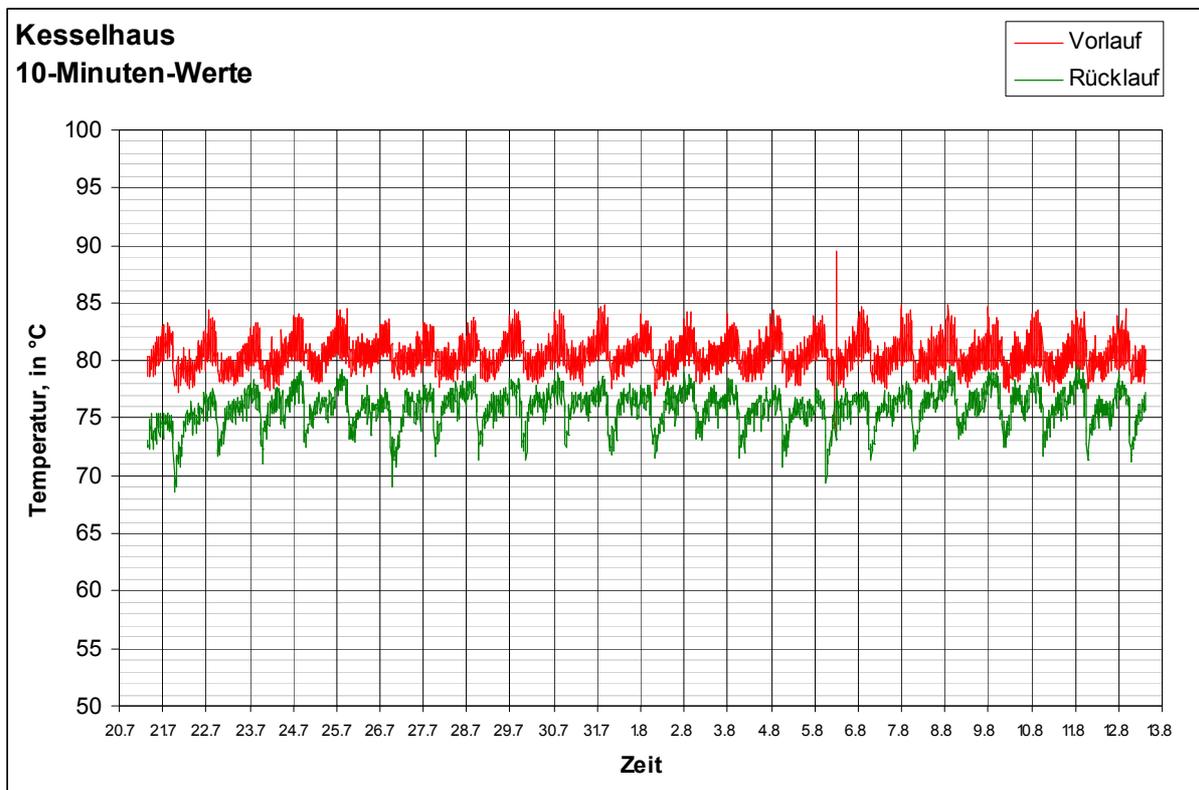


Bild 6 Messwerte Kesselhaus, Messperiode 2

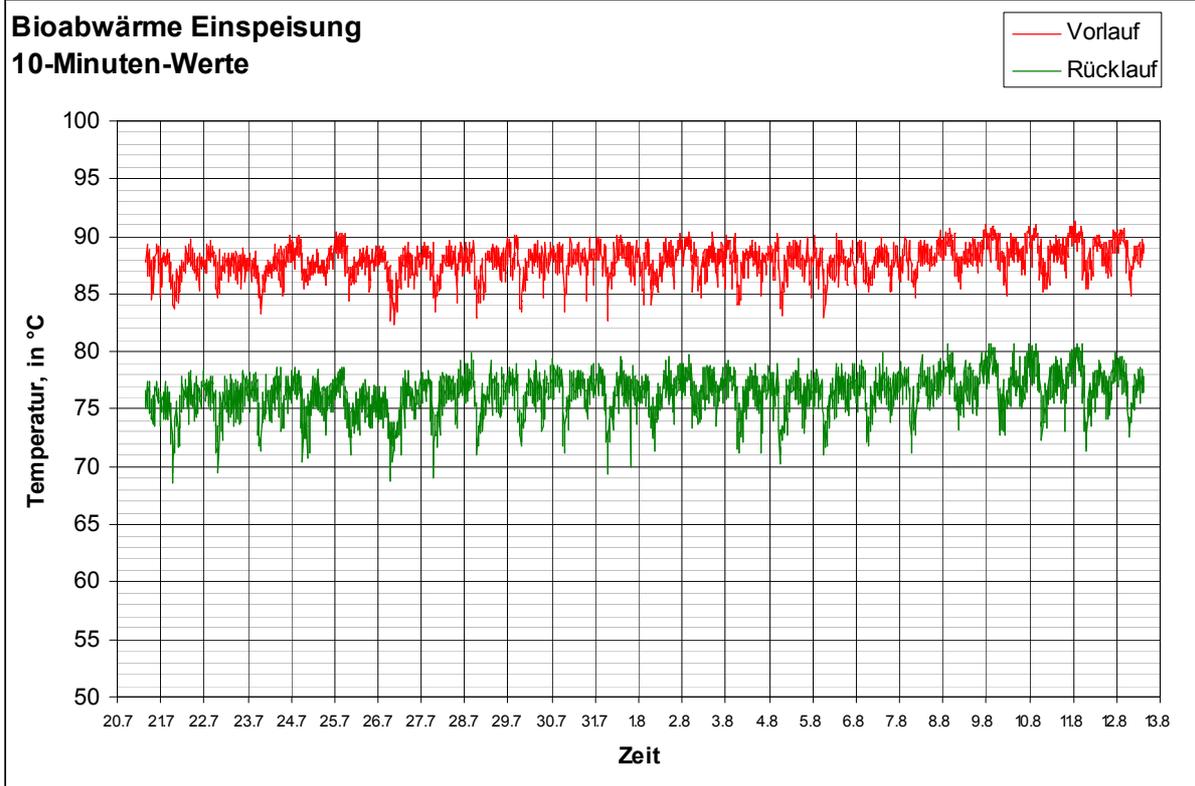


Bild 7 Messwerte Biowärmeeinspeisung, Messperiode 2

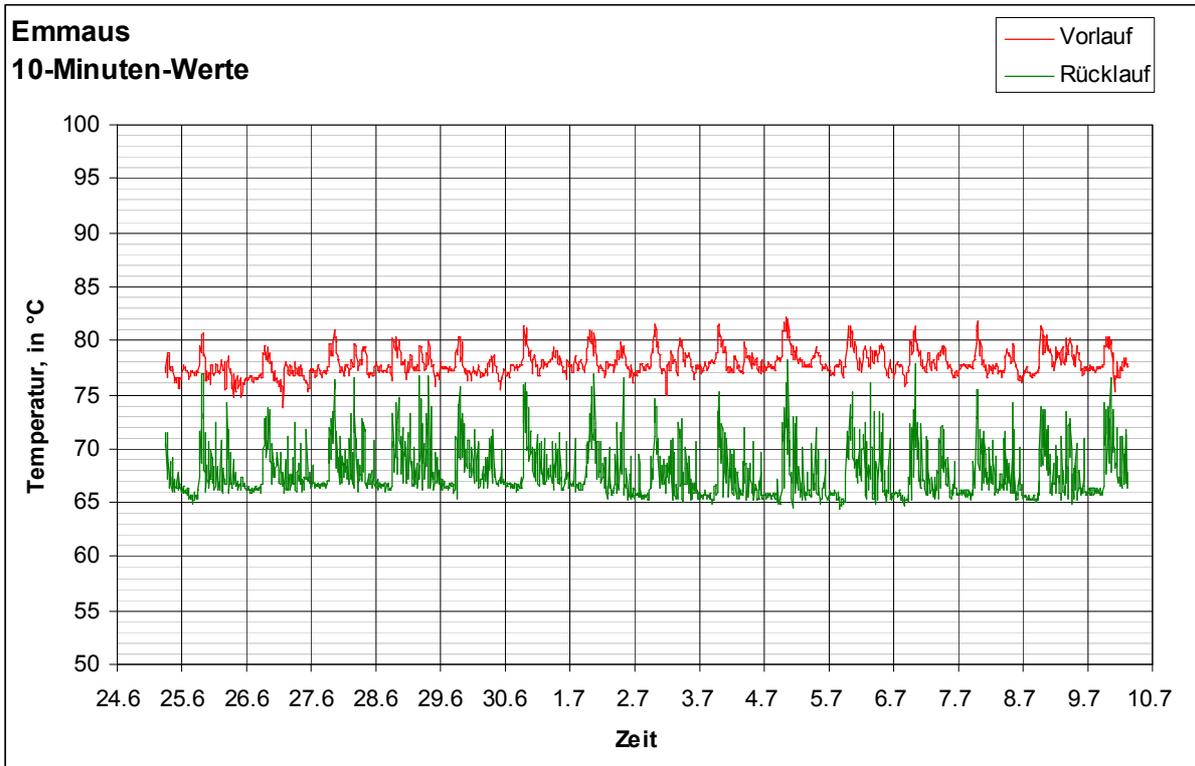


Bild 8 Messwerte Emmaus, Messperiode 1

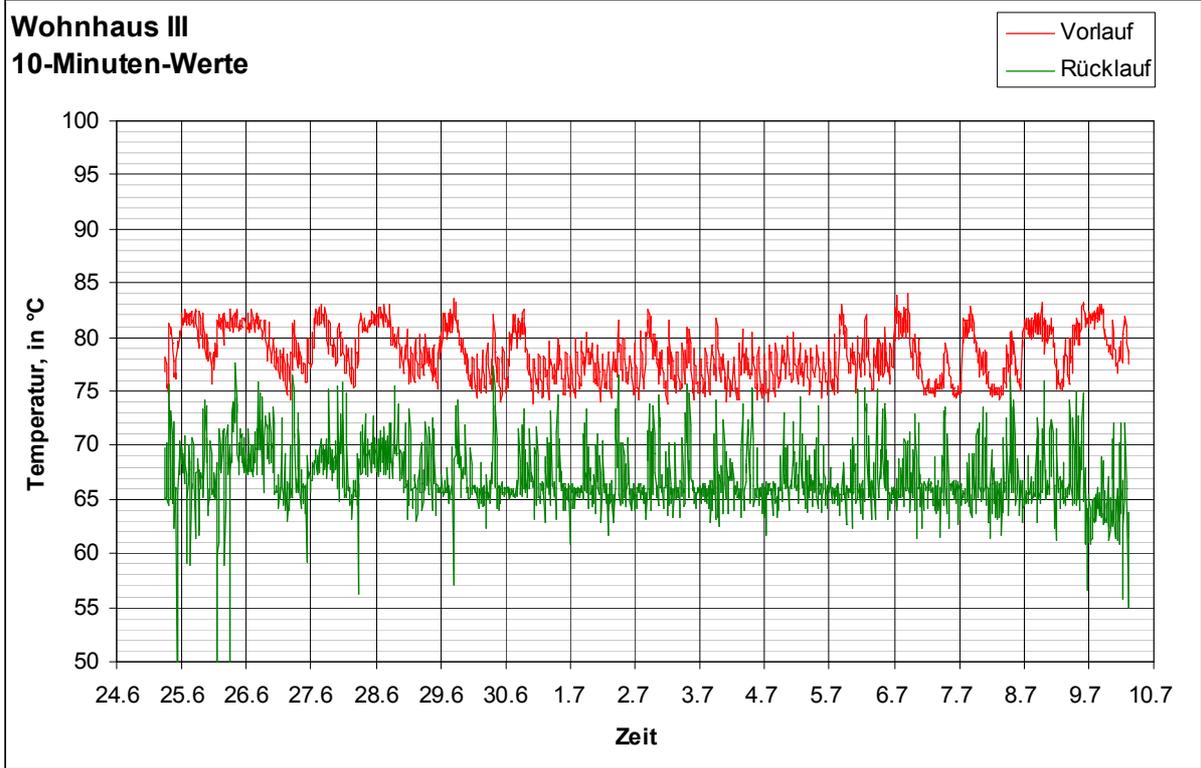


Bild 9 Messwerte Wohnhaus III, Messperiode 1

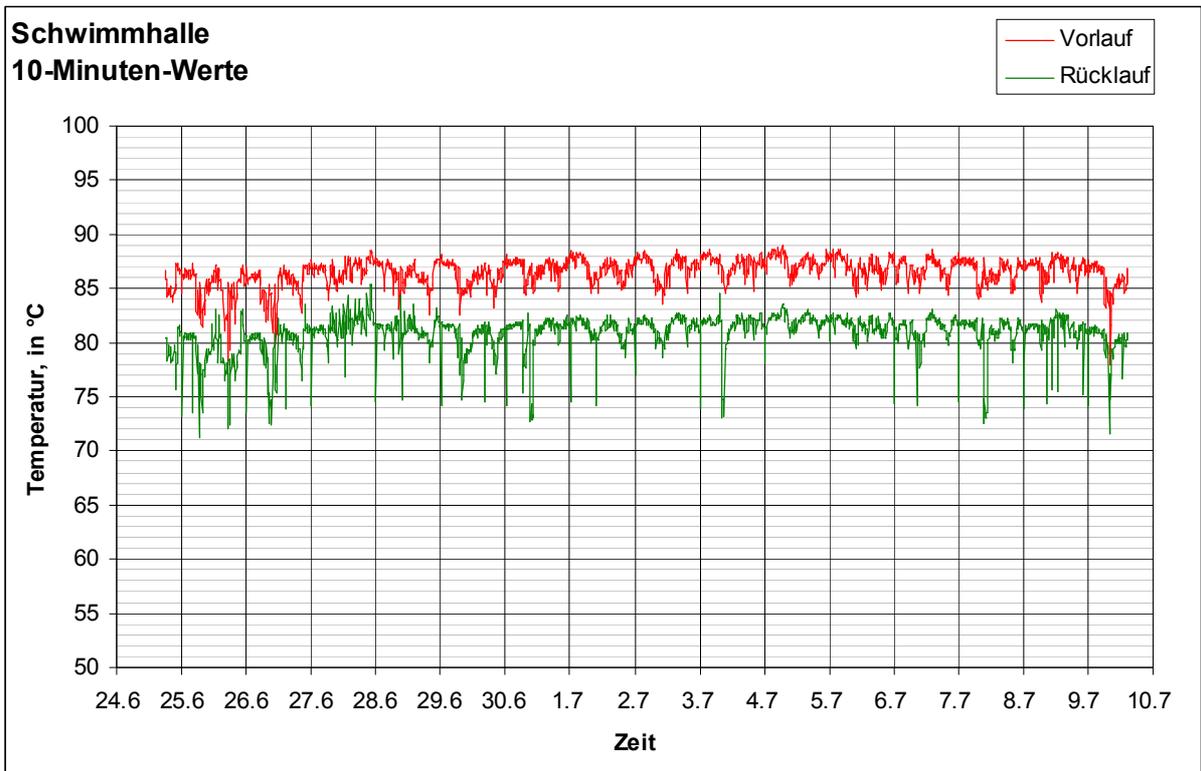


Bild 10 Messwerte Schwimmhalle, Messperiode 1

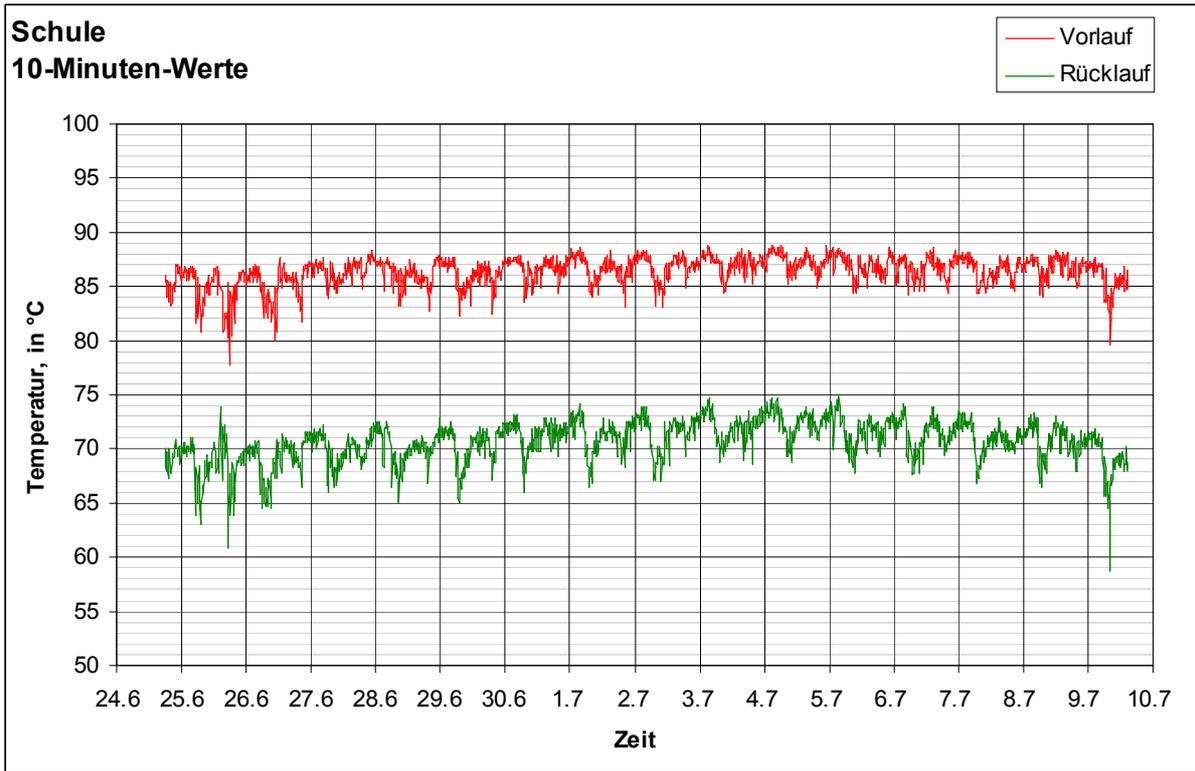


Bild 11 Messwerte Schule, Messperiode 1

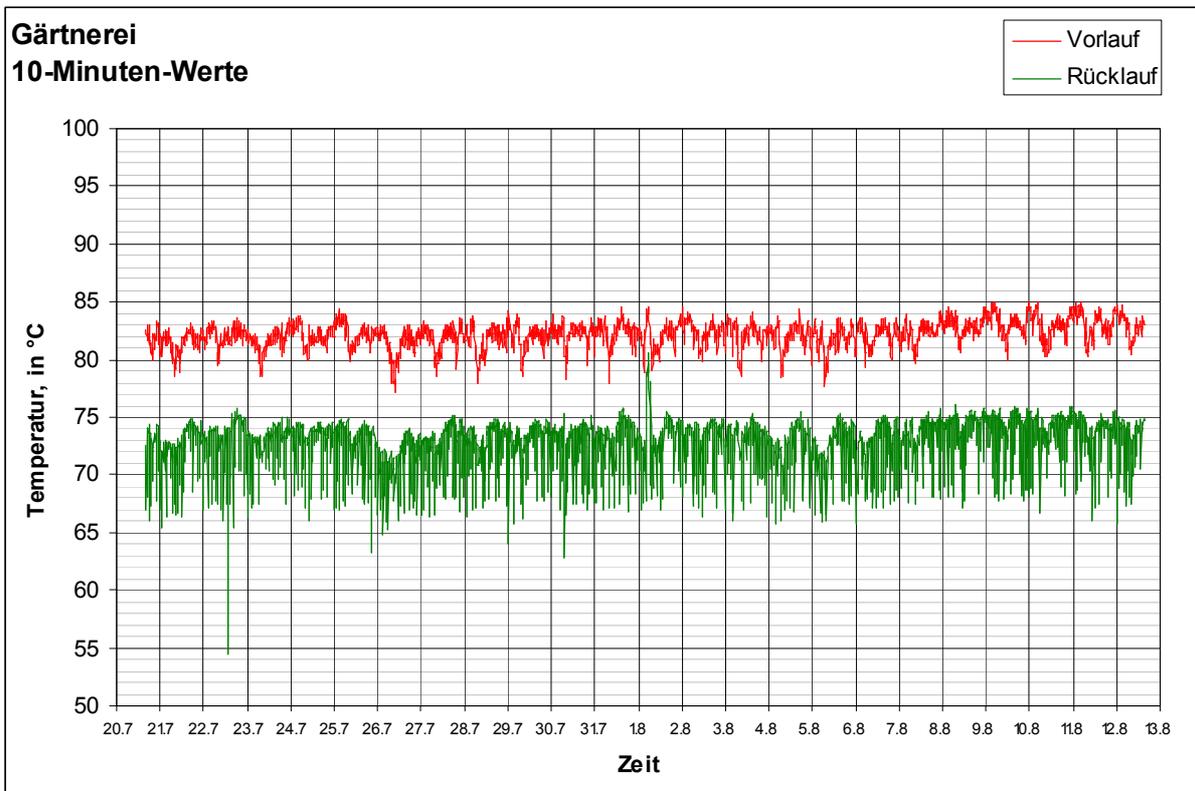


Bild 12 Messwerte Gärtnerei, Messperiode 2

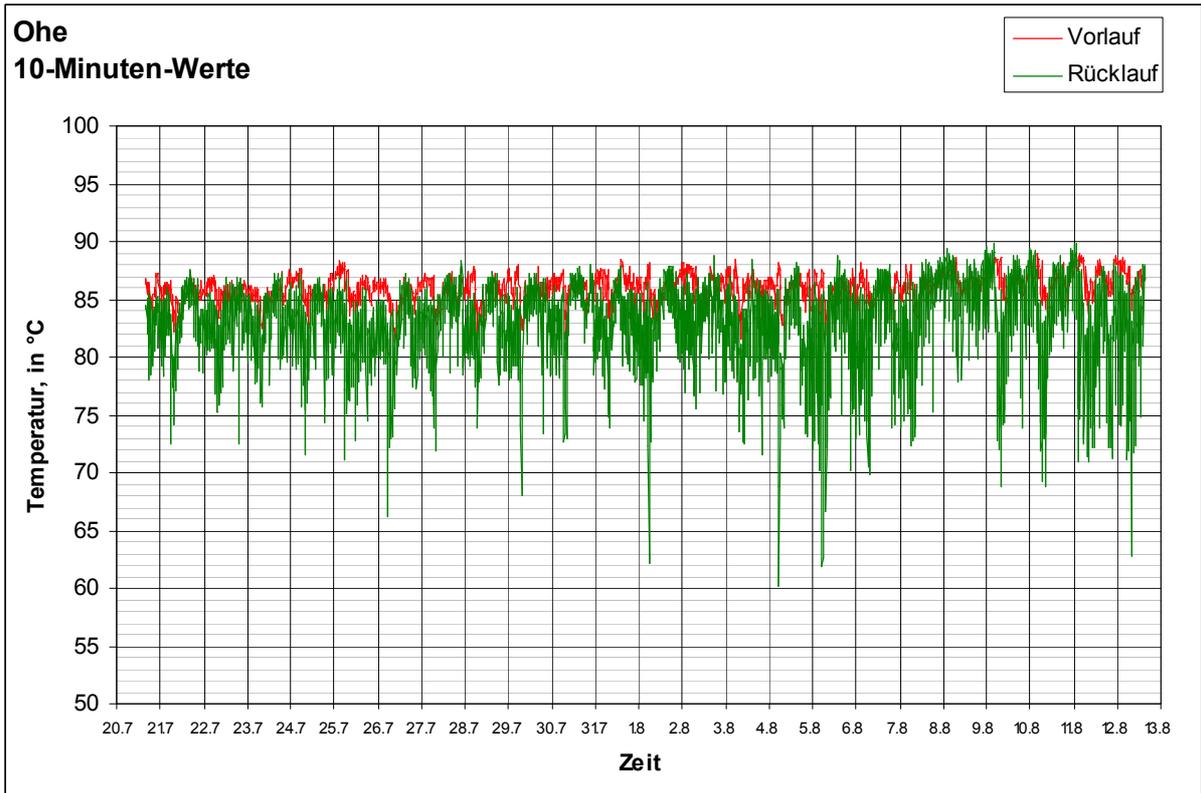


Bild 13 Messwerte Ohe, Messperiode 2

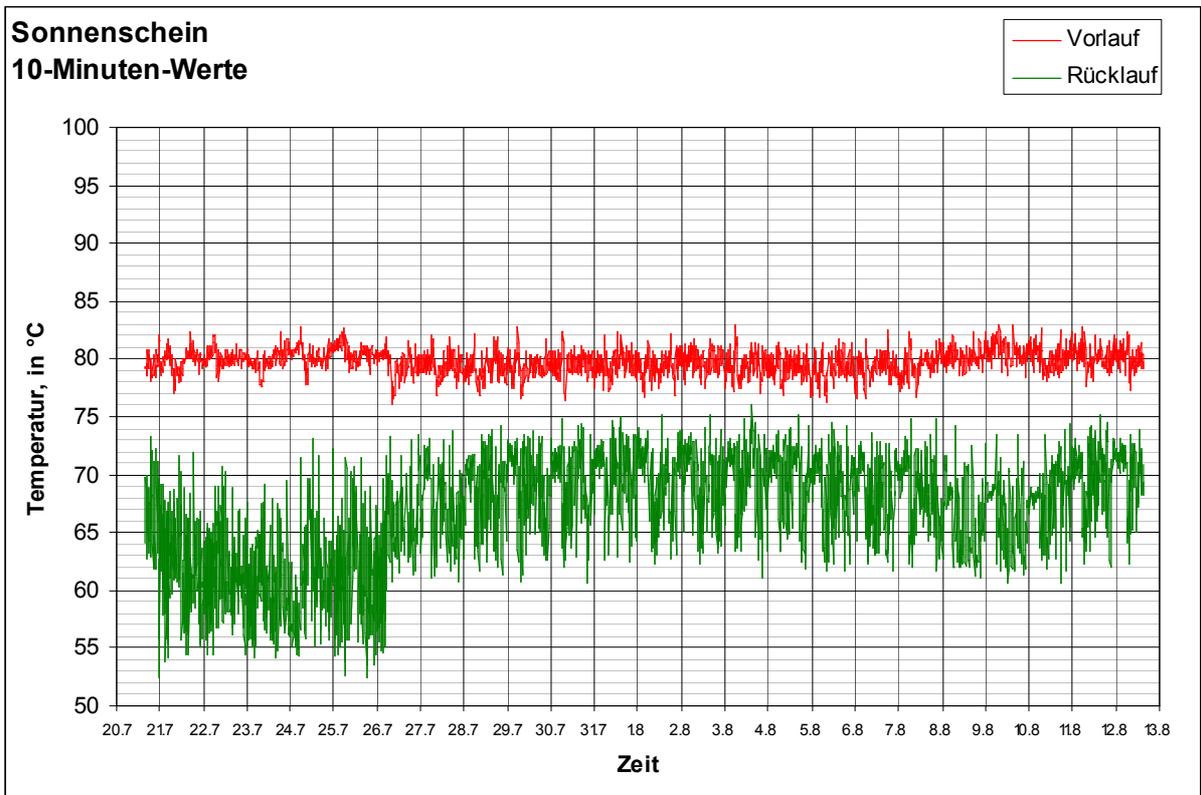


Bild 14 Messwerte Sonnenschein, Messperiode 2

2.3 Messwerte des Kesselhauses

Parallel zur Netztemperaturmessung wurde zusätzlich ein mobiler Datenlogger zur Erfassung der Raumtemperatur in das Kesselhaus gelegt. Jeweils eine Woche auf den Boden mittig zwischen zwei Nahwärmekessel und eine Woche zwischen die beiden Dampfkessel sowie ca. 3 Wochen oberhalb der Kessel.

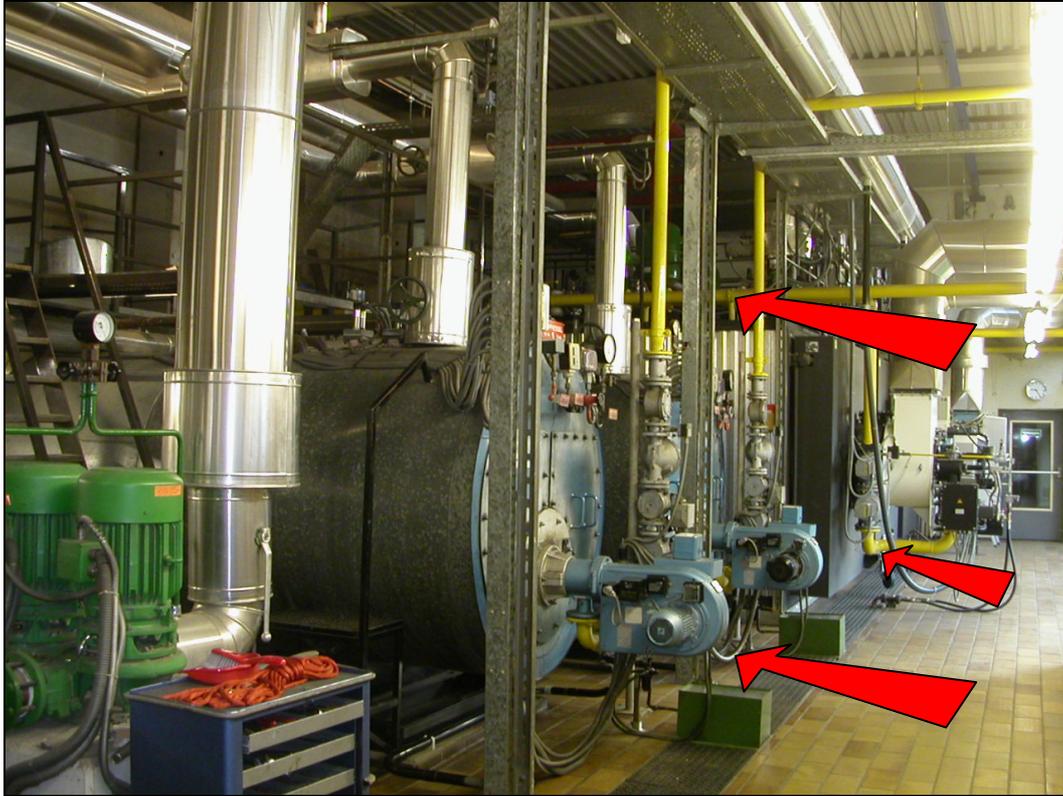


Bild 15 Platzierung der Messfühler im Kesselhaus

Es wurden die im nachfolgenden Bild gezeigten Temperaturverläufe erfasst. Die Kesselhaus-temperatur hängt linear mit der mittleren Außentemperatur zusammen.

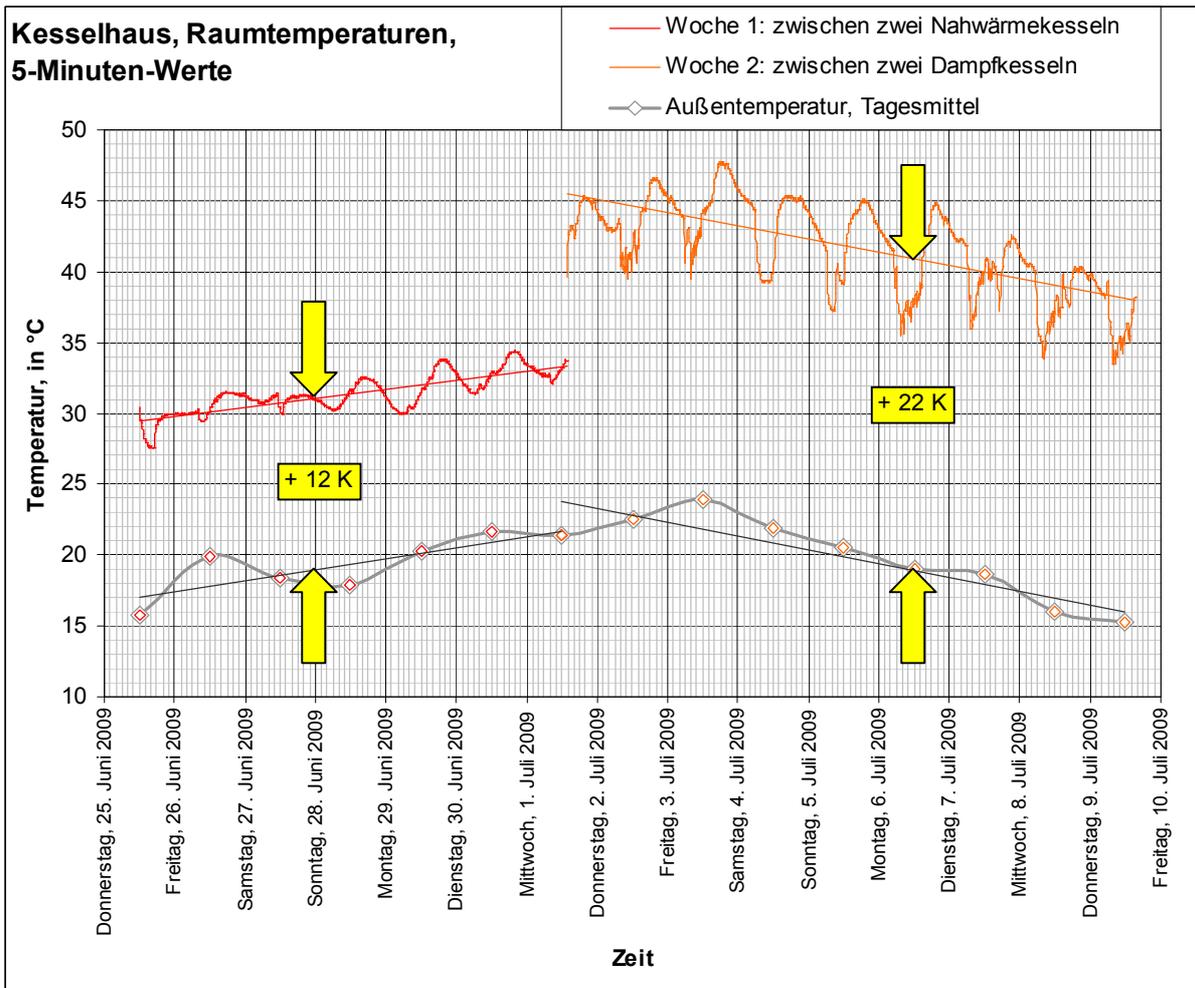


Bild 16 Kesselhaustemperaturen (unten) und Außentemperatur über 2 Wochen

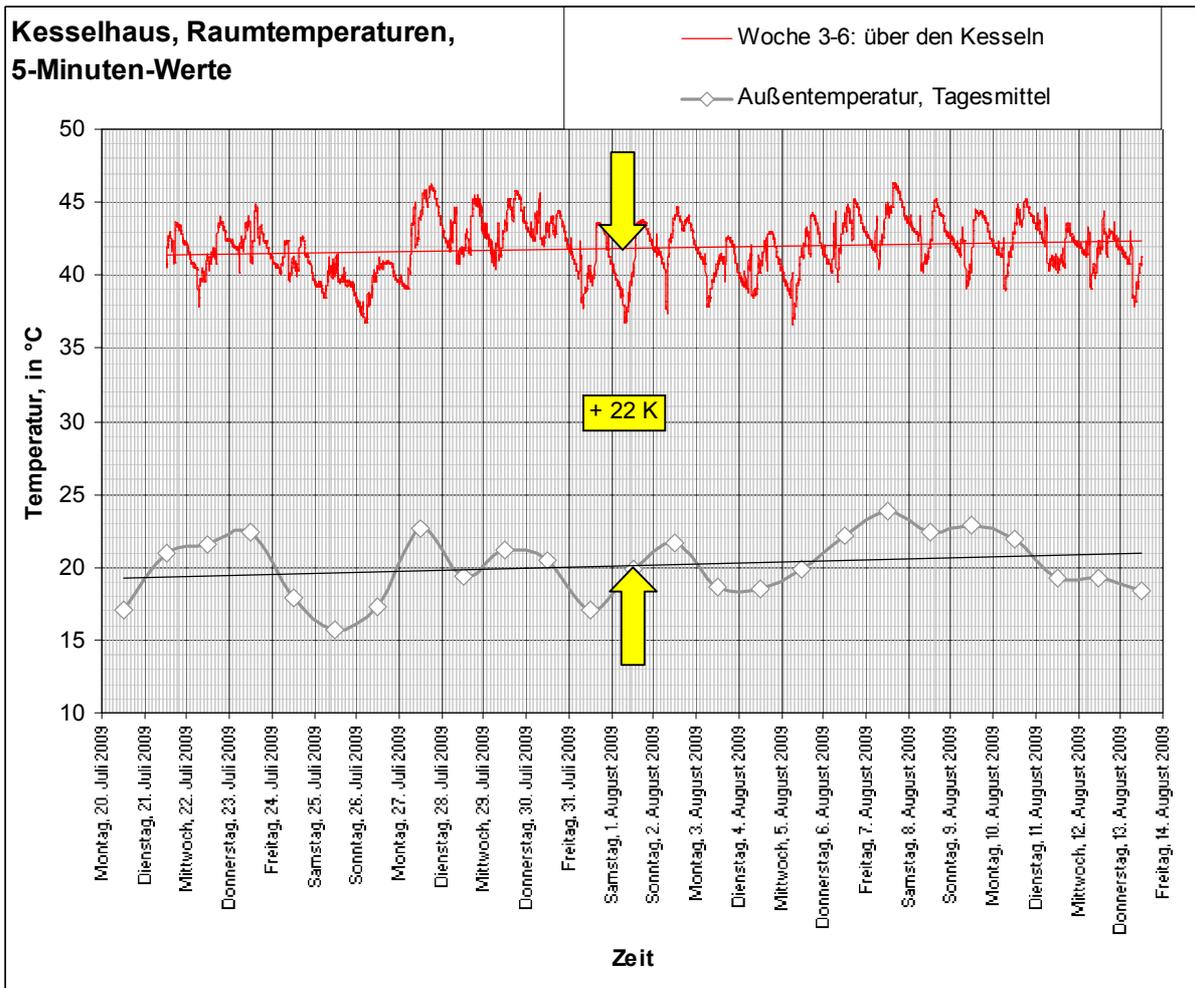


Bild 17 Kesselhaustemperaturen (oben) und Außentemperatur über 3 Wochen

In der Nähe der Nachwärmekessel ist es ca. 10°C wärmer als außen. In der Nähe der Dampfkessel und oberhalb der 5 Kessel liegt die Temperatur 22°C über der Außentemperatur.

3 Auswertung

Die erfassten Daten werden im nachfolgenden Abschnitt ausgewertet und interpretiert.

3.1 Kesselvor- und Netzurücklauftemperatur

Die "Schwingungen" der Vor- und Rücklauftemperatur sind täglich wiederkehrend. Die Vorlauftemperatur hat ihr Maximum jeweils etwa 4 Uhr (ca. 82°C Stundendurchschnitt) und nimmt bis etwa 15 Uhr ab (ca. 80°C Stundendurchschnitt). Insgesamt ist sie jedoch konstant.

Dieser Verlauf wiederholt sich in der zweiten Messung mit leicht veränderten Temperaturen. Die Abweichungen von ca. 1 °C sind auf Messungenauigkeiten zurückzuführen.

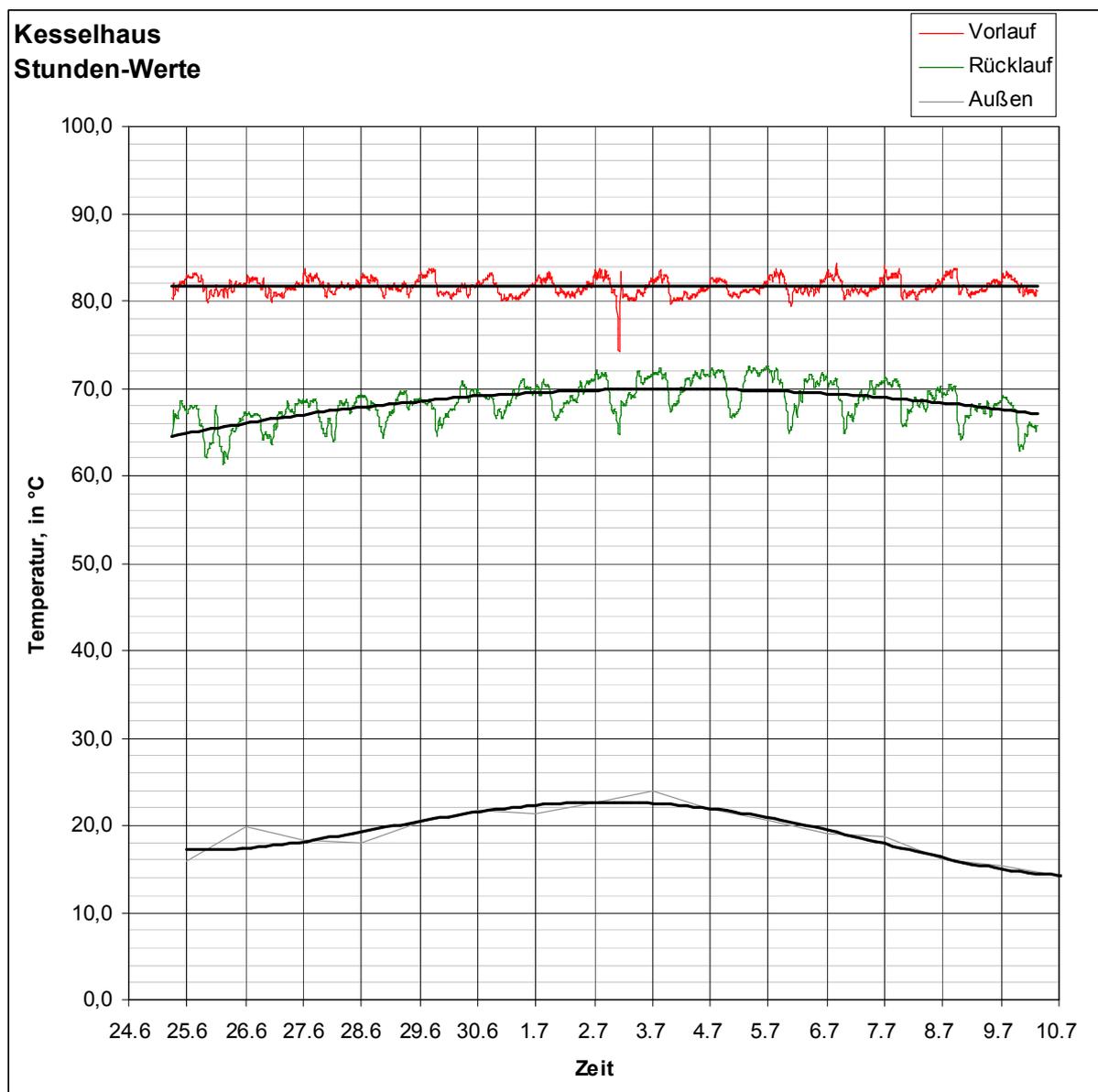


Bild 18 Kesseltemperaturen und Außentemperatur über 2 Wochen, erste Messung

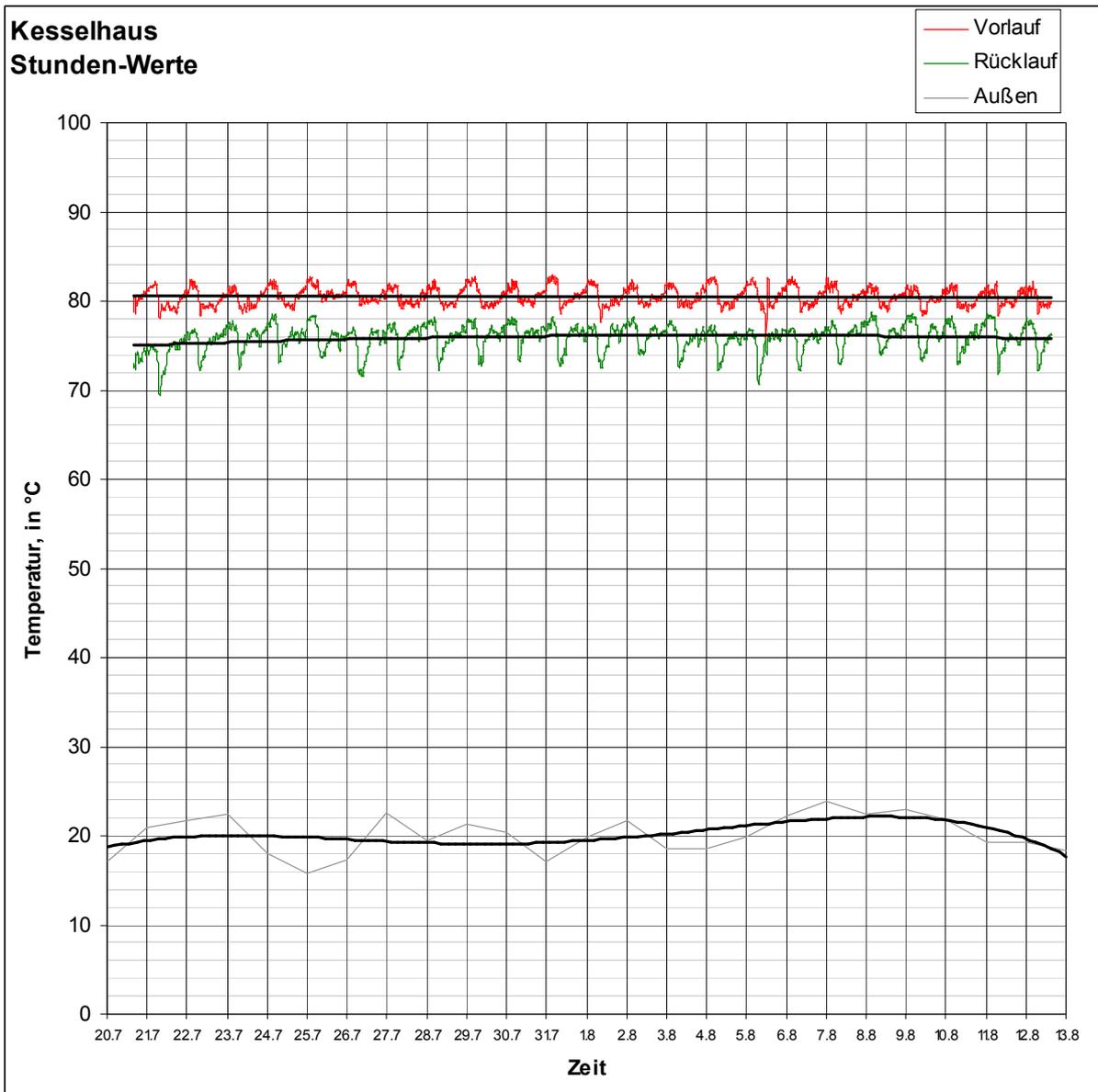


Bild 19 Kesseltemperaturen und Außentemperatur über 3,5 Wochen, zweite Messung

Die Rücklauftemperatur korreliert in beiden Messperioden mit der Außentemperatur. In der ersten Messung liegt sie etwa 48 K über der Außentemperatur, in der zweiten Messperiode 55 K über der Außentemperatur.

Eine Erklärung für dieses Messergebnis kann nicht angegeben werden. Es kann sich um Messfehler handeln – der Fühler wurde nicht an der exakt gleichen Stelle platziert. Es kann auch die Beendigung der Heizperiode für das Messergebnis verantwortlich sein. Während der ersten Messung könnten noch Heizkörper in Betrieb gewesen sein, während der zweiten nur noch die Warmwasserbereitung.

Für den Sommerfall (nur Trinkwarmwasserbereitung) wird von einer Netzvorlauftemperatur von 82°C und einer Netzurücklauftemperatur von 70°C ausgegangen.

Die Rücklauftemperatur ist morgens jeweils besonders niedrig (ca. 10 Uhr). Es ist die flächendeckende Warmwasserbereitung als Verursacher zu vermuten. Tendenziell sieht man anhand der Rücklauftemperatur, dass die Liegenschaft auch im Juli noch immer witterungsabhängig verbraucht. Zu Zeiten mit der geringsten Außentemperatur, ergeben sich - heizfalltypisch – die größte Netzauskühlung und damit eine geringere Rücklauftemperatur.

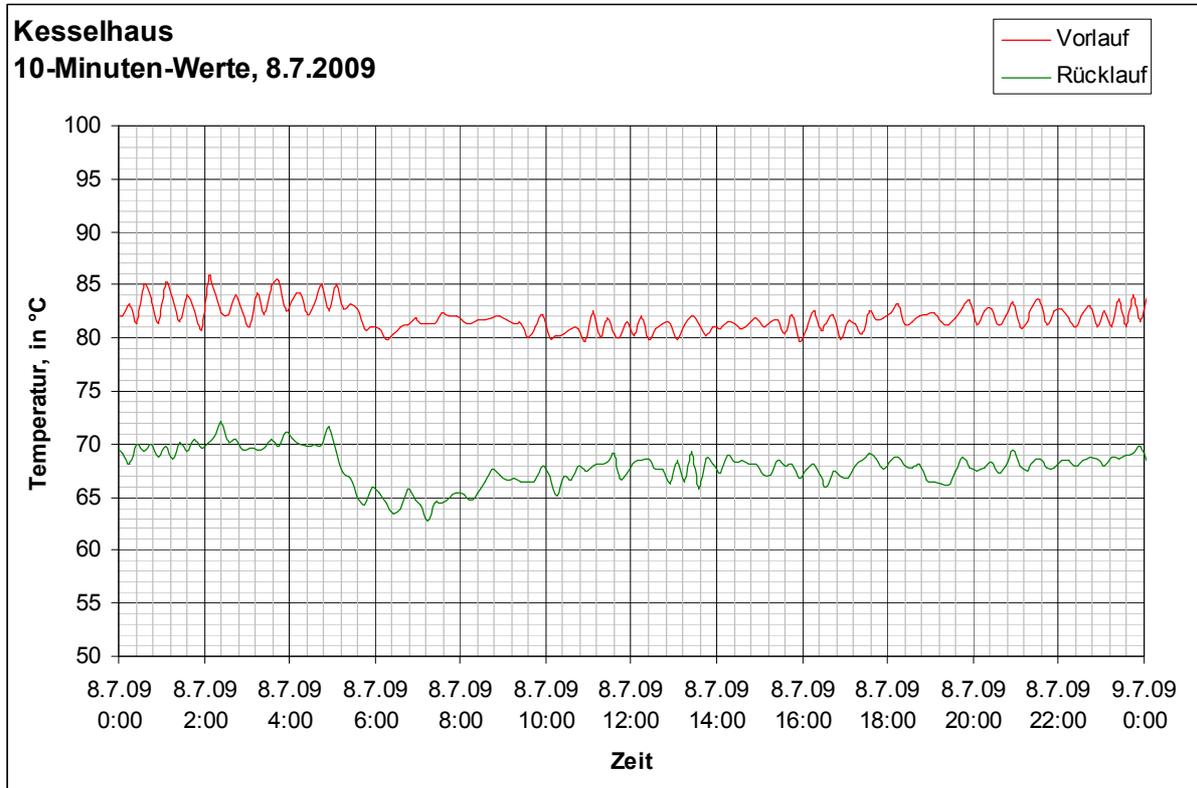


Bild 20 Tagesverlauf Kesselhaus

Im Verlauf eines Tages sind Schwingungen der Vorlauftemperatur um 2 – 3 K zu erkennen. Während der Hochlastzeiten (vormittags) ist das Schwingen am geringsten. Während der Schwachlastzeit (nachts) am größten.

3.2 Heizkreis "Kaiserwald"

Der Temperaturverlust im Heizkreis Kaiserwald beträgt zwischen dem Ausgang am Kesselhaus und dem Eingang am vorletzten Abnehmer – dem Haus Emmaus – etwa 4 K. Das Heizwasser wurde in der 27. KW 2009 mit ca. 82°C aus dem Kesselhaus geliefert und kam mit 78°C am Verbraucher an.

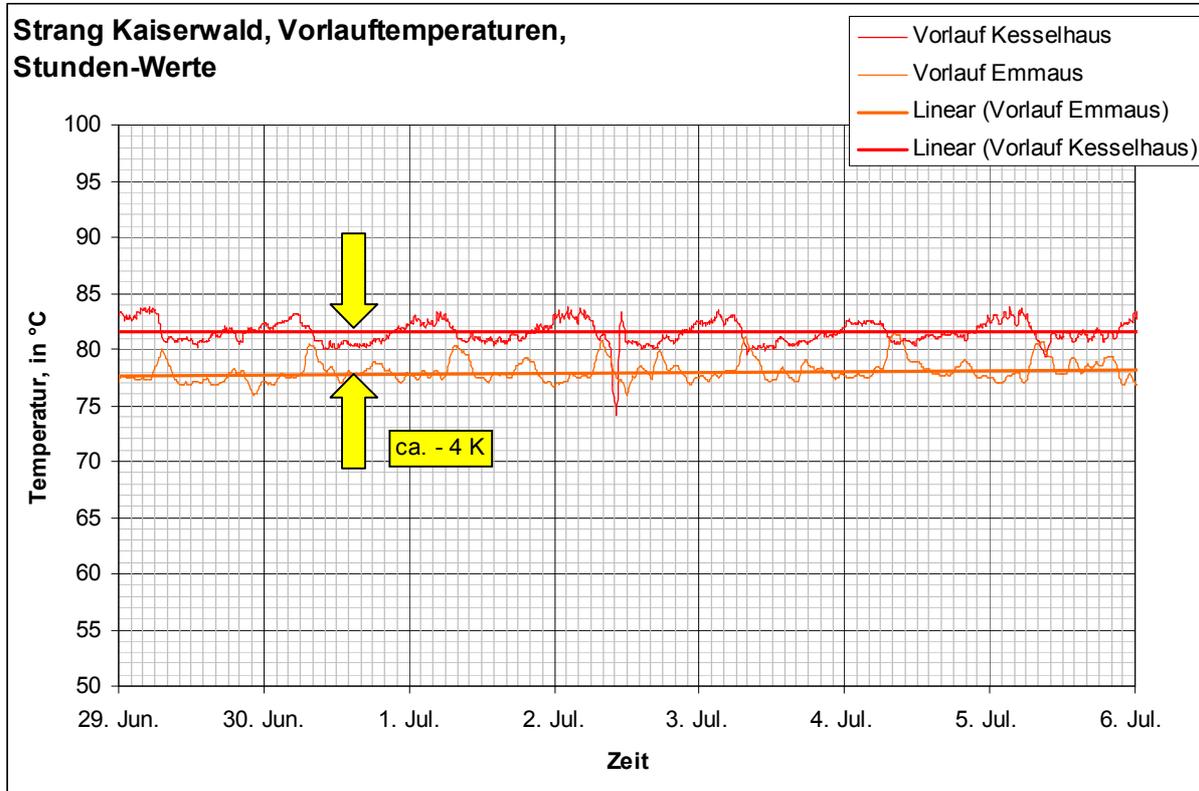


Bild 21 Ergebnisse Strang "Kaiserwald"

Die Gebäude am Weidenweg liegen auch ungünstig, jedoch – ausgehend von der Rohrstrecke – näher an der Zentrale, so dass von maximal 4 K Temperaturverlust im Vorlauf auszugehen ist.

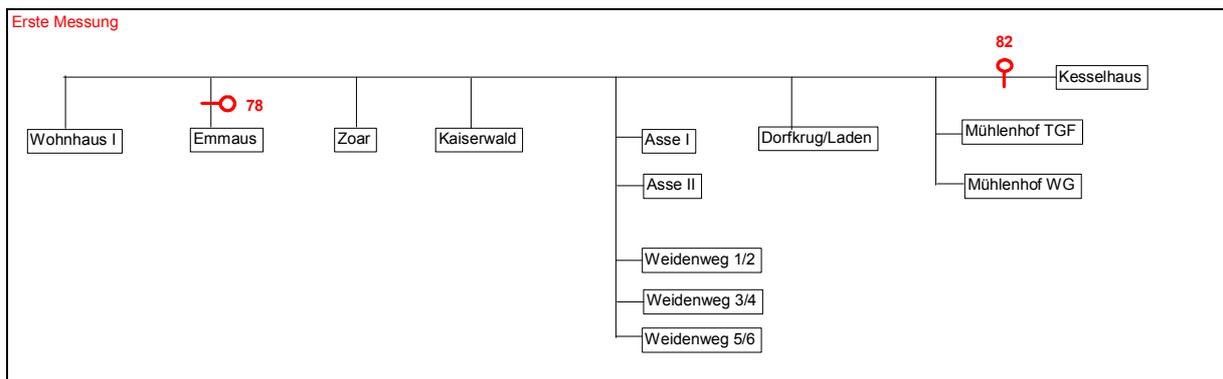


Bild 22 Vorlauftemperaturen im Strang "Kaiserwald"

3.3 Heizkreis "Zentralgebiet"

Der Temperaturverlust im Heizkreis Zentralgebiet beträgt zwischen dem Ausgang am Kesselhaus und dem Eingang am drittletzten Abnehmer – dem Wohnhaus III – etwa 4 K. Das Heizwasser wurde in der 27. KW 2009 mit ca. 82°C aus dem Kesselhaus geliefert und kam mit 78 ... 79 °C am Verbraucher an.

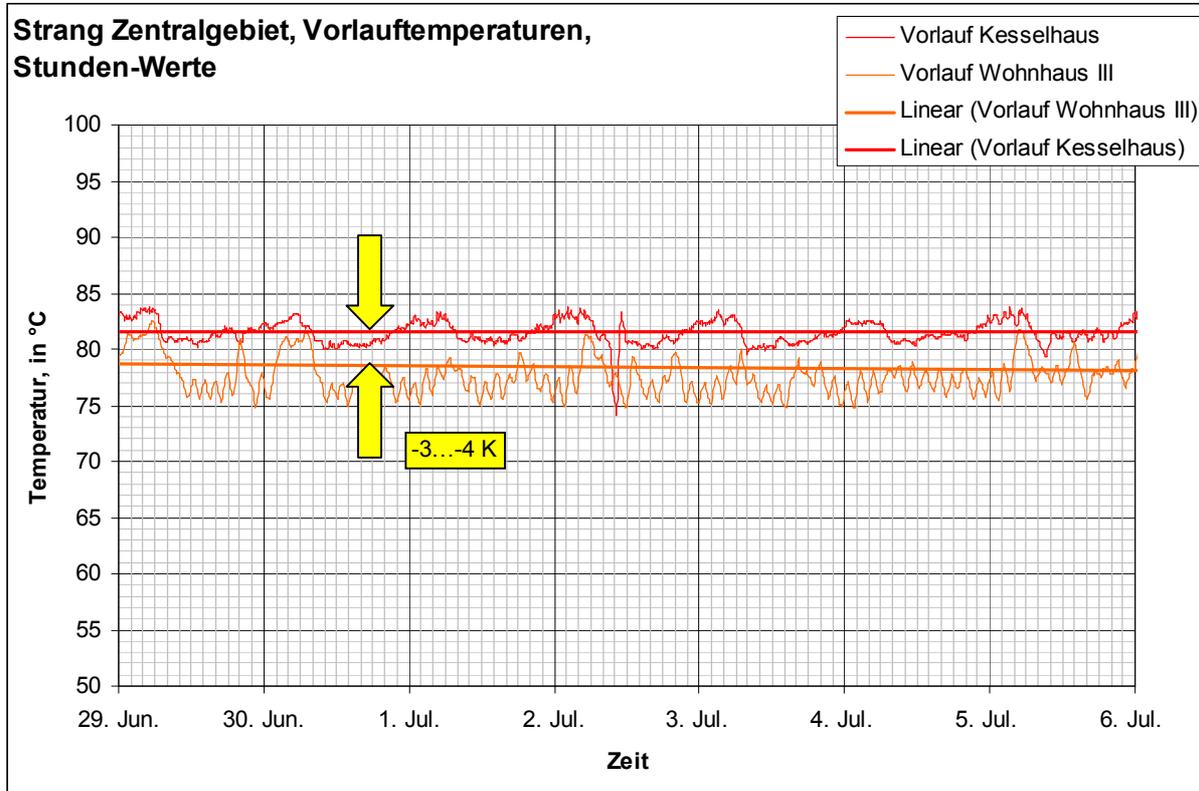


Bild 23 Ergebnisse Strang "Zentralgebiet"

Die Kegelbahn und der Kindergarten werden aufgrund ihrer weiteren Entfernung maximal 1 K zusätzlichen Verlust aufweisen. Alle anderen Abnehmer, auch die Verwaltung und das Gebäude Elm sind näher an der Zentrale gelegen.

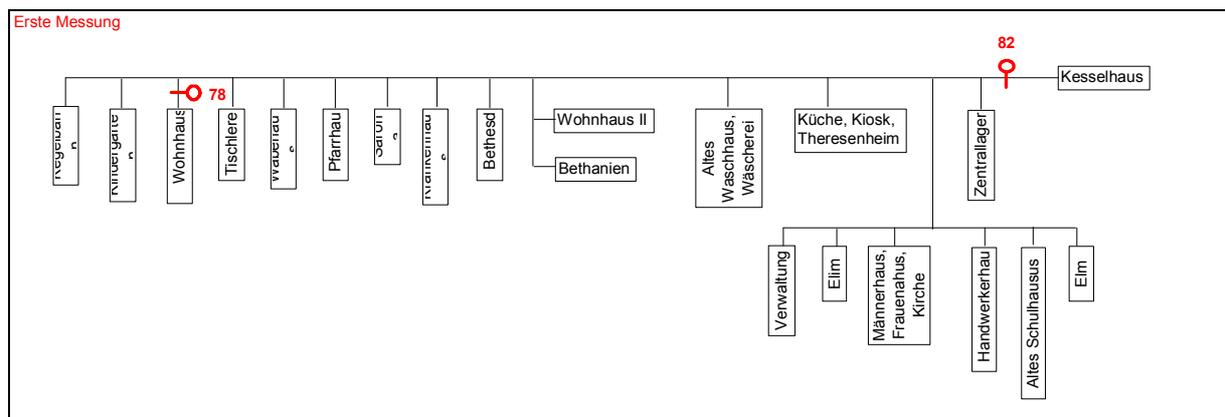


Bild 24 Vorlauftemperaturen im Strang "Zentralgebiet"

3.4 Heizkreis "Nördlich der Wabe"

Der Heizkreis "Nördlich der Wabe" weist wegen der Biowärmeeinspeisung ein undifferenziertes Bild von Temperaturverlusten entlang der Netzstrecke auf.

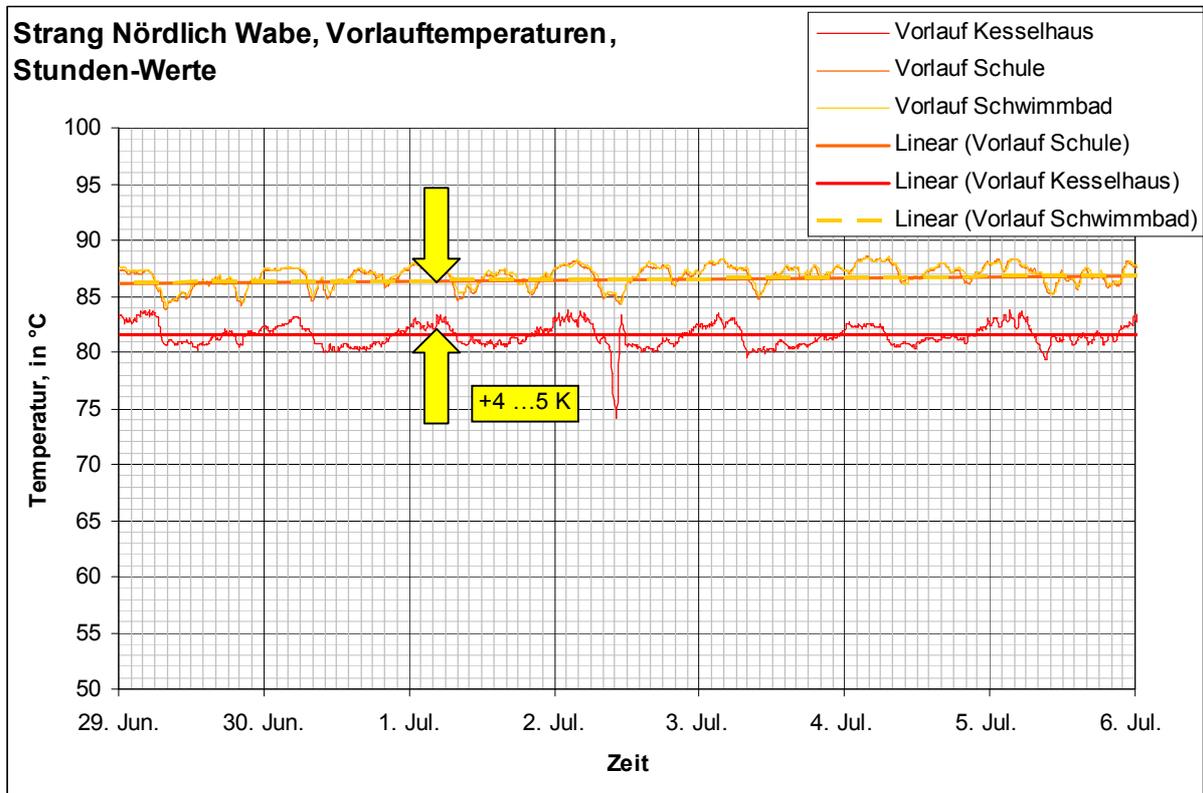


Bild 25 Ergebnisse Strang "Nördlich der Wabe", erste Messung

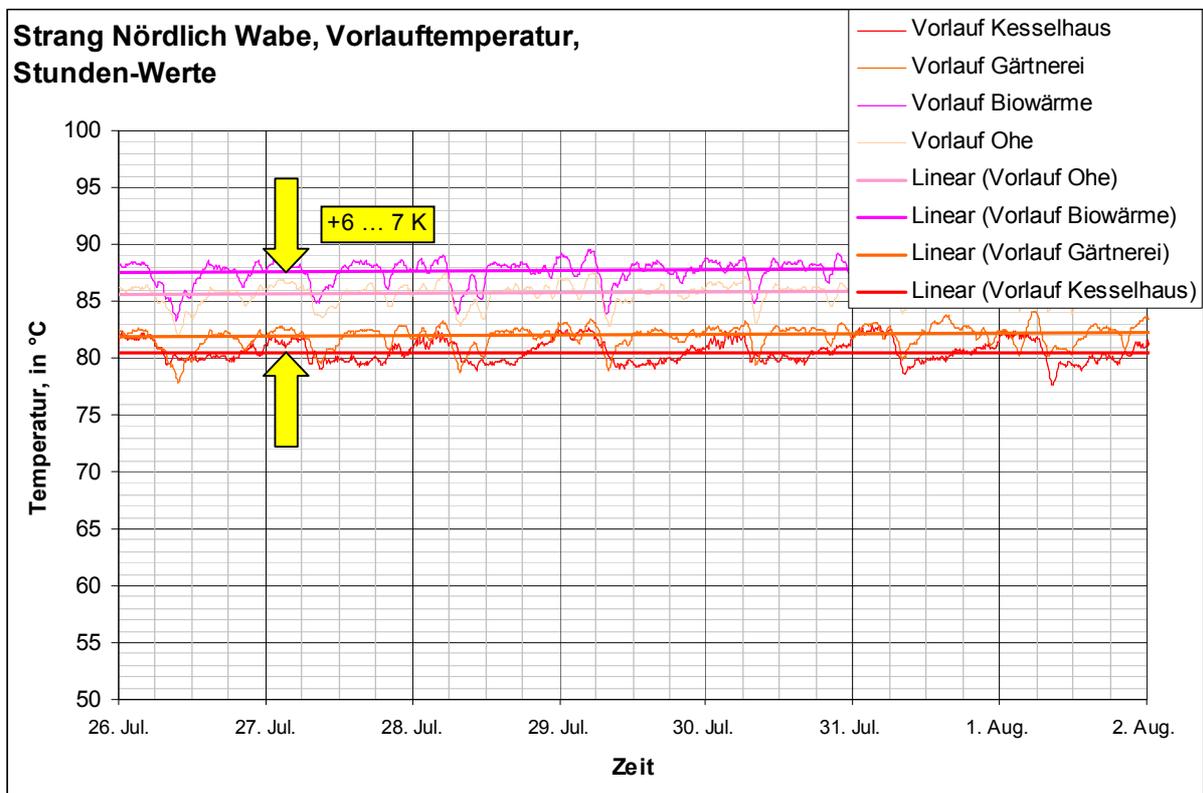


Bild 26 Ergebnisse Strang "Nördlich der Wabe", zweite Messung

Die beiden Messungen zeigen, dass die Biowärmeeinspeisung auf ca. 7 ... 8°C höherem Temperaturniveau stattfindet, wie die sonstige Netztemperatur ab Kesselhaus.

Es kann aufgrund der Messungen davon ausgegangen werden, dass die Biowärmeeinspeisung entgegen der eigentlichen Fließrichtung bis etwa zum Abzweig "Ohe" erfolgt. Aus Richtung Kesselhaus in korrekter Fließrichtung wird Wärme in etwa bis zum Abzweig "Gewächshaus" verteilt. Beide Messergebnisse repräsentieren den Sommer!

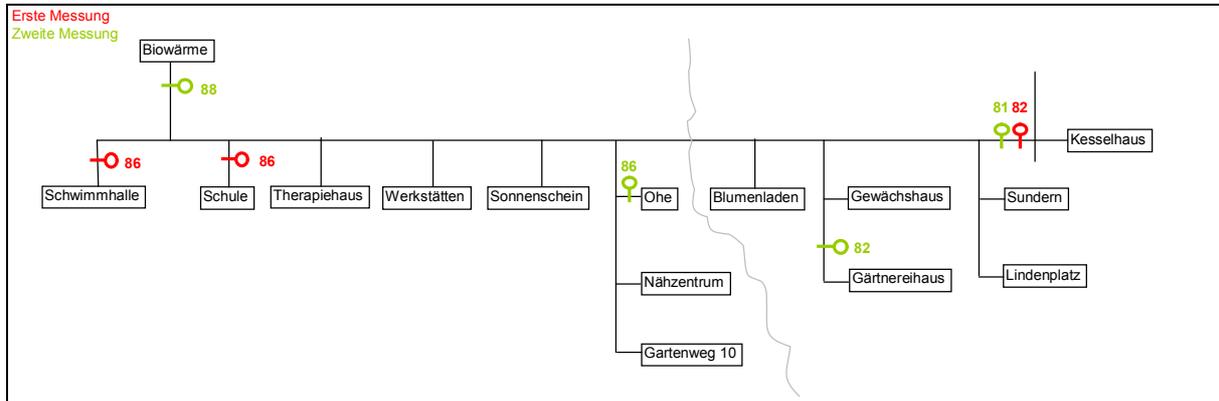


Bild 27 Messergebnisse im Strang "Nördlich der Wabe"

Der Biowärmeeinspeisepunkt ist in jedem Fall kein Mischpunkt, wie die Planung vermuten lässt, sondern ein Einspeisepunkt in den Vorlauf! Die Strömungsumkehr liegt in etwa auf Höhe des "Blumenladens".

Die Werte des Hauses "Sonnenschein" wurden – da sie unplausibel waren – nicht weiter ausgewertet.

3.5 Temperaturverlust des Netzes im Jahresgang

Der gemessene sommerliche Temperaturverlust zwischen der Zentrale und den ungünstigsten Verbrauchern in zwei der drei Kreise liegt bei maximal 4 K – für eine Messung im Juli. Der Jahresgang wird anhand der nachfolgenden Tabelle näherungsweise nachvollzogen.

Voraussetzung: Die Rohrleitungen befinden sich in 1,6 m bis 1,8 m Tiefe im Erdreich oder zu insgesamt 17 % in Gebäuden und 83 % im Erdreich. Die Regelung der Vorlauftemperatur erfolgt nach der Regelkurve, welche im Grundlagenprojekt aufgenommen wurde.

	Außen	Erdreich	Keller	Mittlere Rohrumgebung	
	ϑ_a	ϑ_e	ϑ_k	$\vartheta_U = 0,2 \cdot \vartheta_k + 0,8 \cdot \vartheta_e$	
	°C	°C	°C	°C	
Juli	19	18	25	19	sehr sichere Annahme
September	17	20	21	20	Schätzung
November	7	15	17	15	Messung
Januar	2	7	13	8	Berechnung
März	2	4	17	7	
Mai	12	10	21	12	

	Vorlauf Zentrale	Übertemperatur Vorlauf zu Umgebung	Verlust Zentrale bis letzte Abnehmer	Vorlauf letzte Abnehmer	Mittelvorlauf im Netz
	ϑ_{VZ}	$\vartheta_{VZ} - \vartheta_U$	$\vartheta_{VZ} - \vartheta_{VA}$	ϑ_{VA}	$(\vartheta_{VZ} + \vartheta_{VA})/2$
	°C	K	K	°C	°C
Juli	82	63	4	78	80
September	82	62	4	78	80
November	90	75	5	85	88
Januar	95	87	6	89	92
März	95	88	6	89	92
Mai	82	70	4	78	80

	Rücklauf Zentrale	Übertemperatur Rücklauf zu Umgebung	Verlust letzte Abnehmer bis Zentrale	Rücklauf letzte Abnehmer	Mittelrücklauf im Netz
	ϑ_{RZ}	$\vartheta_{RZ} - \vartheta_U$	$\vartheta_{RA} - \vartheta_{RZ}$	ϑ_{RA}	$(\vartheta_{RZ} + \vartheta_{RA})/2$
	°C	K	K	°C	°C
Juli	70	51	3	73	72
September	70	50	3	73	72
November	72	57	4	76	74
Januar	75	67	4	79	77
März	75	68	4	79	77
Mai	70	58	4	74	72

Tabelle 1 Temperaturen im Jahresgang

Annahmen:

- Außentemperaturgang Hannover nach DIN V 4108-6,
- Erdreichtemperaturgang nach www.waermebrunnen.de/erdtemp.jpg in 2 m Tiefe
- Kellertemperaturen geschätzt
- Verhältnis Kellerrohr zu Erdreichrohr nach Aufmaß (ca. 17 : 83)
- Vorlauftemperaturen nach Heizkurve Neuerkerode
- Messwerte für den Monat Juli

Wenn man davon ausgeht, dass die treibende Kraft für den Wärmeverlust der Rohre die Temperaturdifferenz zwischen Rohrnetz und der Umgebung ist, können die Juliwerte (gemessen für den Vorlauf) auf die anderen Monate und auch auf den Rücklauf übertragen werden.

Vorlauf

Die Vorlauftemperatur ergibt sich ohne Zeitverlust aus der Außentemperatur (Heizkurve). Der Jahresgang der Erdreichtemperatur hinkt jedoch der Außentemperatur hinterher. Daher ist in den Vorlaufleitungen mit dem größten Temperaturverlust der Rohre zwischen Januar und März zu rechnen. In dem Zeitraum herrscht die größte Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf- und Erdreichtemperatur.

Die geschätzte Auskühlung des Vorlaufs bis zum letzten Verbraucher im Winter liegt bei 6 K. Das Minimum ergibt sich mit 4 K vom Mai bis September – wie im Juli gemessen.

Rücklauf

Beim Rücklauf sind die Verhältnisse vergleichbar mit dem Vorlauf, jedoch auf insgesamt niedrigerem Temperaturniveau. Die Rücklauftemperaturen im Jahresgang sind schwer zu ermitteln. Sie hängen von der Vorlauftemperatur und der Wärmeabnahme der Verbraucher ab, Es wurden ausgehend vom Juliwert Annahmen getroffen. Die Spreizung ist größer, wenn die Wärmeabnahme größer wird – also im Winter.

Die geschätzte Auskühlung des Rücklaufs liegt zwischen 3 K im Sommer und 4 K im Winterhalbjahr.

Netztemperaturen

Als Netztemperatur soll ein realistischer Mittelwert der Rohrleitungstemperatur (Mittel aller Teilstrecken) bezeichnet werden. Sie kann vereinfacht als Mittelwert zwischen Netzanfang (Zentrale) und Ende (letzter Verbraucher) angenommen werden. Siehe Bild, welches die Ergebnisse für das Netz im Jahresgang mit Vor- und Rücklauf darstellt.

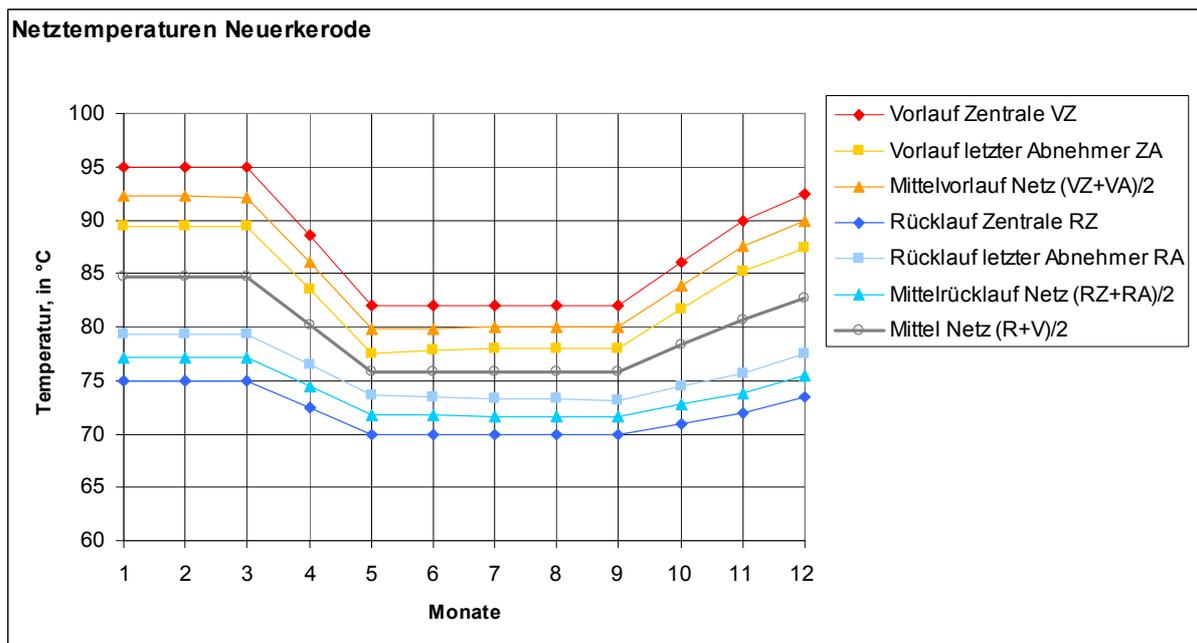


Bild 28 Netztemperaturen

3.6 Verhalten der Warmwasserbreiter

Es ergeben sich folgende Auskühlungen der Nahwärme in der Messung:

- Ohe: ca. 3 K im Kombisystem (Speicher/Tauscher) – 2. Periode
- Gärtnerei: ca. 9 K beim Tauschersystem – 2. Periode
- Emmaus: ca. 10 K beim Kombisystem (Speicher/Tauscher) – 1. Periode
- Wohnhaus III: ca. 11 K beim Speichersystem - 1. Periode
- Schule: ca. 15 K beim Speichersystem – 1. Periode

Ein Trend ist wegen der geringen Datenlage nicht sicher abzuleiten. Vorausgesetzt, dass in der Messperiode Juli/August keine Heizung mehr in Betrieb war (2. Periode), jedoch in der ersten Messperiode noch etwas geheizt wurde, kann folgendes vermutet werden:

Die Auskühlung der primären Nahwärme liegt bei der Warmwasserbereitung im Sommer im Speichersystem etwas höher als beim Tauscher/Kombisystem. Es werden ca. 7 K bzw. 10 K als realistische Auskühlung angesehen.

4 Fazit

Die Temperaturverluste in den beiden Strängen ohne Biowärmeeinspeisung sind für den Juli ermittelt worden und auf das Netz hochgerechnet worden.

Es ergibt sich eine gemessene Auskühlung von ca. 4 K (Sommer) bis ca. 6 K (Winter) an den Endgebäuden der Trasse. Die ungünstigsten Monate für die Wärmeverluste sind die Monate Januar bis März.

Die Biowärmeeinspeisung erfolgt auf ca. 7 ... 8°C höherem Temperaturniveau als die sonstige Netzvorlauftemperatur ab Kesselhaus.

Der Biowärmeeinspeisepunkt ist in jedem Fall kein Mischpunkt, wie die Planung vermuten lässt, sondern ein Einspeisepunkt in den Vorlauf! Die Strömungsumkehr liegt im Sommer in etwa auf Höhe des "Blumenladens".

Die sommerliche Auskühlung der Nahwärme in den Warmwasserbereitern – bei Alleinbetrieb ohne Heizung – hängt vom System der Warmwasserbereitung ab.

Es werden ca. 7 K für das Speichersystem bzw. 10 K für das Tauscher/Kombisystem als realistische Auskühlung angesehen.