



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

Bericht

Hydraulische Optimierung des Wärmenetzes

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

Datenstand: 17.01.2012

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

B. Eng. Li Ning, Wolfenbüttel
Dr.-Ing. Kati Jagnow, Braunschweig
Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

Inhalt

1	Zusammenfassung	4
2	Aufgabenstellung und Problematik	8
3	Bestandssituation	9
3.1	Kesselhaus	9
	3.1.1 Kessel.....	10
	3.1.2 Pumpen	11
	3.1.3 Regelventil	12
	3.1.4 Verteiler und Sammler.....	13
	3.1.5 Kesselkreisdruckverlust.....	14
3.2	Nahwärmekreise	14
3.3	Übergabestationen der Gebäude	17
	3.3.1 Hausübergabestation ohne Trinkwarmwasserbereiter.....	18
	3.3.2 Hausübergabestation mit Trinkwarmwasserspeicher	19
	3.3.3 Hausübergabestation mit Durchlaufwassererwärmung.....	21
	3.3.4 Hausübergabestation mit Trinkwarmwasserspeicher und -durchlaufsystem	22
	3.3.5 Druckverlust der Hausübergabe	23
3.4	Biowärmeeinspeisung	27
	3.4.1 Aufbau und Druckverlust der Einspeisung	29
	3.4.2 Pumpe	30
	3.4.3 Betriebsverhalten	31
3.5	Netztemperaturen	34
4	Netzberechnung	35
4.1	Vorgehensweise	35
4.2	Grundlagen	35
4.3	Definition von Auslastungszuständen	37
4.4	Ergebnisse für den heutigen Zustand	37
4.5	Druckverlustdiagramme	40
4.6	Ergebnisse für den künftigen Zustand	42
4.7	Einbezug der Biowärmeeinspeisung	43
5	Netzoptimierung	48
5.1	Variante neue Netzpumpe	48
5.2	Variante Zentralpumpe und 3 Heizkreispumpen	50
5.3	Frühere Optimierungsvorschläge zur Biowärmeeinspeisung	51
5.4	Optimierung der Biowärmeeinspeisung	51
5.5	Umbauplanung	52
6	Fazit	54

7	Anhang	57
7.1	Quellen	57
7.2	Datentabellen Gebäuderanddaten	57
7.3	Datentabellen Netzranddaten	63
7.4	Ergebnisse der hydraulischen Berechnung	69
	7.4.1 Zentralgebiet, heutiger Zustand	69
	7.4.2 Nördlich der Wabe, heutiger Zustand, ohne Berücksichtigung der Biowärme	71
	7.4.3 Nördlich der Wabe, heutiger Zustand, mit Berücksichtigung der Biowärme	73
	7.4.4 Kaiserwald, heutiger Zustand	75
	7.4.5 Zentralgebiet, künftiger Zustand	77
	7.4.6 Nördlich der Wabe, künftiger Zustand	79
	7.4.7 Kaiserwald, künftiger Zustand.....	81
7.5	Berechnungen zum Strombedarf	83
7.6	Pumpendaten	84

1 Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht beschreibt und bewertet das in Neuerkerode vorhandene Nahwärmenetz aus hydraulischer Sicht (Kapitel 3). Auf Basis einer Netzberechnung (Kapitel 4) werden Optimierungsvorschläge, insbesondere für die Biowärmeeinspeisung, unterbreitet (Kapitel 5).

Hydraulische Einschätzung des Nahwärmenetzes

Insgesamt sind im winterlichen Auslegungsfall (dem Belastungsmaximum) mit ca. 50 Pa/m sehr geringe Druckverluste im Netz zu verzeichnen. Die Leitungsquerschnitte der Nahwärme sind im Mittel größer und damit die Strömungsgeschwindigkeit und Reibung geringer als in einem durchschnittlichen Fernwärmenetz eines Betreibers (Planung dort: 200 Pa/m); das führt zu etwas höheren Rohrleitungswärmeverlusten (größere Rohroberflächen), aber ist hinsichtlich des Pumpenstromeinsatzes günstiger.

a) Rohmetz

Die neueren Leitungsteile (Weidenweg, Villa Luise, Näherei) sind mit vergleichsweise geringeren Querschnitten dimensioniert. In diesen Leitungsteilen ergeben sich somit höhere, fernwärmeübliche Rohrreibungswerte (R-Werte); dort befinden sich die hydraulischen Schlechtpunkte – auch wenn nicht die längsten Leitungswege vorliegen, siehe Bild 1.

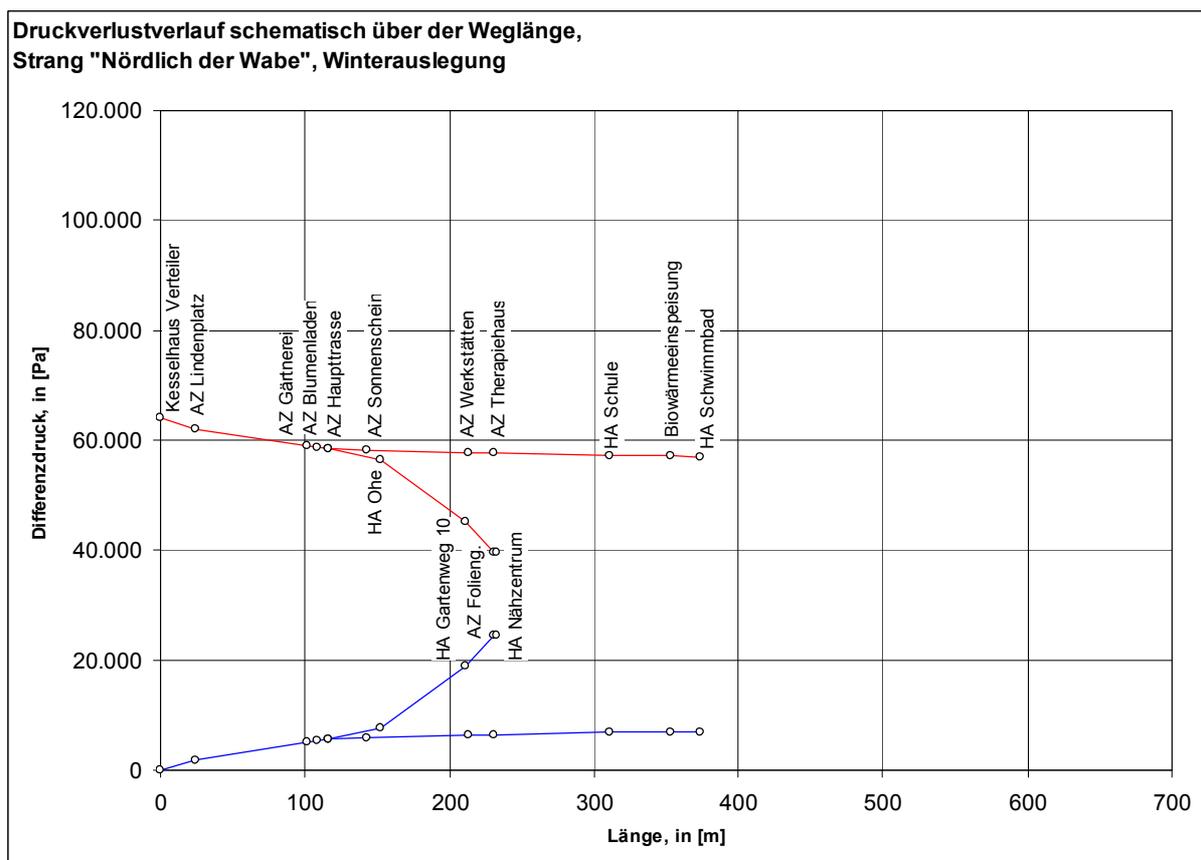


Bild 1 Druckverlustdiagramm, Winterauslegung, Bestand, Strang "Nördlich der Wabe"

Bild 1 zeigt schematisch den Druckverlauf im Strang "Nördlich der Wabe" mit zwei möglichen Fließwegen (die anderen Fließwege sind der Übersichtlichkeit halber nicht eingetragen).

Der Hauptweg vom Kesselhaus bis zum Schwimmbad weist große Rohrquerschnitte und damit geringe Druckverluste entlang der Wegstrecke auf. Im Bild entspricht dies einem fast waagerechten Linienverlauf. Der Abzweig zum Nähzentrum besteht aus neueren Leitungsteilen. Die längenbezogenen Druckverluste sind hier – wegen der vergleichsweise kleineren Durchmesser – sehr viel höher.

Ausgehend von der Druckerhöhung in der Zentrale, die für alle Netzteile identisch ist, bleibt daher an den Hausanschlüssen des Teilstrangs "Nähzentrum" weniger Restdruck übrig als im Hauptstrang. Der hydraulische Schlechtpunkt liegt im Teilstrang "Nähzentrum". Eine hydraulische Optimierung muss dies berücksichtigen.

b) Kesselzentrale

Die Kesselzentrale weist aufgrund der verwendeten Kessel mit großem Wasserinhalt und wegen des einfach strukturierten Aufbaus einen sehr geringen Druckverlust von ca. 0,3 bar auf (zurückzuführen auf im Wesentlichen das Regelventil). Dies ist positiv einzuschätzen.

c) Hausanschlüsse

Die in der großen Mehrzahl direkt ausgeführten Hausanschlüsse sind jeweils mit einem Dreiwege- oder Durchgangsregelventil zur gebäudeinternen Vorlauftemperaturregelung sowie einem Wärmemengenzähler ausgestattet; diese Bauteile fallen hinsichtlich ihrer Druckverluste in den Einflussbereich der Nahwärmepumpen (und nicht der Gebäudepumpen).

Die Dimensionierung der Wärmemengenzähler in den Gebäuden erfolgte großzügig, so dass sich erfreulicherweise nur geringe Druckverluste ergeben; die Messung führt damit zu kaum Mehrstromaufwand für die Nahwärmepumpen; hinsichtlich der Investitionskosten und der Messgenauigkeit wären kleinere Dimensionen der Zähler etwas günstiger gewesen.

Die vorhandenen Regelventile der Gebäude wurden stichprobenhaft überprüft und eine Überdimensionierung um etwa den Faktor 3 (für den Druckflusswert k_v) festgestellt. Dies muss zwangsläufig im Betrieb dazu führen, dass die Ventile stark drosseln müssen, was die Regelgüte beeinträchtigt und durch häufiges Schwingen die Lebensdauer der Antriebe verkürzt; bei künftigen Ersatzmaßnahmen und Umbauten muss dies abgestellt werden.

d) Hydraulisches Gesamtsystem

Die Untersuchung aller drei Abnehmerkreise ergibt, dass Winter- und Sommerauslegungsfall zu einem ähnlichen Ergebnis für Gesamtvolumenstrom und Gesamtdruckverlust führen.

Unter Berücksichtigung der Druckverluste des Kesselkreises und der Übergabestation in den Gebäuden ergibt sich ein Auslegungsvolumenstrom für das ganze Netz von 224 m³/h bei einer maximalen Druckdifferenz von 1,41 bar. Die Ergebnisübersicht zeigt Tabelle 1.

	Lastfälle	Summe Volumenstrom [m ³ /h]	maximaler Druckverlust [bar]
berechnet	Winterauslegung	224	1,41
	Sommerauslegung	211	1,41
	Heizperiode Mittel	110	0,67
	Sommerperiode Mittel	54	0,53
installiert		4 x 75 = 300	4,00

Tabelle 1 Auslegung und Bestandssituation der Netzhydraulik

Abhängig vom Lastfall (Winterauslegung, Sommerauslegung, Heizperiodenmittel, Sommermittel) verändert sich in jedem der 3 Kreise die Lage des hydraulisch ungünstigsten Punktes, siehe Tabelle 2.

Lastfall	Kreis "Zentralgebiet"	Kreis "Nördlich der Wabe"	Kreis "Kaiserwald"
Winter Auslegung	Kegelbahn	Nähzentrum	Villa Luise
Sommer Auslegung	Wabeweg 3/3a	Gartenweg 10	Weidenweg
Heizperiode Mittel	Kegelbahn	Nähzentrum	Villa Luise
Sommerperiode Mittel	Wabeweg 3/3a	Gartenweg 10	Weidenweg

Tabelle 2 Übersicht über die Lage hydraulisch ungünstigster Verbraucher im Bestand

e) Pumpen

Die vorhandenen 4 Nahwärmepumpen sind hinsichtlich ihres Volumenstroms gut bemessen (der berechnete Auslegungsvolumenstrom fließt bei Verwendung von 3 Pumpen). Die Druckerhöhung der Pumpen liegt mit 4 bar deutlich höher als der berechnete Maximalwert von 1,41 bar; hier werden deutliche Einsparpotentiale gesehen. Die vorhandene Pumpentechnologie (Wirkungsgrade) entspricht insgesamt jedoch fast der von Neupumpen.

e) Verbesserungspotential im Nahwärmenetz

Ein Verbesserungspotential an der Nahwärmehydraulik und den resultierenden Energiekosten für Pumpenstrom ergibt sich prinzipiell aus drei Gesichtspunkten:

- ▶ die Pumpen sollten passende Volumenströme und Druckerhöhungen aufweisen
- ▶ die Pumpen sollten hocheffiziente Antriebe aufweisen
- ▶ die Druckerhöhung der Pumpe sollte sich auch im Teillastfall an das Netz bzw. die drei Einzelabnehmerkreise anpassen lassen

Das größte Einsparpotential resultiert aus der Anpassung der Volumenströme und Druckerhöhungen der Pumpen an das Netz. Dies ließe sich auch mit den vorhandenen Pumpen erreichen, wird jedoch nicht empfohlen. Die Biowärmeeinspeisung muss gleichzeitig mit optimiert werden, weil die Einspeisung sonst gänzlich gefährdet ist, siehe unten. Es wird daher empfohlen, die Anpassung der Pumpe erst beim Netzbau zu berücksichtigen.

Hinsichtlich der hocheffizienten Antriebe ist festzustellen: es gibt derzeit keine Ersatz-Hocheffizienzpumpen in der benötigten Größenklasse. Daher würde auf ähnliche Modelle wie die installierten Pumpen zurückgegriffen werden müssen. Damit kann dieser Einspar-effekt noch nicht genutzt werden, da die technische Umsetzung unmöglich ist.

Die sukzessive Modernisierung der Gebäude sowie Abkopplung von Strangenden (Pfarrhaus bis Kegelbahn, Kaiserwald bis Villa Luise) führt zu sehr viel kleineren Bedarfswerten (Volumenstrom, Druckverlust) und auch zu einer stärkeren Inhomogenität der drei Abnehmerkreise, die derzeit in ihren Erstreckungen ähnlich groß sind. Dies spricht eigentlich für eine Trennung der Kreise mit eigenen Pumpen. Jedoch hat die nähere Untersuchung gezeigt, dass die zusätzliche Ersparnis von 3 Einzelkreispumpen gegenüber einer Zentralspumpe nicht ausreichend hoch ist, um den Umbau dahingehend zu rechtfertigen.

Es wird empfohlen, beim Umbau der Hydraulik der Heizzentrale eine neue Doppelpumpe an Stelle der jetzigen 2 Doppelpumpen zu installieren. Sinnvoll ist eine Doppelpumpe mit Grundlast- und Spitzenlastpumpe. Sie sollte die Möglichkeit der differenzdruckvariablen Regelung aufweisen. Die Berechnungen dieses Berichtes führen zu folgenden Plandaten für die Pumpe:

- ▶ 225 m³/h und 1,5 bar

Biowärmeeinspeisung

Die Biowärmeeinspeisung ist geprägt von einer je nach Belastung „wandernden“ Rückwärtsdurchströmung des Stranges "Nördlich der Wabe", d.h. genauer gesagt der Hauptversorgungsachse zwischen dem Biowärmeeinspeisepunkt zwischen dem letzten und vorletzten Abnehmer am Ende der Trasse und der Nahwärmezentrale am Anfang der Trasse. Je nach Lastfall können mehr oder weniger Abnehmer rückwärtig versorgt werden (im Heizperiodenmittel alle Gebäude außer der Gärtnereikomplex, Lindenplatz und Sundern).

a) Pumpe

Die Pumpe im Biowärmekreis weist ebenfalls eine größere Druckerhöhung auf als der zu versorgende Einspeisekreis dies rechnerisch erfordert (4 statt 1 bar).

b) Netzdurchströmung

Die Pumpen in der Nahwärmezentrale und der Biowärmeeinspeisung arbeiten mit etwa gleicher Druckförderhöhe gegeneinander.

Die Biowärmeeinspeisung würde zurückgehen, wenn die Biowärmepumpe schwächer als die Nahwärmepumpe ist, da die Netzteile die derzeit verkehrt herum durchströmt werden, zwangsläufig räumlich kleiner werden.

Im umgekehrten Fall ist die Versorgungssicherheit des ganzen Nordstrangs in Frage gestellt, wenn die Biowärmepumpe stärker ist als die Nahwärmepumpe. Dann steigt zwar ihr Versorgungsgebiet in räumlichen Ausmaßen, nicht aber die eingespeiste Wärmeleistung.

c) Optimierung

Optimierungsvorschläge an der Biowärme wie Einbau von Rückschlagklappen, Regelung der Biowärmepumpe, Umbau der Abnehmerhydraulik des Schwimmbades beseitigen das Grundproblem der Fehlströmungen nicht.

Die Optimierung der Biowärmepumpe kann nur erfolgen, indem der Einspeisepunkt in das Netz geändert wird, d.h. in das Kesselhaus umgelegt wird; der Einspeiseweg erhöht sich von 300 auf 600 m Trassenlänge; die vorhandene Pumpe ist für diese Länge ausreichend dimensioniert.

Umbau der Zentrale

Der Bericht gibt in seinem Kapitel 5.5 einen Vorschlag zum Umbau. Er beinhaltet die Wahl einer neuen Pumpe für die Zentrale sowie ein Hydraulikschema zur Verschaltung des Kessels und der Biowärmeeinspeisung.

Es wird berücksichtigt, dass die derzeitige Biowärmeeinspeisepumpe noch vergleichsweise neuwertig ist und nicht umgehend ersetzt wird – sondern erst mittelfristig.

2 Aufgabenstellung und Problematik

Das hydraulische Heizungssystem in Neuerkerode besteht aus vier wichtigen Komponenten: dem Kesselhaus mit Pumpen, drei Verteilkreisen, 55 Gebäuden mit Hausanschlüssen und einer Biowärmeeinspeisung am Ende des Strangs „Nördlich der Wabe“. Eine schematische, vereinfachte Darstellung des Heizungsnetzes ist nachfolgend abgebildet.

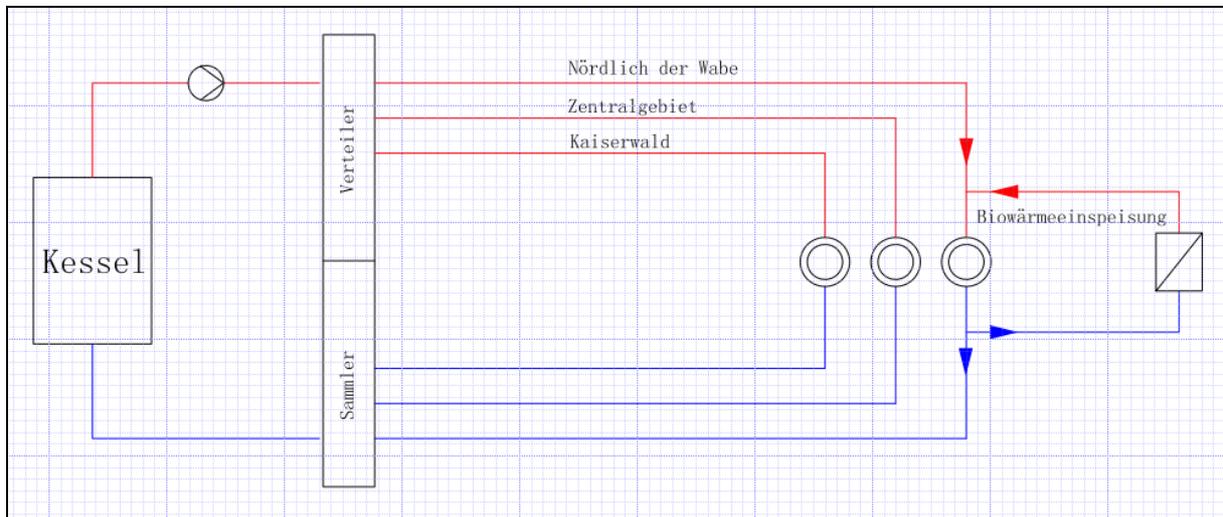


Bild 2: Hydraulik System der Stiftung Neuerkerode

Im Bestand versorgen maximal drei Kessel Neuerkerode mit Wärmeenergie. In der Zentrale gibt es für die Versorgung vier Pumpen (2 Doppelpumpen). In Zukunft sollen Kesselkreis und Verbraucherkreise getrennt werden und mit passenden Pumpen ausgestattet werden. Dazu ist eine Druckverlustberechnung für die drei Abnehmerkreise incl. Bewertung der Hausanschlüsse notwendig, die Teil dieses Teilprojektes ist. Außerdem wird der Druckverlust der Kesselzentrale abgeschätzt.

In Neuerkerode wird zudem Bioabwärme aus einer externen Biogasverstromung eingespeist. Dieser Kreis wird separat untersucht; er hat eine eigene Pumpe. Derzeit wird dem Heizkreis „Nördliche der Wabe“ am Ende des Strangs Wasser entzogen, in der Biogasanlage erhitzt und in die Nahwärme zurückgespeist. Die Einspeisung erfolgt – das belegen Temperaturmessungen und Betriebserfahrungen – entgegen der geplanten Fließrichtung.

Im Rahmen dieses Berichtes wird geklärt, ob dieser Zustand durch kleinere Umbaumaßnahmen am Einspeisepunkt verändert werden kann oder ob eine Verlegung des Einspeisepunktes in die Kesselzentrale die sinnvollere Maßnahme ist. Ziel ist eine Erhöhung der eingespeisten Bioabwärmemenge, da diese einen deutlichen Kostenvorteil gegenüber dem sonst verwendeten Energieträger Erdgas aufweist.

Der Bericht beginnt mit der Erfassung der Bestandssituation (Kapitel 3). Es schließt sich die Auswertung der Netzberechnung an (Kapitel 4). Im letzten Abschnitt werden Vorschläge vorgestellt, wie das Netz optimiert werden kann (Kapitel 5).

3 Bestandssituation

Nachfolgend werden die einzelnen Bestandteile der Nahwärme näher erläutert. Dies sind Kessel, Pumpen und Regelventil der Zentrale, Hausanschlüsse und die drei Verteilkreise. Dabei wird der Schwerpunkt auf deren hydraulische Eigenschaften gelegt. Die Grundlegenden Festlegungen hinsichtlich der sich anschließenden Netzberechnung werden getroffen.

3.1 Kesselhaus

Die Hydraulik der Nahwärmeversorgung ist relativ einfach aufgebaut. Es gibt einen Kesselkreis mit drei Kesseln sowie drei Abnehmerkreise. Alle vier sind an einen zentralen Verteiler und Sammler. Die Druckerhöhung erfolgt mit 2 parallel geschalteten Doppelpumpen.

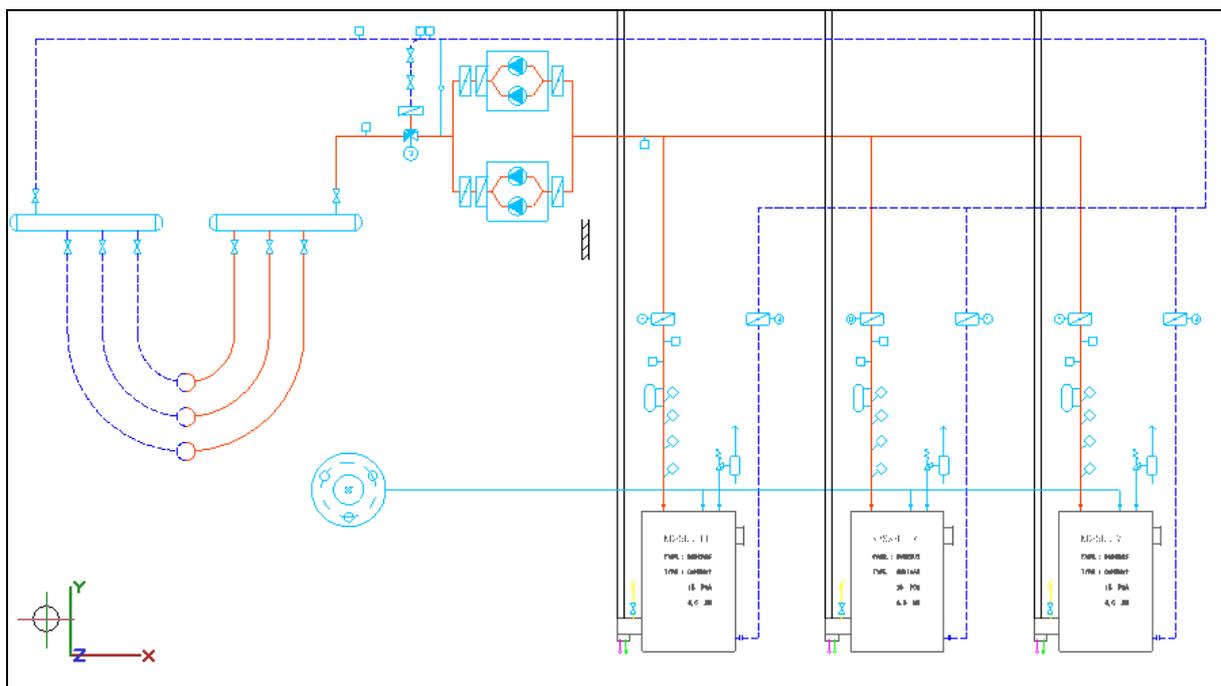


Bild 3 Schema der Netzhydraulik

Die Funktion des Ausdehnungsgefäßes übernimmt eine Druckhaltestation. Wird ein Anlagendruck von 4 bar überschritten, blasen die eingebauten Sicherheitsventile über Rohrleitungen Wasser ins Freie ab.

3.1.1 Kessel

Für die Heizwassererzeugung sind drei Einzelkessel vorhanden. Die Bauart der Niederdruck-Heißwasserkessel ist gleich. In Betrieb genommen wurden die Kessel 1986, 1998 und 1992.

- Fabrikat: Omnical Kessel- und Apparatebau der Buderus AG
- Typ: OMNIMAT 15 PGA 460
- Wärmeleistung: 4,6 MW

Die Kessel werden in Kaskade geregelt. Wird die Nennleistung eines Kessels von der angeforderten Heizleistung übertroffen, wird der nächste Kessel zugeschaltet. Dass ein zweiter Kessel läuft, ist sehr selten. Nach Erfahrungswerten der Kesselwärter schaltet erst dann ein zweiter Kessel zu, wenn die Temperatur einige Tage hintereinander im zweistelligen Minusbereich liegt. Der dritte Kessel ist zur Sicherheit vorhanden, falls ein anderer Kessel ausfällt.

Die drei Warmwasserkessel sind im Tichelmann-System angeschlossen. Beim Tichelmann-System (Tichelmannsche Rohrführung) werden die Rohre von den Warmwasserkesseln zum Verteiler/Sammler und zurück so geführt, dass die Summe der Längen in Vorlaufleitung und Rücklaufleitung bei jedem Heizkessel etwa gleich ist.

Damit wird ohne weitere Regeleinrichtungen oder hydraulische Einregulierung sichergestellt, dass die Durchströmung der Kessel gleichmäßig erfolgt, wenn mehr als ein Kessel in Betrieb ist.

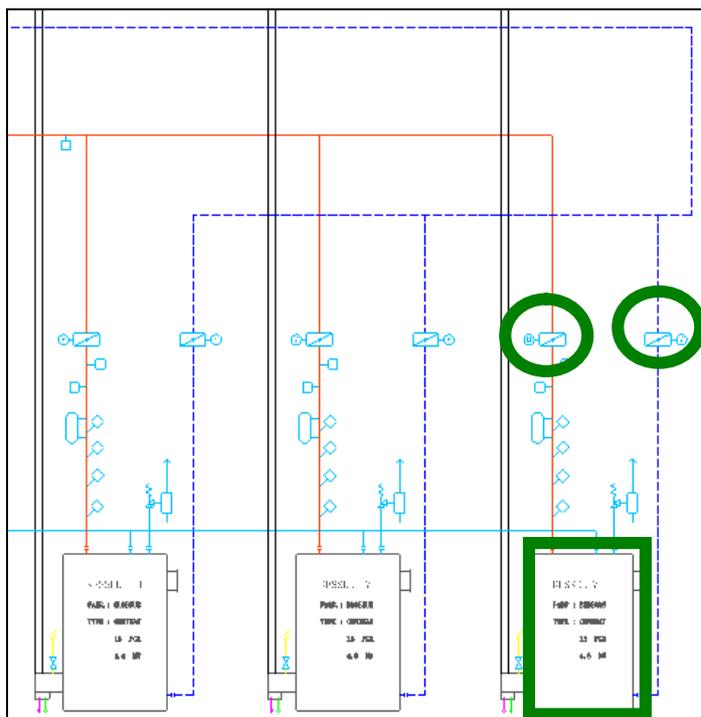


Bild 4 Kesselverschaltung nach Tichelmann

Aus hydraulischer Sicht werden jedem Kessel noch 2 motorisch betriebene Absperrklappen zugeordnet (siehe Bild, farbige Markierung). Die Komponenten erhalten folgende Strömungsbeiwerte:

- ▶ $\xi_{\text{Kessel}} = 2,5$
- ▶ $\xi_{\text{Klappe}} = 1,0$

Wird ein Kessel durchströmt ergibt sich ein Gesamtwert von $\xi = 4,5$.

3.1.2 Pumpen

Zur Druckerzeugung in der Anlage sind zwei Doppelpumpen im Vorlauf des Kesselkreises installiert. Alle Pumpen sind in Inline-Bauform ausgeführt. Bei dieser Bauart sind Motor und Pumpe konstruktiv voneinander getrennt, jedoch mit gemeinsamer Welle.

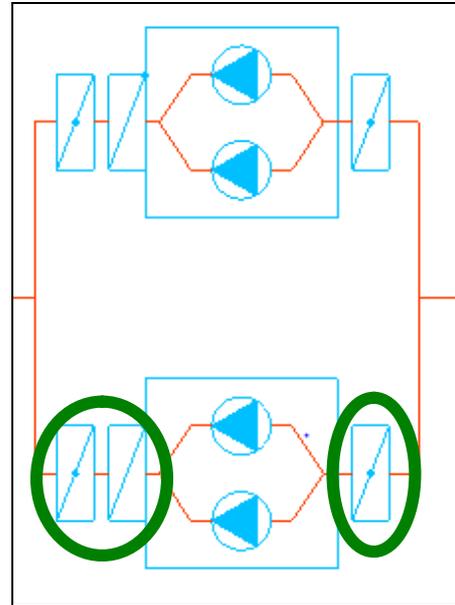


Bild 5 Netzpumpen der Wärmeerzeugung

Daten jeder einzelnen Pumpe:

- Typ: CNP 102
- Förderstrom einer Pumpe: 75 m³/h
- Förderhöhe: 40 m
- Fördermedium: Wasser
- Max. Betriebstemperatur: 120°C
- Max. Betriebsdruck: 10 bar
- Drehzahl: 2900 min⁻¹
- Leistung: 15 kW



Bild 6 Typenschilder einer Pumpe

Die vier Netzpumpen sind parallel geschaltet. Wenn mehrere parallel geschaltete Pumpen eingesetzt werden, gibt es in einem Hydrauliksystem große Volumenströme aber relativ kleine Förderdrücke, was mit dem Bedarf in Neuerkerode übereinstimmt. Mit dem Zuschalten jeder Pumpe erhöht sich die Wassermenge (um jeweils 75 m³/h) bei konstantem Druck von 4 bar.

Im winterlichen Auslegungsfall werden 3 dieser 4 Pumpen benötigt; dies entspricht einer Leistungsaufnahme von 45 kW.

Am 01. Juli 2011 wurde vor Ort festgestellt, dass nur eine Pumpe im Betrieb war und die Druckdifferenz zwischen der Druckseite und der Saugseite – wie erwartet – 4 bar betrug. Im Winterfall sind ggf. alle Pumpen im Betrieb, hierbei bleibt die maximale Förderhöhe konstant aber es vergrößert sich der Volumenstrom.

Aus hydraulischer Sicht werden jeder Doppelpumpe noch 2 motorisch betriebene Absperrklappen sowie eine Rückschlagklappe zugeordnet (siehe Bild, farbige Markierung). Jede Klappe erhält einen Strömungsbeiwert von:

► $\xi_{\text{Klappe}} = 1,0$

3.1.3 Regelventil

Der Kesselkreis ist mit einem Dreiwegeventil zur Rücklauftemperaturanhebung ausgestattet. Mit seiner Hilfe wird die im Kesselrücklauf geforderte Rücklauftemperatur von 65°C eingehalten.

Das Regelventil ist ein Verteilventil. Der Volumenstrom von den Pumpen kommt durch Tor AB (siehe Bild 7). Es wird verteilt durch Tor A zum zentralen Verteiler und durch Tor B zum Rücklauf. Im Auslegungsfall ist das Tor B geschlossen, weil der Rücklauf wärmer als 65°C aus der Anlage zurückfließt und eine Vorlaufbeimischung unnötig ist.

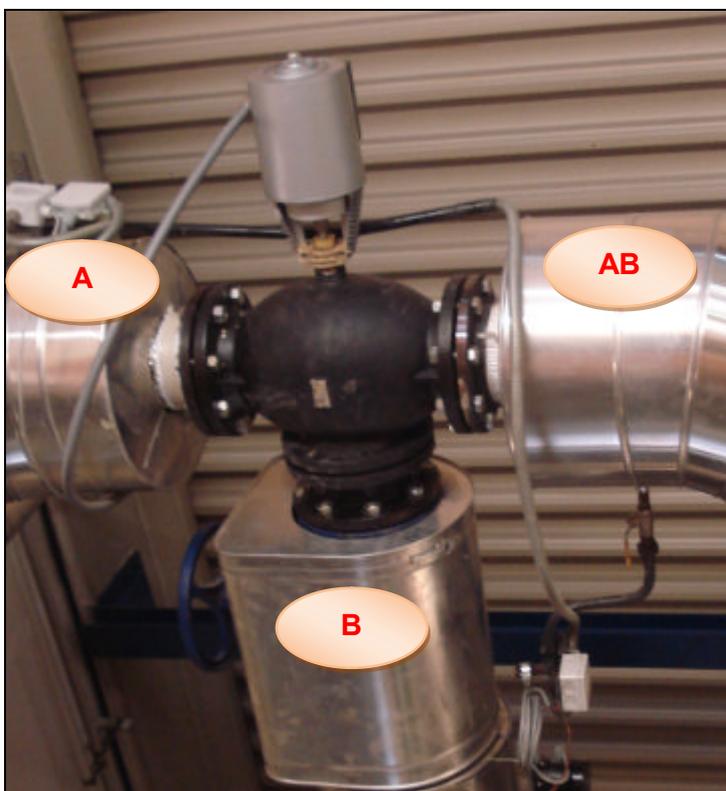
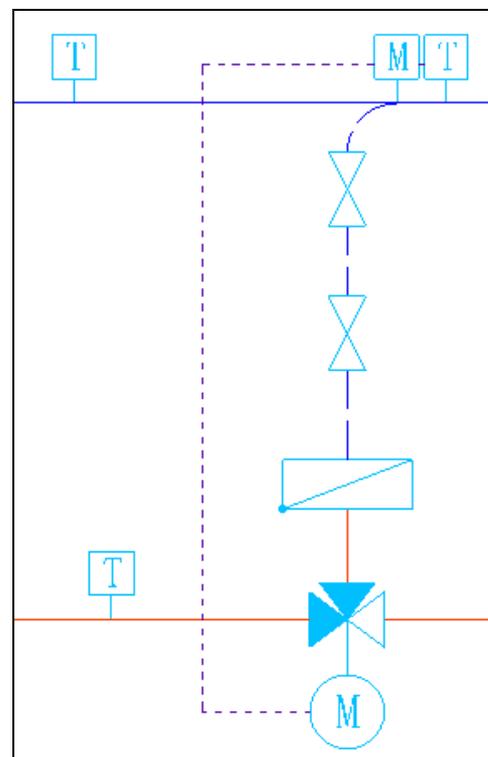


Bild 7 Dreiwegeregelventil im Kesselhaus



Es sind keine Angaben zu dem Ventil vorhanden. Es wird angenommen, dass es folgenden Durchflusswert aufweist:

► $k_v = 500 \text{ m}^3/\text{h}$

3.1.4 Verteiler und Sammler

Das Heizwasser wird durch den Verteiler im Kesselhaus in vier verschiedene Heizkreise verteilt. Der kesselseitige Anschluss erfolgt von oben (ganz links). Außerdem sind nach oben noch das Kesselhaus (Beheizung der Nebenräume) angeschlossen sowie 2 Reserveleitungen vorhanden. Die genannten 3 Abnehmeranschlüsse werden wegen Geringfügigkeit in allen weiteren Betrachtungen vernachlässigt.

Die Leitungen nach unten sind die Vorlaufleitungen für die drei Verbraucherkreise in Neuerkerode. Der Sammler sammelt das Rücklaufwasser, die Schaltungsweise ist wie beim Verteiler, nur spiegelverkehrt (siehe Bild 8).

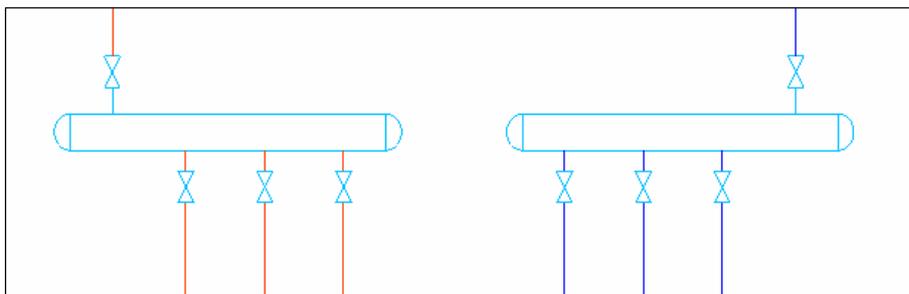


Bild 8 zentraler Verteiler und Sammler

Die offenen Absperrschieber werden nur pauschal als Druckverluste berücksichtigt.

3.1.5 Kesselkreisdruckverlust

Der Kesselkreis in Neuerkerode ist die Schaltung vom Kessel bis zum Verteiler/Sammler. Er enthält neben den Kesseln, Absperr-, Mess- und Sicherheitsarmaturen und dem Regelventil ungefähr 30 m Vorlaufleitung mit der Dimension DN 250 und 30 m Rücklaufleitung mit der gleichen Dimension.

Der Druckverlust durch Einzelwiderstände wird nach folgender Formel berechnet:

$$\Delta p = \xi_{\text{Einzel}} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2.$$

Die Wasserdichte ρ beträgt 999,8 kg/m³. Die Fließgeschwindigkeit w wird bestimmt durch Volumenstrom und Rohrrinnendurchmesser. Die Einzelwiderstände ξ ergeben sich aus den jeweils durchströmten Einzelbauteilen.

Für den Auslegungsfall und 4 weitere Varianten wird in Bild 9 der Druckverlust des Kesselkreises abgeschätzt.

Auslegungsfall		Volumenstrom [m ³ /h]	Geschwindigkeit (Kessel) [m/s]	Geschwindigkeit (Pumpen) [m/s]	1 Kessel mit 2 Klappen Δp [bar]	2 Kessel mit 2 Klappen Δp [bar]	2 Klappen (bei Pumpe) Δp [bar]	Regelventil Δp [bar]	Gesamt Δp [bar]
1 Pumpe	1 Kessel	75	0,38	2,31	0,00	0,01	0,02	0,02	0,05
2 Pumpen	1 Kessel	150	0,77	4,63	0,01		0,08	0,09	0,18
3 Pumpen	2 Kessel	225	0,58	3,47		0,01	0,05	0,20	0,26
4 Pumpen	2 Kessel	300	0,77	4,63		0,01	0,08	0,36	0,45

Unter Berücksichtigung von Δp durch Bögen, Rohr, sonstige Einbauten etc. Schätzwert **0,30**

Bild 9 Druckverlustabschätzung für den Kesselkreis

Folgende Randdaten gelten im Auslegungsfall:

- ▶ in Betrieb sind 2 Kessel und 3 Pumpen
- ▶ durch jeden Kessel mit Leitung und Klappen in DN 250 ($d_i = 263$ mm nach DIN EN 253) fließt der halbe Volumenstrom, daher $w = 0,57$ m/s
- ▶ für die Pumpen mit Leitung und Klappen ergibt sich bei DN 100 ($d_i = 107$ mm nach DIN EN 253) eine Strömungsgeschwindigkeit der Anschlussleitungen von $w = 3,46$ m/s
- ▶ durch das zentrale Regelventil fließt der volle Volumenstrom

Im Auslegungsfall ergibt sich ein geschätzter Druckverlust von **0,3 bar** inklusive der Druckverluste durch Leitungen und Formstücke sowie sonstige Bauteile mit geringer Reibung.

3.2 Nahwärmekreise

Das vorhandene Nahwärmenetz wurde zur Datenaufnahme in Teilstrecken eingeteilt, siehe auch der Bericht über die Nahwärmenetzkarten bzw. Bild 10. Bereits im Grundlagenprojekt wurden für jede Teilstrecke des Netzes eine Länge und eine Querschnittsdimension bestimmt. Insgesamt sind neun Rohrnennweiten von DN 150 bis DN 25 im Nahwärmenetz vorhanden.

Die Daten für den Außendurchmesser der Rohre ohne Berücksichtigung der Dämmung, welche zur späteren Berechnung der Wärmeverluste herangezogen werden, sind den Firmenunterlagen der Firma Logstor entnommen und wurden gerundet [3]. Die Innendurchmesser, welche maßgeblich für die Strömungsgeschwindigkeit sind, mussten gegenüber früheren Berichten korrigiert werden. Es gelten die Werte nach Tabelle 3.

DIN EN 253			
DN	Außendurchmesser d_a	Wandstärke s	Innendurchmesser d_i
25	33,7	2,6	28,5
32	42,4	2,6	37,2
40	48,3	2,6	43,1
50	60,3	2,9	54,5
65	76,1	2,9	70,3
80	88,9	3,2	82,5
100	114,3	3,6	107,1
125	139,7	3,6	132,5
150	168,3	4,0	160,3

Tabelle 3 Annahmen zu Innendurchmessern der Leitungen

Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass die verwendeten Rohrleitungen tatsächlich exakt der DIN EN 253 entsprechen. Nach welcher Norm sie gefertigt wurden, ist aufgrund des Alters vieler Teilstrecken unbekannt. Vermutlich entsprechen etliche Rohre in $DN \leq 32$ dem Gewinderohr nach DIN 2440 und Rohre mit $DN \geq 40$ dem nahtlosem Stahlrohr nach DIN 2448. Die Durchmesser aller Normen liegen nah beieinander, so dass ausschließlich die DIN EN 253 als Grundlage zur Berechnung der Druckverluste verwendet wird.

DN	25	32	40	40	50	65	80	100	125	150
d_i (mm)	27,2	35,9	41,8	43,1	51,2	70,3	82,5	100,8	125	150
R (Pa/m)	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	255	543	821	891	1420	3332	5118	8745	15522	25210
20	377	799	1205	1309	2080	4864	7458	12718	22530	36534
30	472	999	1505	1634	2595	6056	9277	15803	27964	45305
40	554	1170	1761	1912	3032	7069	10821	18420	32570	52736
50	626	1321	1988	2158	3420	7965	12188	20735	36642	59302
60	692	1459	2194	2381	3773	8778	13427	22833	40333	65252
70	752	1586	2384	2587	4098	9528	14570	24767	43732	70732
80	809	1705	2561	2779	4401	10228	15635	26570	46901	75839
90	863	1816	2728	2961	4686	10886	16637	28265	49881	80640
100	913	1922	2886	3132	4957	11509	17586	29871	52702	85185
120	1008	2119	3181	3452	5461	12670	19354	32861	57955	93647
140	1095	2301	3454	3747	5925	13740	20982	35614	62791	101437
160	1177	2471	3707	4022	6358	14737	22500	38180	67297	108693
180	1253	2631	3946	4281	6766	15674	23927	40591	71532	115513
200	1326	2782	4172	4526	7152	16562	25277	42874	75540	121966
250	1493	3131	4693	5091	8040	18606	28387	48130	84766	136820
300	1645	3447	5165	5603	8845	20457	31202	52886	93114	150259
350	1785	3738	5600	6074	9587	22160	33793	57263	100796	162624
400	1916	4010	6005	6513	10277	23747	36207	61340	107950	174138
450	2038	4265	6386	6926	10926	25239	38475	65171	114671	184956
500	2154	4506	6746	7316	11541	26650	40621	68795	121030	195190
600	2371	4956	7417	8044	12684	29276	44614	75539	132862	214231
700	2570	5370	8035	8713	13737	31693	48288	81744	143747	231747
800	2756	5755	8610	9337	14717	33943	51710	87521	153881	248053
900	2930	6118	9151	9923	15638	36058	54924	92948	163401	263372
1000	3095	6461	9663	10477	16509	38059	57965	98083	172407	277862

Tabelle 4 Annahmen zu Rohrreibung

Für die hydraulische Berechnung wird aus der an eine Teilstrecke angeschlossene Leistung auf den Volumenstrom geschlossen, der durch die Teilstrecke fließt. Der Volumenstrom ergibt eine Strömungsgeschwindigkeit, die maßgeblich für den Druckverlust ist. Folgende Annahmen wurden getroffen:

- ▶ längenbezogene Rohrreibung nach Tabelle 4
- ▶ Zuschlag für Einbauten (Bögen, T-Stücke, Absperrarmaturen): 33 % auf den Druckverlust der Rohrleitungen

3.3 Übergabestationen der Gebäude

Die Übergabestationen der Gebäude sind bis auf wenige Ausnahmen direkt ausgeführt.

Bei fast allen Anschlüssen sorgt ein Mischer oder ein geregeltes Durchgangsventil für die Temperaturregelung der Heizung im Gebäude. Das heiße Nahwärmeverlaufwasser wird mit dem Rücklaufwasser des Gebäudeheizkreises gemischt.

Die Heizkreise in den Gebäuden verfügen außerdem jeweils über eigene Umwälzpumpen, die für die Überwindung der Druckverluste in den Gebäudekreisen sorgen. Ohne diese Pumpen wäre keine geregelte Temperaturregelung (durch Beimischung) möglich.

Wegen des direkten Nahwärmeanschlusses ohne druckreduzierende bzw. besser druckregelnde Maßnahmen in den Gebäudeübergabestationen könnten die Gebäude bis zu den Heizkörpern auch unplanmäßig von der Zentralpumpe allein versorgt werden. Dies ist insbesondere im Sommer zu spüren, wenn trotz stehender Gebäudepumpen die Zentralpumpe Wasser in und durch die Abnehmer pumpt. Dies ist nicht Thema dieser Auswertung.

Die Warmwasserbereitung fast aller Gebäude (und aller Großverbraucher) erfolgt ebenfalls mit Wärme aus dem Nahwärmenetz. Es sind entweder nur Rohrbündelwärmeübertrager installiert (Warmwasser im Durchlaufprinzip) oder indirekt beheizte Speicher (Warmwasser im Speicherprinzip) oder eine Kombination aus beidem. Die letzte Variante findet sich in fast allen großen Pflegeeinrichtungen. Die Kleinzapfmengen werden dem Speicher entnommen, bei größeren Zapfmengen wird der Wärmeübertrager durchströmt.

Es können vier Typen von Übergabestationen prinzipiell identifiziert werden. Sie sind nachfolgend beschrieben.

3.3.1 Hausübergabestation ohne Trinkwarmwasserbereiter

Insbesondere bei den Nichtwohnbauten sind Übergabestationen ohne zentrale Trinkwarmwasserbereitung installiert, z.B. im Handwerkerhaus.



Bild 11 Übergabestation ohne Trinkwarmwasserbereitung

Neben den Absperrarmaturen (Schieber, Ventil) sind Schmutzfänger, Wärmemengenzähler, Druckfühler und ggf. Temperaturanzeigen als Druckverlustbringer installiert. Bild 12 zeigt die Übergabestation ohne Trinkwarmwasserbereitung schematisch. Es sind ein allgemeines Schema angegeben sowie eine spezielle Ausführung. Die Vorlauftemperaturregelung der Heizung wird realisiert per Mischventil oder mit regelbarem Durchgangsventil in einer Beimischschaltung.

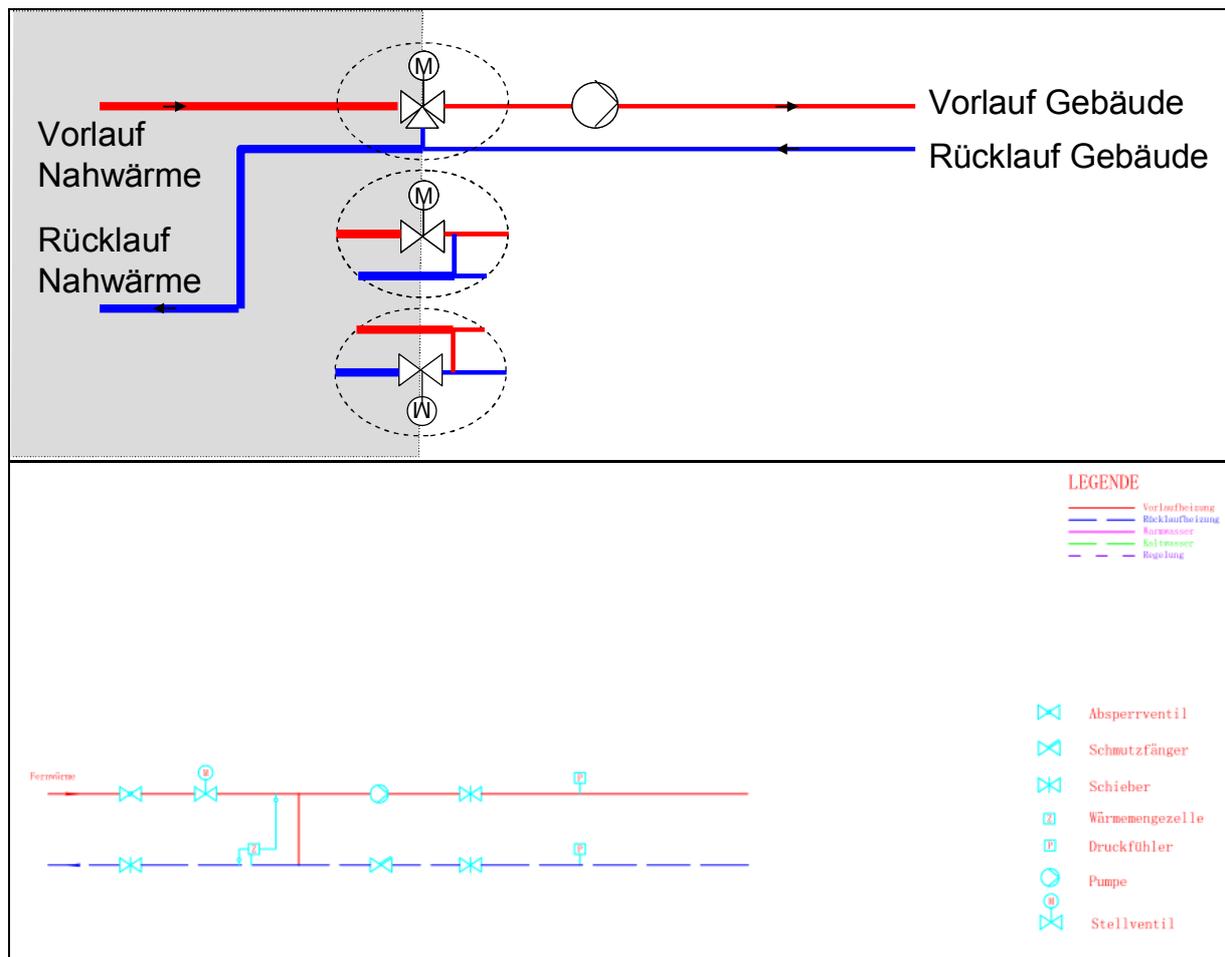


Bild 12 Übergabestation schematisch, unten im Beispiel des Handwerkerhauses

Die Gebäudepumpe überwindet den Druckverlust der gesamten Hausanlage. Die Nahwärmepumpe im Kesselhaus muss die Druckverluste des Wärmemengenzählers sowie des Regelventils überwinden – so die Theorie.

Es ist – da die beiden Pumpen in Reihe geschaltet sind und es sich um eine direkte Versorgung handelt – keine genaue Abgrenzung zu machen, bis zu welcher Stelle der Einfluss der Nahwärmepumpe reicht und ab welcher Stelle die Gebäudepumpe wirkt. Dies wäre nur möglich, wenn es eine Netztrennung mit Übergabestation gäbe. In Bild 12 ist der theoretische Einflussbereich der Zentralpumpe grau markiert.

3.3.2 Hausübergabestation mit Trinkwarmwasserspeicher

Eine für Neuerkerode seltene Art der Übergabestation weist neben der Heizung noch einen indirekt beheizten Trinkwasserspeicher auf, siehe Bild 13. Diese Art der Trinkwarmwasserbereitung findet sich im Pfarrhaus oder im Wohnhaus II.



Bild 13 Übergabestation mit Trinkwarmwasserspeicher

Die Heizung ist vergleichbar mit dem System ohne Trinkwarmwasserbereitung. Die Nahwärmepumpe im Kesselhaus muss im Heizfall den Druckverlust des Durchgangs- oder Dreiwegeventils der Heizung (sowie der Wärmemengenzählung) überwinden.

Im Falle der Trinkwarmwasserbereitung wird der Druckverlust des Regelventils entweder von der Speicherladepumpe oder von der Pumpe im Heizhaus überwunden, je nachdem ob es strömungsseitig vor oder hinter der Speicherladepumpe angebracht ist. In der Realität wird – da beide Pumpen in Reihe geschaltet sind – der Übergang fließend sein.

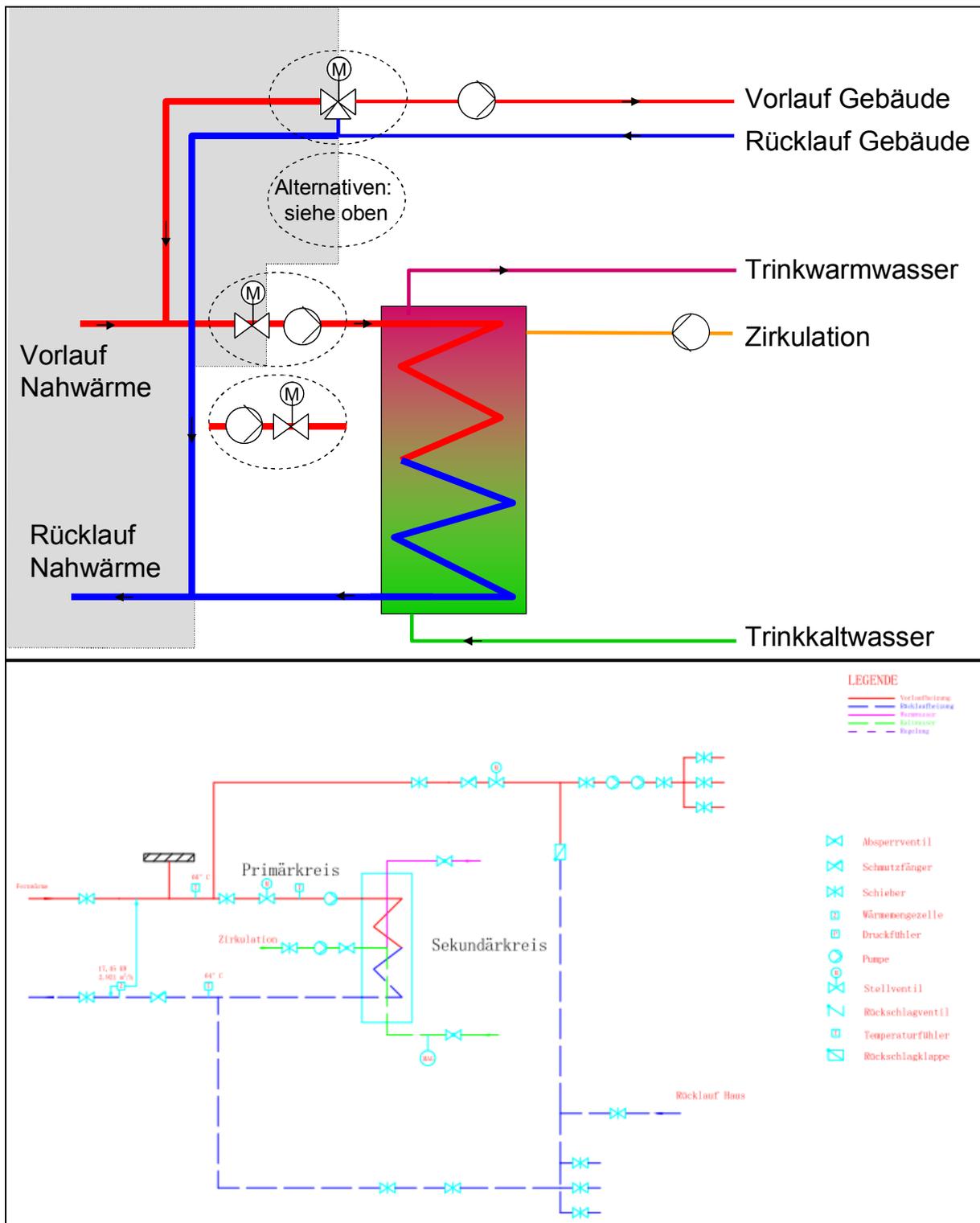


Bild 14 Übergabestation schematisch, unten im Beispiel des Wohnhauses II

In Bild 14 unten ist am Beispiel des Wohnhauses II ein solcher Anschluss mit Speicherversorgung schematisch dargestellt. Es sind alle für die Sicherheits-, Mess- und Regelungstechnik relevanten Bauteile eingetragen. In der Vereinfachung Bild 14 oben nur noch die maßgeblichen Druckverlustbringer.

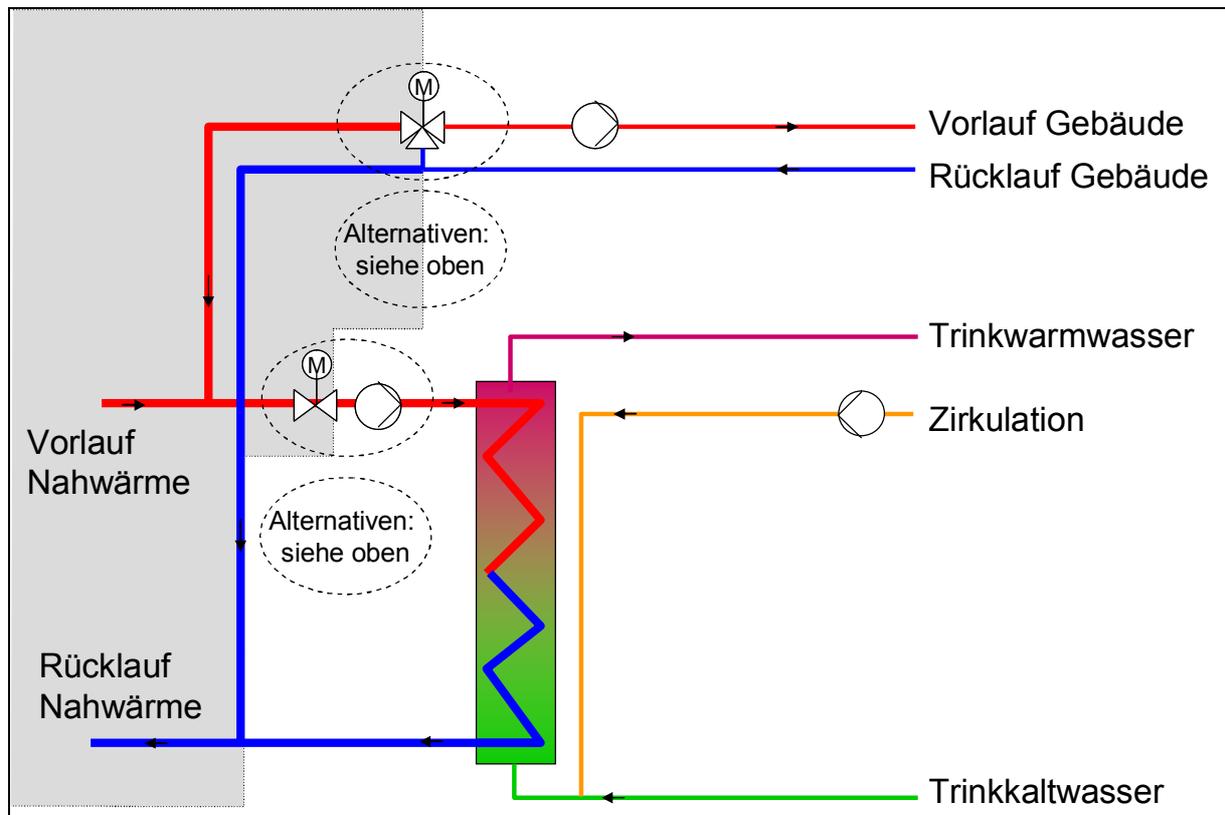
3.3.3 Hausübergabestation mit Durchlaufwassererwärmung

In vielen kleineren Pflegeheimen mit zentraler Trinkwarmwasserbereitung sind Trinkwarmwasserbereiter mit Wärmeübertragern installiert, siehe Bild 15. Dieses Durchlaufwasserprinzip findet sich beispielsweise im Wohnhaus III (Wabeweg 3 und 3a).



Bild 15 Übergabestation mit Durchlaufwassererwärmer

Hinsichtlich der hydraulischen Beschreibung ist das System vergleichbar mit der vorher beschriebenen Übergabe mit Trinkwarmwasserspeicher.



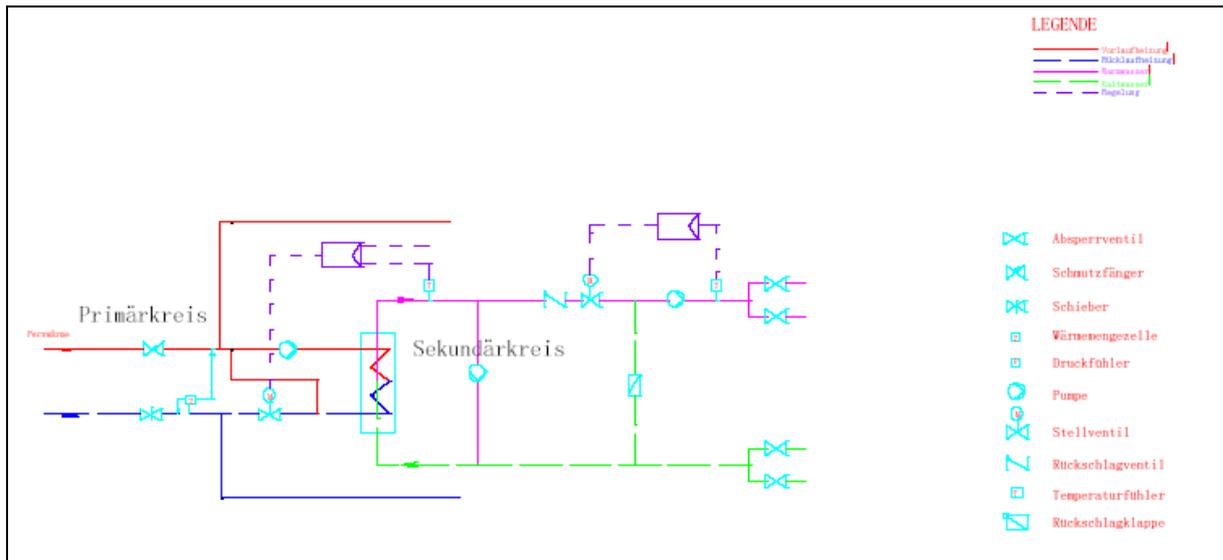


Bild 16 Übergabestation schematisch, unten im Beispiel des Wohnhauses III

3.3.4 Hausübergabestation mit Trinkwarmwasserspeicher und -durchlaufsystem

Die am häufigsten vorkommende Art der Übergabestation enthält für die Trinkwarmwasserbereitung einen Wärmeübertrager (Durchlaufwassererwärmung) sowie einen kleinen Vorratsspeicher für Kleinzapfmengen, siehe Bild 17. Diese Art der Versorgung ist in vielen großen Pflegeheimen, z. B. im Gebäude Emmaus vorhanden.



Bild 17 Übergabestation mit Durchlaufwassererwärmer und Speicher

Im Hinblick auf die Trinkwarmwasserbereitung ist dies zwar der komplizierteste Typ der Versorgung. Jedoch ist die Kopplung an die Nahwärme identisch wie bei allen anderen Übergabestationen.

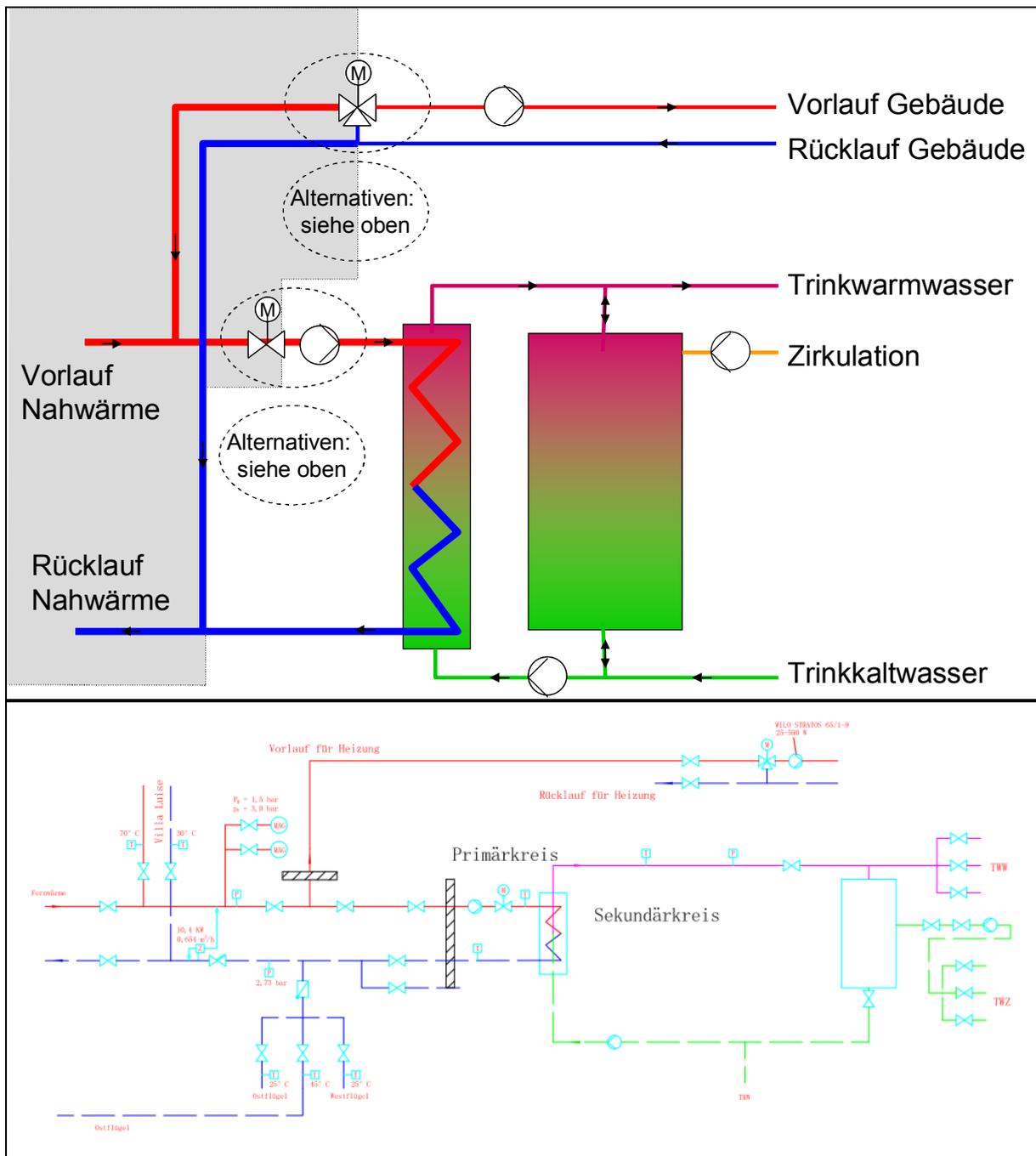


Bild 18 Übergabestation schematisch, unten im Beispiel des Gebäudes Emmaus

Im Einflussbereich der Nahwärmepumpe (Bild 18 oben, grau markierter Bereich) liegen die Wärmemengenmessung sowie das Regelventil der Heizung und ggf. der Trinkwarmwasserbereitung.

3.3.5 Druckverlust der Hausübergabe

Aus Zeitgründen werden im Rahmen einer Auswertung nur wenige Übergabestationen untersucht. Dies ist für die hydraulische Einschätzung des Netzes ausreichend. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Druckverlust der Hausübergabe aller Gebäude in ähnlicher Größenordnung liegt.

Der Druckverlust über die Hausübergabestationen kann vereinfacht mit dem k_v -Wert des Regelventils sowie dem Druckverlust des Wärmemengenzählers errechnet werden. Alle Druckverluste nach diesen beiden Bauteilen werden von der Gebäudepumpe überwunden.

Das Wohnhaus II wird als Beispiel zur Abschätzung der Druckverluste der Hausübergabe herangezogen.

Es sind zwei Regelventile und ein Wärmemengenzähler installiert. Die vor Ort vorgefundenen Typenschilder der Regelventile zeigt Bild 19. Das Ventil für die Heizung hat einen k_{VS} -Wert von 25 m^3/h , im Falle der Trinkwarmwasserbereitung beträgt der Wert $k_{VS} = 3 m^3/h$.

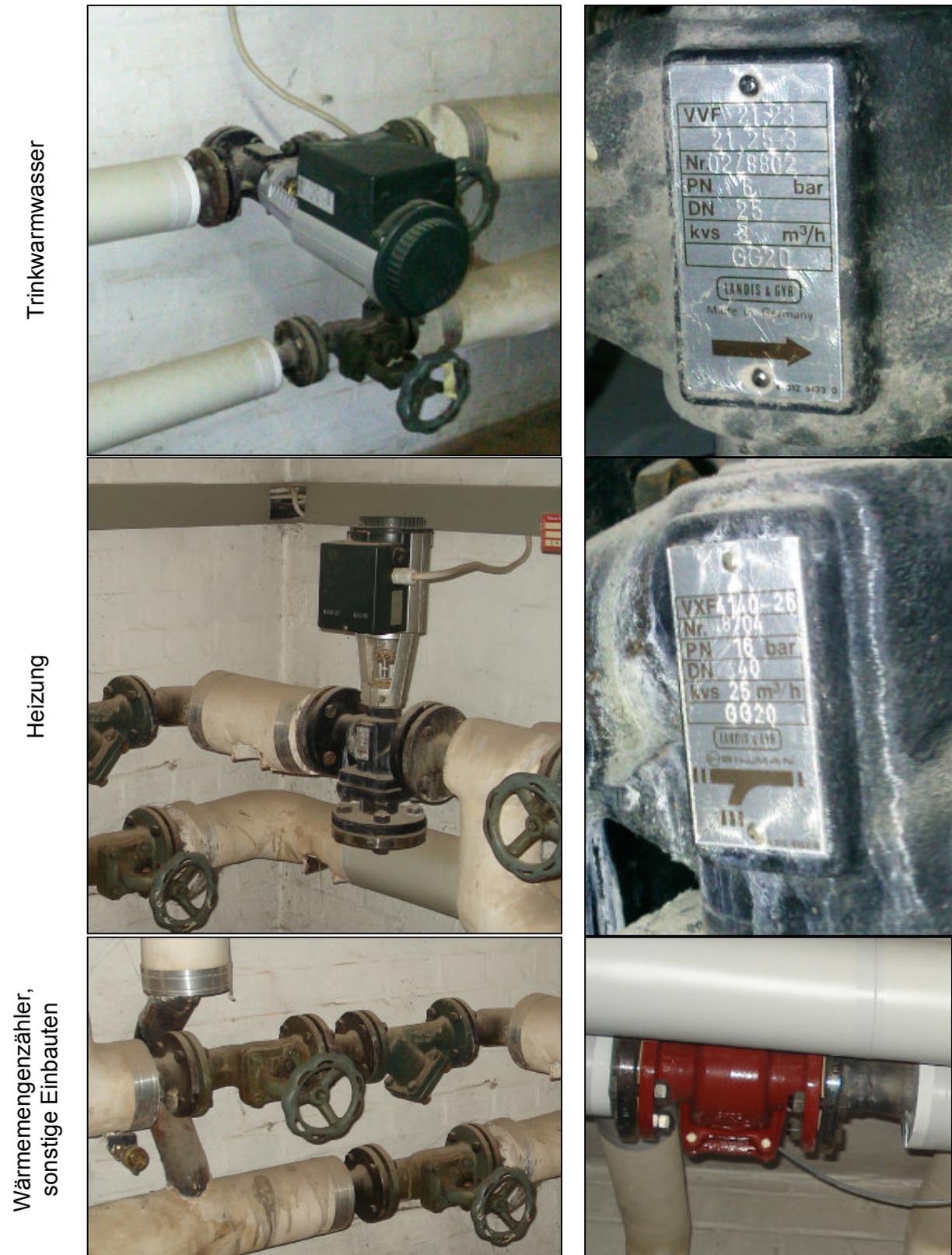


Bild 19 Regelventile und sonstige Einbauten des Wohnhauses II

Als Wärmemengenzähler ist das Modell der Fa. Allmess (Woltmannzähler) mit einer Maximalvolumenstrom von 30 m³/h (q_p 15) installiert. Der Druckverlust bei einem Durchfluss von 12 m³/h beträgt lt. Hersteller 0,1 bar, siehe Bild 20.

qp in m³/h		0,6	1,5	2,5	3,5		
Nennweite	DN mm	20	20	20	25		
max. Durchfluss	qs in m³/h	1.2	3	5	7		
Minimaldurchfluss (geeicht)	qi l/h	6	15	25	35		
Durchfluss bei 0,1 bar Druckverlust	l/h	600	1045	2045	3230		
		6	10	15	25	40	60
		25	40	50	65	80	100
		12	20	30	50	80	120
		60	100	150	250	400	600
		5160	11.400	12.000	29.000	44.000	63.000

Bild 20 Druckverlust der Wärmemengenzähler

Für die Hausübergabestation des Wohnhauses II sowie das Handwerkerhaus zeigt Bild 21 die Ergebnisse der Druckverlustabschätzung.

		Wärmeleistung	Spreizung	Volumenstrom	kvs-Wert	Druckverlust Regelventil	Durchfluss WMZ bei 0,1 bar	Druckverlust WMZ	Gesamt
		[kW]	[K]	[m³/h]	[m³/h]	Δp[bar]	[m³/h]	Δp[bar]	Δp[bar]
Wohnhaus II	Heizung	69	20	3,0	25	0,014	12,0	0,006	0,02
	Warmwasser	39	20	1,7	3	0,31	12,0	0,002	0,31
Handwerkerha	Heizung	32	20	1,4	16	0,01	11,4	0,001	0,01
Unter Berücksichtigung von Δp durch Bögen und sonstige Einbauten etc. Schätzwert									0,15

Bild 21 Druckverlustabschätzung für eine Hausübergabestation

Im winterlichen Auslegungsfall beträgt die Heizlast für Wohnhaus II und das mit angeschlossene Gebäude Bethanien 69 kW. Das ergibt einen Volumenstrom von 3,0 m³/h. Der Druckverlust des Regelventils beträgt:

$$\blacktriangleright \Delta p = 1bar \cdot \frac{\dot{V}^2}{k_V^2} = 1bar \cdot \frac{3^2}{25^2} = 0,014bar$$

Der Wärmemengenzähler hat lt. Hersteller bei einem Volumenstrom von 12 m³/h einen Druckverlust von 0,1 bar. Mit dem realen Auslegungsvolumenstrom von 3 m³/h ergibt sich ein Druckverlust von:

$$\blacktriangleright \Delta p = 0,1bar \cdot \frac{\dot{V}^2}{12 \frac{m^3}{h}} = 0,1bar \cdot \frac{3^2}{12^2} = 0,006bar$$

Der Gesamtdruckverlust im Heizungsbetrieb beträgt 0,02 bar.

Im Falle der Trinkwarmwasserbereitung wird die Dauerleistung des Speichers zugrunde gelegt (39 kW lt. Typenschild). Mit dem primärseitig angeordneten recht kleinen Regelventil ergibt sich ein Druckverlust von 0,31 bar.

Für das Handwerkerhaus liegt der Druckverlust der Hausübergabe bei nur 0,01 bar.

Einschätzung der Werte

Die untersuchten Übergabepunkte weisen recht groß dimensionierte Wärmemengenzähler auf. Das ist als hydraulisch günstig einzustufen, weil wenig Druckverlust auftritt. Hinsichtlich der Kosten der Zähler hätte es Ersparnisse gegeben, wenn eine oder zwei Dimensionen kleinere Modelle gewählt worden wären. Auch die Messgenauigkeit ist geringer bei der großen Dimensionierung (insbesondere bei Flügelradzählern), wobei sie hier ausreichend ist.

Die näher untersuchten Regelventile für die Heizung sind ebenfalls sehr groß bemessen. Hierzu ist anzumerken, dass mit überdimensionierten Ventilen die Regelung der Vorlauftemperatur schwierig möglich ist. Ein Regelventil benötigt einen gewissen Druckverlust für eine korrekte Arbeitsweise. Ein zu großes Ventil muss bis kurz vor den Schließpunkt zugefahren werden, um die kleine benötigte Wassermenge hindurch zu lassen. Das schränkt den Regelbereich stark ein.

Die untersuchten Regelventile waren um ca. den Faktor 3 überdimensioniert. Das führt – wegen der quadratischen Zusammenhänge von Druckverlust und Volumenstrom in der Hydraulik – allerdings zu ca. einem Zehntel des üblichen Druckverlustes (0,01 bar statt 0,1 bar).

Festlegungen

Im Auslegungsfall wird – entgegen der vor Ort vorgefundenen Situation – als typischer Wert für den Druckverlust einer Übergabestation ein Wert von **0,15 bar** verwendet.

Dieser Wert enthält ein passend bemessenes Regelventil, einen Wärmemengenzähler mit geringem Widerstand wie vorhanden, Druckverluste durch Leitungen und Formstücke sowie (in Hinblick auf künftige Umstellungen) den Druckverlust einer Fernwärmeübergabestation mit Plattenwärmeübertrager (indirekter Anschluss).

Aus heutiger Sicht wird dieser Druckverlust kaum im Netz erreicht werden (ggf. in der Kegelhahn, da dort bereits ein indirekter Anschluss vorhanden ist. Für die Bemessung einer Pumpe bietet er eine Sicherheit.

3.4 Biowärmeeinspeisung

Die Einspeisung der Abwärme der nahe gelegenen Biogasanlage erfolgt im Keller des Gebäudes "Schule" zwischen den Übergabepunkten für die Schule selbst und dem Schwimmbad. Als Abnehmer folgt in Fließrichtung an diesem Strang nur noch das Schwimmbad.



Bild 22 Übergabepunkt der Biowärme

Die abgenommene Wärme sowie auch die eingespeiste Wärme werden mit einem Zwei-Wege-Wärmemengenzähler erfasst (für "Vorwärts- und Rückwärtsbetrieb"), siehe Bild 22. Die durchschnittliche Einspeiseleistung beträgt etwa 400 kW (laut abgerechneter Menge im Messjahr 2010). Die Leistung ist nahezu konstant.

3.4.1 Aufbau und Druckverlust der Einspeisung

Aus der Projektierung der Biowärmeeinspeisung ist der Netzaufbau mit wichtigen Mess-, Sicherheits- und Regelarmaturen bekannt, siehe Bild 24. Das vorhandene Umschaltventil dient der Umschaltung zwischen Wärmelieferbetrieb (über der Wärmeübertrager "Bio 1") und Wärmebezugsbetrieb im Falle der Anheizung der Anlage (über den Wärmeübertrager "2"). Im Normalfall ist die Durchströmung des Ventils durch die Tore AB und A gegeben.

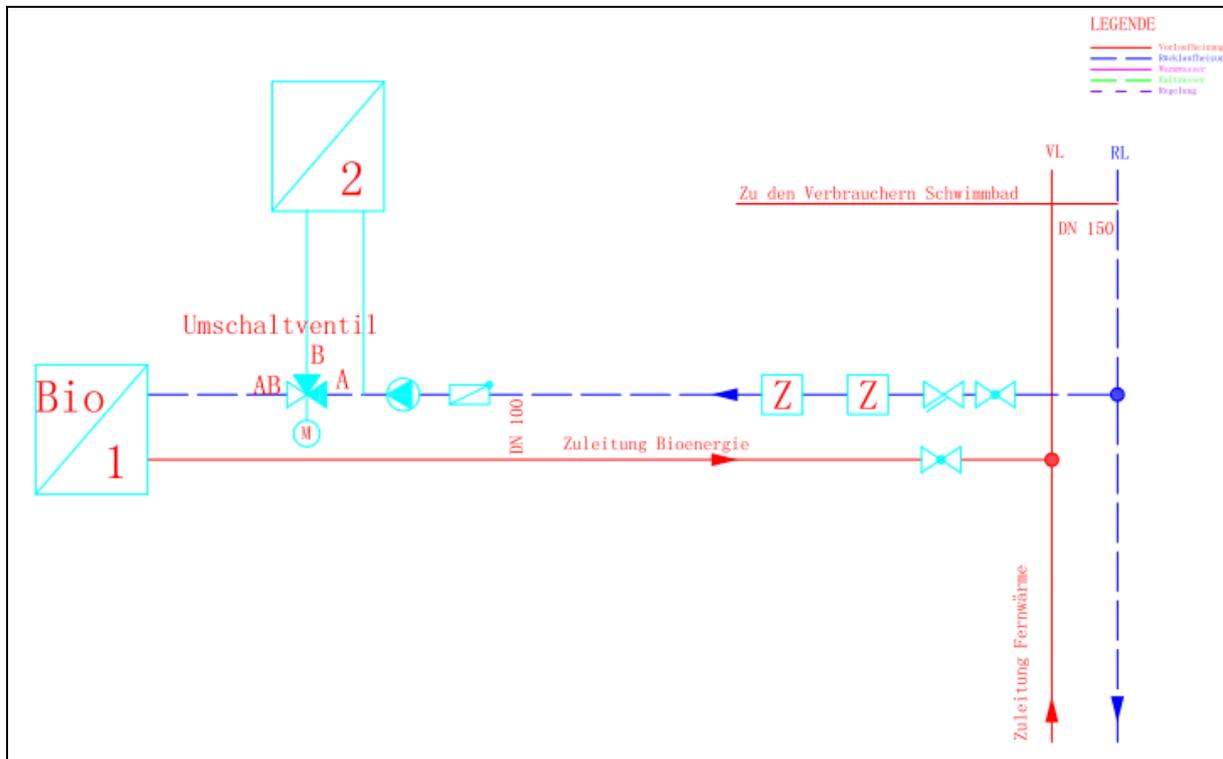


Bild 24 Schaltbild der Biowärmeeinspeisung

Die Planung der Biowärmeeinspeisung geht von einer maximal auskoppelbaren Leistung von 505 kW sowie einem Auslegungsvolumenstrom von 24,1 m³/h aus. Dieser Wert soll für die Druckverlustberechnung zugrunde gelegt werden.

Der Innendurchmesser der verlegten Leitung wird nach DIN EN 253 bestimmt. Er beträgt 107,1 mm (DN100). Der längenbezogene Druckverlust des Rohres ergibt sich daher zu 66,5 Pa/m. Die Druckverluste für Absperrarmaturen, Filter usw. werden mit 33 % des Wertes für Rohrreibung angenommen.

Zusätzlich werden der Wärmeübertrager (Annahme 0,2 bar Druckverlust), das Regelventil ($k_v = 78 \text{ m}^3/\text{h}$ laut Planung) und der Zwei-Wege-Wärmemengenzähler (Annahme 0,2 bar Druckverlust) durchströmt.

Biowärmeeinspeisung							
V in [m ³ /h]	v in [m/s]	R in [Pa/m]	l in [m]	R*I in [Pa]	Zeta	Z in [Pa]	R*I+Z in [bar]
24,10	0,74	66,5	600	39900	0,33	13300	0,53
Regelventil k _v = 78 m ³ /h	Rohr und Formstücke	Wärme- übertrager	Wärme- mengenzähler				
Δp[bar]	Δp[bar]	Δp[bar]	Δp[bar]				
0,10	0,53	0,20	0,20		Gesamt	1,03	bar

Bild 25 Druckverlustabschätzung für die Biowärmeeinspeisung

Unter Berücksichtigung dieser Einzeldruckverluste ergibt sich im Bestand ein Gesamtdruckverlust dieses Kreises bis zur Einspeisung in die Nahwärmetrasse der Stiftung ein Druckverlust von 1,03 bar, siehe Bild 25.

3.4.2 Pumpe

Zwischen dem Wärmemengenzähler und dem Wärmeübertrager gibt es eine Pumpe des Fabrikats Grundfos TPE 50 – 430 / 2. Das Auslegungsdiagramm zeigt Bild 26. Bei dem Auslegungsvolumenstrom hat diese Pumpe eine Druckförderhöhe von knapp 40 m, was in etwa auch der Druckerhöhung der Pumpen im Kesselhaus entspricht.

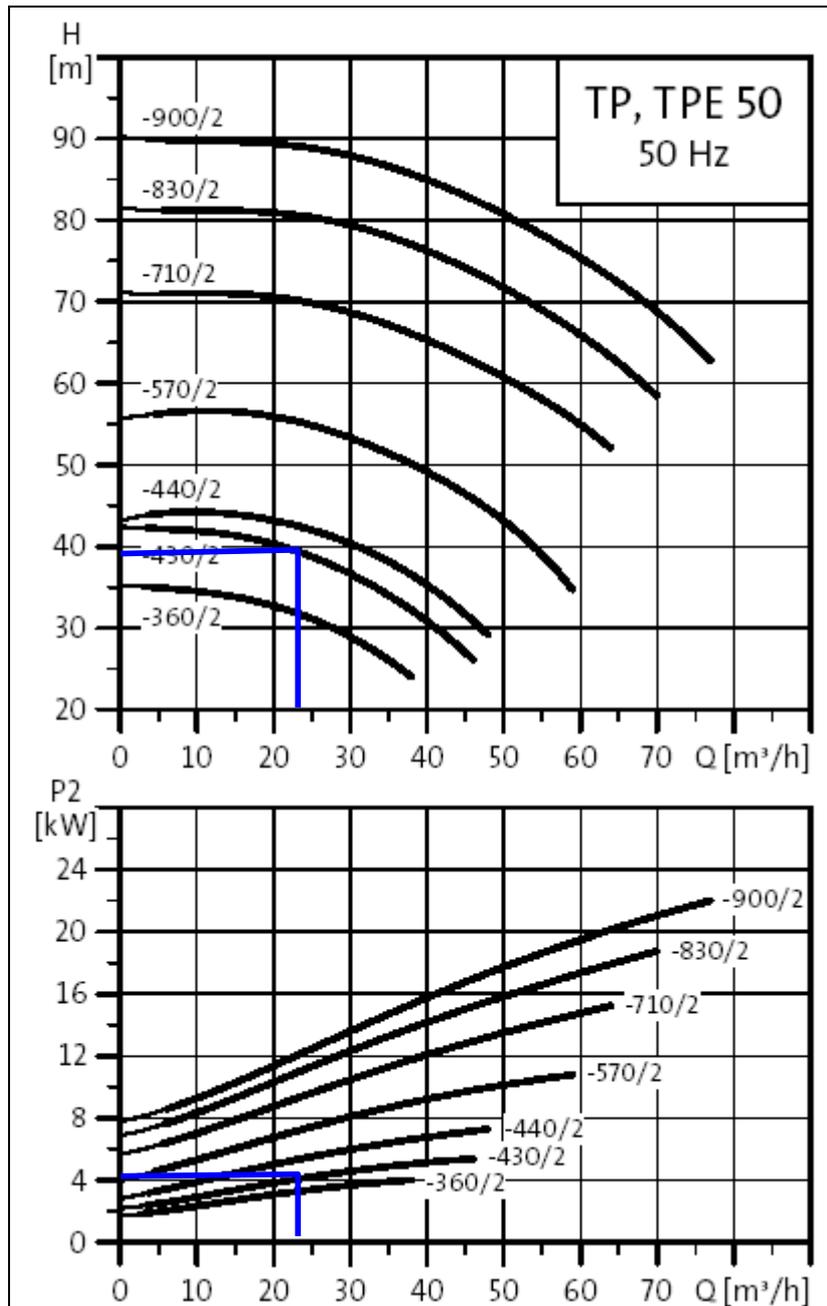


Bild 26 Biowärmepumpe

Die installierte Pumpe ist mit fast 4 bar Druckerhöhung deutlich größer (Faktor 4) als die Planung dies erwarten ließe.

3.4.3 Betriebsverhalten

Temperaturmessungen der Nahwärme im Juli 2009 zeigten, 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.

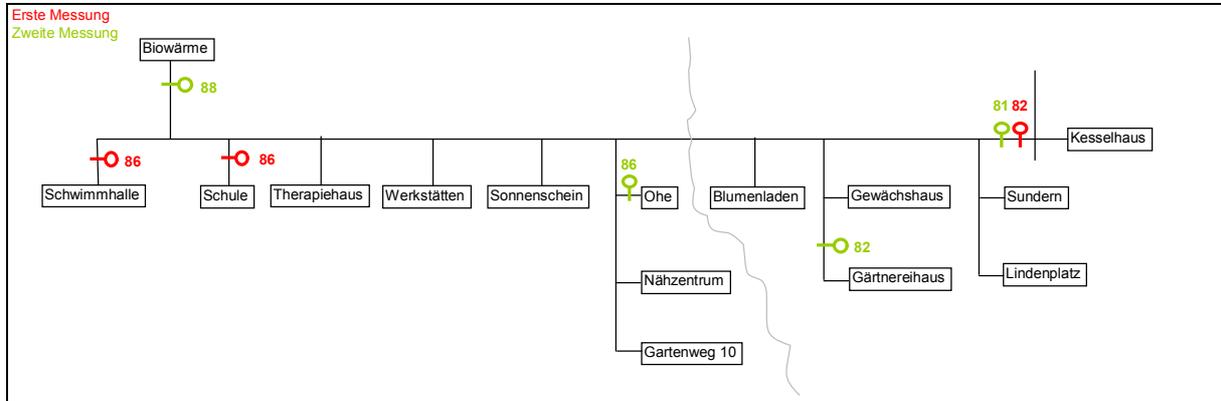


Bild 27 Messergebnisse (in °C) im Strang "Nördlich der Wabe"

Es wurde damals festgestellt, was in der Stiftung schon durch früherer Versuch bekannt war: 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 Pumpen in der Zentrale und des Biogas-BHKW arbeiten gegeneinander.

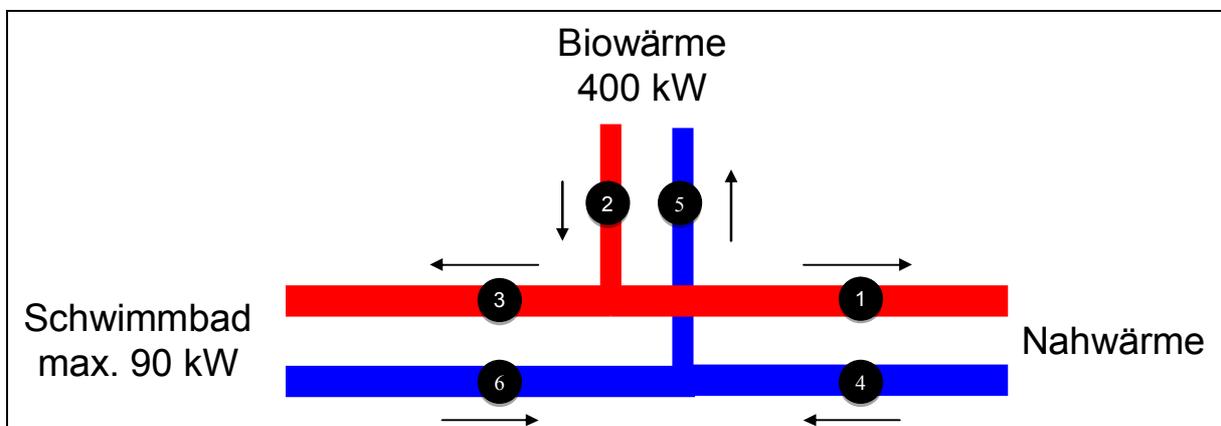
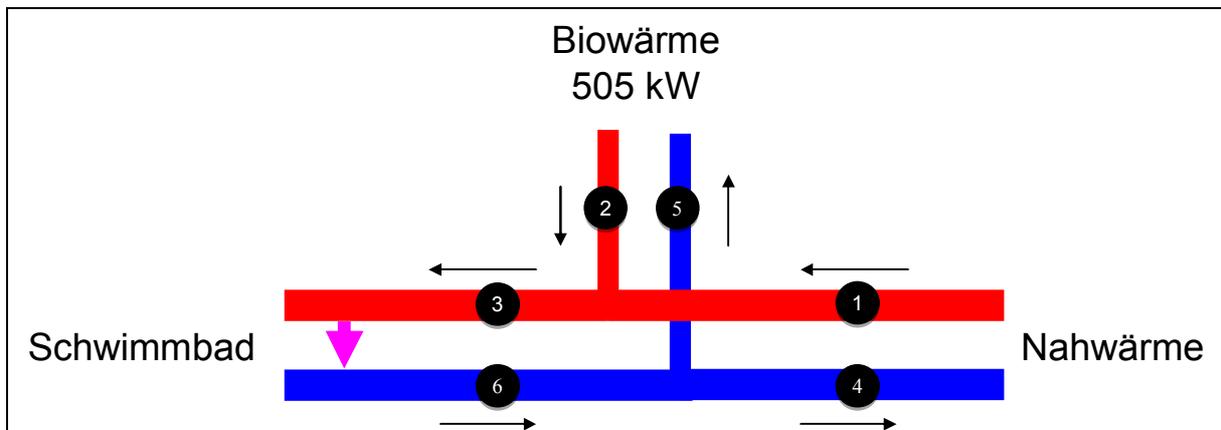


Bild 28 Funktion der Biowärmeeinspeisung; geplant (oben) und real (unten)

Es wird davon ausgegangen, dass dieses Betriebsverhalten nicht geplant war. Bild 28 (oben) zeigt die vermutlich geplante Hydraulik. Das Schwimmbad ist in Fließrichtung der einzige Abnehmer, dessen Leistung wahrscheinlich bei der Planung sehr stark überschätzt wurde. Das Bad kann keinesfalls die über 500 kW Biowärmeleistung permanent aufnehmen. In der Zentrale des Schwimmbades ist jedoch eine Überströmstrecke zwischen Vor- und Rücklauf (3 → 6) vorhanden, die überschüssige Volumenströme direkt in den Rücklauf und dann zur Heizzentrale geleitet hätte. Der Punkt 1/2/3 wäre hydraulisch ein Mischpunkt, der Punkt 4/5/6 ein Verteilpunkt.

In der Realität kann eine Wärmeabnahmeleistung des Schwimmbades von ca. 60 ... 90 kW vorausgesetzt werden. Die Überströmeinrichtung (3 → 6) ist manuell per Kugelhahn verschlossen. Die Biowärmepumpe drückt, da sie etwa gleiche Druckförderhöhe aufweist wie die Nahwärmepumpe entgegen der eigentlichen Fließrichtung die Überschussvolumenströme verkehrt herum durch das Netz. Der Punkt 1/2/3 ist hydraulisch ein Verteilpunkt, der Punkt 4/5/6 ein Mischpunkt.

Versuche der Handwerker der Stiftung in der Vergangenheit haben gezeigt, dass die Einspeisung der Biowärme ausreicht, den Streckenabschnitt Schwimmbad/Turnhalle, Schule, Lindenweg/Gartenweg, Ohe/Sonnenschein, Gartenweg 10 eigenständig zu versorgen - allerdings nicht ganzjährig. Dazu wurde dieser Trassenabschnitt von der Kesselzentrale abgekoppelt und allein von der Biowärme-Einspeisepumpe versorgt.

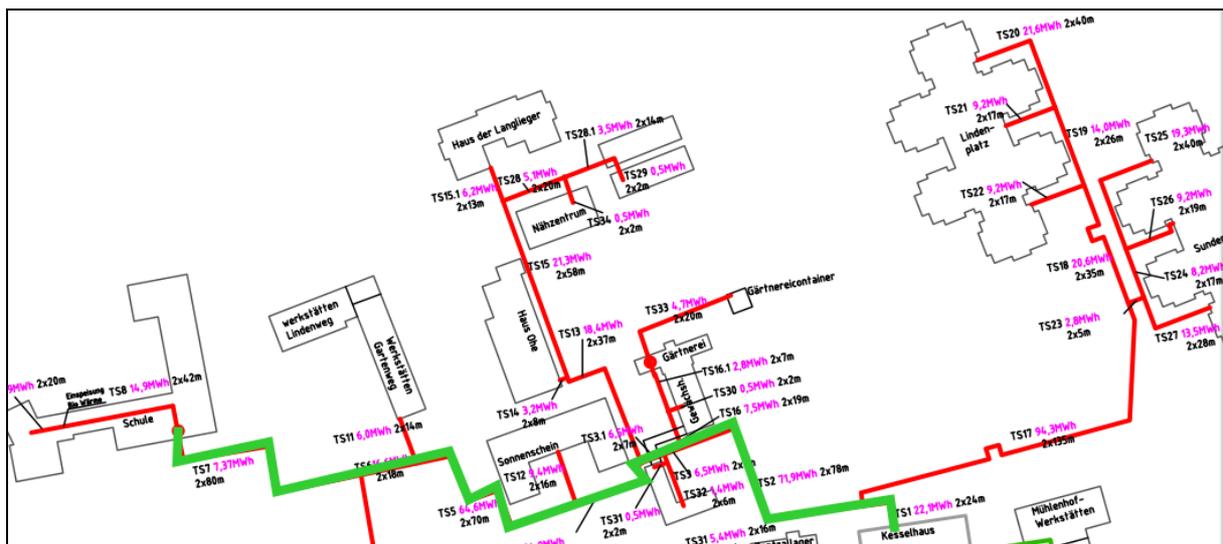


Bild 29 Hauptleitung mit "wandernder" Strömungsumkehr

Bild 29 zeigt die Hauptleitung – gänzlich in DN 150 ausgeführt – in der die Strömungsumkehr stattfinden kann. In den grün markierten Leitungsabschnitten ist die Fließrichtung variabel. In allen anderen Leitungsabschnitten wie geplant.

Aus hydraulischer Sicht stellt Bild 30 die Schaltung dar. Es zeigt, dass die Pumpe in der Biowärmeverlaufleitung und die Pumpen im Kesselhaus parallel arbeiten. Zwischen dem Punkt B und dem Schwimmbad arbeiten sie in die gleiche Richtung, aber zwischen Punkt B und Punkt C arbeiten sie gegeneinander.

Punkt C ist gerade der Punkt, wo die Förderdrücke von Pumpe 1 und Pumpe 2 gleich sind bzw. der Drucknullpunkt. Für alle Verbraucher ist die Druckdifferenz zwischen Vorlauf und Rücklauf (z.B. Δp_{AF}) immer positiv.

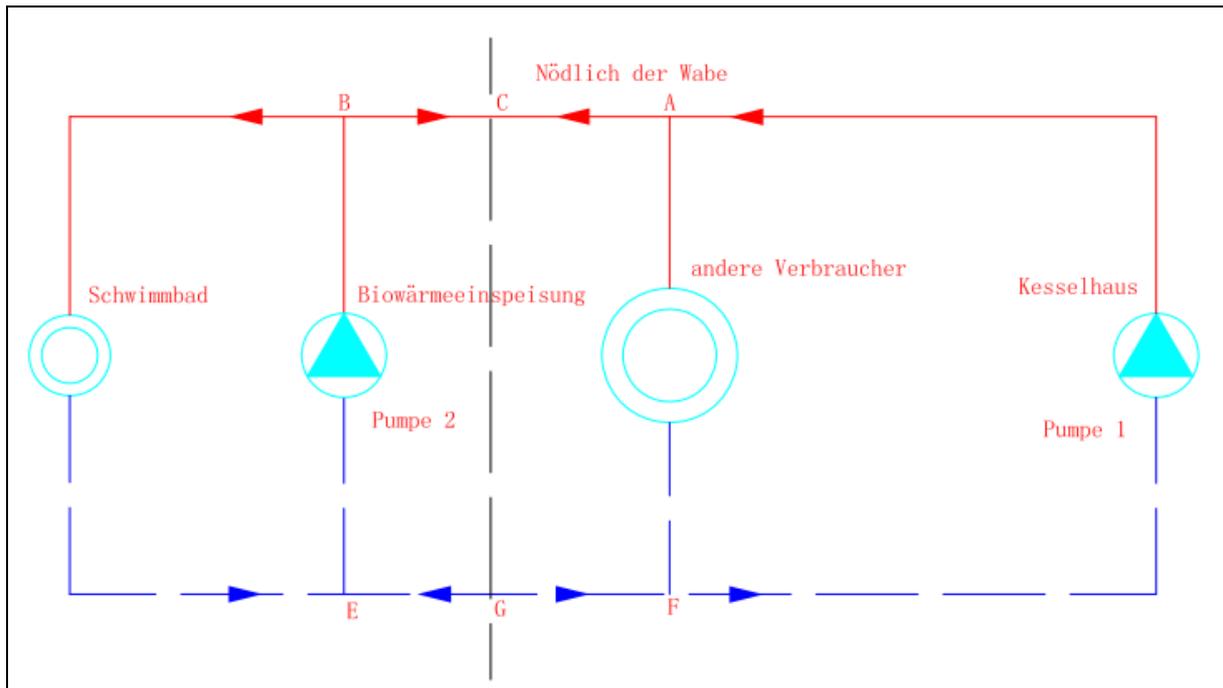


Bild 30 Hydraulische Schaltung des Strangs „Nördlich der Wabe“

Das System kann nur in seiner jetzigen Art und Weise funktionieren, weil die Pumpen nahezu gleiche (40 m) Förderhöhe aufweisen. Sobald diese Druckförderhöhe nicht mehr gleich ist, wird

- ▶ die Biowärmeeinspeisung zurückgehen (wenn die Biowärme-Pumpe schwächer als die Nahwärme-Pumpe ist), da die Netzteile die verkehrt herum durchströmt werden, zwangsläufig kleiner werden
- ▶ die Versorgungssicherheit des ganzen Nordstrangs in Frage gestellt (wenn die Nahwärme-Pumpe schwächer ist als die Biowärme-Pumpe), da die Wärmeleistung der Biowärmeeinspeisung nicht ausreichend groß ist.

Diese Grenzbetrachtungen zeigen, dass eine Änderung aus energetischer Sicht nur das ganze System betreffen kann, nicht nur Teile.

3.5 Netztemperaturen

Die Kesselkaskade wird nach der Außentemperatur geregelt. Sowohl die Vor- als auch die Rücklauf­temperatur sind einem Jahresgang unterworfen, siehe die nachfolgende Grafik aus dem Kurzbericht zu den Nahwärmernetztemperaturen [3].

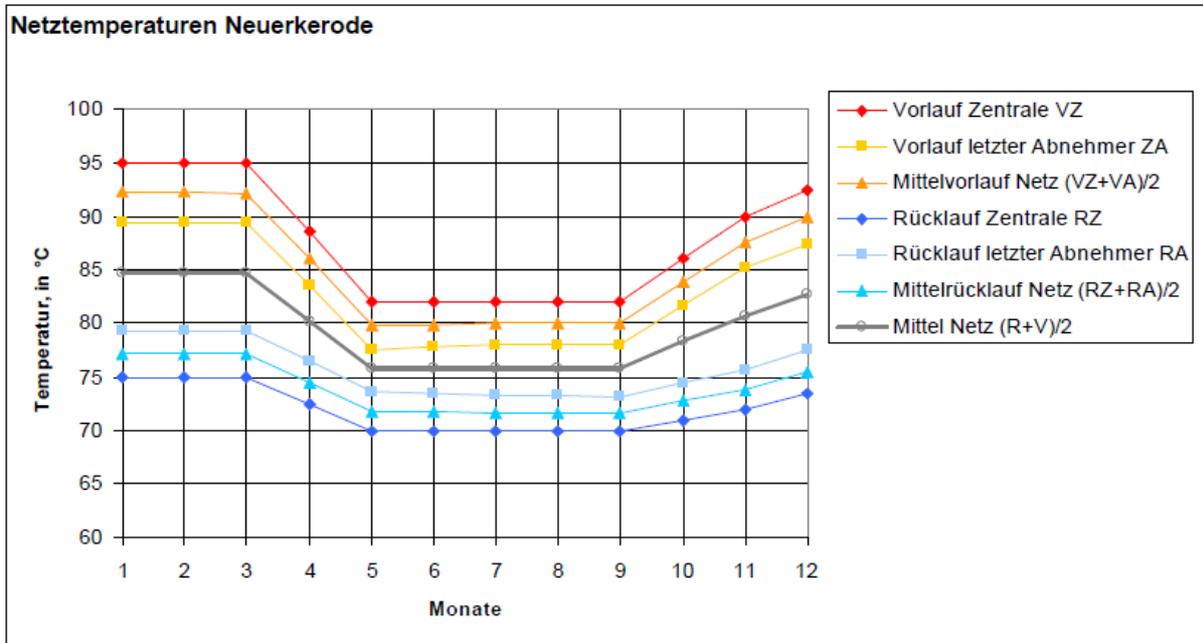


Bild 31 Netztemperaturen Neuerkerode

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.

4 Netzberechnung

Der nachfolgende Abschnitt erläutert die Vorgehensweise bei der Netzberechnung und gibt deren wichtigste Ergebnisse wieder. Es wird sowohl der heutige Zustand des Netzes betrachtet als auch eine künftige Verkleinerung durch Abtrennung von weit entfernten Verbrauchern.

4.1 Vorgehensweise

Basis der Betrachtungen zur Nahwärmehydraulik sind die Leistungsgrunddaten für die Gebäude (siehe Anhang 7.2) sowie die Kenndaten der Teilstrecken des Rohrnetzes (siehe Anhang 7.3).

Die Leistungsdaten der Gebäude und deren Herkunft sind bereits im "Energiekonzept" [5] näher erläutert. Das Netz ist detailliert erfasst im Bericht "Nahwärmenetzkarten". Alle weiteren notwendigen Randdaten beschreibt Abschnitt 3.

Anhand der Ausgangsdaten werden für vier Lastzustände (Winterauslegung, Sommerauslegung, Wintermittel, Sommermittel) die Volumenströme bestimmt, die durch jede einzelne Rohrnetzteilstrecke strömen. Dies ist Grundlage für die Druckverlustberechnung des Netzes. Darüber hinaus werden die Kennwerte für die Übergabestationen der Gebäude sowie des Kesselhauses verwendet, um einen Gesamtdruckverlust im Netz zu bestimmen.

Für den heutigen Zustand des Netzes kann daraus errechnet werden, welche Kennwerte (Volumenstrom, Druckförderhöhe) mögliche neue Pumpen haben müssten. Gleiches gilt für das kleinere, künftige Netz mit dann modernisierten und teilweise abgekoppelten Gebäuden.

Hinsichtlich der Biowärmeeinspeisung liefert diese Betrachtung Hinweise, bis zu welchem Abnehmer die Biowärmepumpe in der Lage ist, die Liegenschaft allein zu versorgen. Außerdem kann auf Basis der Erkenntnisse die Biowärmeeinspeisung optimiert werden.

4.2 Grundlagen

Zur Auswahl von neuen Pumpen und Vergleich mit den vorhandenen Pumpen müssen Volumenstrom \dot{V} und Druckverlust Δp des Netzes bestimmt werden. Die Pumpe muss, sofern mehrere Kreise parallel geschaltet sind, den größten aller Druckverluste überwinden, aber die Summe aller Volumenströme fördern.

Für das Netz gilt:

- ▶ wenn zwei Teilstrecken in Reihe geschaltet sind, ist der gesamte Volumenstrom konstant $\dot{V}_{ges,Reihe} = \dot{V}_1 = \dot{V}_2$
- ▶ wenn zwei Teilstrecken parallel geschaltet werden, ist der gesamte Volumenstrom die Summe der Einzelwerte $\dot{V}_{ges,parallel} = \dot{V}_1 + \dot{V}_2$

Der Massenstrom bzw. der Volumenstrom über eine Teilstrecke ist abhängig von der übertragenen Wärmeleistung. Es gilt:

$$\dot{m}\left(\frac{kg}{h}\right) = \frac{\dot{Q}}{4,182 \times \Delta T} \left(\frac{kW \cdot kg \cdot K}{K \cdot kJ}\right) \times \frac{3600}{1} \left(\frac{s}{h}\right)$$

$$\dot{V}\left(\frac{m^3}{h}\right) = \frac{\dot{m}}{\rho_{Wasser}} \left(\frac{kg \cdot m^3}{h \cdot kg}\right)$$

Hierbei ist die Temperaturspreizung der Unterschied zwischen Vorlauftemperatur und Rücklauftemperatur. Genauere Festlegungen zur Leistung und Temperaturen für verschiedene Lastzustände sind im nächsten Kapitel 4.3 getroffen.

Der maximale Druckverlust für eine Pumpe besteht aus drei Anteilen:

- ▶ dem Druckverlust des Kesselkreises,
- ▶ dem Druckverlust des ungünstigsten Fließweges (Rohr plus Formstücke) und
- ▶ dem Druckverlust der ungünstigsten Hausübergabestation

Der Druckverlust des Kesselkreises und der Druckverlust der Übergabestation sind gegenüber dem Netz vergleichsweise klein. Deshalb können diese näherungsweise abgeschätzt werden, während das Netz detailliert betrachtet wird.

Um den ungünstigste Fließweg herauszufinden, werden zuerst die Druckverluste aller Teilstrecken berechnet und anschließend der Druckverlust jedes Zweiges verglichen. Es gilt:

- ▶ wenn zwei Teilstrecken in Reihe geschaltet werden, ist der gesamte Druckverlust die Summe aus den zwei Anteilen: $\Delta p_{ges,Reihe} = \Delta p_1 + \Delta p_2$
- ▶ wenn zwei Teilstrecken parallel geschaltet werden, ist der gesamte Druckverlust gleich: $\Delta p_{ges,parallel} = \Delta p_1 = \Delta p_2$

Der Druckabfall R ist abhängig vom Rohrmaterial, dem Durchmesser und dem Massenstrom der durch die Rohrleitung fließt. Der R-Wert kann nach DIN 2440 und DIN 2448 bestimmt werden.

Das Material wird einheitlich als Stahlrohr gerechnet, wenn die Dimension (DN) kleiner oder gleich DN32 ist, ist das verwendete Rohr Gewinderohr (nach DIN 2440), wenn DN größer oder gleich DN40 ist, ist das verwendete Rohr Nahtloses Stahlrohr (nach DIN 2448). Es gelten die R-Werte, die auszugsweise in Kapitel 14 beschrieben sind. Sie werden abhängig vom Volumen- bzw. Massenstrom interpoliert.

Es gibt – sehr selten – rechnerisch auch R-Werte die größer sind als 1000 Pa/m, wofür es in Tabelle DIN 2440 und DIN 2448 keine Daten mehr gibt; hier wird für die Rechnung 1000 Pa/m angenommen.

Der gesamte Druckverlust für eine Teilstrecke besteht aus zwei Teilen; dem Druckverlust durch Rohrreibung und dem Druckverlust durch Einzelwiderstände (Schieber, Bögen, T-Stücke usw.). Es gilt:

$$\Delta p_{ges} = \Delta p_{Länge} + \Delta p_{Einzel} = R \times L + Z$$

Die Leitungslänge L ist die Summe der Vorlaufleitungslänge und Rücklaufleitungslänge. Der Druckverlust durch Einzelwiderstand Z wird als ein Drittel des Druckverlustes durch Rohrreibung angenommen.

4.3 Definition von Auslastungszuständen

Für die hydraulische Berechnung des Netzes werden die in Tabelle 5 näher definierten vier Auslastungszustände zugrunde gelegt. Die prozentualen Leistungsangaben beziehen sich auf die gebäudeweise vorliegenden Auslegungsleistungen (Heizlast bei -14°C Außentemperatur, Ladeleistung einer Frischwasserstation) nach Anhang 7.2.

	Heizleistung	Trinkwarmwasserleistung	Temperaturen im Netz
Winterauslegung	100 %	10 % (30%)	95/75°C
Sommerauslegung	0 %	50 % (75%)	80/70°C
Mittellast Heizperiode	30 %	10 % (30%)	89/74°C
Mittellast Sommerperiode	0 %	10 % (30%)	80/72°C

Tabelle 5 Auslastungszustände

Die einzige Ausnahme für diese Annahmen betrifft das Schwimmbad. Es gelten höhere Leistungswerte für die Trinkwarmwasserbereitung (Angaben in Tabelle 5 in Klammern).

Die Definition von Mittellastfällen dient dazu, eine mittlere Pumpenleistungsaufnahme abzuschätzen.

Die Annahme von vergleichsweise geringen Leistungsanteilen für die Trinkwarmwasserbereitung ergibt sich, da die Zapfperiode sich insgesamt über einen längeren Zeitraum zieht. Es kann insbesondere bei den Hauptleitungen von nur einer geringen Gleichzeitigkeit ausgegangen werden. Außerdem wurden bei der Berechnung der Trinkwasserleistung Annahmen so getroffen, dass sich sehr viel größere Leistungen ergeben als beispielsweise heute benötigt werden – für den Fall, dass auf Durchlaufwasserheizer (Wärmeübertrager) umgestellt würde,

4.4 Ergebnisse für den heutigen Zustand

Mit allen vorher beschriebenen Annahmen und Grunddaten kann die Netzberechnung aller Teilstrecken erfolgen. Es werden ungünstigste Strömungswege bestimmt und damit Gesamtdruckverluste, welche eine Pumpe überwinden müsste.

Beispielhafte Netzberechnung

Einen beispielhaften Auszug aus der zur Netzberechnung verwendeten Exceltabelle zeigt Tabelle 6. Alle anderen analogen Tabellen sind im Anhang 7.4 zu finden.

Im Mittel ergibt sich über alle Teilstrecken gesehen ein Druckverlust von 52 Pa/m. Dies ist für eine Nahwärme vergleichsweise gering. Fernwärmeversorger würden mit deutlich höheren Geschwindigkeiten im Netz (1,3 m/s) und damit größeren Druckverlusten (200 Pa/m) planen. Die Kosten für das Netz sowie in geringerem Maße die Wärmeverluste fallen dann geringer aus. In Neuerkerode ergibt sich demgegenüber eine deutlich kleinere relative Pumpendruck-erhöhung und damit geringere Stromkosten.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Teilstrecke	Benennung der Teilstrecke	Heisanschluss?	Wärmeleistung	Temperaturspannung	Massenstrom	Rohrdurchmesser	Druckgefälle	Rohrlänge	Druckverl. Rohrreibung	Einzelwiderstände	Druckverl. Einzelwiderst.	Summe Druckverlust
Nr.			Q	$\Delta\theta$	m	di	R	l	R ^{*l}	Zeta	Z	R [*] +Z
			[kW]	[K]	[kg/h]	mm	[Pa/m]	[m]	[Pa]		[Pa]	[Pa]
1	Lindenplatz/Sundern		1508	20	64918	160,3	59,4	48	2.852	0,33	951	3.803
2	Blumenladen		1071	20	46101	160,3	31,0	156	4.841	0,33	1.614	6.455
3	Blumenladen		956	20	41151	160,3	25,0	14	350	0,33	117	467
3,1	Blumenladen		827	20	35613	160,3	19,1	14	268	0,33	89	357
4	Sonnenschein		568	20	24433	160,3	9,5	54	513	0,33	171	685
5	Lindenweg/Gartenweg		413	20	17793	160,3	5,3	140	741	0,33	247	989
6	Schule		347	20	14918	160,3	4,3	36	155	0,33	52	207
7	Schule	ja	324	20	13949	160,3	4,0	160	644	0,33	215	859
8	Schwimmhalle		96	20	4139	160,3	1,2	84	100	0,33	33	134
9	Schwimmhalle	ja	96	20	4139	160,3	1,2	40	48	0,33	16	64
10	Therapiehaus	ja	23	20	969	107,1	0,8	36	29	0,33	10	39
11	Lindenweg/Gartenweg	ja	67	20	2874	82,5	4,1	28	115	0,33	38	153
12	Sonnenschein	ja	154	20	6640	107,1	6,2	32	198	0,33	66	264
13	Ohe		260	20	11180	82,5	42,6	74	3.149	0,33	1.050	4.199
14	Ohe	ja	120	20	5163	43,1	256,8	16	4.109	0,33	1.370	5.478
15	Gartenweg 10		140	20	6017	54,5	144,1	116	16.721	0,33	5.574	22.294
15,1	Gartenweg 10	ja	73	20	3138	54,5	42,7	26	1.109	0,33	370	1.479
16	Gärtnerei		115	20	4950	43,1	237,0	38	9.007	0,33	3.002	12.009
16,1	Gärtnerei	ja	51	20	2181	43,1	51,0	14	714	0,33	238	952
17	Lindenplatz/Sundern und Werkstatt Wabeweg bzw. Wäscherei	(ja)	437	20	18817	132,5	14,3	270	3.874	0,33	1.291	5.165
18	Lindenplatz/Sundern		219	20	9409	107,1	11,5	70	808	0,33	269	1.078
19	Lindenplatz/Sundern		164	20	7056	70,3	39,9	52	2.073	0,33	691	2.764
20	Lindenplatz/Sundern	ja	55	20	2352	70,3	5,4	80	430	0,33	143	573
21	Lindenplatz/Sundern	ja	109	20	4704	70,3	18,9	34	641	0,33	214	855
22	Lindenplatz/Sundern	ja	55	20	2352	70,3	5,4	34	183	0,33	61	244
23	Lindenplatz/Sundern		219	20	9409	107,1	11,5	10	115	0,33	38	154
24	Lindenplatz/Sundern		164	20	7056	70,3	39,9	34	1.355	0,33	452	1.807
25	Lindenplatz/Sundern	ja	55	20	2352	70,3	5,4	80	430	0,33	143	573
26	Lindenplatz/Sundern	ja	109	20	4704	70,3	18,9	38	717	0,33	239	956
27	Lindenplatz/Sundern	ja	55	20	2352	70,3	5,4	56	301	0,33	100	401
28	Nähzentrum		67	20	2879	37,2	213,4	40	8.535	0,33	2.845	11.380
28,1	Foliengewächshäuser	ja	48	20	2044	37,2	112,1	28	3.140	0,33	1.047	4.187
29	Foliengewächshäuser	ja	24	20	1022	37,2	31,3	4	125	0,33	42	167
30	Blumenladen	ja	64	20	2769	37,2	198,2	4	793	0,33	264	1.057
31	Blumenladen		0	20	0	37,2	0,0	4	0	0,33	0	0
32	Blumenladen	ja	129	20	5538	37,2	742,9	12	8.914	0,33	2.971	11.886
33	Gärtnereicontainer	ja	6	20	277	37,2	3,8	40	151	0,33	50	201
34	Nähzentrum	ja	19	20	834	37,2	21,7	4	87	0,33	29	116

Tabelle 6 Druckverluste im Kreis "Nördlich der Wabe", Winterfall, Bestand

Lage der ungünstigsten Verbraucher

Tabelle 6 beantwortet noch nicht die Frage nach der Lage des hydraulisch ungünstigsten Verbrauchers. Dieser nächste Auswerteschritt wird manuell durchgeführt. Anhand des Netzplanes werden mögliche Fließwege identifiziert, welche den größten Druckverlust aufweisen könnten. Die Druckverluste aller Teilstrecken zwischen Kesselhaus und diesen Abnehmern werden addiert. Für den Strang "Nördlich der Wabe" zeigt Bild 32 die vorab gewählten ungünstigsten Punkte.

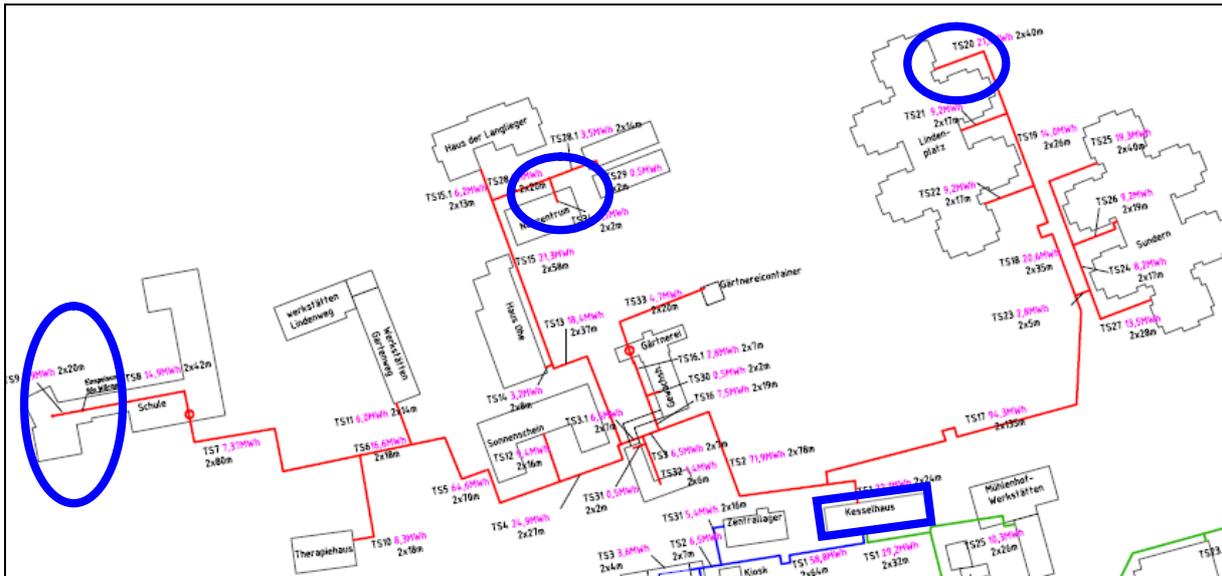


Bild 32 Schema zur Suche des ungünstigsten Stranges

Die zu den vorausgewählten Verbrauchern führenden Rohrabschnitte und das Summenergebnis für den Strang "Nördlich der Wabe" zeigt Tabelle 7. Im Auslegungs-Winterfall ist der ungünstigste Abnehmer das Nähzentrum.

1	14	15	16
Teilstrecke	Schwimmbad	Nähzentrum	Lindenplatz
Nr.	Δp	Δp	Δp
1	3.803	3.803	3.803
2	6.455	6.455	
3	467	467	
3,1	357	357	
4	685		
5	989		
6	207		
7	859		
8	134		
9	64		
13		4.199	
15		22.294	
17			5.165
18			1.078
19			2.764
20			573
28		11.380	
34		116	
Summe	0,14 bar	0,49 bar	0,13 bar

Tabelle 7 Auffinden d. ungünstigsten Fließweges "Nördlich der Wabe", Winterfall, Bestand

Das vorher beschriebene Vorgehen kann auch für die anderen Lastfälle sowie die anderen beiden Abnehmerkreise wiederholt werden. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 8

Lastfall	Kreis "Zentralgebiet"	Kreis "Nördlich der Wabe"	Kreis "Kaiserwald"
Winter Auslegung	Kegelbahn	Nähzentrum	Villa Luise
Sommer Auslegung	Wabeweg 3/3a	Gartenweg 10	Weidenweg
Heizperiode Mittel	Kegelbahn	Nähzentrum	Villa Luise
Sommerperiode Mittel	Wabeweg 3/3a	Gartenweg 10	Weidenweg

Tabelle 8 Übersicht über die Lage ungünstigster Verbraucher, Bestand

Die Lage des ungünstigsten Punktes ändert sich mit dem Lastfall. Außerdem ist nicht unbedingt die Leitungslänge ausschlaggebend, wie man am Kreis "Nördlich der Wabe" sehen kann. Es kommt ebenso auf den installierten Leitungsdurchmesser an. In der Hauptleitung bis zum Schwimmbad ist er groß, während die Anschlüsse zum Gartenweg 10 und dem Nähzentrum (normal) klein dimensioniert sind.

Gesamtdruckverluste

Die Untersuchung aller drei Abnehmerkreise ergibt, dass Winter- und Sommerauslegungsfall zu einem ähnlichen Ergebnis für Gesamtvolumenstrom und Gesamtdruckverlust führen. Unter Berücksichtigung der Druckverluste des Kesselkreises (siehe Kapitel 3.1.5) und der Übergabestation (siehe Kapitel 3.3.5) ergibt sich ein Auslegungsvolumenstrom für das ganze Netz von 224 m³/h bei einer maximalen Druckdifferenz von 1,41 bar. Die Ergebnisübersicht zeigt Tabelle 9.

	Winterauslegung		Sommerauslegung	
	Volumenstrom [m ³ /h]	Druckverlust [bar]	Volumenstrom [m ³ /h]	Druckverlust [bar]
Zentralgebiet	91,6	0,76	87,8	0,71
Nördlich der Wabe	64,9	0,49	64,0	0,96
Kaiserwald	67,8	0,96	59,3	0,14
Maximaler Wert		0,96		0,96
Übergabestation		0,15		0,15
Kesselkreis		0,30		0,30
Gesamt	224	1,41	211	1,41

	Heizperiode Mittel		Sommerperiode Mittel	
	Volumenstrom [m ³ /h]	Druckverlust [bar]	Volumenstrom [m ³ /h]	Druckverlust [bar]
Zentralgebiet	44,6	0,20	22,0	0,06
Nördlich der Wabe	32,4	0,14	17,4	0,08
Kaiserwald	32,6	0,22	14,8	0,07
Maximaler Wert		0,22		0,08
Übergabestation		0,15		0,15
Kesselkreis		0,30		0,30
Gesamt	110	0,67	54	0,53

Tabelle 9 Übersicht über Gesamtdruckverluste, alle Lastzustände, Bestand

Der gesamte Volumenstrom ist die Summe der drei Stränge, aber der Druckverlust ist der maximale Druckverlust jeweils eines Stranges, weil die drei Stränge parallel geschaltet sind.

4.5 Druckverlustdiagramme

Aus den Ergebnissen der Druckverluste der Teilstrecken können Druckverlustdiagramme mit Auftragung des Druckverlaufs über der Weglänge erstellt werden. Sie veranschaulichen, an welchen Stellen des Netzes hohe Reibung vorliegt; dort ist in der Grafik das Gefälle der eingetragenen Geraden höher.

Bild 33 zeigt die Auftragung für den Strang "Nördlich der Wabe mit zwei wichtigen Teilstrecken, der Hauptstrecke in Richtung Schwimmbad und den Abzweigstrecke Richtung Nähzentrum. Letztere ist die ungünstigste. Dies ist zu erkennen an der größeren längenbezogenen Reibung und der geringeren Druckdifferenz, die für den Hausanschluss des Nähzentrums zur Verfügung steht. Es ist anzumerken, dass die Biowärmeeinspeisung in dieser Darstellung nicht berücksichtigt wurde.

Für alle Diagramme gilt, dass sie den berechneten Druckbedarf mit einer optimalen Pumpe darstellen. Das zeigt sich in der Grafik dadurch, dass die Druckdifferenz an der ungünstigsten Hausübergabestation im Bild jeweils 15.000 Pa beträgt. Darauf aufbauend ergibt sich die Kurvenentwicklung vom Abnehmer (rechts) bis zur Zentrale (links). Mit der vorhandenen Pumpe, die eine größere Druckdifferenz aufweist, würden die beiden Druckverlaufslinien (Vor- und Rücklauf) lediglich einen größeren Abstand zueinander aufweisen.

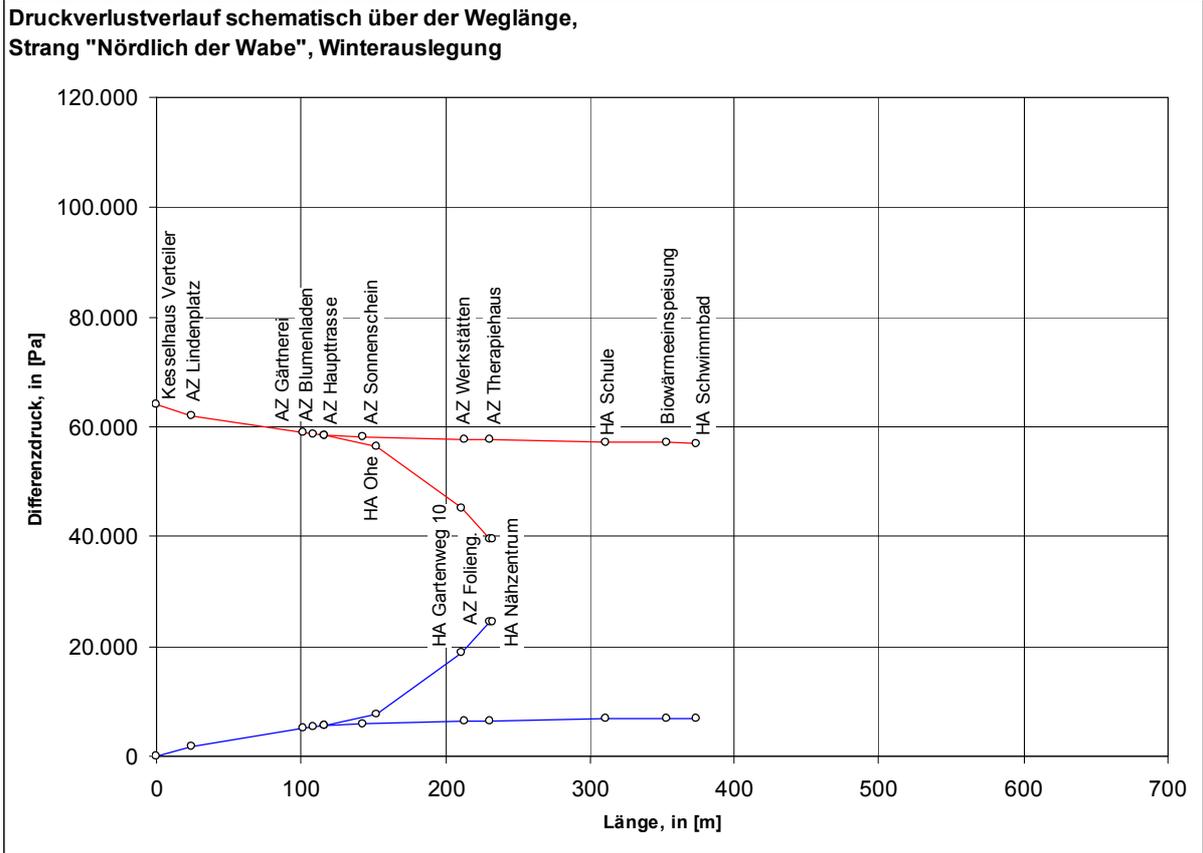


Bild 33 Druckverlustdiagramm, Winterauslegung, Bestand, Strang "Nördlich der Wabe"

Für den Strang "Zentralgebiet" zeigt Bild 34 nur den ungünstigsten Fließweg.

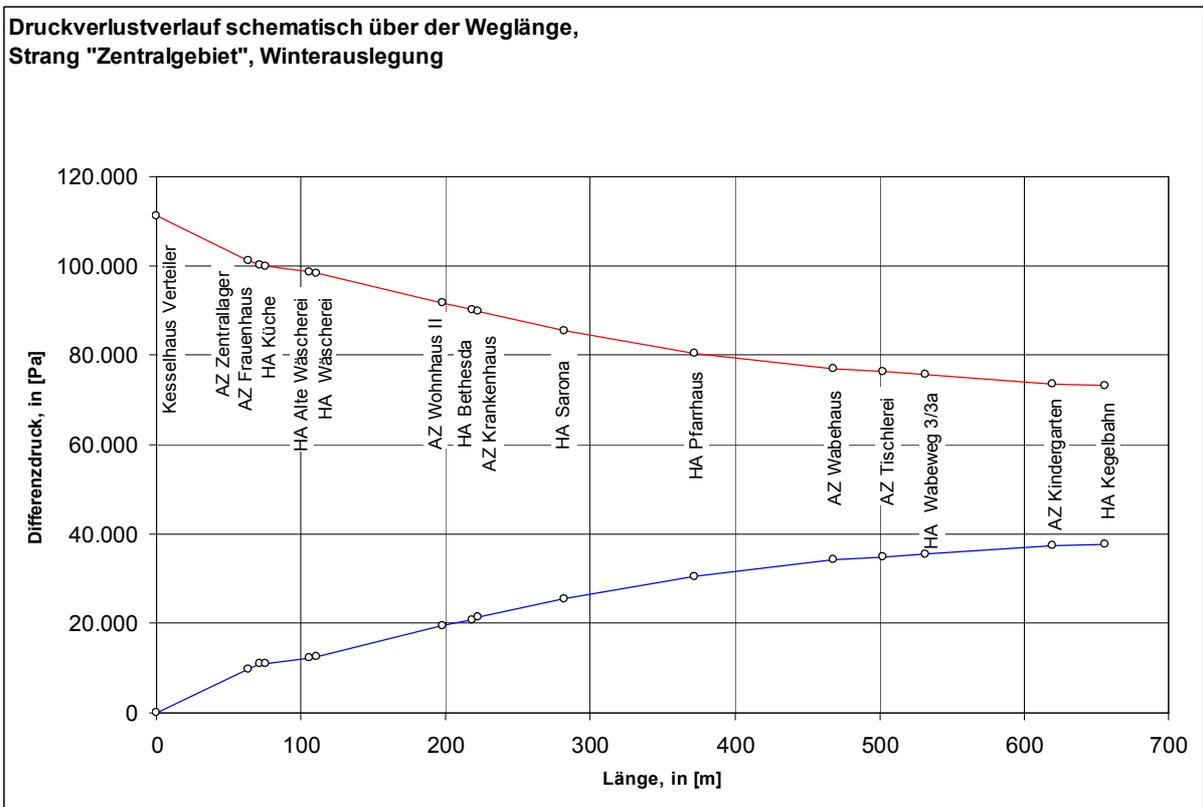


Bild 34 Druckverlustdiagramm, Winterauslegung, Bestand, Strang "Zentralgebiet"

In Bild 35 ist dieser für den Strang "Kaiserwald" dargestellt. An der Hausübergabe des Gebäudes "Villa Luise" steht in etwa der gleiche Druck zur Verfügung wie am "Nähzentrum".

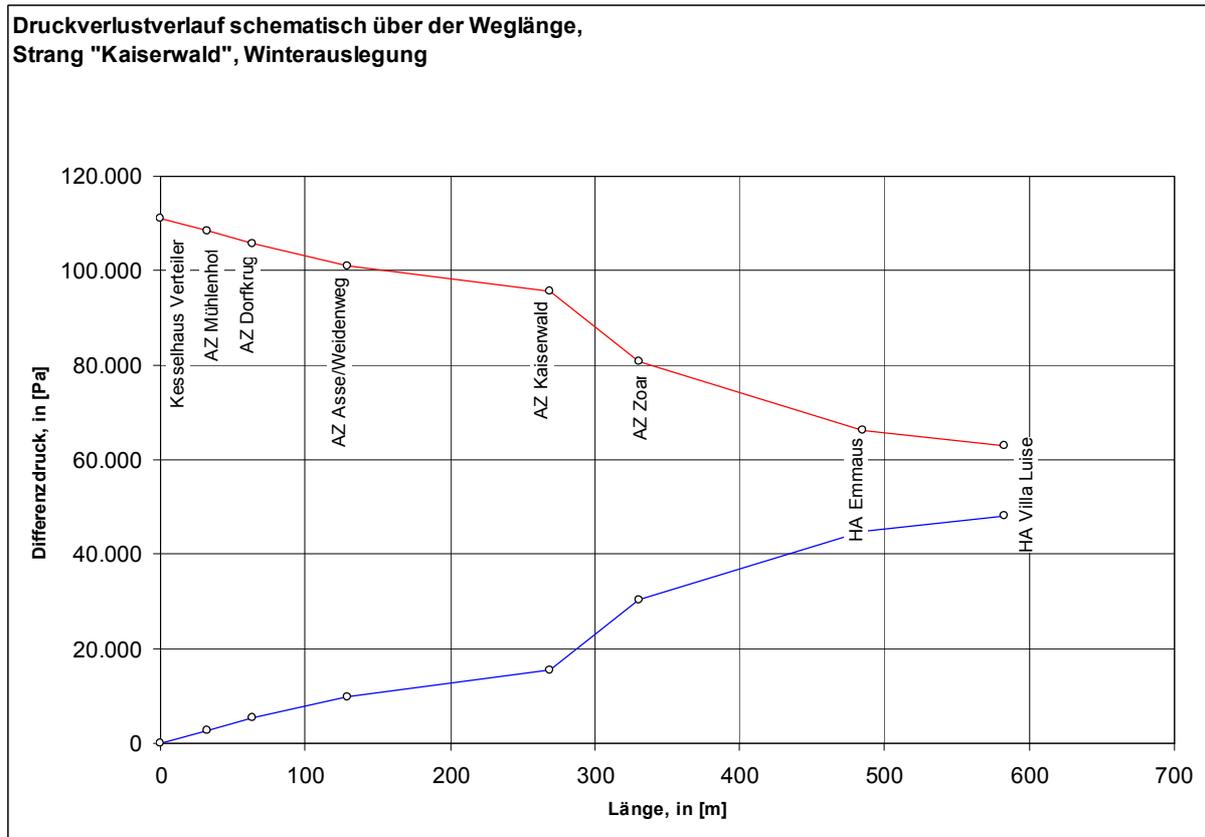


Bild 35 Druckverlustdiagramm, Winterauslegung, Bestand, Strang "Kaiserwald"

4.6 Ergebnisse für den künftigen Zustand

Der künftige Zustand des Netzes wird analog durchgerechnet. Es werden geändert:

- ▶ die maximal notwendigen Gebäudeheizlasten unter Berücksichtigung von Modernisierungen der Gebäudehülle, siehe Anhang 7.2
- ▶ die maximal notwendigen Trinkwasserwärmelasten unter Berücksichtigungen von Umstellungen der Art der Versorgung sowie Modernisierungen, siehe Anhang 7.2
- ▶ die Anzahl von Gebäuden, die überhaupt am Netz angeschlossen sind (Abkopplung des Strangendes "Kaiserwald" ab Höhe Asse sowie des Strangendes "Zentralgebiet" ab Sarona, siehe Anhang 7.2

Tabelle 10 gibt die Lage der ungünstigsten Verbraucher an. Wegen der Netzabkopplung ändern sich diese in den Kreisen "Zentralgebiet" und "Kaiserwald".

Lastfall	Kreis "Zentralgebiet"	Kreis "Nördlich der Wabe"	Kreis "Kaiserwald"
Winter Auslegung	Verwaltung	Nähzentrum	Weidenweg
Sommer Auslegung	Bethanien	Gartenweg 10	Weidenweg
Heizperiode Mittel	Verwaltung	Nähzentrum	Weidenweg
Sommerperiode Mittel	Bethanien	Gartenweg 10	Weidenweg

Tabelle 10 Übersicht über die Lage ungünstigster Verbraucher, Zukunft

Da die Lasten abkopplungs- und modernisierungsbedingt sinken, ergeben sich geringere Volumenströme im Netz. Dies führt zu geringerer Reibung. Zusammen mit den teilweise geringeren Leitungslängen sinken die Druckverluste merklich.

Tabelle 11 zeigt, dass die Sommerauslegung maßgeblich wird, was angesichts der Baukörpermodernisierung zu erwarten war. Die Tabelle gibt die Änderungen bezogen auf den Bestand an.

	Winterauslegung		Sommerauslegung	
	Volumenstrom [m ³ /h]	Druckverlust [bar]	Volumenstrom [m ³ /h]	Druckverlust [bar]
Zentralgebiet	48,6	0,15	68,9	0,88
Nördlich der Wabe	54,6	0,74	69,4	0,69
Kaiserwald	15,6	0,14	32,0	0,18
Maximaler Wert		0,74		0,88
Übergabestation		0,15		0,15
Kesselkreis		0,30		0,30
Gesamt	119	1,19	170	1,33
Änderung gegenüber dem Bestand	-47 %	-16 %	-9 %	-6 %

	Heizperiode Mittel		Sommerperiode Mittel	
	Volumenstrom [m ³ /h]	Druckverlust [bar]	Volumenstrom [m ³ /h]	Druckverlust [bar]
Zentralgebiet	25,2	0,05	17,2	0,07
Nördlich der Wabe	27,6	0,18	19,6	0,06
Kaiserwald	9,2	0,06	8,0	0,06
Maximaler Wert		0,18		0,07
Übergabestation		0,15		0,15
Kesselkreis		0,30		0,30
Gesamt	62	0,63	45	0,52
Änderung gegenüber dem Bestand	-44 %	-6 %	-17 %	-2 %

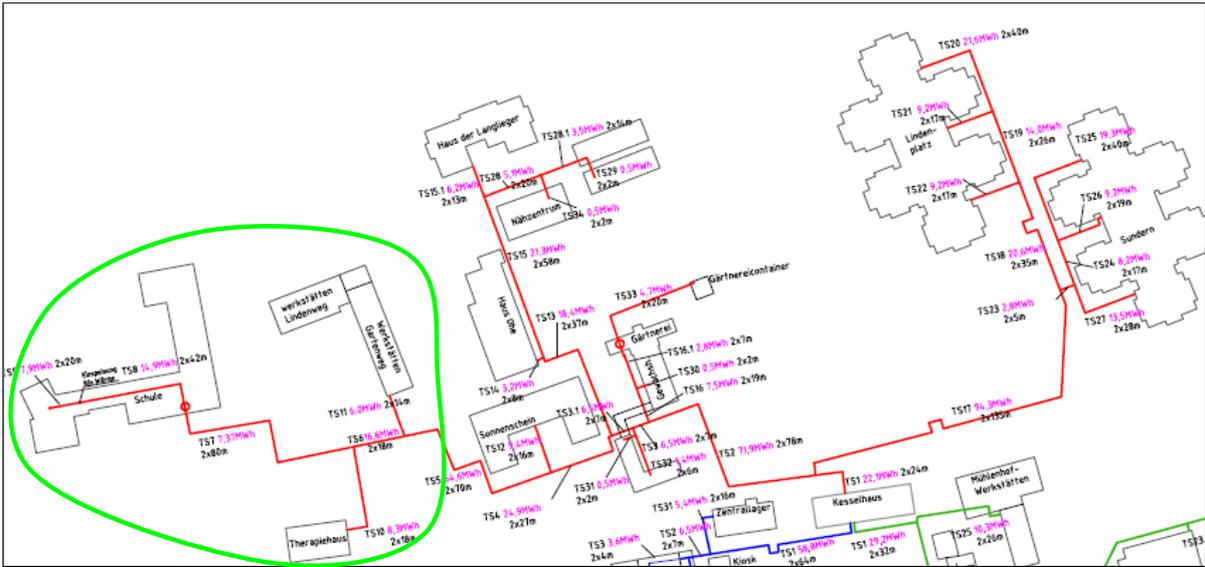
Tabelle 11 Übersicht über Gesamtdruckverluste, alle Lastzustände, Zukunft

4.7 Einbezug der Biowärmeeinspeisung

Der Einbezug der Fehlströmung, welche sich aufgrund der Biowärmeeinspeisung ergibt, lässt sich nur schwierig in der Netzberechnung berücksichtigen. Die Lage des Umkehrpunktes der Strömung ist aus hydraulischer Sicht kaum zu berechnen, da kleinste Änderungen der Leistungsabnahme der Verbraucher die Strömungsverhältnisse stark beeinflussen können. Dies ist begründet durch die fast gleich groß dimensionierten Pumpen in der Biowärmeeinspeisung und der Heizzentrale.

Das Problem soll dennoch verdeutlicht werden. Dazu wird für die vier definierten Lastzustände die thermische Bilanz zugrunde gelegt. Der Einspeisezähler beweist, dass ziemlich gleichmäßig ca. 400 kW Bioabwärme ins Neuerkeröder Netz eingespeist werden. Da diese offensichtlich von Verbrauchern aufgenommen werden, wird hieraus abgeschätzt, wie groß die rückwärtige Reichweite im Netz ist.

Die zugehörigen Rechentabellen zeigt 7.4.3. An der Lage des ungünstigsten Verbrauchers (Gartenweg 10 bzw. Nähzentrum) ändert sich im Übrigen nichts, da dieser in einem Seitenarm der Haupttrasse liegt. Es hier nahezu egal, von welcher Seite eingespeist wird.



Druckverlustverlauf schematisch über der Weglänge, Strang "Nördlich der Wabe", Winterauslegung, mit Biowärme

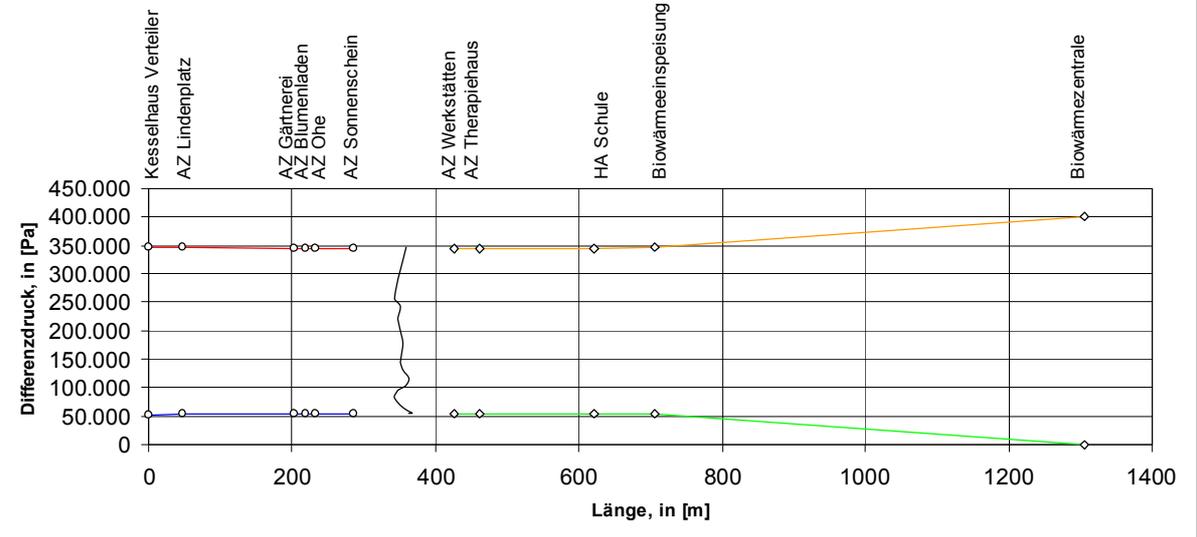
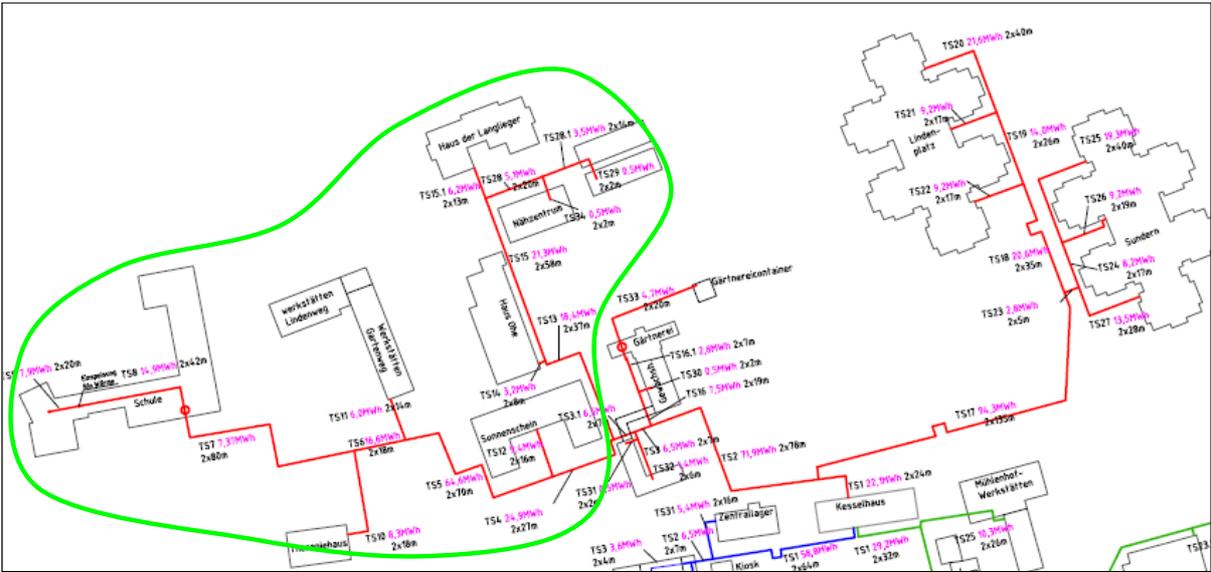
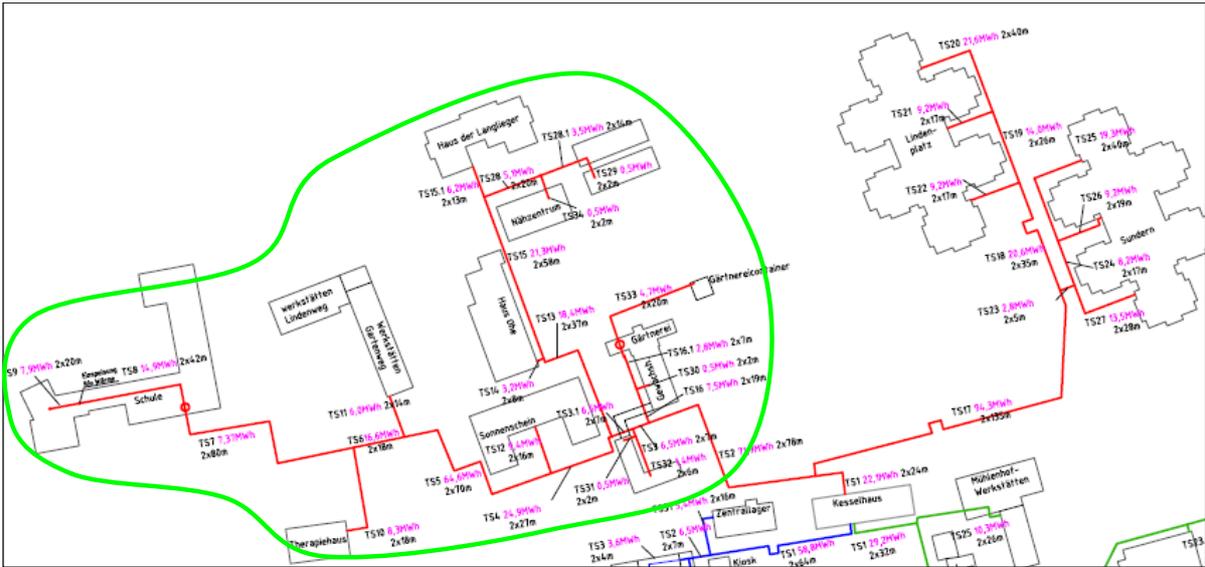


Bild 36 Druckverlauf "Nördlich der Wabe" unter Berücksichtigung der Biowärme, Winter

Im winterlichen Auslegungsfall reicht die Leistung der Biowärmeeinspeisung in etwa, um den westlichen Teil des Nordstranges bis Höhe der Werkstätten Lindenweg/Gartenweg zu versorgen. Im sommerlichen Spitzenlastfall können auch noch die drei Pflegeheime (Ohe, Sonnenschein, Gartenweg 10) sowie die Näherei versorgt werden.





**Druckverlustverlauf schematisch über der Weglänge,
Strang "Nördlich der Wabe", Heizzeitmittel, mit Biowärme**

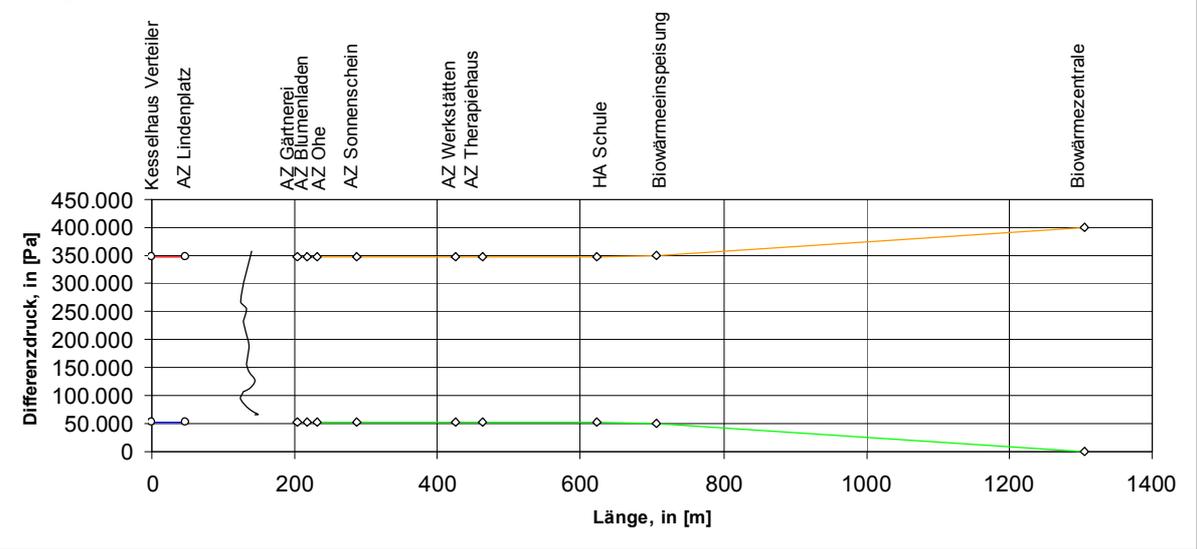
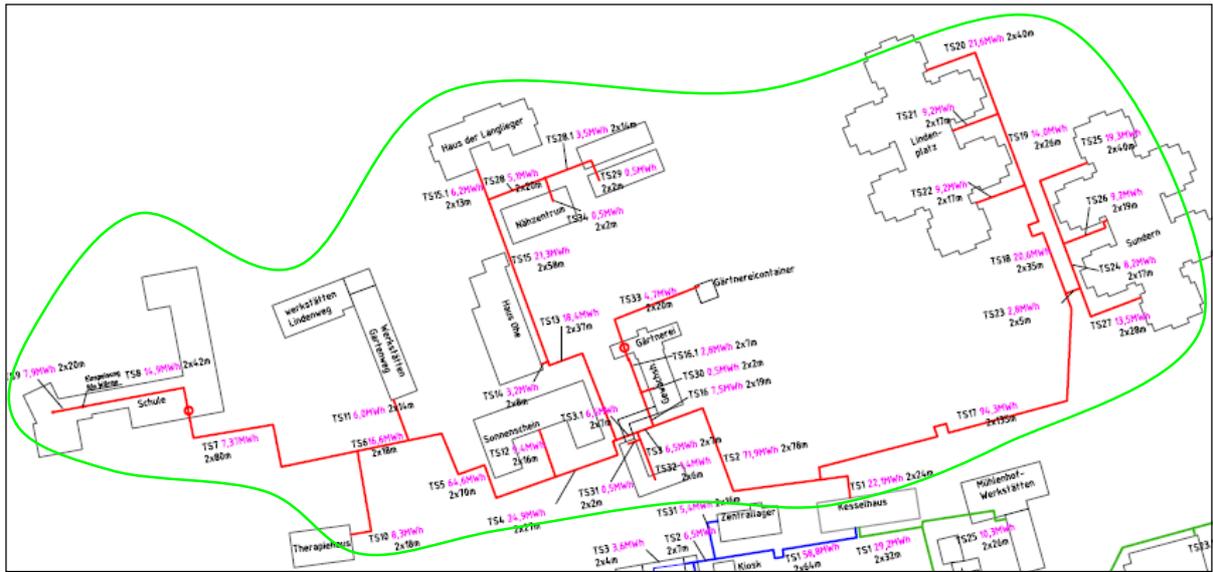


Bild 38 Druckverlauf "Nördlich der Wabe" u. Berücksichtigung d. Biowärme, Wintermittel

Im mittleren Heizfall werden 400 kW benötigt, um den gesamten Strang, jedoch ohne die Gebäude Sundern und Lindenplatz zu versorgen. Allerdings würde für die vormittäglichen Spitzenlastzeiten (Warmwasserbereitung) Wärme dennoch von der Nahwärmezentrale benötigt.



Druckverlustverlauf schematisch über der Weglänge, Strang "Nördlich der Wabe", Sommermittel, mit Biowärme

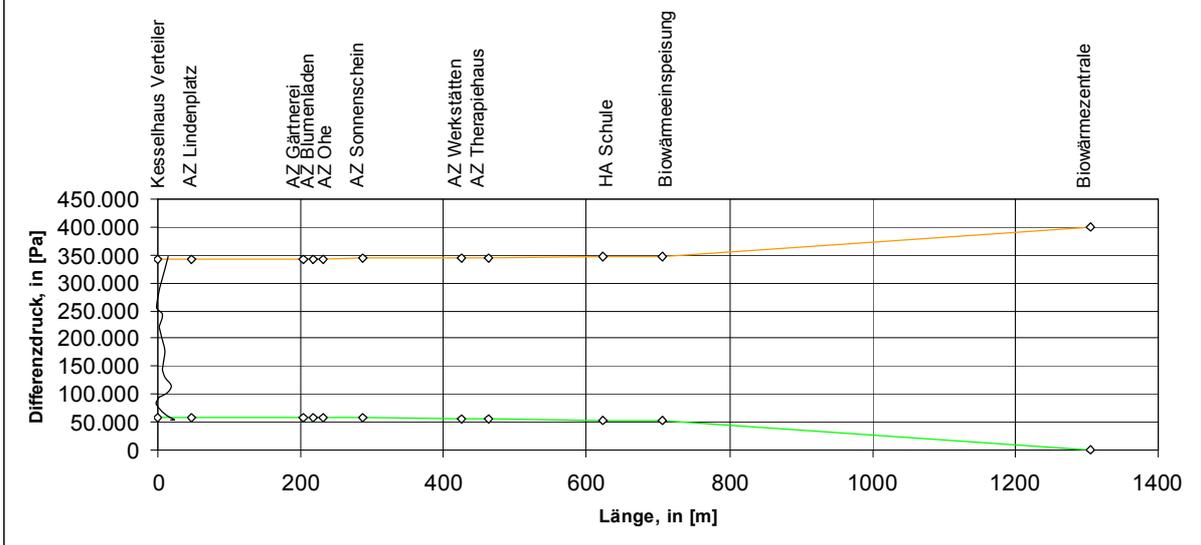


Bild 39 Druckverlauf "Nördlich der Wabe" u. Berücksichtigung d. Biowärme, Sommermittel

Im mittleren Sommerfall reicht die Biowärme aus, um den gesamten Strang zu versorgen. Wiederum in vormittäglichen Spitzenlastzeiten reicht die Wärmezufuhr der Biowärme allein nicht aus.

Hinsichtlich der Druckverläufe im Hauptstrang ist zu bemerken, dass die Reibung unabhängig von der Fließrichtung sehr gering ist, da die Leitung von vorn bis hinten in DN 150 ausgeführt ist.

5 Netzoptimierung

Der nachfolgende Abschnitt unterbreitet Vorschläge, wie das Netz optimiert werden könnte. Der Biowärmeeinspeisung wird besondere Beachtung geschenkt.

5.1 Variante neue Netzpumpe

Eine mögliche Optimierung des Systems ergibt sich durch den Einbau einer geregelten Netzpumpe (bzw. einer Doppelpumpe) in der Zentrale. Die 2 vorhandenen Doppelpumpen würden durch ein energieeffizienteres Modell mit kleinerer Förderhöhe ersetzt. Es ergeben sich folgende Auslegungsdaten:

- ▶ Bestand: 224 m³/h und 1,41 bar
- ▶ künftig: 170 m³/h und 1,33 bar

Im derzeitigen Netzzustand würde z.B. das Modell "DL- E 100/160-18,5/2" von WILO passen. Es handelt sich um eine Doppelpumpe, die als Einzel- oder Doppelpumpe arbeiten kann. Die Leistungsaufnahme im Auslegungsfall beträgt ca. 16 kW. Das ist etwas mehr als 1/3 des Wertes der derzeit installierten Pumpen bei Auslegung.

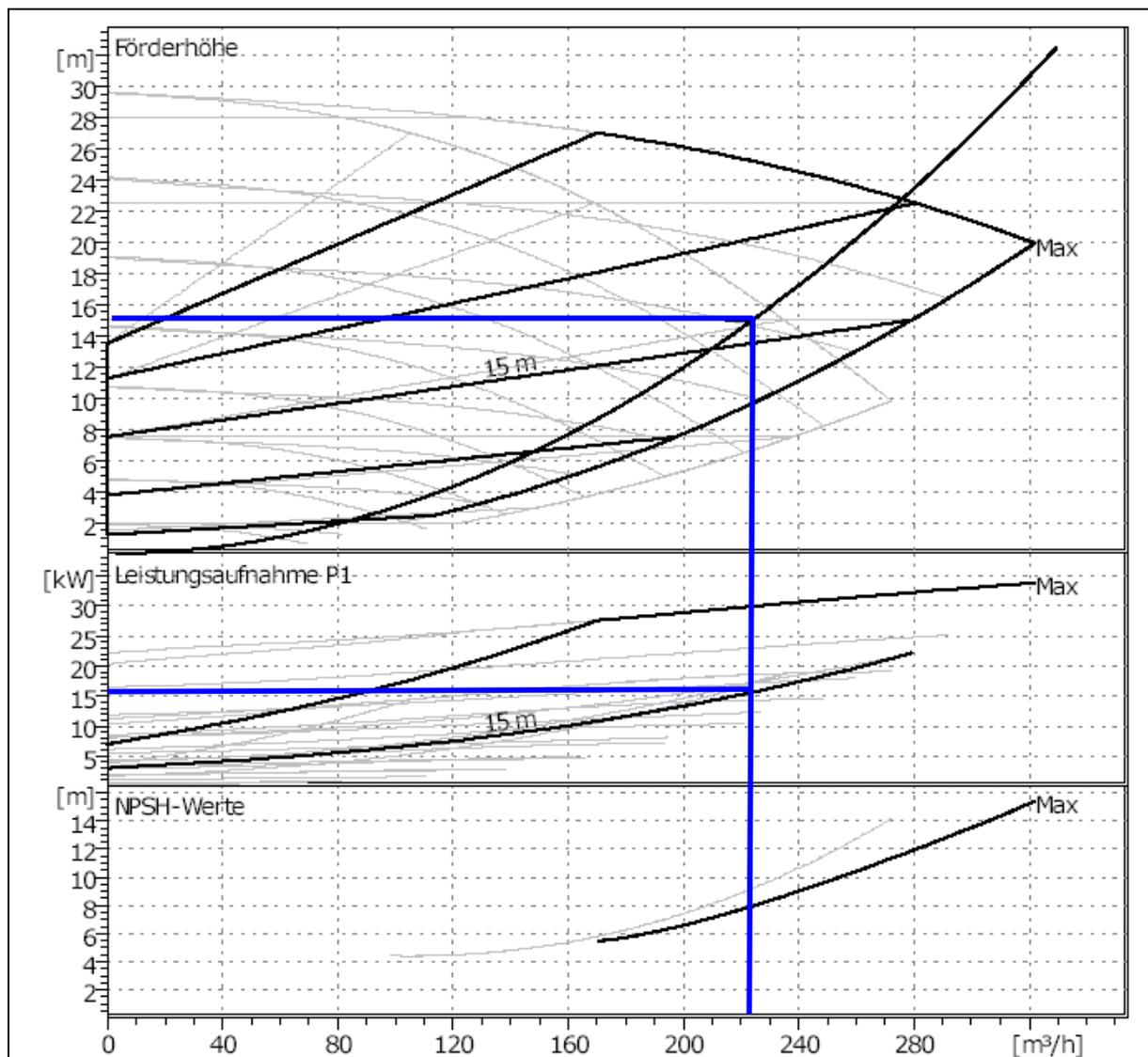


Bild 40 Beispielhafte Netzpumpe

Effizienz und Energieeinsparung

Es gibt drei Vorteile der neuen Pumpe gegenüber der Bestandspumpe:

- ▶ die angepasste Druckförderhöhe,
- ▶ die Möglichkeit der variablen Regelung sowie
- ▶ der bessere Gerätewirkungsgrad.

Aufgrund der Netzberechnung wird davon ausgegangen, dass die neue Pumpe höchstens die halbe Druckerhöhung der Bestandspumpe bringen muss. Das ist gegenüber der Bestandspumpe der größte Spareffekt.

Darüber hinaus wird vermutet, dass der Druck im Teillastfall nicht konstant gehalten werden muss, wie dies im Bestand der Fall ist, sondern variabel reduziert wird. So dass bei geringster Abnahme (fast kein Volumenstrom) die Druckerhöhung nur noch halb so hoch ist wie bei maximaler Last. Dies bringt weitere Ersparnisse an elektrischer Energie.

Der Wirkungsgrad der neuen Pumpe beträgt im Auslegungspunkt etwa 55 ... 60 %. Die Effizienz neuer Pumpen ist damit nur ca. 5 % besser als bei der vorhandenen Pumpe. Die derzeit vorhandenen Bestandspumpen (4 x 75 m³/h und 40 m) haben einen guten Wirkungsgrad bzw. eine noch immer typische Leistungsaufnahme. Vergleichbare Neumodelle liegen mit ca. 12 ... 13 kW in der Stromaufnahme nur geringfügig unter dem Bestandsmodell (15 kW). Es ist keine schlechte Pumpentechnologie installiert, lediglich die Leistungsaufnahme bzw. der Differenzdruck sind zu hoch.

Theoretisch ergibt sich ein Einsparpotential der neuen Pumpe gegenüber der Bestandspumpe von mehr als 70 %, siehe Anhang 7.5. Es resultiert zu etwa je 10 %-Punkten aus der Wirkungsgradverbesserung und der Möglichkeit der variablen Regelung sowie zu über 50 %-Punkten aus der kleineren Dimensionierung der Pumpe.

Es wird realistisch davon ausgegangen, dass die Pumpenstromeinsparung insgesamt ca. 50 % beträgt. Derzeit wird der reale Verbrauch auf ca. 85 MWh/a geschätzt, so dass das Kosteneinsparpotential bei etwa 5000 ... 6000 €/a liegen dürfte.

Hinweis

Diese Lösung wird empfohlen.

Der Umbau kann nur einhergehen mit einer Änderung der Biowärme-Pumpe. Mit geringerem Netzdruck in der Heizzentrale und unveränderter Biowärme-Pumpe ist die Versorgungssicherheit insbesondere des nördlichen Stranges wegen der gegeneinander arbeitenden Pumpen nicht garantiert, vgl. Ausführungen in Kapitel 3.4.3.

5.2 Variante Zentralpumpe und 3 Heizkreispumpen

Alternativ könnte die Zentrale so umgebaut werden, dass jeder Heizkreis und auch der Kesselkreis jeweils eine separate Pumpe (bzw. Doppelpumpe) erhalten. Die Netzberechnung ergab folgende Parameter:

Heutiges Netz:

- ▶ Zentralgebiet: 92 m³/h und 0,91 bar
- ▶ Nördlich der Wabe: 65 m³/h und 1,11 bar
- ▶ Kaiserwald: 68 m³/h und 1,11 bar
- ▶ Kesselkreis: 224 m³/h und 0,3 bar

Künftiger Zustand:

- ▶ Zentralgebiet: 69 m³/h und 0,88 bar
- ▶ Nördlich der Wabe: 69 m³/h und 0,74 bar
- ▶ Kaiserwald: 32 m³/h und 0,18 bar
- ▶ Kesselkreis: 170 m³/h und 0,3 bar

Die größten verfügbaren Hocheffizienzpumpen sind in der heute benötigten Leistungsklasse noch nicht verfügbar, siehe Bild 41. Es würden daher Pumpen nach dem technischen Funktionsprinzip der Bestandpumpe verwendet.

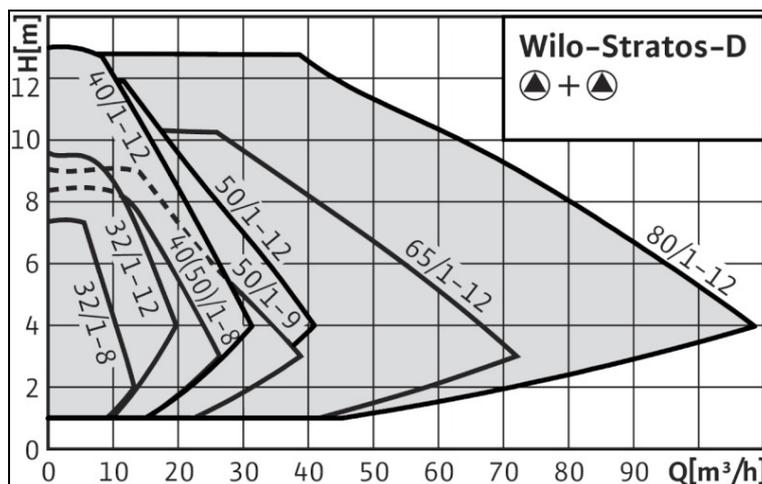


Bild 41 Hocheffizienzpumpen größerer Bauart

Problematisch ist vor allem die Kesselkreispumpe. Sie soll einen sehr großen Volumenstrom fördern, aber praktisch keine Druckerhöhung bringen. Solche Modelle sind am Markt nicht zu finden.

Effizienz und Energieeinsparung

Die theoretische Energiebilanz (siehe Anhang 7.5) ergibt, dass die Separierung der Pumpen etwas weniger Energie benötigt als die Lösung mit einer neuen Zentralpumpe. Bezogen auf den Bestand ergibt sich theoretisch mit dieser Lösung eine Einsparung von 75 % statt 73 % mit Zentralpumpe.

Wegen der zusätzlichen Kosten, der komplizierteren Hydraulik, dem erheblicheren Umbauaufwand, der am Markt nicht passend verfügbaren Kesselhauspumpe und dem vergleichsweise geringen Zusatzeinspareffekt wird diese Lösung dennoch nicht weiter verfolgt.

5.3 Frühere Optimierungsvorschläge zur Biowärmeeinspeisung

Seit Inbetriebnahme der Biowärmeeinspeisung wurden mehrfach Untersuchungen zur Erhöhung der Einspeiseleistung vorgenommen und auch praktische Versuche unternommen. Einige der Versuche und Vorschläge werden nachfolgend kurz kommentiert.

- | | | |
|--------------------------------|---|--|
| 1. Vorlauftemperatur senken | Absenkung der Vorlauftemperatur im Kesselhaus, damit das zur Biowärmeeinspeisung verwendete Rücklaufwasser geringere Temperaturen aufweist. | Prinzipiell sinkt bei gesenkter Vorlauftemperatur in einer Anlage die Rücklauftemperatur nicht ab, sondern steigt an. Auch der Volumenstrom steigt an; dies ist begründet in der Funktion von Wärmeübertragern (Heizkörpern, Warmwasserbereitern), bei denen die mittlere Temperatur maßgeblich ist. Dieser Versuch brachte keine Besserung. Andere weit entfernte Verbraucher sind gar nicht richtig versorgt worden |
| 2. Kreistrennung | Trennung des Kreises "Nördlich der Wabe" komplett von der Zentrale, so dass die Biowärmeversorgung autark erfolgt | Dieser Versuch wurde durchgeführt. Wegen der variablen Last der Abnehmer (Winter, Sommer), aber des konstanten Angebotes ist dies keine Lösung |
| 3. Umbau der Abnehmerhydraulik | Es liegen Vorschläge vor, in den Zentralen des Schwimmbades und der Schule Regelventile umzubauen und Überströmventile auszubauen. | Diese Vorschläge sind sinnvoll, sofern sie Überströmen von Vorlaufwasser in den Rücklauf verhindern. Sie beheben allerdings nicht das Problem, dass in geplanter Fließrichtung des Nahwärmenetzes nur ein Abnehmer – das Schwimmbad – vorhanden ist. |
| 4. Rückschlagklappe | Einbau einer Rückschlagklappe in die Hauptnahwärmeleitung, um die Strömung in Richtung Schwimmbad zu zwingen | Dieser Vorschlag ließe sich leicht und kostengünstig umsetzen. Er würde das gesamte Biowärmewasser in Richtung Schwimmbad zwingen und Fehlströmung vermeiden. Die Druckverluste in der Hauptleitung bis zum Schwimmbad wären überschaubar (Rohr in DN 150, 24 m³/h). Allerdings müsste in der Zentrale des Schwimmbades eine Überströmeinrichtung zwischen Vor- und Rücklauf geschaffen werden, welche die nicht notwendigen Wasser- und Wärmemengen über den Rücklauf zunächst zum Kesselhaus leitet. Das wäre energetisch ungünstig, weil der Rücklauf dann erhöhte Wärmeverluste hätte. |
| 5. Regelung der Biowärme-Pumpe | Einbau einer Biowärme-Pumpe und Regelung des Druckes | Sofern die Pumpendrucke der beiden gegeneinander arbeitenden Pumpen nicht etwa gleich groß sind – wie jetzt – ist der Volumenstrom nicht sichergestellt (Biopumpe schwächer als Nahwärmepumpe) oder die Wärmemenge ggf. zu klein (Biowärme-Pumpe stärker als Nahwärmepumpe). |

5.4 Optimierung der Biowärmeeinspeisung

Die Optimierung der Biowärmeeinspeisung kann erfolgen, wenn die Trasse in Richtung Kesselhaus umgelegt wird. Die Leitungslänge wird sich etwa verdoppeln, was zu einem größeren Druckverlust für diesen Kreis führt, siehe Bild 42.

Biowärmeeinspeisung								
	V in [m³/h]	v in [m/s]	R in [Pa/m]	l in [m]	R*l in [Pa]	Zeta	Z in [Pa]	R*l+Z in [bar]
heute	24,10	0,74	66,5	600	39900	0,33	13300	0,53
künftig				1200	79800	0,33	26600	1,06
	Regelventil kV = 78 m³/h	Rohr und Formstücke	Wärme- übertrager	Wärme- mengenzähler				
	Δp[bar]	Δp[bar]	Δp[bar]	Δp[bar]				
heute	0,10	0,53	0,20	0,20		Gesamt	1,03	bar
künftig	0,10	1,06	0,20	0,20			1,56	bar

Bild 42 Berechnung der neuen Biowärmetrasse

Die vorhandene Umwälzpumpe im Biowärmekreis ist für diesen Druckverlust ausreichend groß bemessen. Es wird davon ausgegangen, dass die Bestandpumpe – wegen ihres geringen Alters – in Betrieb bleibt.

Kosten/Nutzen-Betrachtung

Jede Megawattstunde Biowärmenutzung anstelle von Erdgasnutzung erspart der Ev. Stiftung Neuerkerode ca. 30 € (Gas ca. 60 €/MWh, Biowärme ca. 30 €/MWh). Die Tendenz der Kostendifferenz ist steigend.

Geht man optimistisch von einer Steigerung der Einspeiseleistung von 400 kW auf 500 kW aus und subtrahiert die Verlustleistung der verlängerten Anschlussstrecke (ca. 20 kW), ergibt sich über ein Jahr gesehen eine Kostenersparnis von ca. 20.000 €/a.

Die Verlegung eines Meter Nahwärmetrasse (=Vor- und Rücklauf) kostet ca. 300 bis 350 €. Die Kosten für die Veränderung des Anschlusses könnten also (bei ca. 300 m Entfernung) bei etwa 90.000 € liegen, vielleicht auch bei 100.000 €.

Nach ca. 5 Jahren wäre die Investition erwirtschaftet.

5.5 Umbauplanung

Die Einbindung der Bioabwärme im Kesselhaus kann parallel oder in Reihe zum Kessel erfolgen. Erläuterungen siehe Tabelle 12.

parallele Einbindung	Einbindung in Reihe
<p>Vorteile</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ der Kessel bekommt optimal niedrige Rücklauftemperaturen, was im Falle eines Brennwertkessels günstig ist 	<p>Vorteile</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ hydraulisch einfachere Schaltung mit einer Nahwärme- und einer Biowärme-Pumpe ▶ ohne Pufferspeichereinbau möglich ▶ einfache Vorlauftemperaturregelung wie bisher
<p>Nachteile</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ hydraulisch kompliziertere Verschaltung notwendig, normalerweise mit Pufferspeicher statt (Mischpunkt) ▶ Notwendigkeit einer weiteren Pumpe nur für den Kesselkreis (parallel zur Biowärmepumpe) ▶ kompliziertere Regelung der Vorlauftemperatur des Kessels, denn diese muss variabel sein, je nach Mengenverhältnissen am Mischpunkt M 	<p>Nachteile</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ der Kessel bekommt bereits vorgewärmtes Heizwasser, da der Mischpunkt im Rücklauf liegt ▶ bei Einsatz eines Brennwertkessels vermindert dies die Effizienz und erhöht den Gaseinsatz

Tabelle 12 Gegenüberstellung möglicher Biowärmeeinbindungen

In Abwägung beider Alternativen wird der Einbindung in Reihe der Vorzug gegeben. Sie lässt sich betriebssicherer umsetzen und der Umbau wird deutlich kostengünstiger. Hinsichtlich der nicht so optimalen Rücklauftemperaturen für eine künftige Brennwertechnik ist anzumerken, dass voraussichtlich die Rücklauftemperaturen aus dem Netz so hoch sind (derzeit

minimal ca. 65 ... 70°C im Sommer), dass es in keinem der beiden Fälle zur Abgaskondensation kommen wird. Daher ist die Effizienzminde- rung voraussichtlich minimal. Die Regelung sollte nach diesen Prinzipien erfolgen:

- ▶ 1: solange noch Niedertemperaturtechnik verwendet wird, für die eine Kondensation im Kessel schädlich ist, bleibt die Rücklauf- temperaturanhebung in Betrieb; sie wird stillgelegt, wenn künftig auf Brennwerttechnik umgerüstet wurde
- ▶ 2: die neue Nahwärmepumpe wird wieder eine Regelpumpe; wie bisher wird der Druck in der Pumpe gemessen und geregelt; künftig sollte die variable Regelung Verwendung finden; ob ein sicherer Betrieb erreicht wird, kann vorher kaum geplant werden, es kommt auf den Versuch an (es ergeben sich im Falle des Scheiterns keine Mehrkosten, aber bei Gelingen Energieeinsparungen)
- ▶ 3: die Vorlauf- temperaturregelung für das Netz erfolgt wie bisher direkt per Signal auf den Kessel, der entsprechend heißes Wasser produziert
- ▶ 4: derzeit wird eine ungeregelte Biowärmepumpe mit festem Betriebspunkt (Volumenstrom und Druckdifferenz) verwendet; solange dies der Fall ist, muss Überschussdruck mit einer einmalig manuell einzustellenden Drossel (= Festwiderstand) abgebaut werden; dies erfolgt so, dass praktisch zwischen dem neuen Verteil- und Mischpunkt keine Druckdifferenz herrscht bzw. so dass der Druck der Biowärmepumpe vollständig im eigenen Netz aufgebraucht wird
- ▶ 5: für den Fall, dass künftig eine Regelpumpe in der Biowärme eingebaut wird, sollte die Regelung dieser Pumpe so erfolgen, dass nur genau so viel Druck erzeugt wird, wie der Biowärme- kreis selbst benötigt; es wird eine externe Regelung mit zwei Druck- fühlern direkt beim Aus- und Einspeisepunkt notwendig, deren Kabel bereits bei der Leitungsverlegung eingebaut werden sollen (falls nicht funkbasiert)

Bild 43 zeigt die Prinzipien, wobei das Schalt- und Regelschema als beispielhaft und damit als Empfehlung anzusehen ist, um die Planungswünsche darzustellen. Es ist auf jeden Fall eine Planung vorzusehen.

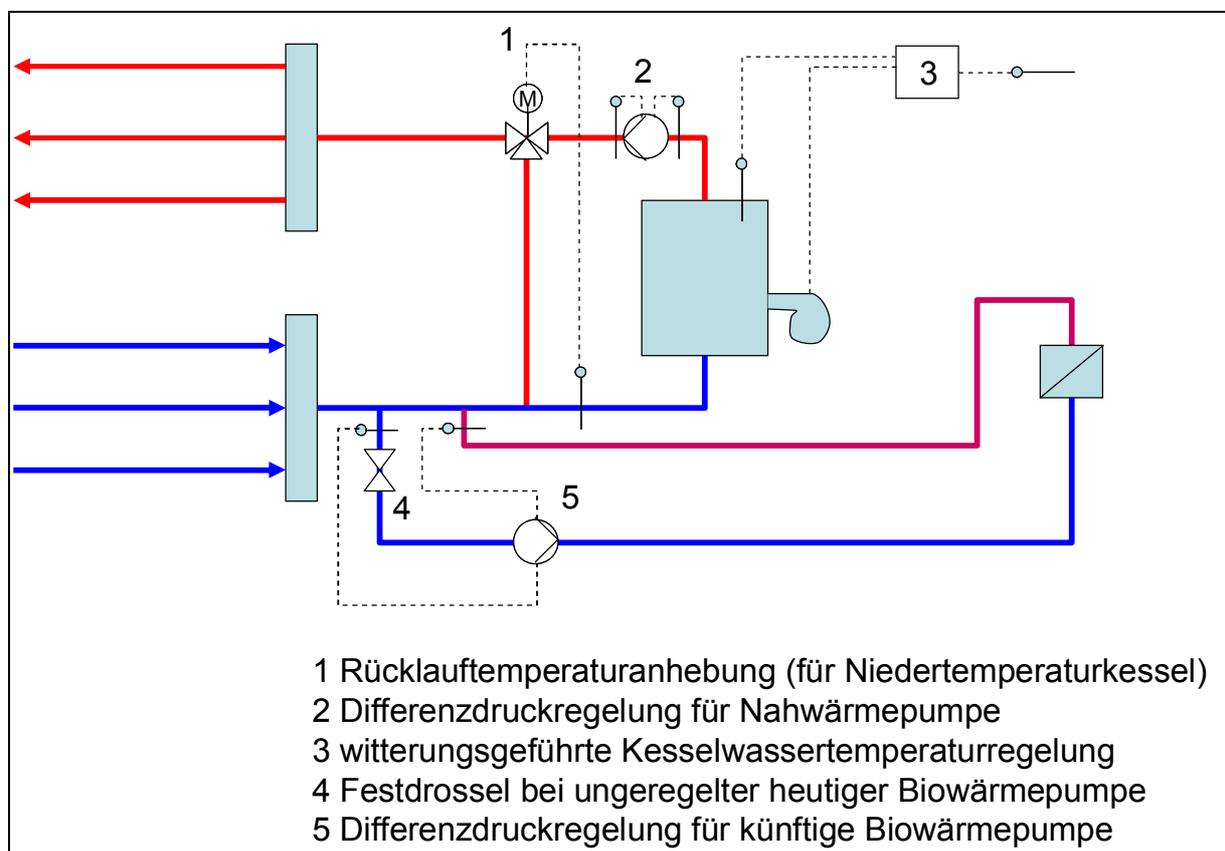


Bild 43 Mögliche Kesselhaushydraulik

6 Fazit

Die Netzbewertung des Neuerkeröder Nahwärmenetzes mit seinen drei Hauptabnehmerkreisen ergibt bei der Bestandsbewertung die nachfolgend zusammengefassten Erkenntnisse.

Leitungsnetz

- ▶ insgesamt sind im winterlichen Auslegungsfall (dem Belastungsmaximum) mit ca. 50 Pa/m sehr geringe Druckverluste im Netz zu verzeichnen
- ▶ die Leitungsquerschnitte sind im Mittel größer und damit die Strömungsgeschwindigkeit und Reibung geringer als in einem durchschnittlichen Fernwärmenetz eines Betreibers (Planung dort: 200 Pa/m); das führt zu etwas höheren Rohrleitungswärmeverlusten, aber ist prinzipiell hinsichtlich des Pumpenstromeinsatzes günstiger
- ▶ die neueren Leitungsteile (Weidenweg, Villa Luise, Näherei) sind mit vergleichsweise geringeren, fernwärmeüblichen Querschnitten und damit höheren Rohrreibungswerten (R-Werten) dimensioniert; in ihnen befinden sich die hydraulischen Schlechtpunkte – auch wenn nicht die längsten Leitungswege vorliegen

Kesselzentrale

- ▶ die Kesselzentrale weist aufgrund der verwendeten Kessel mit großem Wasserinhalt und wegen des einfach strukturierten Aufbaus einen sehr geringen Druckverlust von ca. 0,3 bar auf (zurückzuführen auf im Wesentlichen das Regelventil zur Rücklaufanhebung)

Gebäudezentralen

- ▶ die in der großen Mehrzahl direkt ausgeführten Hausanschlüsse sind mit einem Dreiwege- oder Durchgangsregelventil zur gebäudeinternen Vorlauftemperaturregelung sowie einem Wärmemengenzähler ausgestattet; diese Bauteile fallen hinsichtlich ihrer Druckverluste in den Einflussbereich der Nahwärmepumpen (und nicht der Gebäudepumpen)
- ▶ die Dimensionierung der Wärmemengenzähler erfolgte großzügig, so dass sich erfreulicherweise nur geringe Druckverluste ergeben; die Messung führt damit zu vernachlässigbarem Mehrstromaufwand für die Nahwärmepumpen; hinsichtlich der Investitionskosten und der Messgenauigkeit wären kleinere Dimensionen hier günstiger gewesen
- ▶ die vorhandenen Regelventile wurden stichprobenhaft überprüft und eine Überdimensionierung um den Faktor 3 (für den Druckflusswert k_v) festgestellt
- ▶ dies muss zwangsläufig im Betrieb dazu führen, dass die Ventile stark drosseln müssen, was die Regelgüte beeinträchtigt; bei künftigen Ersatzmaßnahmen und Umbauten muss dies abgestellt werden

Pumpen

- ▶ die vorhandenen 4 Nahwärmepumpen sind hinsichtlich ihres Volumenstroms gut bemessen (der berechnete Auslegungsvolumenstrom fließt bei Verwendung von 3 Pumpen)
- ▶ die Druckerhöhung der Pumpen liegt mit 4 bar deutlich höher als der berechnete Maximalwert von 1,41 bar; hier werden deutliche Einsparpotentiale gesehen
- ▶ die vorhandene Pumpentechnologie (Wirkungsgrade) entspricht insgesamt jedoch fast der von Neupumpen

Gesamthydraulik

- ▶ die Netzberechnung ergibt die in nachfolgender Übersicht zusammengefassten Ergebnisse für den Gesamtvolumenstrom und die maximale Druckerhöhung einer Zentralpumpe

	Lastfälle	Summe Volumenstrom [m ³ /h]	maximaler Druckverlust [bar]
berechnet	Winterauslegung	224	1,41
	Sommerauslegung	211	1,41
	Heizperiode Mittel	110	0,67
	Sommerperiode Mittel	54	0,53
installiert		4 x 75 = 300	4,00

Tabelle 13 Auslegung und Bestandssituation der Netzhydraulik

- ▶ abhängig vom Lastfall (Winterauslegung, Sommerauslegung, Heizperiodenmittel, Sommermittel) verändert sich in jedem der 3 Kreise die Lage des hydraulisch ungünstigsten Punktes
- ▶ der Strang "Nördlich der Wabe" ist hinsichtlich seiner Abnehmerstruktur sehr trinkwarmwasserlastig, weshalb hier große Lastspitzen (Spitzendruckverluste) im Sommer bzw. im Falle der Trinkwarmwasserbereitung auftreten
- ▶ der Strang "Kaiserwald" ist eher heizlastig mit Spitzendruckverlusten im Heizfall
- ▶ der Strang "Zentralgebiet" hat wegen der starken Verbrauchermischung insgesamt weniger Lastspitzen zu verzeichnen (homogener Winter- und Sommerfall)

Biowärmeeinspeisung

- ▶ die Biowärmeeinspeisung ist derzeit geprägt von einer Rückwärtsdurchströmung des Stranges "Nördlich der Wabe", d.h. genauer gesagt der Hauptversorgungsachse zwischen dem Biowärmeeinspeisepunkt zwischen dem letzten und vorletzten Abnehmer am Ende der Trasse und der Nahwärmezentrale am Anfang der Trasse
- ▶ je nach Lastfall können mehr oder weniger Abnehmer rückwärtig versorgt werden (im Heizperiodenmittel alle Gebäude außer der Gärtnerreikomplex, Lindenplatz und Sundern)
- ▶ die Pumpe im Biowärmekreis weist ebenfalls eine größere Druckerhöhung auf als der zu versorgende Einspeisekreis dies rechnerisch erfordert (4 statt 1 bar)
- ▶ da eine Pumpe mit etwa gleich hoher Förderhöhe wie die Nahwärmepumpen eingesetzt wurde, kann es bei vorliegender hydraulischer Verschaltung überhaupt eine ausreichende Einspeisung geben
- ▶ die Pumpen in der Nahwärmezentrale und der Biowärmeeinspeisung arbeiten mit etwa gleicher Druckförderhöhe gegeneinander
- ▶ sobald diese Druckförderhöhe nicht mehr gleich ist, wird die Biowärmeeinspeisung zurückgehen, wenn die Biowärme-Pumpe schwächer als die Nahwärme-Pumpe ist, da die Netzteile, die verkehrt herum durchströmt werden, zwangsläufig räumlich kleiner werden
- ▶ im umgekehrten Fall ist die Versorgungssicherheit des ganzen Nordstrangs in Frage gestellt, wenn die Biowärme-Pumpe stärker ist als die Nahwärme-Pumpe; es steigt zwar ihr Versorgungsgebiet in räumlichen Ausmaßen, nicht aber die eingespeiste Wärmeleistung

Optimierung

Die Optimierungsüberlegungen für die Hydraulik betreffen die Wahl einer neuen Pumpe sowie die Verlegung des Einspeisepunktes der Biowärme.

- ▶ es gibt derzeit keine Ersatzpumpen als Hocheffizienzpumpen für die in Neuerkerode benötigte Größenklasse, daher muss bei Pumpenersatz auf ähnliche Modelle wie die installierten zurück gegriffen werden
- ▶ eine sehr große Einsparung (von geschätzt etwa 50 % des Pumpenstromverbrauchs) würde sich bereits aus dem Ersatz der zwei vorhandenen Doppelpumpen und Einbau einer hinsichtlich der Förderhöhe passenden neuen Doppelpumpe resultieren; dies kann nur gleichzeitig mit der Optimierung der Biowärmeeinspeisung erfolgen, weil die Einspeisung sonst gänzlich gefährdet ist
- ▶ Optimierungsvorschläge wie Einbau von Rückschlagklappen, Regelung der Biowärmepumpe, Umbau der Abnehmerhydraulik des Schwimmbades beseitigen das Grundproblem der Fehlströmungen nicht
- ▶ die Optimierung der Biowärmeeinspeisung kann nur erfolgen, indem der Einspeisepunkt in das Nahwärmenetz geändert wird, d.h. in das Kesselhaus umgelegt wird;
- ▶ der Einspeiseweg erhöht sich von 300 auf 600 m Trassenlänge;
- ▶ die vorhandene Pumpe ist für diese Länge ausreichend dimensioniert
- ▶ die Einspeisung des BHKW lässt sich auf ca. 500 kW (+100 kW) erhöhen; es ergeben sich zusätzliche Wärmeverluste von ca. 70 Watt je Meter zusätzlicher Trassenlänge (Summe +20 kW); es ergibt sich eine Nettoeinspeisung von ca. 80 kW bzw. 700 MWh/a
- ▶ es wird bei Kosten von ca. 100.000 € für die Verlegung der Erdleitungen ca. 5 Jahre dauern, bis die Investition sich amortisiert

7 Anhang

7.1 Quellen

Die Erarbeitung dieses Berichtes beruht zum größten Teil auf den Untersuchungen und Berechnungen der folgenden Bachelorarbeit

Li, Ning; "Hydraulische Berechnung des Nahwärmenetzes der Evangelischen Stiftung Neuerkerode und Optimierung der Biowärmeeinspeisung"; Bachelorarbeit an der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften; Wolfenbüttel, August 2011.

Sonstige Quellen

- [1] Jagnow, Wolff et al; Bericht 05 "Nahwärme" des Grundlagenprojektes Neuerkerode; erstellt im Rahmen des DBU-Projektes "Grundlagenprojekt im Rahmen der energetischen und ökologischen Modernisierung der Evangelischen Stiftung Neuerkerode: Bestandsaufnahme des Gebäude- und Anlagenbestandes"; Wolfenbüttel; November 2008.
- [2] Jagnow, Wolff, Brandes, Krendel; Bericht "Untersuchungen zu kalter Nahwärme"; Teil des Umsetzungsprojektes Neuerkerode; intern verfügbar; Datenstand 29.12.2009.
- [3] Jagnow; Kurzbericht "Temperaturmessungen in der Nahwärme"; Teil des Umsetzungsprojektes Neuerkerode; intern verfügbar; Datenstand 08.09.2009.
- [4] Jagnow, Wolff, Zeichner; Bericht "Nahwärmenetzkarten Neuerkerode"; Teil des Umsetzungsprojektes Neuerkerode; intern verfügbar; Datenstand 07.07.2010.
- [5] Jagnow, Wolff; Bericht " Künftiges Wärmeversorgungskonzept"; Teil des Umsetzungsprojektes Neuerkerode; intern verfügbar; Datenstand 03.08.2010.
- [6] R. Herz: „Rohrleitungs- und Apparatebau.pdf“, Juli 2006.
- [7] H. Roos: Hydraulik der Wasserheizung, 1999.

7.2 Datentabellen Gebäuderanddaten

Hausname		Alte Schneiderei	Altes Schulhaus	Alte Wäscherei	Asse	Bethanien	
Nummer		1	2	3	4	5	
heute	Nutzung	je zur Hälfte Büroräume und Wohnen	Pflegeeinrichtung für eine Wohngruppe	EG: Aufenthaltsräume / OG: drei Mitarbeiterbüros, eine Wohnung / DG: Gästezimmer	Pflegeeinrichtung für zwei Wohngruppen	Pflegeeinrichtung für eine Wohngruppe	
	Modernisierungszustand	unsaniert	unsaniert	unsaniert	gering saniert	unsaniert	
	Heizung	über	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme
		Leistung, kW	21	71	32	137	18
		Energie, MWh/a	44,8	153,9	61,7	255,6	40,4
	Warmwasserbereitung	über	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Strom
Leistung, kW		87	150	50	195		
Energie, MWh/a		8,8	54,9	21,8	78,9		
künftig	Nutzung	bleibt	bleibt	bleibt	bleibt	bleibt	
	Modernisierungszustand	hochwertig	hochwertig	hochwertig	hochwertig	hochwertig	
	Heizung	über	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme
		Leistung, kW	9	41	16	97	6
		Energie, MWh/a	15,3	76,9	21,1	186,8	9,9
	Warmwasserbereitung	über	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme
Leistung, kW		81	135	45	176	118	
Energie, MWh/a		8,3	45,3	12,8	47,4	7,5	

Hausname		Bethesda	Blumenladen/ Gewächshaus	Bücher/ Gärtner eihalle	Bücherladen	Dorf- krug/Laden	
Nummer		6	7	8	9	10	
heute	Nutzung	20 Bewohner und Betreuer in den Obergeschossen; im KG Werkstätten	Pflanzenzucht, Pflege und Verkauf	Lagerfläche für Bücher, Kleider, Gärtnerbedarf u. a.	Verkauf und Lagerung von Büchern	Kleiderladen mit beheiztem Lager und Werkstattden sowie als mittlerer Gebäudeteil das Restaurant "Dorfkrug"	
	Modernisierungszustand	unsaniert	unsaniert	unsaniert	mittlerer Neubau	unsaniert	
	Heizung	über	Fernwärme	Fernwärme	ohne	Strom	Fernwärme
		Leistung, kW	146	193	0	0	37
		Energie, MWh/a	362,4	280,4	0,0	5,0	87,5
	Warmwasserbereitung	über	Fernwärme	ohne	ohne	ohne	Strom
Leistung, kW		81	0	0	0	0	
Energie, MWh/a		46,8	0,0	0,0	0,0	4,9	
künftig	Nutzung	bleibt	bleibt	Wäscherei	bleibt	Dorfkrug im gesamten Gebäude	
	Modernisierungszustand	hochwertig	teilmodernisiert	teilmodernisiert	bleibt	passiv	
	Heizung	über	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Strom	Fernwärme
		Leistung, kW	52	115	74	0	15
		Energie, MWh/a	97,9	154,4	12,3	5,0	28,4
	Warmwasserbereitung	über	Fernwärme	ohne	Fernwärme	ohne	Fernwärme
Leistung, kW		73	0	86	0	9	
Energie, MWh/a		39,6	0,0	5,2	0,0	5,2	

Hausname		Elim	Elm	Emmaus	Foliengewächshäuser	Frauenhaus	
Nummer		11	12	13	14	15	
heute	Nutzung	Wohngruppe für 10 Bewohner	Wohnheim für Behinderte in zwei Wohngruppen	im Kellergeschoss: Werkstätten und Bücherladen; im EG/OG/DG: fünf Wohngruppen; dazu zwei Mitarbeiterwohnungen im Dach	Aufzucht und Überwinterung von Pflanzen	Büros im Erdgeschoss und 1. OG; eine Wohngruppe im Dachgeschoss; Zwischenbau mit WC Trakt; flacher Anbau mit Umkleiden	
	Modernisierungszustand	unsaniert	vollmodernisiert	unsaniert	unsaniert	unsaniert	
	Heizung	über	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme
		Leistung, kW	50	50	305	48	104
		Energie, MWh/a	103,7	102,7	707,2	86,1	215,5
	Warmwasserbereitung	über	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	ohne	Fernwärme
Leistung, kW		118	354	122	0	147	
Energie, MWh/a		17,8	69,6	137,8	0,0	26,7	
künftig	Nutzung	bleibt	bleibt	bleibt	bleibt	bleibt	
	Modernisierungszustand	hochwertig	bleibt	hochwertig	teilmodernisiert	hochwertig	
	Heizung	über	Fernwärme	Fernwärme	abgekoppelt	Fernwärme	Fernwärme
		Leistung, kW	23	50	0	87	60
		Energie, MWh/a	38,8	102,7	237,8	58,7	106,0
	Warmwasserbereitung	über	Fernwärme	Fernwärme	abgekoppelt	ohne	Fernwärme
Leistung, kW		106	319	0	0	132	
Energie, MWh/a		15,3	65,2	124,9	0,0	24,3	

Hausname		Gartenweg Zehn	Gärtnerei-container	Gärtnerei Wohnhaus	Handwerkerhaus	Kaiserwald	
Nummer		16	17	18	19	20	
heute	Nutzung	Pflegeneutzung für eine Wohngruppe mit schwerstbehinderten Menschen	Büro und Aufenthaltsräume für die Gärtnerei	im Erdgeschoss Werkstätten der Gärtnerei; im Obergeschoss Wohnungen	Büroräume der Bauabteilung; Umkleiden für interne und externe Handwerker; Büro der Nachtwachen	11 Wohnhäuser für Mitarbeiter der Stiftung	
	Modernisierungszustand	mittlerer Neubau	mittlerer Neubau	unsaniert	unsaniert	unsaniert	
	Heizung	über	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme
		Leistung, kW	49	6	41	32	241
		Energie, MWh/a	99,7	13,9	87,6	56,7	529,0
	Warmwasserbereitung	über	Fernwärme	Strom	Fernwärme	Strom	Fernwärme
Leistung, kW		242	0	36	0	60	
Energie, MWh/a		31,9	0,5	5,7	1,7	73,1	
künftig	Nutzung	bleibt	bleibt	bleibt	bleibt / oder Läden	Abriss und Neubau eines Pflegeheimes	
	Modernisierungszustand	hochwertig	bleibt	hochwertig	hochwertig	hochwertig	
	Heizung	über	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	abgekoppelt
		Leistung, kW	22	6	16	16	0
		Energie, MWh/a	34,2	13,9	28,6	24,8	115,6
	Warmwasserbereitung	über	Fernwärme	Strom	Fernwärme	Strom	abgekoppelt
Leistung, kW		218	0	33	0	0	
Energie, MWh/a		24,2	0,5	4,2	1,6	77,5	

Hausname		Kapelle	Kegelbahn	Kesselhaus	Kindergarten	Kiosk	
Nummer		21	22	23	24	25	
heute	Nutzung	Kapelle für Trauerfeiern und Beerdigungen, nur sporadische Benutzung	Kegelbahn	Standort der Nahwärmezentrale und Dampfzentrale; in Nebenräumen: Arbeitsplätze für Handwerker	Kindertagesstätte	Verkauf von Snacks und Getränken	
	Modernisierungszustand	unsaniert	unsaniert	unsaniert	unsaniert	unsaniert	
	Heizung	über	Strom	Fernwärme	ohne	Fernwärme	Fernwärme
		Leistung, kW	0	17	209	26	12
		Energie, MWh/a	7,0	35,2	0,0	33,7	28,8
	Warmwasserbereitung	über	Strom	ohne	ohne	Strom	Strom
Leistung, kW		0	0	0	0	0	
Energie, MWh/a		0,1	0,0	0,0	12,2	1,8	
künftig	Nutzung	bleibt	bleibt	bleibt	bleibt	Abriss	
	Modernisierungszustand	teilmodernisiert	hochwertig	bleibt	hochwertig	Abriss	
	Heizung	über	Strom	abgekoppelt	ohne	abgekoppelt	Abriss
		Leistung, kW	0	0	209	0	0
		Energie, MWh/a	3,5	14,0	0,0	17,4	0,0
	Warmwasserbereitung	über	Strom	ohne	ohne	Strom	Abriss
Leistung, kW		0	0	0	0	0	
Energie, MWh/a		0,0	0,0	0,0	2,6	0,0	

Hausname		Kirche	Krankenhaus	Küche/ Lebensmittel-laden	Lindenplatz/ Sundern	Lindenweg/ Gartenweg	
Nummer		26	27	28	29	30	
heute	Nutzung		Kirche für Gottesdienste	Werkstätten und Physiotherapie im Keller, Klinische Station und Ambulanzärzte im EG, Beobachtungsstation und Psychiatrischer Dienst im OG und Wohngruppe im DG	ebenerdiger Küchenbetrieb mit Kochbereich, Essensausgabe, Spülküche sowie Lebensmittelladen mit separatem Zugang	Gebäude mit je 6 Wohngruppen für behinderte Menschen sowie jeweils Apartments für betreutes Wohnen	handwerkliche Arbeitsplätze für behinderte Menschen mit Betreuung
	Modernisierungszustand		unsaniert	unsaniert	unsaniert	gering saniert	unsaniert
	Heizung	über	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme
		Leistung, kW	191	188	87	379	67
		Energie, MWh/a	43,7	353,9	26,5	824,3	100,6
	Warmwasserbereitung	über	ohne	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Strom
		Leistung, kW	0	77	46	582	0
Energie, MWh/a		0,0	87,9	16,5	229,5	3,2	
künftig	Nutzung		bleibt	bleibt	bleibt	bleibt	Abriss, Neubau eines Pflegeheimes
	Modernisierungszustand		bleibt	hochwertig	bleibt	hochwertig	hochwertig
	Heizung	über	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme
		Leistung, kW	191	110	87	250	55
		Energie, MWh/a	43,7	173,2	26,5	485,0	64,2
	Warmwasserbereitung	über	ohne	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme
		Leistung, kW	0	69	41	523	102
Energie, MWh/a		0,0	77,6	16,1	198,0	43,6	

Hausname		Mädchenhorst	Männerhaus	Mühlenhof TGF	Mühlenhof Wohngruppe	Nähzentrum	
Nummer		31	32	33	34	35	
heute	Nutzung		Erdgeschoss: Flächen für die Wohngruppe aus Elim; in den beiden Obergeschossen 2 Wohngruppen	Wohngruppen in 3 Etagen	Tagesförderung und Beschäftigung für behinderte Menschen	Pflegenutzung und betreutes Wohnen in 1 Gruppe	Nähzentrum mit Schneiderei, Näh-saal und Patch-raum
	Modernisierungszustand		unsaniert	unsaniert	unsaniert	unsaniert	mittlerer Neubau
	Heizung	über	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme
		Leistung, kW	63	69	36	43	19
		Energie, MWh/a	107,6	151,3	85,2	100,5	36,6
	Warmwasserbereitung	über	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Strom
		Leistung, kW	128	127	27	112	0
Energie, MWh/a		67,2	19,2	11,1	19,9	0,9	
künftig	Nutzung		bleibt	bleibt	bleibt	bleibt	bleibt
	Modernisierungszustand		hochwertig	hochwertig	hochwertig	hochwertig	teilmodernisiert
	Heizung	über	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme
		Leistung, kW	26	31	20	18	15
		Energie, MWh/a	38,6	54,9	37,1	33,0	21,8
	Warmwasserbereitung	über	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Strom
		Leistung, kW	115	114	25	101	0
Energie, MWh/a		29,9	17,9	9,6	15,6	0,8	

Hausname		Ohe	Okalhaus	Pfarrhaus	Sarona	Schule	
Nummer		36	37	38	39	40	
heute	Nutzung	Pflegenutzung und betreutes Wohnen in 3 Gruppen	Weiterbildung im Sinne einer Volkshochschule mit Kursen in der Woche	Wohnhaus des Stiftungsleiters mit Familie	6 Wohngruppen im EG, OG und DG; im Keller Hausmeisterwerkstatt, Fahrradwerkstatt, Aufenthaltsräume und seit 2008 Zentrallager	Schultrakt: im KG Tagesförderung in Werkstätten, im EG Wohngruppen (Umnutzung erfolgte Anfang 2008); im Wohnhastrakt: Büros, Theaterproberaum, zwei Wohnungen	
	Modernisierungszustand	gering modernisiert	mittlerer Neubau	unsaniert	unsaniert	unsaniert	
	Heizung	über	Fernwärme	Strom	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme
		Leistung, kW	105	0	39	230	209
		Energie, MWh/a	198,0	13,3	77,6	448,7	399,3
	Warmwasserbereitung	über	Fernwärme	Strom	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme
		Leistung, kW	152	0	20	179	184
Energie, MWh/a		67,1	1,4	10,2	133,8	58,0	
künftig	Nutzung	bleibt	bleibt	bleibt	bleibt	bleibt	
	Modernisierungszustand	hochwertig	teilmodernisiert	hochwertig	hochwertig	hochwertig	
	Heizung	über	Fernwärme	Strom	abgekoppelt	Fernwärme	Fernwärme
		Leistung, kW	82	0	0	127	92
		Energie, MWh/a	43,9	8,9	27,3	203,5	145,1
	Warmwasserbereitung	über	Fernwärme	Strom	abgekoppelt	Fernwärme	Fernwärme
		Leistung, kW	137	0	0	162	166
Energie, MWh/a		58,7	1,2	7,9	122,3	49,5	

Hausname		Schwimmbad/Turnhalle	Sonnenschein	Therapiehaus	Thereseenheim	Tischlerei/Schlosserei	
Nummer		41	42	43	44	45	
heute	Nutzung	Erdgeschoss: Schwimmhalle, darüber die Turnhalle, im Hinterhaus befinden sich Umkleiden	im EG Tagesförderung, Café und Laden; im 1.- und 2. OG je 2 Wohngruppen; im DG Apartments für betreutes Wohnen	EG: Therapieräume für die Bewohner; OG: Weiterbildungseinrichtung mit Poolraum und Büro	im 1. Obergeschoss Büros und der Speisesaal, im 2. Obergeschoss Zimmer/Wohnungen für Mitarbeiter	Werkstätten und Lager der Tischlerei und Schlosserei	
	Modernisierungszustand	teilmodernisiert	teilmodernisiert	unsaniert	unsaniert	unsaniert	
	Heizung	über	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme
		Leistung, kW	69	139	23	76	35
		Energie, MWh/a	125,1	278,8	42,9	146,3	63,0
	Warmwasserbereitung	über	Fernwärme	Fernwärme	Strom	Fernwärme	ohne
		Leistung, kW	90	156	0	26	0
Energie, MWh/a		142,0	112,7	2,0	44,9	0,0	
künftig	Nutzung	bleibt	bleibt	bleibt	bleibt	bleibt	
	Modernisierungszustand	hochwertig	hochwertig	hochwertig	hochwertig	teilmodernisiert	
	Heizung	über	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	abgekoppelt
		Leistung, kW	32	90	16	30	0
		Energie, MWh/a	40,4	150,1	28,7	41,7	43,6
	Warmwasserbereitung	über	Fernwärme	Fernwärme	Strom	Fernwärme	ohne
		Leistung, kW	81	141	0	23	0
Energie, MWh/a		91,6	97,3	1,8	32,1	0,0	

Hausname		Verwaltung	Wabehaus	Wabeweg 3/3a	Wäscherei	Weidenweg	
Nummer		46	47	48	49	50	
heute	Nutzung	Anbau im Erdgeschoss: Pförtner und Bank; restliches Gebäude: Verwaltung der Stiftung	betreutes Wohnen für 28 Personen auf 3 Etagen; Werkstätten und Büros im Erdgeschoss	Wohnhaus für zwei Wohngruppen im betreuten Wohnen	ebenerdig angeordnete Wäscherei mit Wäscheannahme, Sortierung, Waschbetrieb, Trocknung und Nachbearbeitung sowie Wäscheausgabe	Wohngruppen in 6 baugleichen Häusern; jeweils ca. 11 Bewohner in einer Wohngruppe mit Betreuung	
	Modernisierungszustand		unsaniert	unsaniert	unsaniert	unsaniert	mittlerer Neubau
	Heizung	über	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme
		Leistung, kW	57	66	41	111	207
		Energie, MWh/a	110,6	156,1	86,1	18,6	452,0
	Warmwasserbereitung	über	Strom	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme
Leistung, kW		0	120	158	108	482	
Energie, MWh/a		6,1	51,0	30,0	7,8	130,0	
künftig	Nutzung	bleibt	bleibt	bleibt	Saal	bleibt	
	Modernisierungszustand		teilmodernisiert	hochwertig	hochwertig	hochwertig	hochwertig
	Heizung	über	Fernwärme	abgekoppelt	abgekoppelt	Fernwärme	Fernwärme
		Leistung, kW	34	0	0	23	137
		Energie, MWh/a	54,3	51,8	32,6	42,4	266,2
	Warmwasserbereitung	über	Strom	abgekoppelt	abgekoppelt	Strom	Fernwärme
Leistung, kW		0	0	0	0	434	
Energie, MWh/a		5,5	45,7	26,1	2,9	118,4	

Hausname		Werkstatt Wabeweg / Bogenh.	Wohnhaus I/ VillaLuise	Wohnhaus II	Zentrallager	Zoar	
Nummer		51	52	53	54	55	
heute	Nutzung	Werkstätten der Werkstatt für behinderte Menschen mit Lagerräumen; Aufenthaltsräume der Gärtnerei	früher Wohnhaus für Mitarbeiter der Stiftung; derzeit im Umbau bzw. Übergangswohnraum	Wohnhaus für eine Wohngruppe im betreuten Wohnen	Zentrallager, öffentliche WCs und Frisörläden im Erdgeschoss; niedrig beheizte Lagerflächen im Obergeschoss	im Keller Werkstätten; im EG sowie 1. und 2. OG je 2 Wohngruppen; im DG: Apartments zur Vermietung an Gäste	
	Modernisierungszustand		mittlerer Neubau	vollmodernisiert	unsaniert	unsaniert	teilmodernisiert
	Heizung	über	Gas	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme
		Leistung, kW	0	21	51	39	206
		Energie, MWh/a	117,2	30,2	102,9	67,6	384,0
	Warmwasserbereitung	über	Strom	Strom	Fernwärme	Strom	Fernwärme
Leistung, kW		0	0	65	0	190	
Energie, MWh/a		5,2	14,4	14,5	2,3	113,2	
künftig	Nutzung	bleibt	bleibt	bleibt	Gemeinschaftshaus	bleibt	
	Modernisierungszustand		teilmodernisiert	bleibt	hochwertig	hochwertig	hochwertig
	Heizung	über	Fernwärme	abgekoppelt	Fernwärme	Fernwärme	abgekoppelt
		Leistung, kW	49	0	18	18	0
		Energie, MWh/a	89,0	30,2	28,3	33,4	202,2
	Warmwasserbereitung	über	Strom	Strom	Fernwärme	Fernwärme	abgekoppelt
Leistung, kW		0	0	58	9	0	
Energie, MWh/a		4,7	14,0	12,5	13,5	99,1	

Tabelle 14 Grunddaten Gebäude

7.3 Datentabellen Netzranddaten

TS:	Ungefähre Lage	Baujahr	DN	di	Länge
[-]				[mm]	[m]
1	Küche	1973	150	160,3	62
1		1973	150	160,3	62
1b		1973	150	160,3	2
1b		1973	150	160,3	2
2	Küche	1973	150	160,3	7
2		1973	150	160,3	7
3a	Theresenheim	1973	150	160,3	4
3a		1973	150	160,3	4
4	Wäscherei	1973	150	160,3	10
4		1973	150	160,3	10
4a		1973	150	160,3	21
4a		1973	150	160,3	21
4.1a	Mädchenhorst	1973	150	160,3	5
4.1a		1973	150	160,3	5
5	Bethesda	1973	125	132,5	54
5		1973	125	132,5	54
5a		1973	125	132,5	33
5a		1973	125	132,5	33
6	Bethesda	1973	125	132,5	16
6		1973	125	132,5	16
6b		1973	125	132,5	4
6b		1973	125	132,5	4
7b	Bethesda	1973	100	107,1	4
7b		1973	100	107,1	4
8	Sarona	1987	100	107,1	30
8		1987	100	107,1	30
8b		1987	100	107,1	30
8b		1987	100	107,1	30
9	Pfarrhaus	1987	80	82,5	32
9		1987	80	82,5	32
9b		1987	80	82,5	58
9b		1987	80	82,5	58
10	Wabehaus	1987	80	82,5	80
10		1987	80	82,5	80
10a		1987	80	82,5	16
10a		1987	80	82,5	16
11	Tischlerei	1987	80	82,5	34
11		1987	80	82,5	34
12	Wabeweg 3/3a	1987	65	70,3	26
12		1987	65	70,3	26
12a		1987	65	70,3	4
12a		1987	65	70,3	4
13	Kindergarten	1987	50	54,5	72
13		1987	50	54,5	72
13a		1987	50	54,5	16
13a		1987	50	54,5	16
14	Kegelbahn	1987	40	43,1	36
14		1987	40	43,1	36
15	Kindergarten	1987	50	54,5	8
15		1987	50	54,5	8
16	Tischlerei	1987	25	28,5	16
16		1987	25	28,5	16

17	Wabehaus	1987	65	70,3	12
17		1987	65	70,3	12
17a		1987	65	70,3	4
17a		1987	65	70,3	4
18	Krankenhaus	1973	80	82,5	38
18		1973	80	82,5	38
18b		1973	80	82,5	18
18b		1973	80	82,5	18
19	Wohnhaus II	1973	50	54,5	78
19		1973	50	54,5	78
19a		1973	50	54,5	4
19a		1973	50	54,5	4
20	Bethanien	1973	40	43,1	28
20		1973	40	43,1	28
20a		1973	65	70,3	4
20a		1973	65	70,3	4
22	Frauenhaus	1973	125	132,5	42
22		1973	125	132,5	42
22a		1973	125	132,5	8
22a		1973	125	132,5	8
23	Männerhaus	1973	125	132,5	16
23		1973	125	132,5	16
24	Handwerkerhaus	1973	100	107,1	24
24		1973	100	107,1	24
25b	Elm	1973	100	107,1	20
25b		1973	100	107,1	20
26	Elm	1973	100	107,1	20
26		1973	100	107,1	20
26a		1973	100	107,1	4
26a		1973	100	107,1	4
27	Altes Schulhaus	1973	65	70,3	22
27		1973	65	70,3	22
27b		1973	65	70,3	24
27b		1973	65	70,3	24
28a	Frauenhaus	1973	100	107,1	40
28a		1973	100	107,1	40
29a	Elim	1973	65	70,3	8
29a		1973	65	70,3	8
30	Verwaltung	1973	65	70,3	24
30		1973	65	70,3	24
30a		1973	65	70,3	24
30a		1973	65	70,3	24
31	Zentrallager	1973	25	28,5	16
31		1973	25	28,5	16

Tabelle 15 Grunddaten Heizkreis "Zentralgebiet"

TS:	Ungefähre Lage	Baujahr	DN	di	Länge
[-]				[mm]	[m]
1	Lindenplatz/Sundern	1973	150	160,3	24
1		1973	150	160,3	24
2	Blumenladen	1973	150	160,3	78
2		1973	150	160,3	78
3	Blumenladen	1973	150	160,3	7
3		1973	150	160,3	7
3.1	Blumenladen	1973	150	160,3	7
3.1		1973	150	160,3	7
4	Sonnenschein	1973	150	160,3	27
4		1973	150	160,3	27
5	Lindenweg/Gartenweg	1973	150	160,3	70
5		1973	150	160,3	70
6	Schule	1973	150	160,3	18
6		1973	150	160,3	18
7	Schule	1973	150	160,3	76
7		1973	150	160,3	76
7a	Schule	1973	150	160,3	4
7a		1973	150	160,3	4
8	Schwimmhalle	1973	150	160,3	42
8		1973	150	160,3	42
9a	Schwimmhalle	1973	150	160,3	20
9a		1973	150	160,3	20
10	Therapiehaus	1985	100	107,1	18
10		1985	100	107,1	18
11	Lindenweg/Gartenweg	ca. 1985	80	82,5	14
11		ca. 1985	80	82,5	14
12	Sonnenschein	1973	100	107,1	16
12		1973	100	107,1	16
13	Ohe	ca. 1980	80	82,5	37
13		ca. 1980	80	82,5	37
14	Ohe	ca. 1978	40	43,1	8
14		ca. 1978	40	43,1	8
15	Gartenweg 10	ca. 1990	50	54,5	58
15		ca. 1990	50	54,5	58
15.1	Gartenweg 10	ca. 1990	50	54,5	13
15.1		ca. 1990	50	54,5	13
16	Gärtnerei	ca. 1973	40	43,1	19
16		ca. 1973	40	43,1	19
16.1	Gärtnerei	ca. 1973	40	43,1	7
16.1		ca. 1973	40	43,1	7
17	Lindenplatz/Sundern und Werkstatt Wabeweg bzw. Wäscherei	ca. 1980	125	132,5	135
17		ca. 1980	125	132,5	135

18	Lindenplatz/Sundern	ca. 1980	100	107,1	35
18		ca. 1980	100	107,1	35
19	Lindenplatz/Sundern	ca. 1980	65	70,3	26
19		ca. 1980	65	70,3	26
20	Lindenplatz/Sundern	ca. 1980	65	70,3	40
20		ca. 1980	65	70,3	40
21	Lindenplatz/Sundern	ca. 1980	65	70,3	17
21		ca. 1980	65	70,3	17
22	Lindenplatz/Sundern	ca. 1980	65	70,3	17
22		ca. 1980	65	70,3	17
23	Lindenplatz/Sundern	ca. 1983	100	107,1	5
23		ca. 1983	100	107,1	5
24	Lindenplatz/Sundern	ca. 1983	65	70,3	17
24		ca. 1983	65	70,3	17
25	Lindenplatz/Sundern	ca. 1983	65	70,3	40
25		ca. 1983	65	70,3	40
26	Lindenplatz/Sundern	ca. 1983	65	70,3	19
26		ca. 1983	65	70,3	19
27	Lindenplatz/Sundern	ca. 1983	65	70,3	28
27		ca. 1983	65	70,3	28
28	Nähzentrum	ca. 1990	32	37,2	20
28		ca. 1990	32	37,2	20
28.1	Foliengewächshäuser	ca. 1990	32	37,2	14
28.1		ca. 1990	32	37,2	14
29	Foliengewächshäuser	ca. 1990	32	37,2	2
29		ca. 1990	32	37,2	2
30	Blumenladen	ca. 1990	32	37,2	2
30		ca. 1990	32	37,2	2
31	Blumenladen	ca. 1990	32	37,2	2
31		ca. 1990	32	37,2	2
32	Blumenladen	ca. 1998	32	37,2	6
32		ca. 1998	32	37,2	6
33	Gärtnereicontainer	ca. 1998	32	37,2	20
33		ca. 1998	32	37,2	20
34	Nähzentrum	ca. 1998	32	37,2	2
34		ca. 1998	32	37,2	2

Tabelle 16 Grunddaten Heizkreis "Nördlich der Wabe"

TS: [-]	Ungefähre Lage	Baujahr	DN	di [mm]	Länge [m]
1	Mühlenhof	ca. 1973	150	160,3	30
1		ca. 1973	150	160,3	30
1b		ca. 1973	150	160,3	2
1b		ca. 1973	150	160,3	2
2	Dorfkrug	ca. 1973	150	160,3	32
2		ca. 1973	150	160,3	32
3	Asse	ca. 1973	150	160,3	65
3		ca. 1973	150	160,3	65
4	Zoar	1994	150	160,3	140
4		1994	150	160,3	140
5	Zoar	1994	80	82,5	61
5		1994	80	82,5	61
6	Emmaus	Ende '80er	80	82,5	151
6		ca. 1990	80	82,5	151
6b		Ende '80er	80	82,5	4
6b		ca. 1990	80	82,5	4
7	Zoar	Ende '80er	80	82,5	12
7		ca. 1990	80	82,5	12
7b		Ende '80er	80	82,5	4
7b		ca. 1990	80	82,5	4
8	Kaiserwald	1973	100	107,1	56
8		1973	100	107,1	56
8,1	Kaiserwald	1973	100	107,1	56
8,1		1973	100	107,1	56
9	Kaiserwald	1973	100	107,1	27
9		1973	100	107,1	27
10	Kaiserwald	1973	65	70,3	32
10		1973	65	70,3	32
11	Kaiserwald	1973	50	54,5	16
11		1973	50	54,5	16
12	Kaiserwald	1973	32	37,2	20
12		1973	32	37,2	20
13	Kaiserwald	1973	25	28,5	18
13		1973	25	28,5	18
14	Kaiserwald	1973	50	54,5	12
14		1973	50	54,5	12
15	Kaiserwald	1973	50	54,5	16
15		1973	50	54,5	16
16	Kaiserwald	1973	25	28,5	36
16		1973	25	28,5	36
17	Kaiserwald	1973	50	54,5	30
17		1973	50	54,5	30
18	Kaiserwald	1973	50	54,5	16
18		1973	50	54,5	16
19	Kaiserwald	1973	32	37,2	18
19		1973	32	37,2	18
20	Kaiserwald	1973	25	28,5	19
20		1973	25	28,5	19

21	Asse	ca.1976	100	107,1	26
21		ca.1976	100	107,1	26
22	Asse	ca. 1976	50	54,5	26
22		ca. 1976	50	54,5	26
22b	Asse	ca.1976	50	54,5	4
22b		ca.1976	50	54,5	4
23	Asse	ca. 1976	100	107,1	77
23		ca. 1976	100	107,1	77
23,1	Asse	ca.1976	25	28,5	4
23,1		ca.1976	25	28,5	4
24	Dorfkrug	ca. 1973	25	28,5	14
24		ca. 1973	25	28,5	14
25	Mühlenhof	ca. 1973	40	43,1	26
25		ca. 1973	40	43,1	26
26	Weidenweg	ca. 1993	80	82,5	44
26		ca. 1993	80	82,5	44
27	Weidenweg	ca. 1993	65	70,3	62
27		ca. 1993	65	70,3	62
28	Weidenweg	ca. 1993	65	70,3	24
28		ca. 1993	65	70,3	24
28b		ca. 1993	65	70,3	4
28b		ca. 1993	65	70,3	4
29	Weidenweg	ca. 1993	32	37,2	42
29		ca. 1993	32	37,2	42
29b		ca. 1993	32	37,2	4
29b		ca. 1993	32	37,2	4
30	Weidenweg	ca. 1993	65	70,3	22
30		ca. 1993	65	70,3	22
30b		ca. 1993	65	70,3	4
30b		ca. 1993	65	70,3	4
31	Weidenweg	ca. 1993	32	37,2	10
31		ca. 1993	32	37,2	10
31b		ca. 1993	32	37,2	4
31b		ca. 1993	32	37,2	4
32	Weidenweg	ca. 1993	65	70,3	20
32		ca. 1993	65	70,3	20
32b		ca. 1993	65	70,3	4
32b		ca. 1993	65	70,3	4
33	Weidenweg	ca. 1993	32	37,2	10
33		ca. 1993	32	37,2	10
33b		ca. 1993	32	37,2	10
33b		ca. 1993	32	37,2	10
34	Wohnhaus I	2009	32	37,2	58
34		2009	32	37,2	58
34b		2009	32	37,2	40
34b		2009	32	37,2	40

Tabelle 17 Grunddaten Heizkreis "Kaiserwald"

Heizzeitmittel

Leistunganteil H 30% Vorfahrt Rücklauf Oktober bis April Mittel
 Leistunganteil W 10% 89 74 Mittelwerte für das Netz (Kesselhaus höher, Strangende niedriger)
 Spreizung 15 K
 Anteil Einzelwiederstände 33%

Druckverlustberechnung der Einzelstrecken												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Teilstrecke	Benennung der Teilstrecke	Hausanschluss	Wärmeleistung	Temperatursp. einzug	Massenstrom	Rohrdurchmesser	Druckgefälle	Rohrlänge	Druckver. Rohrreibung	Einzelwiderstände	Druckver. Einzelwiderst.	Summe Druckverlust
Nr.			Q ⁺ in [kW]	Delta T [K]	m ³ in [kg/h]	d in mm	R in [Pa/m]	l in [m]	R ⁺ in [Pa]	Zeta	Z in [Pa]	R ⁺ +Z in [Pa]
1	Küche		778	15	44634	160.3	29.2	128	3.737	0.33	1.246	4.983
2	Küche		766	15	43969	160.3	28.4	14	398	0.33	133	530
3	Theresenheim	ja	442	15	25373	160.3	10.1	8	81	0.33	27	108
4	Wascherei	ja	386	15	22151	160.3	8.1	62	500	0.33	167	666
4.1	Mädchenhorst	ja	371	15	21307	160.3	7.5	10	75	0.33	25	100
5	Bethesda		327	15	18773	132.5	14.3	174	2.486	0.33	829	3.315
6	Bethesda	ja	300	15	17211	132.5	12.2	40	489	0.33	163	652
7	Bethesda		248	15	14232	107.1	24.7	8	197	0.33	66	263
8	Sarona	ja	184	15	10552	107.1	14.2	120	1.705	0.33	568	2.273
9	Pfarrhaus	ja	97	15	5570	82.5	11.8	180	2.122	0.33	707	2.829
10	Wabehaus		83	15	4779	82.5	9.0	192	1.719	0.33	573	2.292
11	Tischlerei		52	15	2956	82.5	4.2	68	287	0.33	96	383
12	Wabeweg 3/3a	ja	41	15	2360	70.3	5.4	80	325	0.33	108	433
13	Kindergarten		13	15	750	54.5	3.9	176	684	0.33	228	912
14	Kegelbahn	ja	5	15	298	43.1	2.5	72	178	0.33	59	237
15	Kindergarten	ja	8	15	453	54.5	2.3	16	38	0.33	13	50
16	Tischlerei	ja	10	15	596	28.5	45.7	32	1.463	0.33	488	1.950
17	Wabehaus	ja	32	15	1823	70.3	4.0	32	128	0.33	43	171
18	Krankenhaus	ja	64	15	3679	82.5	5.6	112	623	0.33	208	830
19	Wohnhaus II	ja	27	15	1563	54.5	12.0	164	1.969	0.33	656	2.628
20	Bethanien	ja	5	15	311	43.1	2.6	64	165	0.33	55	220
22	Frauenhaus		324	15	18596	132.5	14.1	100	1.406	0.33	469	1.874
23	Männerhaus	ja	145	15	8315	132.5	3.9	32	125	0.33	42	167
24	Händlerkerhaus	ja	96	15	5537	107.1	4.6	48	222	0.33	74	296
25	Elm		87	15	4979	107.1	4.2	40	166	0.33	55	222
26	Elm	ja	50	15	2800	107.1	2.4	48	116	0.33	39	154
27	Altes Schulhaus	ja	36	15	2089	70.3	4.6	92	423	0.33	141	564
28	Frauenhaus	ja	179	15	10281	107.1	13.6	80	1.086	0.33	362	1.448
29	Elm	ja	44	15	2528	70.3	6.2	16	99	0.33	33	132
30	Verwaltung	ja	17	15	986	70.3	2.2	96	208	0.33	69	278
31	Zentrallager	ja	12	15	665	28.5	55.9	32	1.789	0.33	596	2.365
							11	2.316	25.009	14	8.336	33.345

Finden ungünstigster Strang		
14	15	16
Kegelbahn		
Δp	Δp	Δp
4.983		
530		
108		
666		
100		
3.315		
433		
263		
2.273		
2.829		
2.292		
383		
433		
912		
237		
0.20	0.00	0.00

Sommermittel

Leistunganteil H 0% Vorfahrt Rücklauf Mai bis September Mittel
 Leistunganteil W 10% 80 72 Mittelwerte für das Netz (Kesselhaus höher, Strangende niedriger)
 Spreizung 8 K
 Anteil Einzelwiederstände 33%

Druckverlustberechnung der Einzelstrecken												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Teilstrecke	Benennung der Teilstrecke	Hausanschluss	Wärmeleistung	Temperatursp. einzug	Massenstrom	Rohrdurchmesser	Druckgefälle	Rohrlänge	Druckver. Rohrreibung	Einzelwiderstände	Druckver. Einzelwiderst.	Summe Druckverlust
Nr.			Q ⁺ in [kW]	Delta T [K]	m ³ in [kg/h]	d in mm	R in [Pa/m]	l in [m]	R ⁺ in [Pa]	Zeta	Z in [Pa]	R ⁺ +Z in [Pa]
1	Küche		204	8	21950	160.3	7.9	128	1.015	0.33	335	1.354
2	Küche		204	8	21950	160.3	7.9	14	111	0.33	37	148
3	Theresenheim	ja	93	8	10011	160.3	2.9	8	23	0.33	8	31
4	Wascherei	ja	86	8	9244	160.3	2.7	62	165	0.33	55	221
4.1	Mädchenhorst	ja	81	8	8706	160.3	2.5	10	25	0.33	8	33
5	Bethesda		70	8	7545	132.5	3.5	174	616	0.33	205	822
6	Bethesda	ja	64	8	6847	132.5	3.2	40	129	0.33	43	171
7	Bethesda		55	8	5970	107.1	5.0	8	40	0.33	13	53
8	Sarona	ja	48	8	5142	107.1	4.3	120	515	0.33	172	687
9	Pfarrhaus	ja	30	8	3211	82.5	4.6	180	826	0.33	275	1.102
10	Wabehaus		28	8	2999	82.5	4.3	192	823	0.33	274	1.098
11	Tischlerei		16	8	1703	82.5	2.4	68	186	0.33	55	221
12	Wabeweg 3/3a	ja	16	8	1703	70.3	3.7	80	225	0.33	75	300
13	Kindergarten		0	8	0	54.5	0.0	176	0	0.33	0	0
14	Kegelbahn	ja	0	8	0	43.1	0.0	72	0	0.33	0	0
15	Kindergarten	ja	0	8	0	54.5	0.0	16	0	0.33	0	0
16	Tischlerei	ja	0	8	0	28.5	0.0	32	0	0.33	0	0
17	Wabehaus	ja	12	8	1296	70.3	2.9	32	91	0.33	30	122
18	Krankenhaus	ja	8	8	828	82.5	1.2	112	133	0.33	44	177
19	Wohnhaus II	ja	6	8	699	54.5	3.6	164	594	0.33	198	792
20	Bethanien	ja	0	8	0	43.1	0.0	64	0	0.33	0	0
22	Frauenhaus		111	8	11939	132.5	6.3	100	632	0.33	211	843
23	Männerhaus	ja	72	8	7715	132.5	3.6	32	116	0.33	39	155
24	Händlerkerhaus	ja	50	8	5419	107.1	4.5	48	217	0.33	72	280
25	Elm		50	8	5419	107.1	4.5	40	181	0.33	60	241
26	Elm	ja	35	8	3809	107.1	3.2	48	153	0.33	51	204
27	Altes Schulhaus	ja	15	8	1610	70.3	3.5	92	326	0.33	109	434
28	Frauenhaus	ja	39	8	4225	107.1	3.5	80	282	0.33	94	376
29	Elm	ja	12	8	1264	70.3	2.8	16	44	0.33	15	59
30	Verwaltung	ja	0	8	0	70.3	0.0	96	0	0.33	0	0
31	Zentrallager	ja	0	8	0	28.5	0.0	32	0	0.33	0	0
							3	2.316	7.450	4	2.483	9.933

Finden ungünstigster Strang		
14	15	16
Wabeweg 3/3a		
Δp	Δp	Δp
1.354		
148		
31		
221		
33		
822		
171		
53		
687		
1.102		
1.098		
221		
300		
0		
0		
0.06	0.00	0.00

Heizzeitmittel

Leistunganteil H 30%
 Leistunganteil W 10%
 Spreizung 15 K
 Anteil Einzelwiederstände 33%

Vorlauf 89 Rücklauf 74 °C

Oktober bis April Mittel
 Mittelwerte für das Netz (Kesselhaus höher, Strangende niedriger)

Druckverlustberechnung der Einzelstrecken												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Teilstrecke	Benennung der Teilstrecke	Heizanschluss s7	Wärmeleistung	Temperatursperrung	Massenstrom	Rohrdurchmesser	Druckgefälle	Rohrlänge	Druckverl. Rohrreibung	Einzelwiderstände	Druckverl. Einzelwiderst.	Summe Druckverlust
Nr.			Q' in [kW]	Delta T [K]	m' in [kg/h]	d in mm	R in [Pa/m]	l in [m]	R'l in [Pa]	Zeta	Z in [Pa]	R'l+Z in [Pa]
1	Lindenplatz/Sundem		564	15	32368	160.3	16.0	48	768	0.33	256	1.024
2	Blumenladen		392	15	22505	160.3	8.3	158	1.292	0.33	431	1.723
3	Blumenladen		357	15	20490	160.3	7.0	14	96	0.33	33	131
3.1	Blumenladen		318	15	18275	160.3	5.6	14	78	0.33	26	105
4	Sonnenschein		213	15	12221	160.3	3.5	54	190	0.33	63	254
5	Lindenweg/Gartenweg		156	15	8937	160.3	2.6	140	361	0.33	120	481
6	Schule		136	15	7787	160.3	2.2	36	81	0.33	27	108
7	Schule	ja	129	15	7399	160.3	2.1	160	342	0.33	114	455
8	Schwimmhalle		48	15	2735	160.3	0.8	84	66	0.33	22	88
9	Schwimmhalle	ja	48	15	2735	160.3	0.8	40	32	0.33	11	42
10	Therapiehaus	ja	7	15	388	107.1	0.3	36	12	0.33	4	16
11	Lindenweg/Gartenweg		20	15	1150	82.5	1.6	28	46	0.33	15	61
12	Sonnenschein	ja	57	15	3284	107.1	2.7	32	88	0.33	28	117
13	Ohe	ja	105	15	6053	82.5	13.7	74	1.014	0.33	338	1.352
14	Ohe	ja	47	15	2675	43.1	74.5	16	1.192	0.33	397	1.589
15	Gartenweg 10		59	15	3379	54.5	48.9	116	5.874	0.33	1.891	7.565
15.1	Gartenweg 10	ja	39	15	2227	54.5	22.7	26	591	0.33	197	788
16	Gärtnerei		35	15	2015	43.1	44.1	38	1.675	0.33	558	2.234
16.1	Gärtnerei	ja	16	15	907	43.1	10.4	14	145	0.33	45	189
17	Lindenplatz/Sundem	(ja)	172	15	9863	132.5	4.6	270	1.250	0.33	417	1.667
18	Lindenplatz/Sundem		86	15	4932	107.1	4.1	70	288	0.33	96	384
19	Lindenplatz/Sundem		64	15	3699	70.3	12.2	52	635	0.33	212	847
20	Lindenplatz/Sundem	ja	21	15	1233	70.3	2.7	80	217	0.33	72	289
21	Lindenplatz/Sundem	ja	43	15	2466	70.3	5.9	34	201	0.33	67	268
22	Lindenplatz/Sundem	ja	21	15	1233	70.3	2.7	34	92	0.33	31	123
23	Lindenplatz/Sundem		86	15	4932	107.1	4.1	10	41	0.33	14	55
24	Lindenplatz/Sundem		64	15	3699	70.3	12.2	34	415	0.33	138	554
25	Lindenplatz/Sundem	ja	21	15	1233	70.3	2.7	80	217	0.33	72	289
26	Lindenplatz/Sundem	ja	43	15	2466	70.3	5.9	38	225	0.33	75	300
27	Lindenplatz/Sundem	ja	21	15	1233	70.3	2.7	56	152	0.33	51	203
28	Nähezentrums		20	15	1152	37.2	38.9	40	1.556	0.33	519	2.075
28.1	Foliengewächshäuser	ja	14	15	818	37.2	20.9	26	585	0.33	185	720
29	Foliengewächshäuser	ja	7	15	409	37.2	6.2	4	25	0.33	8	33
30	Blumenladen	ja	19	15	1108	37.2	36.2	4	145	0.33	48	193
31	Blumenladen		0	15	0	37.2	0.0	4	0	0.33	0	0
32	Blumenladen	ja	39	15	2215	37.2	130.3	12	1.564	0.33	521	2.085
33	Gärtnereicontainer	ja	0	15	0	37.2	0.0	40	0	0.33	0	0
34	Nähezentrums	ja	6	15	334	37.2	0.0	4	18	0.33	6	24
							11	2.020	21.372	14	7.124	28.495

Finden ungunstiger Strang		
14	15	16
Schwimmbad	Nähezentrums	Lindenplatz
Δp	Δp	Δp
1.024	1.024	1.024
1.723	1.723	
131	131	
105	105	
254		
481		
108		
455		
88		
42		
16		
61		
117		
1.352		
1.589	1.352	
7.565		
788	7.565	
2.234		
189		
1.667		
384		
847		
289		
203		
2.075		
720		
33		
193		
0		
2.085		
0		
24		
0.04	0.14	0.04

Sommerrmittel

Leistunganteil H 0%
 Leistunganteil W 10%
 Spreizung 8 K
 Anteil Einzelwiederstände 33%

Vorlauf 80 Rücklauf 72 °C

Mai bis September Mittel
 Mittelwerte für das Netz (Kesselhaus höher, Strangende niedriger)

Druckverlustberechnung der Einzelstrecken												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Teilstrecke	Benennung der Teilstrecke	Heizanschluss s7	Wärmeleistung	Temperatursperrung	Massenstrom	Rohrdurchmesser	Druckgefälle	Rohrlänge	Druckverl. Rohrreibung	Einzelwiderstände	Druckverl. Einzelwiderst.	Summe Druckverlust
Nr.			Q' in [kW]	Delta T [K]	m' in [kg/h]	d in mm	R in [Pa/m]	l in [m]	R'l in [Pa]	Zeta	Z in [Pa]	R'l+Z in [Pa]
1	Lindenplatz/Sundem		162	8	17441	160.3	5.1	48	243	0.33	81	325
2	Blumenladen		104	8	11183	160.3	3.2	156	503	0.33	168	671
3	Blumenladen		100	8	10793	160.3	3.1	14	44	0.33	15	58
3.1	Blumenladen		100	8	10793	160.3	3.1	14	44	0.33	15	58
4	Sonnenschein		61	8	6557	160.3	1.9	54	102	0.33	34	136
5	Lindenweg/Gartenweg		45	8	4875	160.3	1.4	140	197	0.33	66	263
6	Schule		45	8	4875	160.3	1.4	36	51	0.33	17	68
7	Schule	ja	45	8	4875	160.3	1.4	160	225	0.33	75	300
8	Schwimmhalle		27	8	2892	160.3	0.8	84	70	0.33	23	93
9	Schwimmhalle	ja	27	8	2892	160.3	0.8	40	33	0.33	11	45
10	Therapiehaus		0	8	0	107.1	0.0	36	0	0.33	0	0
11	Lindenweg/Gartenweg		0	8	0	82.5	0.0	28	0	0.33	0	0
12	Sonnenschein	ja	16	8	1682	107.1	1.4	32	45	0.33	15	60
13	Ohe	ja	39	8	4236	82.5	7.3	74	539	0.33	180	718
14	Ohe	ja	15	8	1632	43.1	29.9	16	479	0.33	160	639
15	Gartenweg 10		24	8	2603	54.5	30.2	116	3.501	0.33	1.167	4.667
15.1	Gartenweg 10	ja	24	8	2603	54.5	30.2	26	785	0.33	262	1.046
16	Gärtnerei		4	8	391	43.1	3.2	38	123	0.33	41	164
16.1	Gärtnerei	ja	4	8	391	43.1	3.2	14	45	0.33	15	60
17	Lindenplatz/Sundem	(ja)	58	8	6258	132.5	2.9	270	793	0.33	264	1.058
18	Lindenplatz/Sundem		29	8	3129	107.1	2.6	70	183	0.33	61	244
19	Lindenplatz/Sundem		22	8	2347	70.3	5.3	52	278	0.33	93	371
20	Lindenplatz/Sundem	ja	7	8	782	70.3	1.7	80	138	0.33	46	183
21	Lindenplatz/Sundem	ja	15	8	1564	70.3	3.4	34	117	0.33	39	156
22	Lindenplatz/Sundem	ja	7	8	782	70.3	1.7	34	58	0.33	19	78
23	Lindenplatz/Sundem		29	8	3129	107.1	2.6	10	26	0.33	9	35
24	Lindenplatz/Sundem		22	8	2347	70.3	5.3	34	182	0.33	61	243
25	Lindenplatz/Sundem	ja	7	8	782	70.3	1.7	80	138	0.33	46	183
26	Lindenplatz/Sundem	ja	15	8	1564	70.3	3.4	38	131	0.33	44	174
27	Lindenplatz/Sundem	ja	7	8	782	70.3	1.7	56	95	0.33	32	128
28	Nähezentrums		0	8	0	37.2	0.0	40	0	0.33	0	0
28.1	Foliengewächshäuser	ja	0	8	0	37.2	0.0	28	0	0.33	0	0
29	Foliengewächshäuser	ja	0	8	0	37.2	0.0	4	0	0.33	0	0
30	Blumenladen	ja	0	8	0	37.2	0.0	4	0	0.33	0	0
31	Blumenladen		0	8	0	37.2	0.0	4	0	0.33	0	0
32	Blumenladen	ja	0	8	0	37.2	0.0	12	0	0.33	0	0
33	Gärtnereicontainer	ja	0	8	0	37.2	0.0	40	0	0.33	0	0
34	Nähezentrums	ja	0	8	0	37.2	0.0	4	0	0.33	0	0
							5	2.020	9.169	6	3.056	12.225

Finden ungunstiger Strang		
14	15	16
Schwimmbad	Gartenweg 10	Lindenplatz
Δp	Δp	Δp
325	325	325
671	671	
58	58	
58	58	
136		
263		
68		
300		
93		
45		
718		
639		
4.667	4.667	
1.046	1.046	
60		
1.058		
244		
371		
183		
0.02	0.08	0.02

7.4.3 Nördlich der Wabe, heutiger Zustand, mit Berücksichtigung der Biowärme

Winterauslegung

Leistunganteil H 100% Vorlauf 95 Rücklauf 75 °C bei -14°C
 Leistungsanteil W 10% Mittelwerte für das Netz (Kesselhaus höher, Strangende niedriger)
 Spreizung 20 K
 Anteil Einzelwiderstände 33%

Biowärme, maximal 400 kW 95 85 °C Biowärme

Druckverlustberechnung der Einzelstrecken													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Teilstrecke	Benennung der Teilstrecke	Heizanschluss?	Biowärme ausreichend?	Wärmeleistung	Temperaturspitzung	Massenstrom	Rohrdurchmesser	Druckgefälle	Rohrlänge	Druckverl. Rohrreibung	Einzelwiderstände	Druckverl. Einzelwiderst.	Summe Druckverlust
Nr.				Q [*] in [kW]	Delta T [K]	m ³ in [kg/h]	di in mm	R in [Pa/m]	l in [m]	R ¹ in [Pa]	Zeta	Z in [Pa]	R ^{1+Z} in [Pa]
0	Biowärmeinspeisung		407	407	10	35020	107,1	135,6	600	81.336	0,33	27.112	108.448
1	Lindenplatz/Sundern			1095	20	47125	160,3	32,4	48	1.554	0,33	518	2.071
2	Blumenladen			658	20	28308	160,3	12,5	156	1.955	0,33	652	2.606
3	Blumenladen			543	20	23359	160,3	8,8	14	124	0,33	41	165
3.1	Blumenladen			414	20	17821	160,3	5,3	14	74	0,33	25	99
4	Sonnenschein			154	20	6640	160,3	1,9	54	103	0,33	34	138
5	Lindenweg/Gartenweg			0	10	0	160,3	0,0	140	0	0,33	0	0
6	Schule			67	10	5749	160,3	1,7	36	60	0,33	20	80
7	Schule	ja	228	89	10	7688	160,3	2,2	160	355	0,33	118	473
8	Schwimmhalle			317	10	27307	160,3	11,7	84	984	0,33	328	1.312
9	Schwimmhalle	ja	90	90	10	7713	160,3	2,2	40	89	0,33	30	119
10	Therapiehaus	ja	23	23	10	1939	107,1	1,6	36	58	0,33	19	78
11	Lindenweg/Gartenweg	ja	67	67	10	5749	82,5	12,5	28	350	0,33	117	467
12	Sonnenschein	ja		154	20	6640	107,1	6,2	32	198	0,33	66	264
13	Ohe			260	20	11180	82,5	42,6	74	3.149	0,33	1.050	4.199
14	Ohe	ja		120	20	5163	43,1	256,8	16	4.109	0,33	1.370	5.478
15	Gartenweg 10			140	20	6017	54,5	144,1	116	16.721	0,33	5.574	22.294
15.1	Gartenweg 10	ja		73	20	3138	54,5	42,7	26	1.109	0,33	370	1.479
16	Gärtnerei			115	20	4950	43,1	237,0	38	9.007	0,33	3.002	12.009
16.1	Gärtnerei	ja		51	20	2181	43,1	51,0	14	714	0,33	238	952
17	Lindenplatz/Sundern	(ia)		437	20	18817	132,5	14,3	270	3.874	0,33	1.291	5.165
18	Lindenplatz/Sundern			219	20	9409	107,1	11,5	70	808	0,33	269	1.078
19	Lindenplatz/Sundern			164	20	7056	70,3	39,9	52	2.073	0,33	691	2.764
20	Lindenplatz/Sundern	ja		55	20	2352	70,3	5,4	80	430	0,33	143	573
21	Lindenplatz/Sundern	ja		109	20	4704	70,3	18,9	34	641	0,33	214	855
22	Lindenplatz/Sundern	ja		55	20	2352	70,3	5,4	34	183	0,33	61	244
23	Lindenplatz/Sundern			219	20	9409	107,1	11,5	10	115	0,33	38	154
24	Lindenplatz/Sundern			164	20	7056	70,3	39,9	34	1.355	0,33	452	1.807
25	Lindenplatz/Sundern	ja		55	20	2352	70,3	5,4	80	430	0,33	143	573
26	Lindenplatz/Sundern	ja		109	20	4704	70,3	18,9	38	717	0,33	239	956
27	Lindenplatz/Sundern	ja		55	20	2352	70,3	5,4	56	301	0,33	100	401
28	Nahzentrum			67	20	2879	37,2	213,4	40	8.535	0,33	2.845	11.380
28.1	Folienwachshäuser	ja		48	20	2044	37,2	112,1	28	3.140	0,33	1.047	4.187
29	Folienwachshäuser	ja		24	20	1022	37,2	31,3	4	125	0,33	42	167
30	Blumenladen	ja		64	20	2769	37,2	198,2	4	793	0,33	264	1.057
31	Blumenladen			0	20	0	37,2	0,0	4	0	0,33	0	0
32	Blumenladen	ja		129	20	5538	37,2	742,9	12	8.914	0,33	2.971	11.886
33	Gärtnereicontainer	ja		6	20	277	37,2	3,8	40	151	0,33	50	201
34	Nahzentrum	ja		19	20	834	37,2	21,7	4	87	0,33	29	116

Sommerauslegung

Leistunganteil H 0% Vorlauf 80 Rücklauf 70 °C im Juli
 Leistungsanteil W 50% Mittelwerte für das Netz (Kesselhaus höher, Strangende niedriger)
 Spreizung 10 K
 Anteil Einzelwiderstände 33%

Biowärme, maximal 400 kW 90 80 °C Biowärme

Druckverlustberechnung der Einzelstrecken													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Teilstrecke	Benennung der Teilstrecke	Heizanschluss?	Biowärme ausreichend?	Wärmeleistung	Temperaturspitzung	Massenstrom	Rohrdurchmesser	Druckgefälle	Rohrlänge	Druckverl. Rohrreibung	Einzelwiderstände	Druckverl. Einzelwiderst.	Summe Druckverlust
Nr.				Q [*] in [kW]	Delta T [K]	m ³ in [kg/h]	di in mm	R in [Pa/m]	l in [m]	R ¹ in [Pa]	Zeta	Z in [Pa]	R ^{1+Z} in [Pa]
0	Biowärmeinspeisung		434	434	10	37386	107,1	153,7	600	92.208	0,33	30.736	122.943
1	Lindenplatz/Sundern			309	10	26594	160,3	11,1	48	534	0,33	178	712
2	Blumenladen			18	10	1563	160,3	0,5	156	70	0,33	23	94
3	Blumenladen			0	10	0	160,3	0,0	14	0	0,33	0	0
3.1	Blumenladen			0	10	0	160,3	0,0	14	0	0,33	0	0
4	Sonnenschein			197	10	16942	160,3	4,9	54	264	0,33	88	352
5	Lindenweg/Gartenweg			275	10	23671	160,3	9,0	140	1.263	0,33	421	1.684
6	Schule			275	10	23671	160,3	9,0	36	325	0,33	108	433
7	Schule	ja	92	275	10	23671	160,3	9,0	160	1.444	0,33	481	1.925
8	Schwimmhalle			367	10	31601	160,3	15,3	84	1.281	0,33	427	1.709
9	Schwimmhalle	ja	67	67	10	5785	160,3	1,7	40	67	0,33	22	89
10	Therapiehaus	ja	0	0	10	0	107,1	0,0	36	0	0,33	0	0
11	Lindenweg/Gartenweg	ja	0	0	10	0	82,5	0,0	28	0	0,33	0	0
12	Sonnenschein	ja	78	78	10	6729	107,1	6,3	32	203	0,33	68	271
13	Ohe			197	10	16942	82,5	93,2	74	6.895	0,33	2.298	9.193
14	Ohe	ja	76	76	10	6530	43,1	402,0	16	6.432	0,33	2.144	8.577
15	Gartenweg 10			121	10	10412	54,5	410,2	116	47.578	0,33	15.859	63.437
15.1	Gartenweg 10	ja	121	121	10	10412	54,5	410,2	26	10.664	0,33	3.555	14.219
16	Gärtnerei			18	10	1563	43,1	27,7	38	1.053	0,33	351	1.404
16.1	Gärtnerei	ja		18	10	1563	43,1	27,7	14	388	0,33	129	517
17	Lindenplatz/Sundern	(ia)		291	10	26031	132,5	24,4	270	6.585	0,33	2.195	8.780
18	Lindenplatz/Sundern			145	10	12515	107,1	19,4	70	1.381	0,33	454	1.815
19	Lindenplatz/Sundern			109	10	9387	70,3	68,1	52	3.540	0,33	1.180	4.721
20	Lindenplatz/Sundern	ja		36	10	3129	70,3	9,0	80	723	0,33	241	964
21	Lindenplatz/Sundern	ja		73	10	6258	70,3	31,9	34	1.086	0,33	362	1.447
22	Lindenplatz/Sundern	ja		36	10	3129	70,3	9,0	34	307	0,33	102	410
23	Lindenplatz/Sundern			145	10	12515	107,1	19,4	10	194	0,33	65	259
24	Lindenplatz/Sundern			109	10	9387	70,3	68,1	34	2.315	0,33	772	3.086
25	Lindenplatz/Sundern	ja		36	10	3129	70,3	9,0	80	723	0,33	241	964
26	Lindenplatz/Sundern	ja		73	10	6258	70,3	31,9	38	1.213	0,33	404	1.618
27	Lindenplatz/Sundern	ja		36	10	3129	70,3	9,0	56	506	0,33	169	675
28	Nahzentrum			0	10	0	37,2	0,0	40	0	0,33	0	0
28.1	Folienwachshäuser	ja	0	0	10	0	37,2	0,0	28	0	0,33	0	0
29	Folienwachshäuser	ja	0	0	10	0	37,2	0,0	4	0	0,33	0	0
30	Blumenladen	ja		0	10	0	37,2	0,0	4	0	0,33	0	0
31	Blumenladen			0	10	0	37,2	0,0	4	0	0,33	0	0
32	Blumenladen	ja		0	10	0	37,2	0,0	12	0	0,33	0	0
33	Gärtnereicontainer	ja		0	10	0	37,2	0,0	40	0	0,33	0	0
34	Nahzentrum	ja	0	0	10	0	37,2	0,0	4	0	0,33	0	0

in den blau markierten Zellen sind Änderungen gegenüber der Grundvariante zu verzeichnen

Heizmittel

Leistungsanteil H 30% Vorlauf 89 Rücklauf 74 °C Oktober bis April Mittel
 Leistungsanteil W 10% Spreizung 15 K Mittelwerte für das Netz (Kesselhaus höher, Strangende niedriger)
 Anteil Einzelwiderstände 33%
 Biowärme, maximal 400 kW 95 85 °C Biowärme

Druckverlustberechnung der Einzelstrecken

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Teilstrecke	Benennung der Teilstrecke	Heisanschluss?	Biowärme ausreichend?	Wärmeleistung	Temperatursperrung	Massenstrom	Rohrdurchmesser	Druckgefälle	Rohrlänge	Druckverl. Rohrreibung	Einzelwiderstände	Druckverl. Einzelwiderst.	Summe Druckverlust
Nr.				Q ^e in [kW]	Delta T [K]	m ³ in [kg/h]	di in mm	R in [Pa/m]	l in [m]	R ¹ in [Pa]	Zeta	Z in [Pa]	R ¹ +Z in [Pa]
0	Biowärmeinspeisung		394	394	10	33923	107,1	127,6	600	76.530	0,33	25.510	102.040
1	Lindenplatz/Sundern			172	15	9863	160,3	2,8	48	137	0,33	46	182
2	Blumenladen			0	10	0	160,3	0,0	156	0	0,33	0	0
3	Blumenladen			37	10	3189	160,3	0,9	14	13	0,33	4	17
3.1	Blumenladen			76	10	6511	160,3	1,9	14	26	0,33	9	35
4	Sonnenschein			181	10	15592	160,3	4,5	54	243	0,33	81	324
5	Lindenweg/Gartenweg			238	10	20518	160,3	7,0	140	983	0,33	328	1.311
6	Schule			258	10	22243	160,3	8,1	36	292	0,33	97	390
7	Schule	ja	81	265	10	22824	160,3	8,5	160	1.358	0,33	453	1.810
8	Schwimmhalle			346	10	29820	160,3	13,8	84	1.156	0,33	385	1.541
9	Schwimmhalle	ja	48	48	10	4103	160,3	1,2	40	47	0,33	16	63
10	Therapiehaus	ja	7	7	10	582	107,1	0,5	36	17	0,33	6	23
11	Lindenweg/Gartenweg	ja	20	20	10	1725	160,3	2,5	28	69	0,33	23	92
12	Sonnenschein	ja	57	57	10	4926	107,1	4,1	32	132	0,33	44	176
13	Ohe			105	10	9080	82,5	28,9	74	2.136	0,33	712	2.848
14	Ohe	ja	47	47	10	4012	43,1	159,3	16	2.548	0,33	849	3.397
15	Gartenweg 10			59	10	5068	54,5	104,3	116	12.095	0,33	4.032	16.127
15.1	Gartenweg 10	ja	39	39	10	3341	54,5	47,9	26	1.245	0,33	415	1.660
16	Gärtnerei			37	10	3189	43,1	103,4	38	3.930	0,33	1.310	5.241
16.1	Gärtnerei	ja	16	16	10	1527	43,1	26,5	14	372	0,33	124	496
17	Lindenplatz/Sundern	(ia)		172	15	9863	132,5	4,6	270	1.250	0,33	417	1.667
18	Lindenplatz/Sundern			86	15	4932	107,1	4,1	70	288	0,33	96	384
19	Lindenplatz/Sundern			64	15	3699	70,3	12,2	52	635	0,33	212	847
20	Lindenplatz/Sundern	ja		21	15	1233	70,3	2,7	80	217	0,33	72	289
21	Lindenplatz/Sundern	ja		43	15	2466	70,3	5,9	34	201	0,33	67	268
22	Lindenplatz/Sundern	ja		21	15	1233	70,3	2,7	34	92	0,33	31	123
23	Lindenplatz/Sundern			86	15	4932	107,1	4,1	10	41	0,33	14	55
24	Lindenplatz/Sundern			64	15	3699	70,3	12,2	34	415	0,33	138	554
25	Lindenplatz/Sundern	ja		21	15	1233	70,3	2,7	80	217	0,33	72	289
26	Lindenplatz/Sundern	ja		43	15	2466	70,3	5,9	38	225	0,33	75	300
27	Lindenplatz/Sundern	ja		21	15	1233	70,3	2,7	56	152	0,33	51	203
28	Nähzentrum			20	10	1727	37,2	82,0	40	3.279	0,33	1.093	4.371
28.1	Foliengewächshäuser	ja	7	7	10	1227	37,2	43,7	28	1.222	0,33	407	1.630
29	Foliengewächshäuser	ja	7	7	10	613	37,2	12,5	4	50	0,33	17	67
30	Blumenladen	ja	19	19	10	1661	37,2	76,3	4	305	0,33	102	407
31	Blumenladen			0	10	0	37,2	0,0	4	0	0,33	0	0
32	Blumenladen	ja	39	39	10	3323	37,2	279,8	12	3.358	0,33	1.119	4.477
33	Gärtnereicontainer	ja	2	2	10	166	37,2	2,3	40	90	0,33	30	121
34	Nähzentrum	ja	6	6	10	501	37,2	8,8	4	35	0,33	12	47

Sommerrmittel

Leistungsanteil H 0% Vorlauf 80 Rücklauf 72 °C Mai bis September Mittel
 Leistungsanteil W 10% Spreizung 8 K Mittelwerte für das Netz (Kesselhaus höher, Strangende niedriger)
 Anteil Einzelwiderstände 33%
 Biowärme, maximal 400 kW 90 80 °C Biowärme

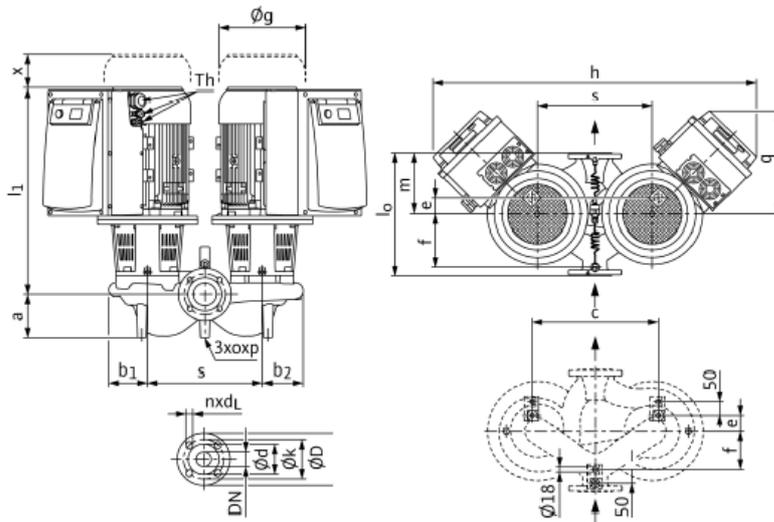
Druckverlustberechnung der Einzelstrecken

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Teilstrecke	Benennung der Teilstrecke	Heisanschluss?	Biowärme ausreichend?	Wärmeleistung	Temperatursperrung	Massenstrom	Rohrdurchmesser	Druckgefälle	Rohrlänge	Druckverl. Rohrreibung	Einzelwiderstände	Druckverl. Einzelwiderst.	Summe Druckverlust
Nr.				Q ^e in [kW]	Delta T [K]	m ³ in [kg/h]	di in mm	R in [Pa/m]	l in [m]	R ¹ in [Pa]	Zeta	Z in [Pa]	R ¹ +Z in [Pa]
0	Biowärmeinspeisung		162	400	10	34433	107,1	131,2	600	78.748	0,33	26.249	104.997
1	Lindenplatz/Sundern			238	10	20480	160,3	7,0	48	336	0,33	112	448
2	Blumenladen			296	10	25486	160,3	10,2	156	1.595	0,33	532	2.127
3	Blumenladen			300	10	25799	160,3	10,5	14	147	0,33	49	196
3.1	Blumenladen			300	10	25799	160,3	10,5	14	147	0,33	49	196
4	Sonnenschein			339	10	29188	160,3	13,2	54	715	0,33	238	954
5	Lindenweg/Gartenweg			355	10	30533	160,3	14,3	140	2.008	0,33	669	2.678
6	Schule			355	10	30533	160,3	14,3	36	516	0,33	172	689
7	Schule	ja	18	355	10	30533	160,3	14,3	160	2.295	0,33	765	3.060
8	Schwimmhalle			373	10	32119	160,3	15,8	84	1.323	0,33	441	1.764
9	Schwimmhalle	ja	27	27	10	2314	160,3	0,7	40	27	0,33	9	36
10	Therapiehaus	ja	0	0	10	0	107,1	0,0	36	0	0,33	0	0
11	Lindenweg/Gartenweg	ja	0	0	10	0	82,5	0,0	28	0	0,33	0	0
12	Sonnenschein	ja	16	16	10	1346	107,1	1,1	32	36	0,33	12	48
13	Ohe			39	10	3388	82,5	4,8	74	358	0,33	119	478
14	Ohe	ja	15	15	10	1306	43,1	19,9	16	319	0,33	106	425
15	Gartenweg 10			24	10	2082	54,5	20,0	116	2.324	0,33	775	3.099
15.1	Gartenweg 10	ja	24	24	10	2082	54,5	20,0	26	521	0,33	174	695
16	Gärtnerei			4	10	313	43,1	2,6	38	98	0,33	33	131
16.1	Gärtnerei	ja	4	4	10	313	43,1	2,6	14	36	0,33	12	48
17	Lindenplatz/Sundern	(ia)		58	10	5006	132,5	2,4	270	635	0,33	212	846
18	Lindenplatz/Sundern			29	10	2503	107,1	2,1	70	146	0,33	49	195
19	Lindenplatz/Sundern			22	10	1877	70,3	4,1	52	215	0,33	72	286
20	Lindenplatz/Sundern	ja	7	7	10	626	70,3	1,4	80	110	0,33	37	147
21	Lindenplatz/Sundern	ja	15	15	10	1252	70,3	2,8	34	94	0,33	31	125
22	Lindenplatz/Sundern	ja	7	7	10	626	70,3	1,4	34	47	0,33	16	62
23	Lindenplatz/Sundern			29	10	2503	107,1	2,1	10	21	0,33	7	28
24	Lindenplatz/Sundern			22	10	1877	70,3	4,1	34	140	0,33	47	187
25	Lindenplatz/Sundern	ja	7	7	10	626	70,3	1,4	80	110	0,33	37	147
26	Lindenplatz/Sundern	ja	15	15	10	1252	70,3	2,8	38	105	0,33	35	140
27	Lindenplatz/Sundern	ja	7	7	10	626	70,3	1,4	56	77	0,33	26	103
28	Nähzentrum			0	10	0	37,2	0,0	40	0	0,33	0	0
28.1	Foliengewächshäuser	ja	0	0	10	0	37,2	0,0	28	0	0,33	0	0
29	Foliengewächshäuser	ja	0	0	10	0	37,2	0,0	4	0	0,33	0	0
30	Blumenladen	ja	0	0	10	0	37,2	0,0	4	0	0,33	0	0
31	Blumenladen			0	10	0	37,2	0,0	4	0	0,33	0	0
32	Blumenladen	ja	0	0	10	0	37,2	0,0	12	0	0,33	0	0
33	Gärtnereicontainer	ja	0	0	10	0	37,2	0,0	40	0	0,33	0	0
34	Nähzentrum	ja	0	0	10	0	37,2	0,0	4	0	0,33	0	0

7.6 Pumpendaten

Separat beigefügt sind Pumpendaten zu Doppelpumpen von WILO.

- ▶ DL-E 100/145-11/2
- ▶ DL-E 100/160-18,5/2
- ▶ DL-E 100/165-22/2



Es gibt Auslegungsdiagramme für

- ▶ den Einzelpumpenbetrieb
 - variabel geregelt
 - konstant geregelt
- ▶ den Doppelpumpenbetrieb
 - variabel geregelt
 - konstant geregelt

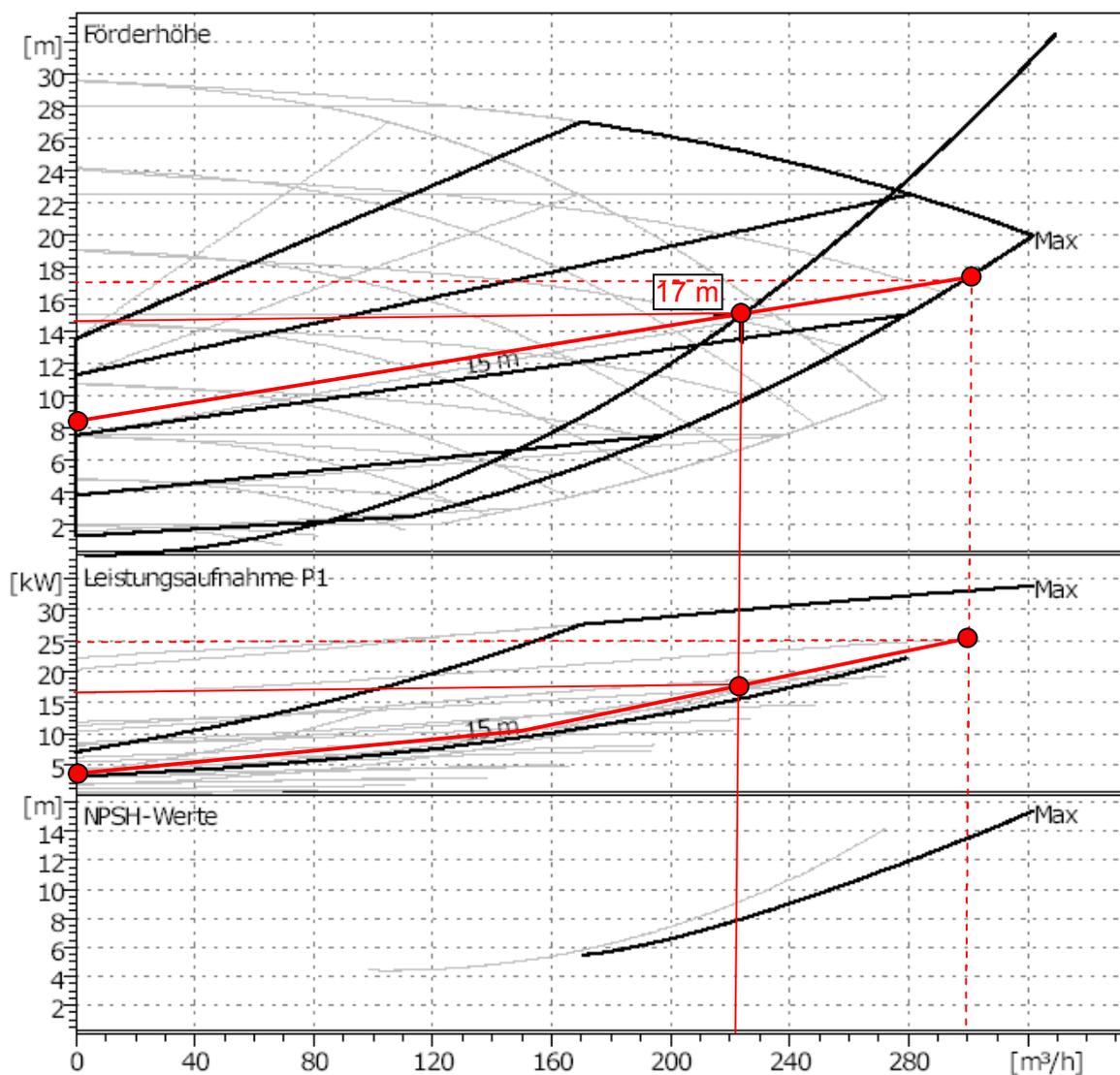
Beispiel:

- ▶ DL-E 100/160-18,5/2
- ▶ Doppelpumpenbetrieb
- ▶ variabel geregelt

Druckdifferenz (bei Einstellwert "17 m variabel")
Arbeitsbereich: 0,85 bis 1,70 bar (Auslegung: 1,50 bar)

Volumenstrom (bei Einstellwert "17 m variabel")
Arbeitsbereich: 0 bis 300 m³/h (Auslegung 224 m³/h)

Leistung (bei Einstellwert "17 m variabel")
Arbeitsbereich: 3 bis 25 kW (Auslegung 17 kW)



maximal 320 m³/h Volumenstrom
42 % mehr als der berechnete Auslegungswert
7 % mehr als die heutigen Pumpen

maximal 2,9 bar Druckerhöhung
2-mal mehr als der berechnete Auslegungswert
28 % weniger als mit heutigen Pumpen