

# Leitfaden für kommunale Fachabteilungen zur hydraulischen Optimierung von Heizungsanlagen

Auftraggeber: Stadt Lörrach, Stadt Weil am Rhein



Gefördert durch den

Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz  
der badenova AG&Co.KG



Auftragnehmer und Bearbeitung:

**econzept** Energieplanung GmbH  
Wiesentalstraße 29  
79115 Freiburg i. Br.  
Tel. 0761/401 66-27

Dipl.-Ing. M.BP. Martin Schellbach  
Dipl.-Ing. Frank Wiedemann



Freiburg, Juli 2010

## VORWORT

Klimaschutz ist eine wichtige kommunale Zukunftsaufgabe. Ein wesentlicher Baustein dafür sind konkrete Energiesparmaßnahmen an städtischen Gebäuden. Einsparpotenziale finden sich aber nicht nur bei den bekannten Maßnahmen wie Erneuerung der Fenster, Wärmedämmung von Dach und Fassade und die Erneuerung des Heizkessels. Insbesondere die oft stiefmütterlich behandelten älteren Heizungsnetze sind durch eine fehlende hydraulische Optimierung verantwortlich für unnötigen Energieverbrauch. Ganz nebenbei können durch die Optimierung der Heizungsnetze deutliche Komfortverbesserungen erzielt werden, da alle Räume ausreichend mit Wärme versorgt werden.

Die Städte Lörrach und Weil am Rhein gehen bereits seit einigen Jahren konsequent den Weg, Energiesparmaßnahmen umzusetzen. Der vorliegende Leitfaden ist ein weiterer wichtiger Schritt, mit dem die hydraulische Optimierung in bestehenden kommunalen Heizungsnetzen erleichtert werden kann. Die Entwicklung des Leitfadens wurde durch die Städte Lörrach und Weil am Rhein initiiert und gemeinsam mit dem Ingenieurbüro econzept Energieplanung GmbH und namhaften Herstellern von Heizungskomponenten realisiert. Der Leitfaden steht allen Kommunen kostenlos zur Verfügung und soll eine möglichst breite Anwendung finden. Wir wünschen allen Anwendern eine erfolgreiche Arbeit mit dem Leitfaden im Sinne einer nachhaltigen Kommunalpolitik.



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Gudrun Heute-Bluhm'.

Gudrun Heute-Bluhm  
Oberbürgermeisterin  
Stadt Lörrach



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'W. Dietz'.

Wolfgang Dietz  
Oberbürgermeister  
Stadt Weil am Rhein

## DANKSAGUNG

Bei der Erstellung des Leitfadens wurde auf die Erfahrungen zahlreicher Fachleute zurückgegriffen. Insbesondere möchten wir uns bedanken bei:

### Pumpenhersteller

- Biral, Herr Heimerdinger
- Grundfos, Herr Hessler
- KSB, Herr Benz
- Wilo, Herr Carius

### Ventilhersteller

- Danfoss, Herr Caciauna
- Heimeier, Herr Rath
- Taconova, Herr Throm
- Oventrop, Herr Stich

### Messwerterfassung

- Setpoint, Herr Gerstner
- testo AG, Herr Hoyer

### Wissenschaftlicher Fachaustausch

- FH Esslingen, Professor Rohrbach

Die Erstellung des Leitfadens wäre ohne die finanzielle Förderung durch den Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz der badenova AG&Co.KG nicht möglich gewesen. Ein besonderer Dank gilt daher dem Fördergeber badenova.

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Ausgangslage.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Was bietet der Leitfaden? .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Systematik des Leitfadens .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Die einzelnen Arbeitsschritte des Leitfadens .....</b>	<b>9</b>
	4.1 Vorbereitende Arbeiten .....	9
	4.1.1 Phase A: Gebäudeübersicht .....	9
	4.1.2 Phase B: Bewertung Wärmeverteilung .....	10
	4.2 Planung Hydraulischer Abgleich .....	11
	4.2.1 Phase C: Unterlagen.....	11
	4.2.2 Phase D: Heizlast .....	13
	4.2.3 Phase E: Heizflächen.....	15
	4.2.4 Phase F: Rohrnetz .....	16
	4.2.5 Phase G: Systemauslegung .....	18
	4.2.6 Phase H: Ventilauslegung.....	19
	4.2.7 Phase I: Pumpenauslegung.....	20
	4.3 Durchführung Hydraulischer Abgleich.....	23
	4.3.1 Phase J: Ausschreibung, Vergabe, Ausführung .....	23
	4.3.2 Phase K: Information, Kontrolle und Optimierung.....	24
<b>5</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>Anlagen.....</b>	<b>26</b>

## 1 AUSGANGSLAGE

In den meisten kommunalen Gebäuden werden Heizungsanlagen ohne hydraulische Optimierung der Heizungsnetze betrieben. Häufig sind dabei die nachfolgenden Mängel anzutreffen:

- ungleichmäßige Wärmeabgabe in den einzelnen Räumen
- Geräuschprobleme
- geringe Temperaturdifferenzen zwischen Vor- und Rücklauf
- hohe Systemtemperaturen
- regelungstechnische Probleme
- messtechnische Probleme

Weitere Folgen eines nicht abgeglichenen Heizungssystems sind überdimensionierte Pumpen, ein unnötig hoher Stromverbrauch von Heizungspumpen und ein unnötiger Wärmeverbrauch durch übermäßige Beheizung von hydraulisch übervorteilten Räumen. Zusätzlich wird beim Defekt von Heizungspumpen in der Regel die gleiche (meist überdimensionierte) Pumpe wie vorher eingebaut. Damit werden Abstimmungen auf die aktuellen hydraulischen Anforderungen des Heizungsnetzes und technische Weiterentwicklungen ignoriert und mögliche Einspargelegenheiten verpasst.

Ursache für diese Situation ist neben der häufig anzutreffenden Unkenntnis bei den kommunalen Fachämtern über die Wichtigkeit einer hydraulischen Optimierung von Heizungsnetzen eine fehlende Systematik bzw. eine im kommunalen Bereich anwendbare Vorgehensweise zur hydraulischen Optimierung von Heizungsnetzen.

Darüber hinaus führen allein die aufwendigen Berechnungen eines Fachplaners für einen hydraulischen Abgleich im Gebäudebestand mit den am Markt verfügbaren professionellen Software-Produkten zu ungünstigen Preis-/Leistungsverhältnissen. Besonders in kommunalen Gebäuden mit weit verzweigten Heizungsnetzen wird daher nur selten ein hydraulischer Abgleich durchgeführt und so ein nicht unerhebliches Einsparpotenzial bei Strom und Wärme verschenkt. Der aus der fehlenden Optimierung resultierende unnötige Energieverbrauch bleibt zudem über Jahrzehnte bestehen.

Da für die hydraulische Optimierung von Heizungsnetzen in den meisten öffentlichen Gebäuden ähnliche Randbedingungen bestehen, kann eine standardisierte Vorgehensweise die Durchführung in der Praxis finanziell und organisatorisch deutlich erleichtern. Ein standardisiertes Verfahren bzw. Vorgehensweise bei der Untersuchung, Bewertung und Ausschreibung des hydraulischen Abgleichs könnte es den Kommunen zudem erleichtern, die bestehenden Einsparpotenziale besser zu bewerten und ggf. zu erschließen. Ein solches Verfahren wurde mit dem vorliegenden Leitfaden für die hydraulische Optimierung von Heizungsnetzen im kommunalen Gebäudebestand entwickelt.

## 2 WAS BIETET DER LEITFADEN?

Mit dem Leitfaden sollen die zuständigen Personen in kommunalen Fachämtern in die Lage versetzt werden, die Notwendigkeit für eine hydraulische Optimierung des Heizungsnetzes in kommunalen Gebäuden rechtzeitig zu erkennen und ein Optimierungsverfahren einzuleiten.

Der Leitfaden ist im Wesentlichen eine Anleitung zur systematischen, schrittweisen Durchführung eines hydraulischen Abgleichs von bestehenden Heizungsnetzen. Wird der Leitfaden durchgängig genutzt, so erhält man sämtliche für einen hydraulischen Abgleich erforderliche Daten. Das mit dem Leitfaden entwickelte und zur Verfügung gestellte Excel-Tool ermöglicht eine einfache Abbildung des Heizungsnetzes, die Durchführung von Zwischenberechnungen und eine überschlägige Ermittlung der Einstellwerte für die einzelnen Komponenten des Heizungsnetzes. Am Ende des Leitfadens sind Ausschreibungstexte aufgeführt, mit denen die für die Optimierung erforderlichen Komponenten und Leistungen ausgeschrieben werden können. Die den einzelnen Schritten

des Leitfadens zugeordneten Listen im Anhang können kopiert und als Checklisten verwendet werden.

Bei der Datenaufnahme und Berechnung im Gebäudebestand und der Anwendung dieses Leitfadens gibt es zahlreiche Besonderheiten, die dem Nutzer des Leitfadens bewusst sein sollten:

- Heizungsnetze werden im Laufe der Zeit oft verändert, wenn z.B. ein offenes Schwerkraftsystem zu einem geschlossenen System umgebaut wird, Heizkörper entfernt oder zugebaut werden oder Pumpen ersetzt werden. Die einzelnen Komponenten des Heizungsnetzes sind in diesen Fällen nicht optimal aufeinander abgestimmt.
- Handelsübliche Software für die Berechnungen zum hydraulischen Abgleich ist für nicht optimal ausgelegte, komplexe Heizungssysteme nicht am Markt erhältlich. Um ein strukturiertes, flexibles und nachvollziehbares Vorgehen beim hydraulischen Abgleich in größeren und komplexen Verteilungsnetzen sicherzustellen, wurde im vorliegenden Leitfaden dem Einsatz einfacher Excel-Tabellen mit nachvollziehbaren Einzelschritten der Vorzug gegeben (Bezeichnung: LHO Phase A-J ... .xls). Eine sicherer Umgang mit Excel-Tabellen ist für die Anwendung des Leitfadens Voraussetzung.
- Der genaue Verlauf, die Länge und der Rohrdurchmesser von Heizungsleitungen können häufig nicht ermittelt werden und müssen teilweise geschätzt werden.
- Die für die Berechnung der Heizlast erforderlichen U-Werte der Gebäudehülle können meist nicht exakt ermittelt werden.
- Die Heizkörper-Leistungswerte können bei älteren Heizkörpern oft nur geschätzt werden.

Die Genauigkeit der Eingangsdaten kann bei entsprechendem Fachwissen und Erfahrungen des Nutzers zu deutlich besseren Werten führen. Umgekehrt sollten die Eingangsdaten so genau wie möglich ermittelt werden, da zu große Ungenauigkeiten am Ende ein gutes Ergebnis verhindern können. Es wird daher dringend empfohlen, bei fehlendem Fachwissen innerhalb der kommunalen Verwaltungen an den entsprechenden Stellen externe Fachleute einzubeziehen.

Es war die Zielsetzung bei der Erstellung des Leitfadens, dass auch komplexere Heizungsnetze mit dem Verfahren optimiert werden können. Es ist jedoch nicht sichergestellt, dass mit dem Verfahren alle in der Praxis vorkommenden Fälle abgebildet werden können. Das Excel-Tool ist in der zur Verfügung gestellten Fassung begrenzt auf eine festgelegte Anzahl von Feldern, kann aber vom Nutzer, entsprechende Kenntnisse vorausgesetzt, erweitert werden. Wo die genauen Einsatzgrenzen in der Praxis liegen, konnte bisher noch nicht getestet werden. Es wird daher empfohlen, das Verfahren zunächst in weniger komplexen Heizungsnetzen einzusetzen und sich mit steigender Erfahrung an komplexere Systeme anzunähern.

Beim Arbeiten mit dem Excel-Tool ist zu beachten, dass es keine hinterlegte Plausibilitätsprüfung gegen fehlerhafte Eingaben oder Formelfehler bei der Erweiterung der vorgegebenen Felder gibt. Eine entsprechend sorgfältige Kontrolle der Eingaben und Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse muss daher durch den Nutzer erfolgen.

### **Lüftungsanlagen, Warmwasserbereitung, Einrohr- und Fußbodenheizungen**

Der Leitfaden bietet ein Verfahren zum hydraulischen Abgleich von Heizungsanlagen mit Radiatoren in Zwei-Rohr-Netzen. Andere Heizsysteme wie Einrohrheizungen, Luftheizungen sowie Trinkwassererwärmungsanlagen können mit diesem Verfahren nicht berechnet werden. Diese Anlagen sind wie ein separater Heizstrang zu betrachten. Anhand der Geräte- und Auslegungsdaten bzw. des tatsächlichen Bedarfs sowie der jeweiligen Hydraulik sind die Auslegungstemperaturen sowie der benötigte Heizwasser-Volumenstrom und der Druckverlust zu ermitteln. Diese Daten können ab Phase I (Pumpenauslegung) in das Excel-Tool eingefügt werden. Entsprechend der Ergebnisse sind geeignete Maßnahmen zum hydraulischen Abgleich bzw. zur Optimierung dieser Anlagen (z.B. Pumpentausch, Vermeidung von Überströmungen, Einbau von Abgleichventilen etc.) zu definieren und umzusetzen.

#### **Wichtiger Hinweis:**

Es wird empfohlen, die im Leitfaden aufgezeigte Abfolge konsequent einzuhalten und jeden Schritt vollständig abzuschließen. Spätere Änderungen verursachen einen erheblichen Zusatzaufwand in der Bearbeitung.

## **3 SYSTEMATIK DES LEITFADENS**

Der Leitfaden gliedert sich in die Phasen A-L, die den drei Bereichen „Vorbereitende Arbeiten“, „Planung Hydraulischer Abgleich“ und „Durchführung Hydraulischer Abgleich“ wie folgt zugeordnet sind:

### **1) Vorbereitende Arbeiten**

Phase A: Gebäudeübersicht

Phase B: Bewertung Wärmeverteilung

### **2) Planung Hydraulischer Abgleich**

Phase C: Vorhandene Unterlagen

Phase D: Heizlast

Phase E: Heizflächen

Phase F: Rohrnetz

Phase G: Auslegung Wärmeabgabe

Phase H: Auslegung Pumpen

Phase I: Auslegung Ventile

### **3) Durchführung Hydraulischer Abgleich**

Phase J: Ausschreibung

Phase K: Information, Kontrolle und Optimierung

In Abschnitt 4 werden die einzelnen Phasen detailliert beschrieben. Dabei wird durchgehend folgende Systematik verwendet:

- Kurzübersicht über die jeweilige Phase
- Verweis auf die zugehörigen Checklisten im Anhang
- Verweis auf das zugehörige Datenblatt des Excel-Tools
- Beschreibung der Vorgehensweise
- Tipps zu der jeweiligen Bearbeitungsphase

#### So nutzen Sie den Leitfaden:

Verschaffen Sie sich zunächst einen Überblick über den Zustand und die Verbrauchssituation der von Ihnen betreuten Gebäude und legen Sie fest, mit welchen Gebäuden Sie mit dem hydraulischen Abgleich beginnen. Falls Sie diesen Überblick noch nicht haben, kopieren Sie die Checklisten zu Phase A und B aus Anhang 1 A und 1 B. Führen Sie die Schritte der Phasen A und B wie in Kap. 4.1 beschrieben durch. Öffnen Sie dazu die in den jeweiligen Arbeitsschritten angegebenen Excel-Dateien.

In den kopierten Checklisten können Sie die einzelnen Arbeitsschritte detailliert abhaken und haben so laufend den Überblick über den Projektfortschritt.

Haben Sie ein Gebäude für den hydraulischen Abgleich festgelegt, kopieren Sie die Checklisten zu Phase C bis I aus Anhang 1 C bis 1 I. Führen Sie die Schritte der Phasen C bis I wie in Kap. 4.2 beschrieben durch. Öffnen Sie dazu die in den jeweiligen Arbeitsschritten angegebenen Excel-Dateien.

Vor allem in bestehenden Heizungsnetzen sind häufig Komponenten und Besonderheiten anzutreffen, die nicht optimal aufeinander abgestimmt sind. Es ist daher hilfreich, ein „Gespür“ für die Heizungsanlage zu bekommen. Auch diejenigen Daten, die in den Phasen A-I erfasst, aber nicht direkt für die Berechnungen herangezogen werden, können helfen, ein besseres „Gespür“ für die Heizungsanlage zu entwickeln.

Haben Sie die Planung des hydraulischen Abgleichs in einem Gebäude abgeschlossen, kopieren Sie die Checklisten zu Phase J bis L aus Anhang 1 J bis 1 L. Führen Sie die Schritte der Phasen J bis L wie in Kap. 4.3 beschrieben durch. Öffnen Sie dazu die in den jeweiligen Arbeitsschritten angegebenen Excel-Dateien.

#### Handhabung der Excel-Dateien:

Zu Beginn eines Projekts sollten die schreibgeschützten Excel-Dateien „LHO Phase A-J ...“ kopiert und unter einem neuen Namen abgespeichert werden, um eine eindeutig bezeichnete Arbeitsversion zu erhalten. Sinnvoll ist z.B., den jeweiligen Projekt- bzw. Gebäudenamen vorne oder hinten an den Dateinamen anzuhängen.

Die Excel-Listen sind zum Teil (meist in der jeweils ersten Datenzeile) bereits mit Daten belegt, um die Systematik der jeweiligen Tabelle darzustellen. Diese Daten müssen durch eigene Daten überschrieben werden.

Gelb hinterlegte Felder sind mit Formeln belegt. In diese Felder dürfen keine Daten eingetragen werden, da sonst die Formeln überschrieben werden und keine automatische Berechnung erfolgt.

Als Hilfestellung bei Unklarheiten steht ein Beispiel mit Echtdaten zur Verfügung. Die jeweiligen Excel-Dateien haben die gleiche Bezeichnung wie die Dateien des Excel-Tools, allerdings ist den Dateinamen das Wort „Beispiel“ voran gestellt.



**Wichtiger Hinweis:**

Aufgrund der komplexen Zusammenhänge kann der Leitfaden das für einen hydraulischen Abgleich notwendige Fachwissen und Erfahrungswerte nicht ersetzen. Es wird daher empfohlen, im Zweifel einen erfahrenen Ingenieur oder Techniker hinzuzuziehen. Bei ausreichend vorhandenem Fachwissen und Erfahrungen bietet der Leitfaden ein sehr gutes Hilfsmittel für eine hydraulische Optimierung von Heizungsnetzen.

## **4 DIE EINZELNEN ARBEITSSCHRITTE DES LEITFADENS**

### **4.1 Vorbereitende Arbeiten**

#### **4.1.1 Phase A: Gebäudeübersicht**

Schritt A.1: Gebäudebestand
Schritt A.2: Gebäudeauswahl

- Checkliste: Anhang 1 A
- Excel-Tool      Datei:      LHO Phase A Gebäudeübersicht.xls  
                         Tabellen:    A.1 Gebäudebestand  
                                        A.2 Gebäudeauswahl

#### **Beschreibung der Vorgehensweise:**

Im kommunalen Gebäudebestand stellt sich zunächst die Frage, mit welchen Gebäuden man zuerst mit dem hydraulischen Abgleich beginnt.

Um die in Betracht kommenden Gebäude besser auswählen zu können, sollte eine Übersichtstabelle von allen kommunalen Gebäuden erstellt werden. Mit Hilfe von objektspezifischen Informationen zu Gebäude, Energieverbrauch, Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung, Wärmeabgabe und geplanten Sanierungsmaßnahmen wird eine Bewertung in Bezug auf die Sinnhaftigkeit eines hydraulischen Abgleichs bzw. eine Vorauswahl vorgenommen (siehe Excel-Tabelle „A.1 Gebäudebestand“ und Excel-Tabelle „A.2 Gebäudeauswahl“).

## Tipps für die Gebäudeauswahl

- Vorrangig sollten Gebäude mit großen, älteren Pumpen und hohen Verbrauchskennzahlen Strom und Wärme optimiert werden, da hier die Einsparpotenziale besonders groß sind.
- Weiteres Kriterium sind häufige Beschwerden der Nutzer über ungleichmäßige Erwärmung des Gebäudes (in einigen Räumen zu warm und gleichzeitig in anderen Räumen zu kalt) bzw. eine schwer einzuregulierende Heizkurve.
- Wenn in Kürze größere Heizungssanierungen anstehen, sollte man die Optimierung gemeinsam mit der Heizungserneuerung koppeln. Es empfiehlt sich, für die Dimensionierung der neuen Heizungspumpen die Berechnung der Optimierung vor der Ausschreibung durchzuführen.

### 4.1.2 Phase B: Bewertung Wärmeverteilung

Schritt B.1: Temperaturspreizung an Hauptverteilern
Schritt B.2: Temperaturspreizung einzelner Heizkreise

➤ Checkliste: Anhang 1 B

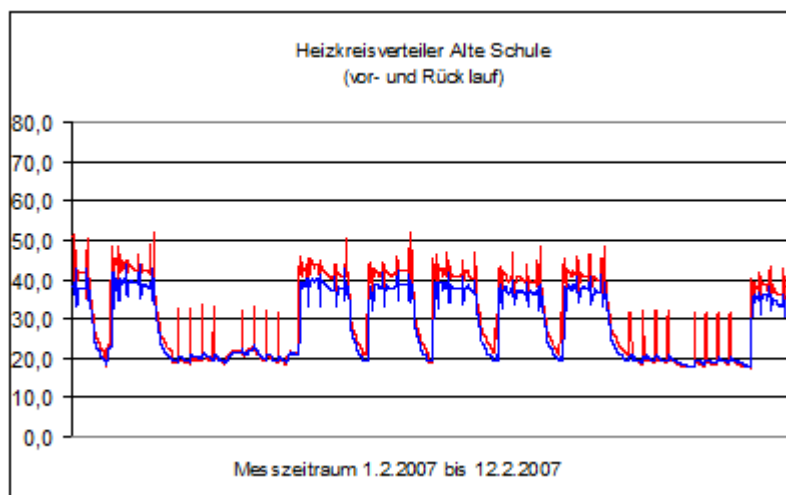
➤ Excel-Tool      Datei:      LHO Phase B Bewertung Wärmeverteilung.xls  
Tabelle          B.1 Temperaturspreizung

#### Beschreibung der Vorgehensweise:

Um die ausgewählten Objekte in Bezug auf die Wärmeverteilung bzw. die hydraulischen Verhältnisse besser einstufen zu können, werden an den Hauptverteilern und den einzelnen Heizkreisen der Wärmeverteilung die Vor- und Rücklauftemperaturen über einen Zeitraum von 10 Tagen gemessen.

#### Schritt B.1: Temperaturspreizung an Hauptverteilern:

Hierzu können Datenlogger mit externen Anlegefühlern verwendet werden. Das Messintervall sollte ca. 2 Minuten betragen.



Die gemessenen Daten werden in Bezug auf die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauftemperatur visuell bewertet.

Bei geringen Temperaturdifferenzen zwischen Vor- und Rücklauf kann von einer ungünstigen Wärmeverteilung ausgegangen werden. Zudem sollte die Rücklauftemperatur möglichst niedrig liegen. Dies ist insbesondere bei Brennwertgeräten wichtig damit die Brennwertnutzung sichergestellt werden kann.

### Schritt B.2 Temperaturspreizung einzelner Heizkreise:

Da die Vor- und Rücklauftemperaturen durch ungünstige Effekte bei einzelnen Unterverteilern verursacht werden können, sind i.d.R. zeitgleiche detailliertere Messungen an verschiedenen Heizkreisverteilern mit mehreren Datenloggern erforderlich

### **Tipps für die Beurteilung von Vor- und Rücklauftemperaturen**

- Thermometer sollten generell an allen Heiz- und Kesselkreisen am Vor- und Rücklauf vorhanden sein
- Spreizungen zwischen 15 und 20 Kelvin sind ideal, Werte von 10 und weniger Kelvin deuten auf zu große Volumenströme/fehlenden Abgleich hin.
- Spreizungen bei Brennwertkessel-Anlagen sollten zwischen 20 und 25 Kelvin bzw. die Rücklauftemperaturen unter 50 °C (möglichst tief) liegen damit die Kondensationswärme (Brennwert) genutzt werden kann.
- Ablesungen sollten bevorzugt bei kalter Witterung stattfinden, weil bei sinkender Vorlauftemperatur (=höherer Außentemperatur) die Spreizung geringer wird.
- Ablesungen sollten bevorzugt während der morgendlichen Aufheizphase stattfinden, weil im stationären Betrieb durch Schließen der Thermostatventile Defizite ggf. nicht mehr deutlich zu erkennen sind.
- Geringe Spreizungen im Absenkbetrieb (Thermostatventile offen) sind ein deutlicher Hinweis auf zu große Volumenströme.

## **4.2 Planung Hydraulischer Abgleich**

### **4.2.1 Phase C: Unterlagen**

Schritt C.1: Bestandsunterlagen
Schritt C.2: Verbrauchswerte
Schritt C.3: Abstimmung

#### ➤ Checkliste: Anhang 1 C

➤ Excel-Tool Tabellen	Datei	LHO Phase C Unterlagen.xls C.1 Bestandsunterlagen C.2 Verbrauchswerte C.3 Abstimmung
--------------------------	-------	---

**Beschreibung der Vorgehensweise:****Schritt C.1 Bestandsunterlagen:**

Wichtige Bestandsunterlagen von den Gebäuden, in denen ein hydraulischer Abgleich durchgeführt werden soll, sind Grundrisspläne. Ideal als Information über das Wärmeverteilnetz sind zudem Revisionspläne der Heizungsanlage und Strangschemata. In der Regel sind die Planunterlagen bei den kommunalen Bauämtern erhältlich. Allerdings sind die Plansätze oft nicht mehr vollständig vorhanden bzw. auffindbar.

**Schritt C.2 Verbrauchswerte:**

Folgende Gebäude- und Verbrauchsdaten (Namen und Zahlenwerte sind Beispiele) sollten tabellarisch erfasst werden:

Objekt	Fläche	Wärme Verbrauch witt.-ber.	Kennzahl	Strom Verbrauch	Kennzahl
	[m <sup>2</sup> ]	[MWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[MWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]
Grundschule Hauingen	2.500	230	92	13,6	5,5
Alte Schule Weil am Rhein	3.000	276	92	47,7	15,9

**Schritt C3 Abstimmung:**

Um möglichst vielseitige Informationen in Bezug auf die Wärmeverteilung zu erhalten, sollte mit den Mitarbeitern der kommunalen Fachabteilungen und den Fachfirmen, die in den Objekten gearbeitet hatten, sowie den Hausmeistern und den Nutzern vor Ort Gespräche geführt werden.

**Tipps für die Zusammenstellung von Unterlagen:**

- Heizungs-Bestandspläne mit Heizkörper- und Rohrnetzdaten können die Datenerfassung vor Ort erheblich erleichtern, weshalb sich deren ggf. mühsame Beschaffung immer lohnt.
- Heizungs-Bestandspläne sind oft zusätzlich beim damaligen Installateur oder Planer archiviert und beschaffbar.
- Problematische Räume/Bereiche bzw. Betriebszustände sollten bereits bei den Gesprächen mit den Nutzern ermittelt und hierauf ein besonderes Augenmerk bei den weiteren Bearbeitungsschritten gelegt werden.

## 4.2.2 Phase D: Heizlast

Schritt D.1: Erstellung einer Raumlise
Schritt D.2: Aufnahme der Gebäudehülle
Schritt D.3: Ermittlung der spezifischen Heizlasten
Schritt D.4: Ermittlung der Heizlast
Schritt D.5: Kontrolle der spezifischen Heizlasten

➤ Checkliste: Anhang 1 D

➤ Excel-Tool:      Datei      LHO Phase D Heizlast.xls  
                          Tabellen      D.1 Raumlise  
                                               D.2 U-Werte  
                                               D.3 spez Heizlast R1  
                                               D.4 Heizlast  
                                               D.5 spez. Heizlast

**Wichtiger Hinweis:** Die Phasen D, E und G sollten für jeden Heizstrang mit einer separaten Excel Tabelle durchgeführt werden. Die Excel Dateien sollten hierfür kopiert und mit einem eindeutigen Namen, der auch die Bezeichnung des Heizstrangs enthält, abgespeichert werden.

### Beschreibung der Vorgehensweise:

#### Schritt D.1 Raumlise:

Grundlage für den hydraulischen Abgleich sollte im Sinne einer strukturierten Vorgehensweise eine mit allen Beteiligten abgestimmte Raumlise sein, in die auch die für den hydraulischen Abgleich geltenden Sollwerte für die Raumtemperaturen eingetragen werden (Excel Tabelle „D.1 Raumlise“). Jeder Raum sollte durch eine Nummerierung eindeutig gekennzeichnet und einem Heizstrang (ebenfalls eindeutig nummeriert) zugeordnet sein.

Sofern bei einzelnen Heizsträngen Strangreguliertventile oder Strangdifferenzdruck-Regler vorhanden sind oder eingebaut werden sollen, müssen diese Heizstränge jeweils mit einer separaten Raumlise erfasst und berechnet werden. Strangdifferenzdruck-Regler (mit Membrane) sind einfachen Reguliertventilen vorzuziehen, da diese leicht einstellbar sind und auch bei asymmetrischer Lastverteilung einen definierten Differenzdruck zur Verfügung stellen. Ein Strang-Differenzdruck von 100 mbar reicht in den meisten Fällen aus. Die Auslegung und Einstellung der Strangreguliertventile erfolgt anhand der Diagramme bzw. Software des Herstellers.

Heizstränge mit Strangreguliertventilen oder Strangdifferenzdruck-Reglern können i.d.R. mit dem Excel-Tool des Leitfadens berechnet werden. Die genaue Vorgehensweise dafür wurde jedoch bisher noch nicht erprobt und wird daher nicht in diesem Leitfaden beschrieben.

Spätestens bei der Festlegung der Raumtemperaturen wird deutlich, wie wichtig es ist, die Rahmenbedingungen für den hydraulischen Abgleich im Vorfeld verbindlich zu vereinbaren. Jede nachträgliche Änderung wird sich nämlich auf das Gesamtsystem auswirken.

#### Schritt D.2 U-Werte:

Um die Heizlast in jedem Raum ermitteln zu können, ist es notwendig, die wärmetechnischen Eigenschaften der Umschließungsflächen (U-Werte) zu ermitteln. Bei der Heizlastermittlung in kommunalen Gebäuden müssen unbedingt auch die Wärmeverluste über die Innenwände berücksichtigt werden, da zwischen Nutz- und Nebenräumen häufig unterschiedliche Solltemperaturen anzutreffen sind. Die U-Werte können je nach Komplexität der Bauteile mit einer geeigneten Software, mit einer Excel-Liste (z.B. Tabelle „D.2 U-Werte“) oder per Hand ermittelt werden.

#### Schritt D.3 spez. Heizlast R1:

Die Heizlast ergibt sich durch den Wärmestrom durch die Umschließungsflächen im Auslegungsfall (max. Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Innenraumtemperatur).

Nach welchem Verfahren oder mit welcher Software die Heizlast ermittelt wird, ist im Grunde egal. Wichtig ist, dass die vereinbarten Raumtemperaturen konsequent eingehalten werden.

Im Rahmen dieses Leitfadens wird die Excel-Tabelle „D.3 spez Heizlast R1“ zur Verfügung gestellt, die zur Ermittlung der Heizlast verwendet werden kann. Das Tabellenblatt bezieht sich nur auf einen Raum und muss für die Berechnung der Heizlast weiterer Räume (für alle Räume eines Heizstranges innerhalb der dem Heizstrang zugeordneten Excel-Datei) kopiert werden.

#### Schritt D.4 Heizlast:

Die Ergebnisse der Heizlastermittlung müssen per Hand raumweise von den Tabellenblättern D.3 in Excel Tabelle „D.4 Heizlast“ eingetragen werden.

#### Schritt D.5 spez. Heizlast:

Das in diesem Leitfaden verwendete Verfahren ermöglicht eine Kontrolle der ermittelten Heizlast durch den direkten Vergleich der flächenspezifischen Werte (siehe Grafik „D.5 spez. Heizlast“).

#### **Tipps für die Ermittlung der Heizlast:**

- Die Raumliste muss sämtliche beheizten Räume enthalten.
- Ein größerer Raumverbund (z.B. Flur, Foyer, Aula) kann entsprechend der Heizkörper-Anordnung in mehrere Räume unterteilt werden.
- Räume mit mehr als 4 Heizkörpern müssen in Raumteile mit je bis zu 4 Heizkörper unterteilt werden.
- Die grafische Darstellung der raumweisen spezifischen Heizlasten dient der einfachen Plausibilitätskontrolle sowohl absolut als auch untereinander. Übliche spezifische Heizlasten liegen zwischen etwa 50 W/m<sup>2</sup> (gut gedämmt, wenig Außenflächen/Fenster) und 150 W/m<sup>2</sup> (schlecht gedämmt, viel Außenflächen/Fenster, kleine Grundfläche, hohe Räume)

### 4.2.3 Phase E: Heizflächen

Schritt E.1: Aufnahme der Heizkörper
Schritt E.2: Erstellung einer Heizkörperliste
Schritt E.3: Kontrolle Verhältnis Heizlast zu Heizkörper-Leistungswerten

➤ Checkliste: Anhang 1 E

➤ Excel-Tool      Datei      LHO Phase E Heizflächen.xls  
                          Tabellen      E.1 HK-Liste 1-4  
                                               E.2 HK-Übersicht  
                                               E.3 HK-Check

#### Beschreibung der Vorgehensweise:

##### Schritt E.1 HK.-Liste 1-4:

Beim hydraulischen Abgleich im Bestand spielt die Ermittlung der Heizleistung der vorhandenen Heizkörper eine besondere Rolle.

Aus diesem Grunde werden die für den Abgleich wichtigen Informationen wie Heizkörpertyp, Heizkörpergröße, Ventil und Verschraubung, in Anlehnung an die Raumliste, in vier separaten Excel Tabellen „E.1 HK-Liste 1-4“ erfasst. Mit Hilfe dieser Angaben können dann unter Berücksichtigung von Herstellerangaben die Heizkörper-Leistungswerte (Normwerte 75/65/20) ermittelt werden.

Kann der Heizkörper-Hersteller nicht zweifelsfrei ermittelt werden oder liegen keine Angaben zu den Heizleistungen vor, sollte ein Fachmann mit ausreichendem Erfahrungswissen bei der Festlegung der Normheizlast zu Hilfe gezogen werden.

Grundsätzlich gilt: Falsche Annahmen führen unweigerlich zu fehlerhaften Ergebnissen beim hydraulischen Abgleich. Diese Fehler können dazu führen, dass eine unzureichende Wärmeverteilungssituation entsteht oder vorhandene Energieeinsparpotenziale nicht genutzt werden.

Es können bis zu 4 Heizkörper pro Raum erfasst werden. Der erste Heizkörper in jedem Raum wird in Tabelle „E.1 HK-Liste 1“ eingetragen, der zweite Heizkörper in Tabelle „E.1 HK-Liste 2“ usw. Sollten mehr als 4 Heizkörper vorhanden sein, kann der Raum formal aufgeteilt werden (siehe 4.2.2).

Die folgenden Vorgaben müssen vorab aus den Excel-Tabellen „D.1 Raumliste“ in die Tabellen „E.1 HK-Liste 1-4“ und „E.2 HK-Übersicht“ übertragen werden (Namen und Zahlenwerte sind Beispiele):

Raum Nr	Stockwerk	Raum-Bezeichnung
1	EG	Eingang
2	EG	Klassenraum 1.1

##### Schritt E.2 Übersicht:

Die Heizleistungen der einzelnen Heizkörper aus den Tabellen „E.1 HK-Liste 1-4“ und die Heizlasten der Räume aus Tabelle „D.4 Heizlast“ müssen in Tabelle „E.2 HK-Übersicht“ übertragen werden.

### Schritt E.3 HK-Check:

Die Grafik „E.3 HK-Check“ stellt das Verhältnis der Heizleistungen der Heizkörper zur Heizlast des zugehörigen Raumes dar. Damit hat man eine grafische Kontrolle, welche Räume über- oder unterdimensioniert sind.

Bei einem Verhältniswert kleiner als 1,0 reicht die Heizleistung der Heizkörper nicht aus. Ist der Verhältniswert deutlich größer als 1,0, so steht mehr Heizleistung der Heizkörper zur Verfügung als benötigt wird.

### **Tipps für die Aufnahme und Kontrolle der Heizflächen:**

- Heizkörper- und Ventildaten sind am einfachsten aus Bestandsplänen zu erfassen und müssen dann vor Ort lediglich noch auf Aktualität überprüft werden.
- Das Einkizzieren der Heizkörper mit Ventildaten, Rohrführung und ggf. weiteren Raumdaten in den Grundriss bei der Objektbegehung ist hilfreich und erleichtert später die Orientierung/Nachprüfung.
- Liegt der Verhältniswert Heizleistung / Heizlast nur geringfügig unter 1,0, so kann die Heizlast dadurch verringert werden, dass die Aufheizleistung etwas reduziert wird. In diesem Fall müssen bei der späteren Einregulierung der Heizanlage die Aufheizzeiten über das Zeitprogramm der Heizungsregelung entsprechend länger eingestellt werden, um zu Nutzungsbeginn eine ausreichende Temperatur in den Räumen zu erreichen.

### **4.2.4 Phase F: Rohrnetz**

Schritt F.1: Erfassung des Heizkreisverteilers
Schritt F.2: Darstellung des Verteilungsnetzes
Schritt F.3: Ermittlung der Anbindungsängen

➤ Checkliste: Anhang 1 F

➤ Excel-Tool      Datei      LHO Phase F Rohrnetz.xls  
                         Tabellen      F.1 HK-Verteiler  
                                              F.2 Strang Schema  
                                              F.3 HK Netz

### **Beschreibung der Vorgehensweise:**

Mit einer automatisierten Excel Tabelle kann der Aufbau des Heizkreisverteilers und des Verteilungsnetzes schematisch erfasst werden.



### Schritt F.1 HK-Verteiler:

Die Aufnahme des Verteilers mit Excel-Tabelle „F.1 HK-Verteiler“ kann durch die Eingabe von

- Punkt „.“ für den Vorlauf
- Minuszeichen „-“ für den Rücklauf
- Leerzeichen für eine Einbaukomponente

farblich unterstützt werden. Im vereinfachten Verteilerschema können und sollten alle technischen Angaben zum Verteiler und den Einbaukomponenten dokumentiert werden (Texteingabe).

Das Verteilerschema dient zunächst nur der Darstellung von Informationen.

### Schritt F.2 Strang Schema:

Für die Aufnahme des Rohrnetzes steht die Excel-Tabelle „F.2 Strang Schema“ zur Verfügung. Durch die Eingabe von

- Leerzeichen für die Rohrleitungen (Vor- und Rücklauf)
- positiver Zahlenwert für die Angabe des Heizkörpers (Raumnummer vor dem Komma und Heizkörpernummer hinter dem Komma)
- negativer Zahlenwert für die Angabe der Entfernung zum Heizkreisverteiler

kann das Rohrnetz schematisch dargestellt werden. Es ist sinnvoll, je nach Raumsituation Zwischenwerte für die Leitungslängen an Verzweigungspunkten einzutragen.

Die Längenangaben müssen direkt unter der zugehörigen kombinierten Raum- und Heizkörpernummer stehen, um automatisch ausgewertet werden zu können.

Hinweis: Das Makro für die Aufnahme des Rohrnetzes berücksichtigt den Zellenbereich C3 bis AN50

### Schritt F.3 HK Netz:

Für die Auswertung bzw. tabellarische Zusammenfassung der Rohrlängen steht ein Excel Makro zur Verfügung. Das Makro kann durch die Tastenkombination <Strg Shift L> gestartet werden. Es wird eine Übersichtstabelle aller Heizkörper und der dazugehörigen Rohrlängen erstellt (Excel Tabelle „F.3 HK-Netz“) und zudem der Heizstrang mit der längsten Anbindungslänge ermittelt.

Hinweis: Das Makro berücksichtigt maximal 55 Heizkörper

### **Tipps für die Bestandsaufnahme des Rohrnetzes:**

- Die Heizkreisverteiler sind vor Ort generell grafisch aufzunehmen.
- Ist eine Erfassung mit Excel vor Ort nicht möglich, sind die Verteiler von Hand aufzuskizzieren und sämtliche relevanten Armaturendaten in der Skizze einzutragen.
- Komplexe Rohrnetz-Schemata sollten zunächst auf einem Übersichtsblatt vorskizziert und proportioniert werden.
- Im Grundrissplan einskizzierte Rohrführungen sind hilfreich für die Erstellung des Schemas sowie zur Ermittlung der Rohrlängen.

## 4.2.5 Phase G: Systemauslegung

### Schritt G.1: Ermittlung der Rücklauftemperaturen und Bewertung der Verteilung

➤ Checkliste: Anhang 1 G

➤ Excel-Tool      Datei      LHO Phase G Systemauslegung.xls  
Tabellen      G.1 VL RL Temperaturen

Die Auslegung des Wärmeverteilsystems erfolgt in Excel-Tabelle „G.1 VL RL Temperaturen“.

Die nachfolgenden Vorgaben müssen aus den vorangegangenen Excel-Tabellen „D.1 Raumliste“ und „E.2 HK-Übersicht“ übertragen werden (Namen und Zahlenwerte sind Beispiele):

Raum Nr	Stockwerk	Bezeichnung	Raumheizlast	Summe Leistung Heizkörper	Solltemperatur
			Watt	Watt	°C
1	EG	Eingang	1.899	1.801	18

Der Tabelle ist ein Iterationsverfahren hinterlegt, das, ausgehend von der vorgegebenen Vorlauftemperatur (gelb hinterlegtes Eingabefeld), die Rücklauftemperatur berechnet. Das Makro kann durch die Tastenkombination <Strg Shift R> gestartet werden.

Die Iteration endet jeweils beim unteren bzw. oberen Extremwert der Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf von 10°C bzw. 30°C. Werden die Extremwerte erreicht, werden die Felder blau (10°C) bzw. gelb (30°C) hinterlegt.

Durch die Variation der Vorlauftemperatur (Feld I7) ist es möglich, eine optimale Auslegung der Wärmeverteilung mit einer

- möglichst tiefen Vorlauftemperatur
- bei einer gleichzeitig maximalen Spreizung zu erreichen.

Begrenzt wird das Verfahren durch eine stetig zunehmende Unterversorgung einzelner Heizkörper (Spalte N). Unterversorgung liegt vor, wenn der Wert kleiner 1 ist. Je kleiner der Wert, umso größer die Unterversorgung. Es liegt im Ermessen des Anwenders, welche Unterdeckung als systemrelevant eingestuft wird. Dies ist in der Regel davon abhängig, welche Bedeutung der unterversorgte Raum bei der Nutzung hat.

Ausgehend von den Temperaturverhältnissen wird der notwendige Volumenstrom für jeden Raum ermittelt (Spalte P).

Massenstromverhältnis (Spalte R) und Produkt Volumenstrom x Rücklauftemperatur (Spalte S) werden als Rechengrößen benötigt.

**Tipps für die Auslegung der Wärmeabgabe und -verteilung:**

- Übliche Auslegungstemperaturen für Standardanlagen in Altbauten mit überdimensionierten Heizkörpern sind 70/55 (Vorlauf/Rücklauf) entsprechend 15 Kelvin Spreizung.
- Je höher die Vorlauftemperatur gewählt wird, desto niedriger wird die Rücklauftemperatur und desto größer wird folglich die Spreizung.
- Werte über 75 °C Vorlauftemperatur sind im allgemeinen nicht erforderlich/sinnvoll.
- Große Spreizungen (über 25 Kelvin) erhöhen die Trägheit der Wärmeabgabe zusehends. Der Heizkörper erreicht erst nach z.B. 2 Stunden Betrieb seine volle Wärmeleistung. Deshalb sollte die max. mittlere Spreizung aller Heizkörper 20 bis 25 Kelvin nicht überschreiten. Einzelne (stark überdimensionierte) Heizkörper werden auf max. 30 Kelvin Spreizung begrenzt, damit deren Trägheit nicht zu groß wird.
- Einzelne (unterdimensionierte) Heizkörper werden auf min. 10 Kelvin Spreizung begrenzt, damit deren Volumenstrom nicht zu groß wird. Hierbei ist die Unterdeckung für den betreffenden Raum zu prüfen. Minderleistungen von 5 bis max. 10 % sind je nach Raum oft verkraftbar.
- Die Vorlauftemperatur ist solange zu erhöhen, dass nur wenige und kleinere Heizkörper unterdimensioniert (10 Kelvin) sind. Unterdimensionierte große Heizkörper führen zu einer starken Volumenstrom-Erhöhung und sind deshalb zu vermeiden!

**4.2.6 Phase H: Ventilauslegung**

Schritt H.1: Dimensionierung der Thermostatventile

Schritt H.2: Ermittlung der Ventileinstellungen

➤ Checkliste: Anhang 1 H

➤ Excel-Tool      Datei      LHO Phase H Ventilauslegung.xls  
                          Tabellen      H.1 THV Dimensionierung  
    H.2 THV Einstellwerte

Schritt H.1 THV Dimensionierung:

Für die Einregulierung der Heizkörper ist es notwendig, die kv-Werte der Heizkörperventile zu ermitteln.

Hierzu werden in Excel-Tabelle „H.1 THV Dimensionierung“ der Druckabfall am Ventil und daraus der kv-Wert ermittelt.

Um die Berechnung durchführen zu können, müssen die nachfolgenden Angaben aus den vorangegangenen Excel-Tabellen „E.2 HK-Übersicht“ und „H.2 Förderhöhe“ übertragen werden (Namen und Zahlenwerte sind Beispiele):

Leistung		Volumenstrom			Druckverlust Letzter Heizkörper			Anbindelänge	
in Watt		in l/h			in mbar			in m	
HK 1	HK 2	Gesamt	HK 1	HK 2	R-Wert	Zuschl.	Netz+HK	HK 1	HK 2
1.801	0	163	163	0	0,2	50%	123	60	0

**Schritt H.2 THV Einstellwerte:**

Mit Hilfe der Produktunterlagen von Ventilherstellern können, in Abhängigkeit von Ventiltyp, Nennweite und berechnetem kv-Wert, die Einstellwerte der Ventile ermittelt werden. Sind im Bestand keine voreinstellbaren Ventile eingebaut, sollte ein Ventiltausch angestrebt werden und die Ventilwerte für die neuen Ventile in die Excel-Tabellen eingetragen werden.

Alle für die Ventileinstellung wesentlichen Informationen, insbesondere die Werte für die Voreinstellung der Ventile, können in Excel-Tabelle „H.2 THV Einstellwerte“ übersichtlich zusammengestellt werden.

**Tipps für die Auslegung der Ventile:**

- Druckabfall am ungünstigsten Thermostatventil (THV): Sollwert 50 mbar, bei großen Volumenströmen Maximalwert 80-100 mbar.
- Die kv-Werte voreinstellbarer Ventile sind für große Heizkörper oft zu klein. In diesem Fall müssen nicht voreinstellbare Ventile eingebaut und der Abgleich ggf. an der Rücklaufverschraubung des Heizkörpers vorgenommen werden.
- Die nach der Auslegung neu ermittelten Ventile sollten vor der Änderung von Einstellwerten eingebaut werden (siehe auch Durchführung des hydraulischen Abgleichs in Kap. 4.3).

**4.2.7 Phase I: Pumpenauslegung**

Schritt I.1: Ermittlung des Volumenstroms
Schritt I.2: Ermittlung der Förderhöhe
Schritt I.3: Auswahl der Pumpe

➤ Checkliste: Anhang 1 I

➤ Excel-Tool      Datei      LHO Phase I Pumpenauslegung.xls  
                          Tabellen      I.1 Heizstränge  
                                               I.2 Förderhöhe  
                                               I.3 Pumpenauswahl

Werden mit den Pumpen mehrere Gebäudebereiche versorgt, ist es sinnvoll, sich zunächst einen Überblick über die einzelnen Bereiche zu verschaffen.

Hierzu können die Excel-Tabellen „I.1 Heizkreise“ und Tabelle „I.2 Förderhöhe“ genutzt werden.

**Schritt I.1 Heizkreise:**

Die nachfolgenden Angaben sollten für jeden Gebäudebereich eingetragen bzw. aus den vorangegangenen Excel-Tabellen „D.1 Raumlisse“, „D.4 Heizlast“ und „G.1 VL RL Temperaturen“ übertragen werden (Namen und Zahlenwerte sind Beispiele):

Anzahl Räume	beheizte Fläche	Heizlast	spez. Heizlast	Vorlauf	Rücklauf	Spreizung	Volumenstrom
[ ]	[m²]	[W]	[W/m²]	[°C]	[°C]	[K]	[l/h]
18	684	52.574	77	70	52	18	2.557

Der von der Pumpe zu bewältigende Volumenstrom ergibt sich aus der Addition der Einzelvolumenströme der von der Pumpe versorgten Bereiche. Diese Addition ist in der Excel-Tabelle aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Kombinationsmöglichkeiten nicht hinterlegt, kann aber auf einfache Weise (entsprechende Excel-Kenntnisse vorausgesetzt) nachgetragen werden.

### Schritt I.2 Förderhöhe:

Um über die Druckverluste die notwendige Förderhöhe der Pumpe zu ermitteln, ist es notwendig, die nachfolgenden Werte vorzugeben (Namen und Zahlenwerte sind Beispiele):

R-Wert Netz	Längster Strang	zzgl. Einzelwiderstände	Druckverlust Sondereinbauten	Ventilautorität
[mbar/m]	[m]	[%]	[mbar]	[ ]
0,2	91	50%	150	0,25

Während die Länge des längsten Strangs aus der Excel Tabelle „F.3 HK-Netz“ entnommen werden kann, müssen die R-Werte des Verteilungsnetzes, die Einzelwiderstände, die Druckverluste der Sondereinbauten und die Ventilautorität aufgrund der realen Gegebenheiten abgeschätzt werden. Hierzu ist ein gewisses Erfahrungswissen unerlässlich.

Beispielhafte R-Werte für Verteilleitungen sind:

knapp dimensioniert	2,0 mbar/m
normal dimensioniert	1,0 mbar/m
großzügig dimensioniert (in Altbauten häufig)	0,5 mbar/m
Schwerkraftheizungen	0,2 mbar/m

Die prozentuale Angabe von Einzelwiderständen ermöglicht, die Art des Verteilungsnetzes (Anzahl von Bögen, T-Stücke, Fittinge) zu berücksichtigen.

Beispielhafte Druckverluste von Sondereinbauten sind:

Absperrventil	5-30 mbar
3-Wege-Ventil/-Mischer	50-100 mbar
Schmutzfänger (sauber)	10-30 mbar
Rückschlagventil/-klappe	20-50 mbar
Wärmezähler	50-150 mbar
Heizkessel (bodenstehend)	10-50 mbar

Beispielhafte Ventilautoritäten sind:

theoretisch optimal	1,0
bei Gesamtdruckdifferenz (Ventil+Netz) <100 mbar	0,5
bei Gesamtdruckdifferenz (Ventil+Netz) 100-200 mbar	0,25-0,5
bei Gesamtdruckdifferenz (Ventil+Netz) >200 mbar	0,15-0,25

### Schritt I.3 Pumpenauswahl:

In der Excel Tabelle „H.3 Pumpenauswahl“ können die Parameter, die für die Auswahl einer neuen Pumpe benötigt werden, eingetragen werden.:

Berechnet		Auslegungsgrundlage		Bestand	
Volumenstrom	notwendige Förderhöhe	Volumenstrom	notwendige Förderhöhe	Pumpe ist	P ist
[l/h]	[m]	[m³/h]	[m]		(W)
2.556	2,7	3,0	2,0	Top E 50/1-6	170

Bei der Auswahl der Pumpe mit Hilfe von Volumenstrom und notwendiger Förderhöhe ist es sinnvoll, die Gesamtsituation zu berücksichtigen. In vielen Fällen ist es möglich, die berechneten Werte zu unterschreiten. Auch hier ist ein gewisses Fach- und Erfahrungswissen hilfreich.

### Tipps für die Auslegung der Pumpen:

- Der notwendige Pumpen-Förderstrom kann i.d.R. kleiner als die Summe der Auslegungsvolumenströme der Heizsysteme gewählt werden, weil einerseits nicht alle Räume gleichzeitig voll genutzt werden und andererseits zusätzliche innere Wärmequellen wie Beleuchtung, Personen, Elektrogeräte etc. vorhanden sind.
- Auch die in der Heizlast-Berechnung enthaltene Aufheizleistung stellt eine gewisse Reserve dar, sofern im Auslegungsfall (wenige Tage im Jahr) auf eine Nachtabenkung verzichtet wird.
- Umwälzpumpen knapp dimensionieren, da diese zumeist in Teillast laufen und deren Wirkungsgrad bei max. Drehzahl am höchsten ist.
- Die nach der Auslegung neu ermittelten Pumpen sollten vor der Änderung von Einstellwerten eingebaut werden (siehe auch Durchführung des hydraulischen Abgleichs in Kap. 4.3).
- Falls die Pumpen nicht sofort getauscht werden können (z.B. weil sie noch nicht alt genug sind), sollte in jedem Fall vor Ort an der Pumpe ein Hinweis angebracht werden, welche Pumpe im Falle des Austauschs einzubauen ist. Damit vermeidet man die häufig anzutreffende Praxis, dass bei einem Pumpendefekt und damit erforderlichem schnellen Pumpentausch eine gleich groß dimensionierte Pumpe wie vorher eingebaut wird.

## 4.3 Durchführung Hydraulischer Abgleich

### 4.3.1 Phase J: Ausschreibung, Vergabe, Ausführung

Schritt J.1: Ausschreibungstexte
Schritt J.2: Vergabe und Ausführung Hydraulischer Abgleich

➤ Checkliste: Anhang 1 J

➤ Excel-Tool      Datei      LHO Phase J Ausschreibungstexte.xls  
Tabelle      J.1 Ausschreibungstexte

#### Schritt J1:

Nach der Planung des hydraulischen Abgleichs und der Berechnung der Einstellwerte müssen die auszutauschenden Komponenten (z.B. Ventile, Pumpen) und die erforderlichen Dienstleistungen zusammengestellt werden. Dazu werden alle durchzuführenden Leistungen für den hydraulischen Abgleich in einer Leistungsbeschreibung zusammengefasst (siehe Tabelle „J.1 Ausschreibungstexte“).

#### Schritt J2:

Nach Planung und Ausschreibung kann die Vergabe des hydraulischen Abgleichs erfolgen.

Alte Anlagenkomponenten (Heizkörperventile und Pumpen) werden soweit erforderlich ausgetauscht und in einem zweiten Schritt entsprechend den berechneten Auslegungswerten eingestellt.

#### **Tipps für die Ausschreibung und Durchführung:**

- An Stelle des Komplettaustausch der Thermostatventile können in vielen Fällen lediglich die Ventileinsätze ersetzt werden. Die Ventil-Hersteller bieten hierfür voreinstellbare Austausch-Einsätze an. Mit Hilfe spezieller Werkzeuge ("Schleusen") lässt sich der Austausch sogar bei gefüllter Anlage vornehmen. Dies spart Montagezeit und senkt die Kosten.
- Die Voreinstellung bzw. Nachregulierung der Thermostatventile kann ggf. in Eigenregie z.B. durch den Hausmeister erfolgen. Dadurch können die Kosten reduziert werden und der Hausmeister wird mit der Materie vertraut und kann später eigenständig die Optimierung des hydraulischen Abgleichs vornehmen.
- Eine gute und übersichtliche Dokumentation ist angesichts der Vielzahl der Einstellwerte sehr wichtig. Die Einstelllisten sind bei den späteren Nachregulierungen sorgfältig nachzuführen, damit bleiben sämtliche Änderungen nachvollziehbar und können ggf. wieder korrigiert werden.

### 4.3.2 Phase K: Information, Kontrolle und Optimierung

Schritt K.1: Information
Schritt K.2: Kontrolle
Schritt K.3: Optimierung

- Checkliste: Anhang 1 K
- Excel-Tool: kein Tool erforderlich

Schritt K.1: Information Durch den hydraulischen Abgleich ändert sich die Wärmeverteilung im Gebäude. Die Nutzer sollten darüber informiert werden und auf eventuell mögliche Besonderheiten (z.B. Unterversorgung einzelner Räume) hingewiesen werden. Auch die Nutzung der Thermostatventile und die zugrunde gelegten Raumtemperaturen sollten den Nutzern bekannt sein.

Zur Unterstützung können den Nutzern Sekunden-Thermometer zur Überprüfung der Raumtemperaturen ausgehändigt und die zuständigen Ansprechpersonen mitgeteilt werden.

#### Schritt K.2: Kontrolle

Nach der Durchführung von Installations- und Optimierungsmaßnahmen müssen die eingebauten Komponenten (Pumpen, Strangregulierventile, Thermostatventile, Rücklaufverschraubungen) und deren Einstellwerte überprüft werden. Dazu können beispielsweise die einzelnen Excel-Tabellen ausgedruckt und die entsprechenden Einstellungen abgehakt werden.

Ebenso sollte überprüft werden, ob der hydraulische Abgleich erfolgreich durchgeführt wurde. Dies lässt sich daran erkennen, wenn

- in allen Räumen die gewünschte Raumtemperatur erreicht wird und an allen Heizkörpern und am Hauptverteiler möglichst niedrige Rücklauftemperaturen festgestellt werden
- keine Geräusche im Heizungsnetz und an den Heizkörpern auftreten
- eine geringe Pumpenförderrhöhe ausreicht, um die Wärmeversorgung sicherzustellen.

#### Schritt K.3: Optimierung

Durch die hydraulische Optimierung können sich andere Einstellparameter an der Heizungsregelung (z.B. Heizkurve, Länge der Aufheizzeit) ändern. Diese Parameter sind im Anschluss an die hydraulische Optimierung unbedingt neu einzustellen. Insbesondere, wenn durch die hydraulische Optimierung die Vorlauftemperaturen über die Heizkurve verringert werden können, ergeben sich zusätzliche Energieeinsparungen.



**Tipps für die Information und Kontrolle:**

- Eine frühzeitige Information und Einbeziehung der Nutzer ist sehr zu empfehlen. Insbesondere der Hausmeister spielt hierbei eine zentrale Rolle. Er bedient und überwacht die Heizungsanlage, ist Anlaufstelle für Beschwerden und kennt die Eigenheiten des Gebäudes und das Verhalten der Heizungsanlage in aller Regel am besten.
- Eine Kontrolle und Überprüfung der Ergebnisse des durchgeführten hydraulischen Abgleichs ist unerlässlich. Aufgrund der vielen Berechnungsparameter und der getroffenen Annahmen (Dämmwerte, Rohrführung, Rohrdimensionen, Druckverluste der Einzelwiderstände etc.) stellen die ermittelten Einstellwerte lediglich eine Näherung dar.
- Die Überprüfung sollte bei kalter Witterung (Außentemperaturen unter 10 °C) und zeitnah nach der Durchführung bzw. am Anfang der Heizperiode stattfinden.

## **5 ANHANG**

Anhang 1: Checklisten A bis K

## **6 ANLAGEN**

- Excel-Tool mit Excel-Dateien „LHO Phase A bis J ... .xls“
- Beispieldaten mit Excel-Dateien „Beispiel LHO Phase A bis J ... .xls“

## **Anhang 1 A: Gebäudeübersicht**

### **Schritt A.1: Gebäudebestand**

Zusammenstellung aller öffentlicher Liegenschaften (Haupt- und Nebengebäude) mit

- ✓ Objektnummer
- ✓ Objektbezeichnung
- ✓ Baujahr
- ✓ Flächen
- ✓ Heizenergieverbrauch (damit Ermittlung des spezifischen Energieverbrauchs)
- ✓ Vergabe einer Priorität 1 bis 9

### **Schritt A.2: Gebäudeauswahl**

Erfassung von technischen Details für die Objekte mit Priorität 1

- ✓ Baujahr von Kessel 1 und ggf. Kessel 2
- ✓ Charakteristik Verteilungssystem (ursprünglich Schwerkraft / geschlossen / offen)
- ✓ Heizkessel (Brennwert / Niedertemperatur / Gebläsebrenner / atmosphärischer Brenner)
- ✓ Anzahl der Verteiler
- ✓ Anzahl der Standardpumpen
- ✓ Anzahl der Heizkreise
- ✓ Anzahl der Heizkörper
- ✓ Fläche Fußbodenheizung
- ✓ Luftmenge der Lüftungsanlagen
- ✓ Hinweise und Bemerkungen

Bewertung der Objekte mit Hilfe von Bewertungspunkten

Vorauswahl von geeigneten Gebäuden

## **Anhang 1 B: Bewertung Wärmeverteilung**

### **Schritt B.1: Messung der Temperaturspreizung am Hauptverteiler**

Erfassung der Kessel Vor- und Rücklauftemperatur über einen Zeitraum von 10 Tagen

- ✓ Aufnahme der Heizkurve
- ✓ Ermittlung und Darstellung der Temperaturspreizung in Relation zur Außentemperatur
- ✓ Auswahl von Gebäuden mit unzureichender Temperaturspreizung

### **Schritt B.2: Messung der Temperaturspreizung an den einzelnen Heizkreisen**

Erfassung der Vor- und Rücklauftemperaturen an den einzelnen Heizkreisen über einen Zeitraum von 10 Tagen

- ✓ Aufnahme der Verteiler mit Pumpen und Armaturen
- ✓ Ermittlung und Darstellung der Temperaturspreizung in Relation zur Außentemperatur
- ✓ Auswahl eines Gebäudes

## **Anhang 1 C: Unterlagen**

**Schritt C.1: Bestandsunterlagen**

Zusammenstellung aller Objektunterlagen

- ✓ Architektenpläne
- ✓ Bauteilbeschreibungen
- ✓ Revisionspläne Heizung, Lüftung

**Schritt C.2: Verbrauchswerte**

Sichtung und subjektive Bewertung der Verbrauchswerte der letzten Jahre

- ✓ Heizung
- ✓ Strom

**Schritt C.3: Abstimmungsgespräche**

Abstimmung mit Personen die sich mit dem Gebäude und den technischen Anlagen auskennen

- ✓ Hausmeister
- ✓ Gebäudenutzer
- ✓ Mitarbeiter der Verwaltung

## **Anhang 1 D: Heizlast**

### **Schritt D.1: Erstellung einer Raumliste**

Erfassung aller Räume für jeden Gebäudeabschnitt bzw. Heizungsstrang

- ✓ Raumbezeichnung
- ✓ Raumnummer und Stockwerk
- ✓ Raumgeometrie (Länge, Breite, Höhe)
- ✓ Raumtemperatur (Sollwert)

Es wird empfohlen, die Raumtemperaturen mit den Nutzern abzustimmen, da eine nachträgliche Änderung einen direkten Einfluss auf die gesamte Auslegung hat.

### **Schritt D.2: Aufnahme der Gebäudehülle**

Ermittlung der U-Werte (Wärmedurchgangswiderstände) der Außenbauteile

- ✓ Außenwände
- ✓ Dach
- ✓ Boden
- ✓ Fenster
- ✓ Innenwände

### **Schritt D.3: Ermittlung der spezifischen Heizlasten**

Ermittlung für jeden Raum unter Berücksichtigung der

- ✓ Außenbauteile
- ✓ Flächen
- ✓ Raumtemperaturen

mit Hilfe von geeigneten Berechnungsprogrammen

### **Schritt D.4: Ermittlung der Heizlast**

Ermittlung für jeden Raum unter Berücksichtigung der

- ✓ Spezifischen Heizlast
- ✓ Raumfläche

Die Summe der Heizlasten aller Räume ergibt die Heizlast des Heizstrangs

### **Schritt D.5: Kontrolle der spezifischen Heizlasten**

mit Hilfe der grafischen Übersicht

## **Anhang 1 E: Heizflächen**

### **Schritt E.1: Aufnahme der Heizkörper**

Benötigt werden Angaben zum

- ✓ Hersteller und Typ
- ✓ Bauhöhe und Baulänge
- ✓ Ventil (Größe, Form und Einbausituation)
- ✓ Verschraubung (Größe und Einbausituation)

Es können bis zu 4 Heizkörper in jedem Raum erfasst werden.

### **Schritt E.2: Erstellung einer Heizkörperliste**

- ✓ Zusammenstellung der Heizkörperleistungen

### **Schritt E.3: Kontrolle Verhältnis Heizlast zu Heizkörper-Leistungswerten**

mit Hilfe der grafischen Übersicht

- ✓ Prüfung der Heizkörper-Leistungswerte (Normwerte 75/65/20) im Verhältnis zur Heizlast

## **Anhang 1 F: Rohrnetz**

### **Schritt F.1: Erfassung des Heizkreisverteilers**

Skizzenhafte Aufnahme der Heizkreise mit

- ✓ Vorlauf
- ✓ Rücklauf
- ✓ Einbaukomponente Pumpen, Mischer, Ventile

und Dokumentation von

- ✓ Pumpen (Hersteller, Typ, Betriebsart, Leistung, Volumenstrom )
- ✓ Ventile (Hersteller, Typ, kvs-Werte)

### **Schritt F.2: Darstellung des Verteilungsnetzes**

Skizzenhafte Erstellung eines Strang-Schemas

- ✓ Leitungsweg
- ✓ Raum- und Heizkörpernummer
- ✓ Entfernung ab Verteiler

### **Schritt F.3: Ermittlung der Anbindungslängen**

In jedem Gebäudebereich bzw. Heizungsstrang wird mit einem Makro <Strg Shift I> für jeden Heizkörper die Anbindungslänge ermittelt

## **Anhang 1 G: Systemauslegung**

### **Schritt G.1: Ermittlung der Rücklauftemperaturen und Bewertung der Verteilung**

Berechnung der Rücklauftemperaturen durch Variation der Vorlauftemperatur unter Berücksichtigung von

- ✓ Raumtemperatur
- ✓ Heizlast
- ✓ vorhandenem Heizkörper(n)

Die Berechnung der Rücklauftemperaturen kann über das Makro <Strg Shift r> gestartet werden. Die Spreizung zwischen Vor- und Rücklauftemperatur wird automatisch begrenzt von 10 bis 30 Kelvin.

Zur Beurteilung der Verteilung stehen die nachfolgenden Parameter zur Verfügung

- ✓ Raumheizlast
- ✓ Heizkörperleistungen (Normauslegung 75/65/Solltemperatur)
- ✓ Spreizung
- ✓ Verhältnis Heizkörperleistung zu Heizlast
- ✓ Unterschreitung der errechneten Heizlast
- ✓ Volumenstrom
- ✓ Massenstromverhältnis (in Relation zum ersten Heizkörper !)
- ✓ Wärmeübertragungskennwert (Verhältnis „Spreizung Vorlauf Rücklauf“ zu „Spreizung Vorlauf Solltemperatur“)

## **Anlage 1 H: Ventilauslegung**

### **Schritt H.1: Erstellung einer Heizkörperliste**

Für jeden Gebäudebereich bzw. Heizungsstrang wird eine Zusammenstellung von Heizkörper-Parametern erstellt. Diese beinhaltet

- ✓ Leistung
- ✓ Volumenstrom
- ✓ Druckverlust letzter Heizkörper
- ✓ Anbindelänge
- ✓ Druckabfall am Ventil
- ✓ kv-Wert Thermostatventil

### **Schritt H.2: Erstellung einer Ventilliste**

Für jeden Gebäudebereich bzw. Heizungsstrang wird eine Zusammenstellung der Ventile und deren Einstellwerten erstellt. Diese beinhaltet

- ✓ Kv-Wert
- ✓ Nennweite
- ✓ Voreinstellwert THV (mit Hilfe von Herstellerangaben)

## **Anlage 1 I: Pumpenauslegung**

Zur Beurteilung des Gesamtsystems werden in einer Tabelle die Betriebswerte der einzelnen Heizkreise zusammengestellt.

### **Schritt I.1: Ermittlung des Volumenstroms**

- ✓ mit Hilfe der Gesamtfläche und der Gesamtheizlast (Summenwerte der von jedem Heizstrang versorgten Gebäudebereiche) wird die mittlere Heizlast ermittelt.
- ✓ die Vor- und Rücklauftemperatur dargestellt und die Spreizung ermittelt
- ✓ das Gesamtfördervolumen von jedem Heizstrang ermittelt (Summenwerte der einzelnen Raumwerte)

### **Schritt I.2: Ermittlung der Förderhöhe**

Die Druckverluste in jedem Heizungsstrang werden zusammengefasst und die notwendigen Förderhöhen ermittelt. Berücksichtigt werden Druckverluste

- ✓ in der Anbindung (längster Anbindungsstrang)
- ✓ durch Einzelwiderstände
- ✓ durch Sondereinbauten
- ✓ am Heizkörperventil in Abhängigkeit der Ventilautorität

Sofern notwendig können durch den Einbau von Strangreguliertventilen definierte Druckverhältnisse in einzelnen Versorgungsbereichen geschaffen werden.

### **Schritt I.3: Auswahl der Pumpe**

Auf Grundlage der ermittelten Volumenströme und Förderhöhen können für jeden Bereich die geeigneten Pumpe ausgewählt werden.

- ✓ Auswahl einer für die Anwendung geeigneten Energiesparpumpe aus den Produktunterlagen von Pumpenherstellern



## **Anlage 1 J: Ausschreibung, Vergabe, Ausführung**

### **Checklisten Phase J:**

#### **Schritt J.1: Ausschreibungstexte**

Für die Ausschreibung wurden in der Excel Tabelle „J.1 Ausschreibungstexte“ standardisierte Ausschreibungstexte vorformuliert. Diese müssen jedoch entsprechend der Vor-Ort-Situation angepasst werden.

## **Anlage 1 K: Information, Kontrolle und Optimierung**

#### **Schritt K.1: Information der Nutzer**

Durch den hydraulischen Abgleich ändert sich die Wärmeverteilung im Gebäude. Dabei kann nicht ausgeschlossen werden, dass es auch zu einer Unterversorgung einzelner Räume kommen kann.

Deshalb ist es sinnvoll

- ✓ die Nutzer rechtzeitig zu informieren
- ✓ Sekunden-Thermometer zur Überprüfung der Raumtemperaturen auszuhändigen
- ✓ Ansprechpersonen mitzuteilen

#### **Schritt K.2: Kontrolle**

Nach der Durchführung von Installations- und Optimierungsmaßnahmen müssen die eingebauten Komponenten und deren Einstellwerte überprüft werden

- ✓ Pumpen
- ✓ Strangreguliertventile
- ✓ Thermostatventile
- ✓ Rücklaufverschraubungen

Ob der hydraulische Abgleich erfolgreich durchgeführt wurde lässt sich daran erkennen, wenn

- ✓ in allen Räumen die gewünschte Raumtemperatur erreicht wird und an allen Heizkörpern und am Hauptverteiler möglichst niedrige Rücklauftemperaturen festgestellt werden
- ✓ keine Geräusche
- ✓ geringe Pumpenförderhöhe

#### **Schritt K.3: Optimierung**

Eine weitere Optimierung der Wärmeverteilung kann erreicht werden durch

- ✓ eine schrittweise Absenkung der Vorlauftemperaturen über die Heizkurve