

# **Vereinfachung des Berechnungs- verfahrens von Rohrleitungslängen für eine Fortschreibung der DIN V 18599 Teil 5 und 8**

Kurzbericht

## **Forschungsprogramm**

Zukunft Bau

## **Projektlaufzeit**

02. November 2009 bis 14. Mai 2010

## **Aktenzeichen**

10.08.17-09.36

## **im Auftrag**

des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)  
sowie des Bundesamtes für Bauwesen und Raumentwicklung (BBR)

## **bearbeitet von**

Dr.-Ing. Kati Jagnow, Ingenieurbüro für Energieberatung, Braunschweig  
Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz, ITG, Dresden  
Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Ostfalia Hochschule, Wolfenbüttel

# Allgemeine Projektinformationen

Einen Überblick über die Bearbeiter des Projekts sowie eine Zusammenstellung beteiligter Einrichtungen und Institutionen gibt der folgende Abschnitt.

## Projektbearbeiter

Dr.-Ing. Kati Jagnow  
Ingenieurbüro für Energieberatung  
Albertstraße 3  
38124 Braunschweig

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff  
B. Eng. Philipp Greschak  
B. Eng. Florian Kaß  
Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften  
- Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel –  
Institut für energieoptimierte Systeme - EOS  
Salzdahlumer Straße 46/48  
38302 Wolfenbüttel

Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz  
B. Eng. Markus Jost  
Dipl.-Ing. Jens Rosenkranz  
M. Eng. Bernadetta Winiewska  
ITG Dresden  
Bayreuther Str. 29  
01187 Dresden

## Dank an Beteiligte

Es wird allen beteiligten Planungsbüros und Bauämtern sowie Mitarbeitern von Bauabteilungen der beteiligten Kommunen, Hochschulen, Krankenhäuser und Krankenkassen, Hotels, Produktionsbetrieben, Wohnbaugesellschaften und sonstigen kirchlichen und privaten Einrichtungen herzlich für Ihre Mithilfe gedankt. Ohne sie hätte die Datenbasis nicht so breit aufgestellt werden können.

Aus Gründen des erwünschten Datenschutzes für einzelne Objekte werden die Objektdaten und Datenlieferanten nicht näher benannt.

# Kurzzusammenfassung

Bei der energetischen Bewertung von Gebäuden mit dem Ziel des öffentlich-rechtlichen Nachweises für ein Bauantragsverfahren, einer Energieausweiserstellung oder einer Energieberatung werden neben vielen anderen Einflussgrößen auch Wärmeverteilnetze betrachtet. Das EnEV-relevante Rechenverfahren für Nichtwohngebäude beschreibt die Norm DIN V 18599 "Energetische Bewertung von Gebäuden". Für Wohnbauten gilt parallel die DIN V 4701-10.

Aus Gründen der Vereinfachung bei der Datenerhebung können nach dieser Norm Leitungslängen aus charakteristischen geometrischen Daten (Längen, Breiten usw.) des zu bewertenden Gebäudes abgeleitet werden. Diese Vorgehensweise der Leitungslängenabschätzung bietet sich in frühen Vorplanungsphasen an, aber auch im Gebäudebestand bei einer Grobanalyse.

Derzeit besteht jedoch das Problem, dass die in der DIN V 18599 vorhandenen Formeln einerseits auf teilweise aufwändig zu ermittelnden Grunddaten basieren, was die Berechnung bzw. Datenerhebung verkompliziert, andererseits nicht praxisrelevante Ergebnisse für etliche Gebäudetypen liefert. Ziel des Projektes ist, die in der DIN V 18599 vorhandenen Formelzusammenhänge zur Leitungslängenbestimmung für Trinkwarmwassernetze, Heizungsnetze und die Wärmeversorgung von RLT-Anlagen zu bestätigen, zu modifizieren oder sinnvoll zu ergänzen. Parallel werden auch die Ansätze der DIN V 4701-10 für Wohnbauten überprüft.

Das Projektziel soll primär durch die Auswertung von Praxisprojekten und den dort real installierten Leitungslängen erreicht werden. Aus den Realgebäuden werden Typgebäude bzw. Typnetze abgeleitet, für die repräsentative Formelzusammenhänge angegeben werden können.

## Vorgehensweise

Zunächst wurden 76 Gebäude verschiedenster Nutzungen ausgesucht, deren Merkmale anhand eines Erfassungsbogens aus Plänen, ggf. einer Sichtung vor Ort sowie aus vorhandenen Fachplanungen entnommen werden konnten. Die Datenerfassung bei den Bestandsanlagen umfasste insgesamt über 60 Einzelkennwerte je Objekt. Aufgenommen wurden allgemeine Daten, Gebäude- und Geometriedaten, Kennwerte zur Heizungs- und Trinkwarmwasserversorgung sowie zum ggf. vorhandenen RLT-Anschluss. Ergänzt wurde die sich ergebende Datenbank um die Leitungslängen, welche sich für das Objekt nach der DIN V 18599 und der DIN V 4701-10 ergeben hätten. Es resultiert eine Tabelle mit insgesamt 85 Spalten.

Die Tabelle der realen Gebäude wurde um Typgebäude und deren Grunddaten ergänzt. Ziel war, den Umfang der Stichprobe deutlich zu erhöhen. Hierbei wurden die Realgebäude fiktiv in der Baugröße (Höhe, Länge, ggf. Breite) und im Netztyp geändert und jeweils wieder alle 85 Grunddaten bestimmt. Insgesamt sind nach diesem Schema 551 Datensätze erzeugt worden.

Anschließend wurden Einzelgebäude zu Gebäudegruppen zusammengefasst, sofern ähnliche Verteilnetzstrukturen erkennbar waren. Es resultieren für die Heizung und die Trinkwarmwasserbereitung jeweils 3 bis 5 Gebäudegruppen mit jeweils ähnlichen Netzen.

Zur Ableitung von Formeln wurden maximal zwei bauliche Parameter (Flächen, Längen, Höhen, Umfang, Volumen usw.) festgelegt, welche für die jeweils installierte Leitungslänge repräsentativ sind; es wurde in verschiedene Netztypen unterschieden und jeweils mit einer separaten Formel Ansätze für Verteilleitungen, Steigestränge und Anbindeleitungen formuliert.

Es wurden dabei verschiedene Formeltypen getestet. Die generelle Vorgehensweise war dabei folgende:

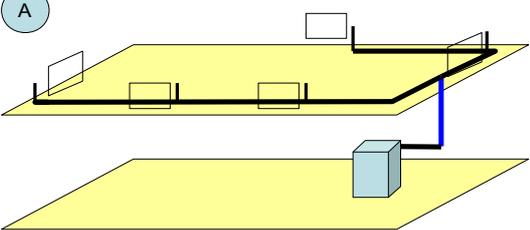
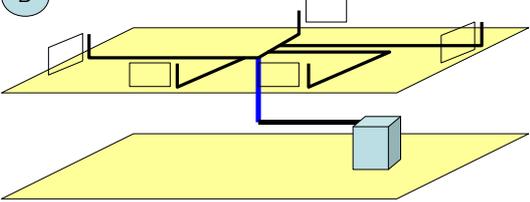
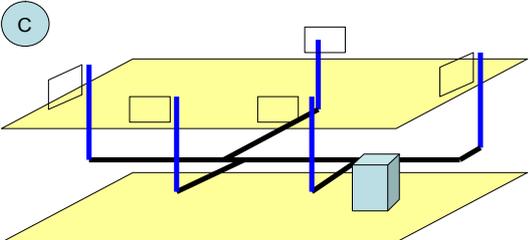
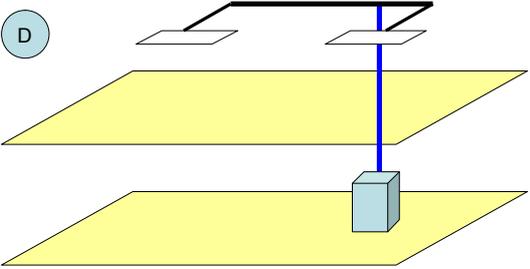
- es wurde ein Formeltyp angegeben, der nur auf Basis der Nettogrundfläche oder einer einzelnen anderen Ausgangsgröße basiert – hier ist von einer nicht so hohen Annäherung auszugehen, jedoch von einer einfachen Handhabbarkeit,
- ein zweiter Formeltyp wurde in Anlehnung an die derzeit bestehende Ausgangsformel oder Ausgangsformeln der DIN V 18599 erstellt – die Annäherung ist größer, es ergibt sich insgesamt jedoch ein komplexer mathematischer Zusammenhang,
- der dritte Formeltyp wird mit möglichst hoher Regression entwickelt, wobei er mathematisch in der Regel noch komplexer ist (in dieser Rubrik gab es viele Testversuche, die nicht weiter verfolgt wurden, da Formeln im Extremfall zu negativen Werten geführt haben)

Für die Trinkwarmwassernetze wurden die Kennwerte jeweils einmal erarbeitet anhand der Geometriedaten des gesamten Objektes und zum zweiten auf Basis der Daten des Sanitärbereiches. Die sich ergebenden zwei Formelsätze sind verwendbar für die Abschätzung bei Ein- bzw. Mehrzonenmodellen.

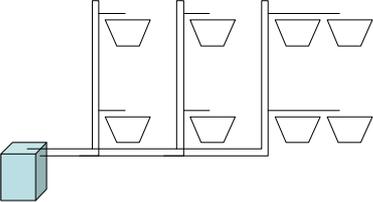
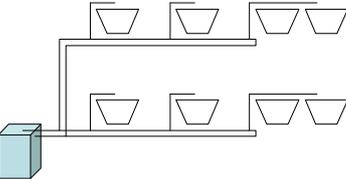
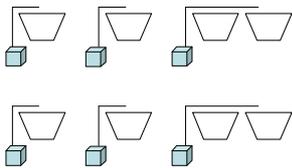
Jeweils ein Formelansatz wurde als zielführend für die künftige Normung gewählt. Hinsichtlich der Formelgenauigkeit wurden zwei Aspekte kombiniert: zum einen sollten die Rohrabschnitte eines Netzes (Anbindung, Steigleitungen, Verteilung) jeweils einzeln gut nachgebildet werden, andererseits sollte auch die Gesamtleitungslänge für ein typisches „mittleres“ Gebäude passen.

## **Netztypen**

Für Heizungsanlagen wurden insgesamt vier Netztypen identifiziert, denen eine Realanlage zugeordnet werden kann, siehe Tabelle 1. Trinkwasseranlagen können einem von drei Netztypen zugeordnet werden, siehe Tabelle 2. Für die RLT-Versorgung wird nicht in unterschiedliche Netztypen unterschieden.

Skizze	Erläuterung und Hinweise
<p style="text-align: center;">- Etagenringtyp -</p> <p>(A)</p>  <p>lange Verteilebene wenige Steigestränge kurze Anbindeleitungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grundprinzip: Verteilung entlang des Gebäudeumfangs</li> <li>▪ weitere Ebenen sehen so aus wie die gezeichnete</li> <li>▪ entgegen der Skizze kann es auch mehrere Steigestränge in der Ebene geben</li> <li>▪ entgegen der Skizze kann im Keller auch eine größere Verteilung vorhanden sein sowie der Erzeuger auch oben oder im beheizten Bereich angeordnet sein</li> <li>▪ als Verteilung zählt: die waagerechte Ebene ab Erzeuger sowie die waagerechte Ebene aller Etagen</li> <li>▪ als Steigestränge zählen die senkrechten Leitungen zur Überwindung der Geschosshöhe</li> <li>▪ als Anbindeleitung zählen die Rohre ab dem Etagenring</li> </ul>
<p style="text-align: center;">- Typ Etagenverteiler -</p> <p>(B)</p>  <p>kurze Verteilebene wenige Steigestränge lange Anbindeleitungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grundprinzip: Verteilung über lokale Verteiler im Bodenaufbau (häufig auch als Spaghettiverteilung bezeichnet)</li> <li>▪ weitere Ebenen sehen so aus wie die gezeichnete</li> <li>▪ entgegen der Skizze kann statt der Heizkörper auch eine Fußbodenheizung angeordnet sein, wobei die Anbindeleitungen dann entfallen.</li> <li>▪ entgegen der Skizze können die lokalen Verteilpunkte auch jeweils in der Decke liegen</li> <li>▪ entgegen der Skizze kann im Keller auch eine größere Verteilung vorhanden sein sowie der Erzeuger auch oben oder im beheizten Bereich angeordnet sein</li> <li>▪ als Verteilung zählt: die waagerechte Ebene ab Erzeuger</li> <li>▪ als Steigestränge zählen die senkrechten Leitungen zur Überwindung der Geschosshöhe</li> <li>▪ als Anbindeleitung zählen die Rohre ab dem zentralen Verteil- und Sammelpunkt</li> </ul>
<p style="text-align: center;">- Steigestrangtyp -</p> <p>(C)</p>  <p>lange Verteilebene viele Steigestränge kurze Anbindeleitungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grundprinzip: Verteilung über Steigestränge an der Fassade</li> <li>▪ weitere Ebenen sehen so aus wie die gezeichnete</li> <li>▪ entgegen der Skizze kann der Erzeuger auch oben oder im beheizten Bereich angeordnet sein</li> <li>▪ die zentrale Verteilebene kann auch oben liegen</li> <li>▪ als Verteilung zählt: die waagerechte Ebene ab Erzeuger</li> <li>▪ als Steigestränge zählen die senkrechten Leitungen zur Überwindung der Geschosshöhe</li> <li>▪ als Anbindeleitung zählen die Rohre ab dem Steigestrang</li> </ul>
<p style="text-align: center;">- Strahlungs- und Luftheizung -</p> <p>(D)</p>  <p>kurze Verteilebene kurze Steigestränge kurze Anbindeleitungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grundprinzip: Anschluss von Umluftgeräten oder Deckenstrahlungsheizungen</li> <li>▪ weitere Ebenen sehen so aus wie die gezeichnete</li> <li>▪ entgegen der Skizze kann der Erzeuger auch oben oder im beheizten Bereich angeordnet sein</li> <li>▪ als Verteilung zählt: die waagerechte Ebene in der Decke</li> <li>▪ als Steigestränge zählen die senkrechten Leitungen zur Überwindung der Geschosshöhe</li> <li>▪ als Anbindeleitung zählen die Rohre mit denen die Einzelabnehmer an die waagerechte Ebene angeschlossen sind</li> </ul>

**Tabelle 1 Netztypen und Leitungsabschnitte bei Heiznetzen**

Skizze	Erläuterung und Hinweise
<p style="text-align: center;">- Steigestrangtyp-</p> <p style="text-align: center;">(R)</p>  <p>eine Verteilebene waagrecht (mit Zirkulation) mehrere Steigestränge (mit Zirkulation) Anbindung vom Steigestrang kurz typisch bei übereinander liegenden (gleichen) Einheiten</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grundprinzip: Zusammenschluss von baugleichen Etagen</li> <li>▪ weitere Ebenen sehen so aus wie die gezeichneten</li> <li>▪ entgegen der Skizze kann der Erzeuger auch oben oder im beheizten Bereich angeordnet sein</li> <li>▪ die Verteilebene kann auch im beheizten Bereich oder oben angeordnet sein</li> <li>▪ als Verteilleitung zählt: die waagerechte Ebene ab Erzeuger</li> <li>▪ als Steigestränge zählen die senkrechten Leitungen zur Überwindung der Geschosshöhe sowie ggf. waagerechte Rohrstücke hinter dem Steigestrang mit Zirkulation</li> <li>▪ als Anbindeleitung zählen die Rohre ab dem Steigestrang (ohne Zirkulation)</li> </ul>
<p style="text-align: center;">- Ebenentyp-</p> <p style="text-align: center;">(S)</p>  <p>mehrere Verteilebenen waagrecht (mit Zirkulation) ein Steigestrang (mit Zirkulation) Anbindung von der Verteilebene kurz typisch bei versetzt liegenden (unterschiedlichen) Einheiten</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grundprinzip: Ebenenweiser Zusammenschluss</li> <li>▪ weitere Ebenen sehen so aus wie die gezeichneten</li> <li>▪ entgegen der Skizze kann der Erzeuger auch oben oder im beheizten Bereich angeordnet sein</li> <li>▪ die Verteilebene kann auch in jedem Geschoss oben angeordnet sein</li> <li>▪ als Verteilleitung zählt: die waagerechte Ebene ab Erzeuger sowie in den Ebenen</li> <li>▪ als Steigestränge zählen die senkrechten Leitungen zur Überwindung der Geschosshöhe</li> <li>▪ als Anbindeleitung zählen die Rohre ab der Verteilebene (ohne Zirkulation)</li> </ul>
<p style="text-align: center;">- Dezentrale Versorgung-</p> <p style="text-align: center;">(T)</p>  <p>keine Verteilebene kein Steigestrang Anbindung kurz</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grundprinzip: wenige Zapfstellen pro Erzeuger</li> <li>▪ weitere Ebenen sehen so aus wie die gezeichneten</li> <li>▪ es gibt nur Anbindeleitungen zwischen Erzeuger und Zapfstellen</li> </ul>

**Tabelle 2 Netztypen und Leitungsabschnitte bei Trinkwarmwassernetzen**

## Auswertung der Heizungsnetze

Die Auswertung erfolgte auf Basis von 506 Datensätzen. Es wird unterschieden in folgende 5 Gebäudegruppen:

Gruppe	Nutzungen
1: Wohnen	Wohnen, Bürogebäude, Praxen, Hotels, Seminargebäude, Bettzimmer, Wohnheime, Kindergärten, Pflegeheime
2: Schule	Schulen, Veranstaltungshallen, Flughafenhallen, OP-Gebäude, Laborgebäude, Rechenzentrum, Bibliothek, Museum, Theater, Hörsaal
3: Verkauf	Verkaufsgebäude, Küchen, Restaurants, Kantine, auch Fleischerei, Bäckerei, Frisöre
4: Sport	Schwimmhalle, Turnhalle, Umkleiden, auch Umkleidegebäude von Produktionsstätten
5: Produktion	Produktionseinrichtungen, Werkhallen, Werkstätten

**Tabelle 3 Gruppenzugehörigkeiten bei Heizungsnetzen**

Wenn nach obiger Tabelle innerhalb eines Gebäudes mehrere Nutzungen auswählbar sind (Beispiel: Krankenhaus mit Bettzimmer, OP-Gebäude usw.) werden in der Realität voraussichtlich für diese Nutzungen unterschiedliche Heizkreise installiert sein. Die Zuordnung nach Nutzung gilt dann für jeden Heizkreis getrennt. Ist keine eindeutige Zuordnung möglich, weil entweder ein Einzoner vereinfacht berechnet wird oder weil tatsächlich mehrere der o. g. Nutzungen an einem Heizkreis angeschlossen sind, ist die überwiegende Nutzung ausschlaggebend.

### Formeln für die Rohrabschnitte von Zweirohrheizungen mit freien Heizflächen

Die nachfolgenden 4 Tabellen listen die empfohlenen Schätzformeln für die unterschiedlichen Netztypen, Leitungsabschnitte und Gebäudegruppen auf. Die zur Berechnung notwendigen Grunddaten sind in Abschnitt 0 beschrieben.

Gruppe	Verteilung	Steigestränge	Anbindeleitungen
1	$30 \text{ m} + 2,3 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,79}$	$2,56 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,1} + 0,0006 \text{ m}^{-2} \cdot A_{NGF} \cdot H$	$0,06 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,13}$
2	$30 \text{ m} + 1,5 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,79}$	$0,0050 \text{ m}^{-1} \cdot A_{NGF} + 1,50 \cdot [H / \text{m}]^{1,0}$	$0,05 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,00}$
3	$30 \text{ m} + 1,0 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,79}$	$0,0033 \text{ m}^{-1} \cdot A_{NGF} + 0,90 \cdot [H / \text{m}]^{1,2}$	$0,10 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,00}$
4	$30 \text{ m} + 0,8 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,80}$	$0,0003 \text{ m}^{-1} \cdot A_{NGF} + 1,75 \cdot [H / \text{m}]^{0,9}$	$7,10 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,42}$
5	$30 \text{ m} + 1,0 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,79}$	$0,0033 \text{ m}^{-1} \cdot A_{NGF} + 0,90 \cdot [H / \text{m}]^{1,2}$	$7,10 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,42}$

**Tabelle 4 Formeln für die Leitungsabschnitte der A-Netze (Etagenringtyp)**

Gruppe	Verteilung	Steigestränge	Anbindeleitungen
1	$30 \text{ m} + 0,17 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Geschoss}} / \text{m}^2]^{1,05}$	$0,0080 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,12}$	$0,30 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,11}$
2	$30 \text{ m} + 0,45 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Geschoss}} / \text{m}^2]^{0,84}$	$0,0035 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,23}$	$0,17 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,00}$
3, 4	$30 \text{ m} + 0,18 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Geschoss}} / \text{m}^2]^{1,15}$	$0,3000 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,70}$	$0,13 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,20}$
5	$30 \text{ m} + 0,45 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Geschoss}} / \text{m}^2]^{0,84}$	$0,0035 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,23}$	$0,20 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,20}$

**Tabelle 5 Formeln für die Leitungsabschnitte der B-Netze (Etagenverteiltertyp)**

Gruppe	Verteilung	Steigestränge	Anbindeleitungen
1	$30 \text{ m} + 2,6 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Geschoss}} / \text{m}^2]^{0,72}$	$0,008 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,39}$	$0,25 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,00}$
2	$2 \cdot L_{\text{char},V} + 0,022 \text{ m}^{-2} \cdot A_{NGF, \text{Geschoss}} \cdot A_{NGF, \text{Geschoss}} / L_{\text{char},V}$	$0,026 \text{ m} \cdot A_{NGF} \cdot h_G$	$0,02 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,18}$
3	$2 \cdot L_{\text{char},V} + 0,020 \text{ m}^{-2} \cdot A_{NGF, \text{Geschoss}} \cdot A_{NGF, \text{Geschoss}} / L_{\text{char},V}$	$0,042 \text{ m} \cdot A_{NGF} \cdot h_G$	$0,23 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,00}$
4, 5	$2 \cdot L_{\text{char},V} + 0,020 \text{ m}^{-2} \cdot A_{NGF, \text{Geschoss}} \cdot A_{NGF, \text{Geschoss}} / L_{\text{char},V}$	$0,009 \text{ m} \cdot A_{NGF} \cdot h_G$	$2,50 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,65}$

**Tabelle 6 Formeln für die Leitungsabschnitte der C-Netze (Steigestrangtyp)**

Gruppe	Verteilung	Steigestränge	Anbindeleitungen
1	$0,0003 \text{ m} \cdot [A_H / \text{m}^2]^{1,7}$	$0,005 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,21}$	$0,10 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,13}$
2 – 5	$0,0100 \text{ m} \cdot [A_H / \text{m}^2]^{1,2}$	$0,0004 \text{ m} \cdot A_{NGF} \cdot h_G$	$1,12 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,56}$

**Tabelle 7 Formeln für die Leitungsabschnitte der D-Netze (Strahlungs-/Luftheizung)**

Eine detailliertere Auswertung, auch mit Grafiken zu den einzelnen Netzen und Rohrabschnitten ist dem Hauptbericht zu entnehmen.

## Modifikation bei Fußbodenheizungen

Die detaillierte Untersuchung von Leitungslängen bei Fußbodenheizungen wurde nicht vorgenommen. Die frei gewählte Stichprobe der Gebäude enthielt nur in seltenen Fällen Fußbodenheizungen, wobei die Anzahl bei den Nichtwohngebäuden praktisch null betrug. Es kann daher nur folgende Empfehlung ausgesprochen werden: für Fußbodenheizungen ist ein passender Netztyp (und dessen Schätzformeln) anzusetzen, jedoch ohne die Anbindeleitungen.

Auf Basis der in Realobjekten vorgefundenen Anlagen wird davon ausgegangen, dass die meisten Fußbodenheizungen nach dem Netztypen B ausgeführt werden.

## Modifikation bei Einrohrheizungen

Auch Einrohrheizungen wurden nicht untersucht, da dieser Netztyp in der frei gewählten Stichprobe von Gebäuden nicht vorkam. Für die Abschätzung der Leitungslängen werden auf Grundlage von Netzuntersuchungen anderer Projekte (hier ohne Dokumentation) nur folgende Empfehlungen ausgesprochen: sollten Längen bei Einrohrheizungen abgeschätzt werden, sind folgende Modifikationen an den Formeln vorzunehmen:

- Typ A: die Leitungslängen der Verteilung sind zu halbieren, die anderen Rohrabschnitte werden wie bei Zweirohrheizungen angesetzt
- Typ C: die Leitungslängen der Verteilung und der Steigestränge sind zu halbieren, die Anbindeleitungen werden wie bei Zweirohrheizungen angesetzt
- Typ B, D: werden nicht gebaut

## Leistungsanteile im beheizten und unbeheizten Bereich

Die Steigestränge und Anbindeleitungen liegen vollständig im beheizten Bereich. Für die Verteilleitungen gilt Folgendes:

- Typ A: maximal eine Ebene bei einem mehrgeschossigen Gebäude kann außerhalb des beheizten Bereiches liegen (i. d. R. die Kellerebene); die Leitungslängen sollten zunächst berechnet werden und dann anteilig anhand der Anzahl der Geschosse aufgeteilt werden; der Anteil  $1 / n_{\text{Geschoss}}$  aller Leitungen liegt dann im unbeheizten Bereich.
- Typ B, C und D: entweder werden die Verteilleitungen komplett als im beheizten Bereich liegend oder komplett im unbeheizten Bereich bilanziert

## Überschlägige Schätzung von Gesamtleitungen der Zweirohrnetze

Für eine überschlägige Abschätzung der Längen allein auf Basis der Nettogrundfläche können die Ansätze in nachfolgender Tabelle dienen. Die Prozentangaben betreffen die Anteil von Anbindeleitungen (A), Steigesträngen (S) und Verteilleitungen (V) innerhalb der im Projekt untersuchten Stichprobe.

Gruppe	A-Netz	B-Netz	C-Netz	D-Netz
1	$1,57 \text{ m} \cdot [\text{ANGF}/\text{m}^2]^{0,90}$ A: 40 % S: 3 % V: 57 %	$1,08 \text{ m} \cdot [\text{ANGF}/\text{m}^2]^{0,97}$ A: 81 % S: 6 % V: 13 %	$1,63 \text{ m} \cdot [\text{ANGF}/\text{m}^2]^{0,88}$ A: 49 % S: 28 % V: 24 %	$0,45 \text{ m} \cdot [\text{ANGF}/\text{m}^2]^{1,02}$ A: 53 % S: 20 % V: 27 %
2	$4,91 \text{ m} \cdot [\text{ANGF}/\text{m}^2]^{0,68}$ A: 18 % S: 4 % V: 78 %	$2,81 \text{ m} \cdot [\text{ANGF}/\text{m}^2]^{0,73}$ A: 78 % S: 9 % V: 14 %	$4,75 \text{ m} \cdot [\text{ANGF}/\text{m}^2]^{0,69}$ A: 30 % S: 34 % V: 36 %	$1,20 \text{ m} \cdot [\text{ANGF}/\text{m}^2]^{0,79}$ A: 16 % S: 2 % V: 82 %
3	$0,96 \text{ m} \cdot [\text{ANGF}/\text{m}^2]^{0,90}$ A: 28 % S: 4 % V: 68 %	$0,50 \text{ m} \cdot [\text{ANGF}/\text{m}^2]^{1,07}$ A: 80 % S: 3 % V: 17 %	$1,35 \text{ m} \cdot [\text{ANGF}/\text{m}^2]^{0,89}$ A: 51 % S: 16 % V: 34 %	$1,20 \text{ m} \cdot [\text{ANGF}/\text{m}^2]^{0,79}$ A: 16 % S: 2 % V: 82 %
4	$18,6 \text{ m} \cdot [\text{ANGF}/\text{m}^2]^{0,46}$ A: 32 % S: 2 % V: 66 %	$0,50 \text{ m} \cdot [\text{ANGF}/\text{m}^2]^{1,07}$ A: 80 % S: 3 % V: 17 %	$4,01 \text{ m} \cdot [\text{ANGF}/\text{m}^2]^{0,74}$ A: 31 % S: 10 % V: 34 %	$1,20 \text{ m} \cdot [\text{ANGF}/\text{m}^2]^{0,79}$ A: 16 % S: 2 % V: 82 %
5	$0,96 \text{ m} \cdot [\text{ANGF}/\text{m}^2]^{0,90}$ A: 28 % S: 4 % V: 68 %	$0,50 \text{ m} \cdot [\text{ANGF}/\text{m}^2]^{1,07}$ A: 80 % S: 3 % V: 17 %	$1,35 \text{ m} \cdot [\text{ANGF}/\text{m}^2]^{0,89}$ A: 51 % S: 16 % V: 34 %	$1,20 \text{ m} \cdot [\text{ANGF}/\text{m}^2]^{0,79}$ A: 16 % S: 2 % V: 82 %

**Tabelle 8 Formeln für Gesamtleitungslängen Heizung**

## Auswertung der Trinkwarmwassernetze

Die Auswertung erfolgte auf Basis von 386 Datensätzen. Es wird unterschieden in folgende 4 Gebäudegruppen zentral bzw. dezentral versorgter Gebäude:

Gruppe	Nutzungen
1: Wohnen	Wohnen, Bettzimmer, Hotels, Kindergarten, OP-Gebäude, Pflegeheime, Wohnheime
2: Büro	Büro, Praxen, Seminargebäude, Labor, Verkaufseinrichtungen, Restaurants und Küchen, Kantinen, Werkstätten, auch Fleischerei, Bäckerei, Frisöre
3: Hörsaal	Hörsaal, Museum, Schule, Theater, Veranstaltungshallen, Bibliotheken, Flughafengebäude
4: Sport	Schwimmhalle, Turnhalle, Umkleiden, auch Umkleidegebäude von Produktionsstätten

**Tabelle 9 Gruppenzugehörigkeiten bei zentralen Trinkwassernetzen**

Gruppe	Nutzungen
1: Wohnen	Wohnen, Bettzimmer, Hotels, Kindergarten, OP-Gebäude, Pflegeheime, Wohnheime
2d: Praxen	Büro, Labor, Praxen, Verkaufsstätten
3d: Schule	Schule, Seminar, Theater, Bibliothek, Flughafen, Hörsaal, Museum, Veranstaltungshalle
4d: Werkstatt	Werkstätten, Restaurant und Küche, Kantine, auch Fleischerei, Frisör

**Tabelle 10 Gruppenzugehörigkeiten bei dezentralen Trinkwassernetzen (d steht für „dezentral“)**

Die Hinweise zur Zuordnung von Gebäuden und Nutzungen innerhalb von Gebäuden zu Heizungsnetzen gemäß Kapitel 0 gelten hier sinngemäß auch für die Trinkwarmwasserbereitung.

### Formeln für die Rohrabschnitte unterschiedlicher Netze

Die nachfolgenden 3 Tabellen listen die empfohlenen Schätzformeln für die unterschiedlichen Netztypen, Leitungsabschnitte und Gebäudegruppen auf. Die zur Berechnung notwendigen Grunddaten sind in Abschnitt 0 beschrieben.

Gruppe	Verteilung	Steigestränge	Anbindeleitungen
- Einzoner -			
1	$0,11 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Geschoss}} / \text{m}^2]^{1,24}$	$0,005 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,38}$	$0,09 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,00}$
2	$5,4 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Geschoss}} / \text{m}^2]^{0,49}$	$0,025 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,97}$	$0,02 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,00}$
3	$5,4 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Geschoss}} / \text{m}^2]^{0,49}$	$0,025 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,97}$	$2,39 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,43}$
4	$2,3 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Geschoss}} / \text{m}^2]^{0,69}$	$0,002 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,50}$	$2,39 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,43}$
- Mehrzoner -			
1	$2,7 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Geschoss, Sanitär}} / \text{m}^2]^{0,97}$	$0,050 \text{ m}^{-2} \cdot V_{e, \text{Sanitär}}$	$0,50 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Sanitär}} / \text{m}^2]^{1,00}$
2	$10,9 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Geschoss, Sanitär}} / \text{m}^2]^{0,50}$	$0,033 \text{ m}^{-2} \cdot V_{e, \text{Sanitär}}$	$0,15 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Sanitär}} / \text{m}^2]^{1,00}$
3	$10,9 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Geschoss, Sanitär}} / \text{m}^2]^{0,50}$	$0,033 \text{ m}^{-2} \cdot V_{e, \text{Sanitär}}$	$1,36 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Sanitär}} / \text{m}^2]^{0,69}$
4	$11,7 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Geschoss, Sanitär}} / \text{m}^2]^{0,50}$	$0,030 \text{ m}^{-2} \cdot V_{e, \text{Sanitär}}$	$1,36 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Sanitär}} / \text{m}^2]^{0,69}$

**Tabelle 11 Formeln für die Leitungsabschnitte der R-Netze (Steigestrangtyp)**

Gruppe	Verteilung	Steigestränge	Anbindeleitungen
- Einzoner -			
1	$0,035 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Geschoss}} / \text{m}^2]^{1,50}$	$0,36 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,58}$	$0,09 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,00}$
2	$1,70 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Geschoss}} / \text{m}^2]^{0,67}$	$0,72 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,44}$	$0,02 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,00}$
3	$1,90 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Geschoss}} / \text{m}^2]^{0,67}$	$0,72 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,44}$	$2,39 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,43}$
4	$32 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Geschoss}} / \text{m}^2]^{0,19}$	$2,90 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,10}$	$2,39 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,43}$
- Mehrzoner -			
1	$5,6 \cdot L_{\text{char, V, sanitär}} + 0,10 \text{ m}^{-2} \cdot V_{e, \text{Sanitär}}$	$0,006 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Sanitär}} / \text{m}^2]^{1,00} + 1,6 \text{ m} \cdot [H_{\text{Sanitär}} / \text{m}]^{1,09}$	$0,50 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Sanitär}} / \text{m}^2]^{1,00}$
2	$3,7 \cdot L_{\text{char, V, sanitär}} + 0,04 \text{ m}^{-2} \cdot V_{e, \text{Sanitär}}$	$0,003 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Sanitär}} / \text{m}^2]^{1,00} + 1,3 \text{ m} \cdot [H_{\text{Sanitär}} / \text{m}]^{1,12}$	$0,15 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Sanitär}} / \text{m}^2]^{1,00}$
3	$4,0 \cdot L_{\text{char, V, sanitär}} + 0,04 \text{ m}^{-2} \cdot V_{e, \text{Sanitär}}$	$0,003 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Sanitär}} / \text{m}^2]^{1,00} + 1,3 \text{ m} \cdot [H_{\text{Sanitär}} / \text{m}]^{1,12}$	$1,36 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Sanitär}} / \text{m}^2]^{0,69}$
4	$1,80 \cdot L_{\text{char, V, sanitär}} + 0,02 \text{ m}^{-2} \cdot V_{e, \text{Sanitär}}$	$1,8 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Sanitär}} / \text{m}^2]^{0,20} + 6,0 \text{ m} \cdot [H_{\text{Sanitär}} / \text{m}]^{1,17}$	$1,36 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Sanitär}} / \text{m}^2]^{0,69}$

**Tabelle 12 Formeln für die Leitungsabschnitte der S-Netze (Ebenentyp)**

Eine detailliertere Auswertung, auch mit Grafiken zu den einzelnen Netzen und Rohrabschnitten ist dem Hauptbericht zu entnehmen.

Gruppe	Anbindung
- Einzoner -	
1	$0,09 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{1,00}$
2d	$0,004 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{1,00}$
3d, 4d	$0,75 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{0,25}$
- Mehrzoner -	
1	$0,50 \text{ m}^{-1} \cdot A_{\text{NGF, Sanitär}}$
2d	$0,05 \text{ m}^{-1} \cdot A_{\text{NGF, Sanitär}}$
3d, 4d	$0,06 \text{ m}^{-1} \cdot A_{\text{NGF, Sanitär}}$

**Tabelle 13 Formeln für die Leitungsabschnitte der T-Netze (dezentral)**

### Modifikation bei fehlender Zirkulation

Alle zuvor genannten Längen der Steigestränge und Verteilleitungen gelten für die Ausstattung mit Zirkulation (die Formeln geben die Summe wieder), da die Realanlagen jeweils eine Zirkulation enthielten.

Anlagen ohne Zirkulation wurden nicht weiter untersucht, jedoch wird auf Basis der Erkenntnisse der Realanlagen folgende Vorgehensweise vorgeschlagen: sofern keine Zirkulation vorhanden ist, sind die Längen für Steigestränge und Verteilleitungen zu halbieren. Die Anbindeleitungen gelten wie tabelliert.

### Leistungsanteile im beheizten und unbeheizten Bereich

Die Steigestränge und Anbindeleitungen liegen vollständig im beheizten Bereich. Für die Verteilleitungen gilt folgendes:

- Typ R: entweder werden die Leitungen komplett als im beheizten Bereich liegend oder komplett im unbeheizten Bereich bilanziert
- Typ S: maximal eine Ebene bei einem mehrgeschossigen Gebäude kann außerhalb des beheizten Bereiches liegen (i. d. R. die Kellerebene); die Leitungslängen sollten zunächst berechnet werden und dann anteilig anhand der Anzahl der Geschosse aufgeteilt werden; der Anteil  $1 / n_{\text{Geschoss}}$  aller Leitungen liegt dann im unbeheizten Bereich

### Überschlägige Schätzung von Gesamtleitungen

Für eine überschlägige Abschätzung der Längen allein auf Basis der Nettogrundfläche können die Ansätze in nachfolgende Tabellen dienen. Die Prozentangaben betreffen die Anteil von Anbindeleitungen (A), Steigesträngen (S) und Verteilleitungen (V) innerhalb der im Projekt untersuchten Stichprobe.

Gruppe	R-Netz	S-Netz
- Einzoner -		
1	$0,44 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{0,98}$ V. 30 %      S: 35 %      A: 35 %	$0,21 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{1,09}$ V. 66 %      S: 2 %      A: 32 %
2, 3	$4,65 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{0,55}$ V. 47 %      S: 22 %      A: 31 %	$1,87 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{0,67}$ V. 73 %      S: 6 %      A: 21 %
4	$1,54 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{0,80}$ V. 60 %      S: 23 %      A: 16 %	$30,5 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{0,25}$ V. 69 %      S: 3 %      A: 27 %
- Mehrzoner -		
1	$3,87 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF, Sanitär}} / \text{m}^2]^{0,87}$ V. 29 %      S: 34 %      A: 37 %	$3,88 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF, Sanitär}} / \text{m}^2]^{0,89}$ V. 67 %      S: 2 %      A: 30 %
2, 3	$11,2 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF, Sanitär}} / \text{m}^2]^{0,54}$ V. 47 %      S: 23 %      A: 30 %	$9,36 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF, Sanitär}} / \text{m}^2]^{0,58}$ V. 72 %      S: 6 %      A: 22 %
4	$19,2 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF, Sanitär}} / \text{m}^2]^{0,51}$ V. 60 %      S: 23 %      A: 16 %	$66,4 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF, Sanitär}} / \text{m}^2]^{0,18}$ V. 69 %      S: 3 %      A: 28 %

**Tabelle 14 Formeln für Gesamtleitungslängen Trinkwarmwasser, zentrale Netze mit Zirkulation**

Gruppe	T-Netz
- Einzoner -	
1	$3,48 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}}/\text{m}^2]^{0,67}$
2d, 3d	$0,085 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}}/\text{m}^2]^{0,66}$
4d	$0,51 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}}/\text{m}^2]^{0,35}$
- Einzoner -	
1	$3,91 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF,Sanitär}}/\text{m}^2]^{0,65}$
2d, 3d	$1,54 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF,Sanitär}}/\text{m}^2]^{0,61}$
4d	$1,31 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF,Sanitär}}/\text{m}^2]^{0,34}$

**Tabelle 15 Formeln für Gesamtleitungslängen Trinkwarmwasser, dezentrale Netze**

## Auswertung der RLT-Wärmeversorgung

Die Auswertung erfolgte auf Basis von 38 Datensätzen. Abgeschätzt werden die Anschlussleitungen von zentralen RLT-Geräten an eine Heizzentrale. Falls dezentrale Lüftungsgeräte jeweils einen Raum versorgen, sind diese nicht in diesem Abschnitt zu finden, sondern unter "Heizung".

Die verlegte Leitungslänge kann anhand nachfolgender Formel abgeschätzt werden:

$$L = 2,3 \cdot \Delta E + 14 \text{ m} \cdot n_{\text{Anlage}}$$

Dabei sind

- $\Delta E$  die Entfernung der beiden Zentralen (als Summe von Höhe, Länge und Breite)
- $n_{\text{Anlage}}$  die Anzahl der an das Netz angeschlossenen RLT-Anlagen

Eine detailliertere Auswertung, auch mit Grafiken, liefert der Hauptbericht

## Verwendete geometrische Grunddaten

Zur Berechnung der Leitungslängen werden verschiedene geometrische Daten immer wieder benötigt. Diese werden an dieser zentralen Stelle erläutert.

$A_{\text{NGF}}$

- ist im Falle der Heizung die gesamte, von einer Heizungsanlage versorgte Fläche – wie in der bisherigen DIN V 18599 auch. Sofern verschiedene Bereiche mit getrennten Verteilnetzen an einen Erzeuger angeschlossen sind, ist dies die Fläche, die einem Heizkreis zugeordnet ist. Gleiches gilt für komplett getrennte Netze innerhalb eines Gebäudes.
- ist im Falle der Trinkwarmwasserbereitung die gesamte Fläche des Gebäudes – unabhängig von der Lage der eigentlichen Sanitärbereiche (wird für Schätzungen auf Basis eines Einzonenmodells benötigt).

$A_{\text{NGF,Sanitär}}$

- ist die Fläche des Sanitärbereiches des Gebäudes. Sofern verschiedene Bereiche mit getrennten Verteilnetzen an einen Erzeuger angeschlossen sind, ist dies die Fläche, die einem Kreis zugeordnet ist. Gleiches gilt für komplett getrennte Netze innerhalb eines Gebäudes.

$n_{\text{Geschoss}}$

- ist die Anzahl der versorgten Geschosse und ein flächengewichteter ganzzahliger Mittelwert für das Gebäude sofern keine eindeutige Angabe gemacht werden kann (Terrassenbauten o. ä.).

$h_G$

- ist die Geschosshöhe als Mittelwert der Geschosshöhe innerhalb der betrachteten Fläche, zu ermitteln wie in DIN V 18599-1 und 2 beschrieben.

$A_H$

- ist die Hüllfläche eines Gebäudes bzw. diese schließt den mit diesem Heiznetz versorgten Bereich ein. Die Bemaßungsregeln nach DIN V 18599-1 für Versorgungsbereiche und Zonen gelten. Werden mehrere Bereiche mit getrennten Verteilnetzen versorgt, so ist die Gleichung pro Versorgungsbereich einmal anzusetzen. Es zählen jedoch alle Hüllflächen, auch die an andere Gebäude oder Gebäudeteile grenzenden, auch wenn deren Ermittlung für die thermische Bilanz nach DIN V 18599-2 nicht erforderlich wäre.

$V_e$

- ist das Volumen, welches von einer Heizungsanlage versorgt wird in seinen Außenmaßen. Sofern verschiedene Bereiche mit getrennten Verteilnetzen an einen Erzeuger angeschlossen sind, ist dies das Volumen, das einem Kreis zugeordnet ist. Gleiches gilt für komplett getrennte Netze innerhalb eines Gebäudes.

$V_{e, \text{Sanitär}}$

- ist das Volumen, welches den Sanitärbereich einschließt. Sind mehrere getrennte Kreise an einem Erzeuger bzw. Speicher angeschlossen, dann gilt die Gleichung für jeden Kreis. Gleiches gilt für komplett getrennte Netze innerhalb eines Gebäudes.

$A_{\text{Brutto}}$  und  $A_{\text{Brutto, Sanitär}}$

- ist die Grundfläche – in Außenmaßen – in Höhe der Verteilebene. Bei mehreren Zonen in einer Ebene gelten die Bemaßungsregeln nach DIN V 18599-1 für Versorgungsbereich (Achismaße sind Trennmaße zwischen den Bereichen),
- jeweils entweder für den beheizten Bereich oder den Sanitärbereich,
- es gelten übertragen die Hinweise zu  $A_{\text{NGF}}$  und  $A_{\text{NGF, Sanitär}}$  hinsichtlich mehrerer Netze in einem Gebäude.

$A_{\text{NGF, Geschoss}}$  und  $A_{\text{NGF, Geschoss, Sanitär}}$

- ist die mittlere Geschossfläche als Ersatzgröße für die Grundfläche des Erdgeschosses bzw. die Grundfläche des Geschosses, in der sich die waagerechte Verteilebene befindet,
- $A_{\text{NGF, Geschoss}} = A_{\text{NGF}} : n_{\text{Geschoss}}$
- $A_{\text{NGF, Geschoss, Sanitär}} = A_{\text{NGF, Sanitär}} : n_{\text{Geschoss}}$
- es gelten übertragen die Hinweise zu  $A_{\text{NGF}}$  und  $A_{\text{NGF, Sanitär}}$  hinsichtlich mehrerer Netze in einem Gebäude.

$H$  und  $H_{\text{Sanitär}}$

- ist die Höhe aus der Multiplikation der Geschoszahl  $n_{\text{Geschoss}}$  und der Geschosshöhe  $h_G$ .

$L_{\text{char, V}}$  und  $L_{\text{char, V, Sanitär}}$

- ist die charakteristische Länge aus dem Volumen als Ersatz für die schwer und nicht eindeutig zu bestimmende reale charakteristische Länge nach bisheriger DIN V 18599,
- $$L_{\text{char, V}} = \sqrt{\frac{V_e}{h_G \cdot n_{\text{Geschoss}} \cdot f_{B/L}}} \quad \text{oder umgeformt} \quad L_{\text{char, V}} = \sqrt{\frac{A_{\text{Brutto}}}{f_{B/L}}}$$
- die Formeln gelten analog auch für den Sanitärbereich,
- sind mehrere getrennte Kreise an einem Erzeuger bzw. Speicher angeschlossen, dann gilt die Gleichung für jeden Kreis. Gleiches gilt für komplett getrennte Netze innerhalb eines Gebäudes,
- das neu eingeführte Breiten-Längen-Verhältnis  $f_{B/L}$  kann nachfolgender Tabelle entnommen werden (es entfällt dadurch die bisher noch notwendige Ermittlung der charakteristischen Längen und Breiten nach DIN V 18599-5 oder -8)

Netzart	Gebäudegruppe	$f_{B/L}$
Heizung	Gruppe 1: Wohnen	0,22
	Gruppe 2: Schulen	0,20
	Gruppe 3: Verkauf	0,29
	Gruppe 4: Sport	0,18
	Gruppe 5: Produktion	0,34
Trinkwarmwasser	Gruppe 1: Wohnen	0,18
	Gruppe 2: Büro	0,20
	Gruppe 3: Hörsaal	0,31
	Gruppe 4: Sport	0,15

**Tabelle 16 typische Werte für Längen-Breiten-Verhältnisse**

## Vergleichende Auswertung

### Heizung: A-Netz (Ebenentyp)

Das A-Netz wird mit den neu gefundenen Formeln erstmalig realitätsnah abgebildet, was sinnvoll ist, weil es vor allem im Nichtwohnbau oft installiert wird. Dieser Netztyp wurde von der bisherigen DIN V 18599 bzw. DIN V 4701-10 nicht korrekt erfasst.

Die o. g. neuen Formeln führen in der Gebäudegruppe 1 "Wohnen" zu etwas geringeren Leitungslängen als die DIN V 18599-100. Die eigentliche Verbesserung in der Annäherung ist bei den typischen Nichtwohngebäuden zu erkennen. Hier werden im Schnitt nur halb so große Gesamtlängen ermittelt wie nach der derzeit geltenden DIN V 18599.

Auch im Vergleich zu den Ansätzen der DIN V 4701-10 für die Gruppe 1 "Wohnen" ist mit den neuen Formeln eine deutliche Verbesserung zu erkennen, da die Norm Netze des Typs A um den Faktor 2 länger schätzt als real vorhanden.

### Heizung: B-Netz (Etagenverteiltertyp)

Das B-Netz wurde mit den geltenden Normen bereits verhältnismäßig gut erfasst. Die Kennwerte für die Anbindeleitungen wurden etwas verfeinert, so dass sich in Summe ein besseres Abbild dieser Netze ergibt.

Die neuen Formeln führen in der Gebäudegruppe 1 "Wohnen" und bei "Verkaufs- und Sportstätten" (Gebäudegruppen 3 und 4) zu etwas geringeren Werten als die DIN V 18599. Die eigentliche Verbesserung in der Annäherung ist für die Gruppen 2 und 5 "Produktionsstätten" und "Schulen" zu erkennen. Hier werden im Schnitt nur ein Drittel so große Gesamtlängen ermittelt als nach der derzeit geltenden DIN V 18599.

Die DIN V 4701-10 führt beim Netztyp B zu fast vergleichbaren Leitungslängen wie die neuen Formelansätze, jeweils für die Gebäudegruppe 1 "Wohnen". Es ergibt sich eine Überschätzung von etwa 13 % bezogen auf die realen verlegten Gesamtlängen.

### Heizung: C-Netz (Steigestrangtyp)

Das C-Netz wurde in der untersuchten Stichprobe von Gebäuden am häufigsten vorgefunden. Die neuen Formeln bilden die Verteilleitungen länger, die Steigestränge in etwa gleich lang und die Anbindeleitungen deutlich kürzer ab als nach derzeitiger DIN V 18599.

Das C-Netz wurde bislang hinsichtlich der insgesamt verlegten Leitungslängen rechnerisch überschätzt. Es sind in der Realität wesentlich kürzere Netze vorhanden. Bei der Gebäudegruppe 1 "Wohnen" lagen die bisherigen Normwerte etwa 50 % über den Realwerten (und den neuen Formelwerten). Bei den Nichtwohnbaunutzungen liefern die Formeln der DIN V 18599 derzeit noch etwa 30 ... 100 % zu hohe Werte. Am deutlichsten überschätzt werden die Netze in der Gebäudegruppe 2, d.h. Schulen und ähnlichen Objekten.

Der Netztyp C wird auch nach DIN V 4701-10 bei der Gruppe 1 "Wohnen" etwa 40 % überschätzt, d.h. die Rechenwerte betragen etwa das 1,4-fache der Realwerte.

### **Heizung: D-Netz (Luft- und Strahlungsheizung)**

Das D-Netz wird anhand der neuen Formeln erstmalig sinnvoll abgebildet. Es ergeben sich sowohl bei den Steigesträngen als auch den Anbindeleitungen sehr viel geringere Leitungslängen als nach den heutigen Normen.

Die neuen Formeln führen in der Gruppe 1 „Wohnen“ zu etwa halb so großen Werten als nach den bisherigen Ansätzen der DIN V 18599-5 oder -100. Bei den ausgeprägten Nichtwohnbaunetzen, liefern die neuen Formeln angelehnt an die Realwerte nur etwa 1/5 der Leitungslängen der DIN V 18599. Hier ist eine deutliche Verbesserung der Abschätzung zu erkennen.

Der Netztypen D wird auch mit der DIN V 4710-10 bislang nicht korrekt abgebildet. Hier ergeben sich nach der Norm etwa doppelt so lange Leitungslängen als in der Realität vorhanden sind.

### **Trinkwarmwasser: R-Netz (Steigestrangtyp)**

Die R-Netze werden in der derzeitigen DIN V 18599 für Wohnbauten und ähnliche Objekte (Gebäudegruppe 1) bereits gut abgebildet, sofern das Gesamtgebäude mit seiner Geometrie die Schätzgrundlage bildet. Die neuen Formeln führen zu vergleichbaren Ergebnissen, wobei auch hier das Einzonenmodell zu einer geringeren Streuung der Schätzwerte führt.

In Nichtwohnbauten ist das Mehrzonenmodell die realistischere Grundlage für eine Formel. Die bisherigen Normkennwerte bilden die Summe aller Rohrleitungen auf Basis der Geometrien des Sanitärbereiches auch im Nichtwohnbau verhältnismäßig realistisch ab. Wobei zu erkennen ist, dass die Werte nach DIN V 18599-100 im Schnitt etwas unter den Realwerten und die der DIN V 18599-8 über den Realwerten liegen. Die neuen Formeln liefern insgesamt weniger streuende Ergebnisse.

Im Vergleich mit der Leitungslängenschätzung nach DIN V 4701-10 für die Gruppe 1 "Wohnen" ist festzustellen, dass die Norm die Leitungslängen zu kurz einschätzt. Es werden etwa ein Drittel weniger Meter Rohr berechnet als in den untersuchten Realgebäuden vorhanden waren.

### **Trinkwarmwasser: R-Netz (Etagentyp)**

Die S-Netze werden in der derzeitigen DIN V 18599 für Wohnbauten ebenfalls gut abgebildet (bis auf die Steigestränge), sofern das Gesamtgebäude mit seiner Geometrie die Schätzgrundlage bildet. Die neuen Formeln führen zu vergleichbaren Ergebnissen, wobei die Wahl des Ein- oder Mehrzonen als Grundlage der Geometriedaten keinen erkennbaren Effekt hat, also als gleich gut einzustufen ist.

Bei Nichtwohnbauten ist jeweils das Mehrzonenmodell die bessere Grundlage für eine realistische Abschätzung. Die bisherigen Normkennwerte bilden die Summe aller Rohrleitungen auf Basis der Geometrien des Sanitärbereiches im Nichtwohnbau zu kurz (DIN V 18599-100) bzw. realistisch (DIN V 18599-8) ab. Die neuen Formeln liefern insgesamt weniger stark streuende Ergebnisse.

Die DIN V 4701-10 unterschätzt hinsichtlich der Leitungslängen auch diesen Rohrnetztyp. Für die untersuchten Gebäuden der Gruppe 1 "Wohnen" ergab die Norm etwa 40 % weniger Rohr als reale vorhanden.

## **Trinkwarmwasser: T-Netz (dezentral)**

In dieser Netzform sind nur Anbindeleitungen vorhanden, welche extrem kurz bei allen Nutzungen ausfallen und nicht vergleichbar mit den Anbindeleitungen zentraler Netze sind.

Die Wohnnutzung, bzw. die Gebäudegruppe 1, wird mit den derzeitigen Normkennwerten nach DIN V 18599 realistisch abgebildet, sofern das Einzonenmodell die Grundlage ist. Werden die Geometriedaten der Sanitärbereiche zur Schätzung verwendet, liefert die DIN V 18599 halb so große Längen wie real vorhanden. Bei den neuen Formeln kann die reale Länge gut nachgebildet werden, wobei die Schätzgrundlage – Ein- oder Mehrzoner – vergleichbar gute Näherungen liefert.

Bei den Nichtwohnbauten (Gruppen 2d, 3d und 4d) führt das Einzonenmodell in Verbindung mit der DIN V 18599 zu stark überschätzten Längen (Faktor 22 ... 28). Auch das Mehrzonenmodell liefert noch zu große Längen (ca. Faktor 2). Die realen Werte werden von den neuen Formelansätzen gut wiedergegeben, wobei auf Basis eines zonierten Objektes deutlich bessere Näherungen zu erreichen sind. Die neuen Formeln liefern insgesamt weniger streuende Ergebnisse.

Wie für die Zentralnetze ist auch bei der dezentralen Versorgung von Gebäuden der Gruppe 1 "Wohnen" festzustellen, dass die DIN V 4701-10 die Leitungslängen zu kurz einschätzt. Die Rechenwerte liegen etwa 30 % unter den realen Werten.

## **Empfehlungen für die Gesetzgebung**

Neben der Ableitung der Formelzusammenhänge war ebenfalls Aufgabenstellung des Projektes, Empfehlungen für die Einbindung der Erkenntnisse in die Gesetzgebung der EnEV zu geben. Die diesbezüglichen Vorschläge werden nachfolgend zusammengestellt.

### **Heizung**

Sofern ein Referenzgebäude berechnet wird oder Einzelnachweise geführt werden, sollte folgendes für die EnEV-Referenz gelten:

- die Leitungslängen des Referenzgebäudes ergeben sich nach Formel, für das reale Objekt können alternativ projektbezogene Werte verwendet werden,
- das reale und das Referenzgebäude werden den gleichen Gebäudegruppen zugeordnet (z.B. beim zonierten Krankenhaus werden sowohl im Realobjekt als auch im Referenzobjekt mehrere, aber die gleichen Gebäudegruppen verwendet)
- für das reale und das Referenzgebäude gilt der gleiche Netztyp (oder die gleichen Netztypen, falls es mehrere Netze gibt)

Die gefundenen Leitungslängen stellen einen Mittelwert real installierter Netze wieder. Dabei sind teilweise große Streuungen der Messwerte festzustellen. Daher ergibt sich folgende Empfehlung für ein Referenzgebäude oder für Einzelnachweise:

- für die Gebäudegruppe 1 "Wohnen" (zu der auch Büros etc. gehören) kann der Referenzwert auf 80 ... 90 % des Formelwertes festgelegt werden, um einen Anreiz zur Installation kurzer Netze zu schaffen
- für die anderen Gruppen sollten in der Referenz die Formelwerte wie angegeben gelten.

## RLT-Versorgung

Für das Referenzgebäude und das reale Gebäude sollte jeweils die gleiche Leitungslänge gelten, unabhängig ob sie anhand der Schätzformel ermittelt wurde oder Projektgröße ist.

Es besteht so kein Optimierungsanreiz für den Planer, diese Leitungen besonders kurz zu planen (dies kann die EnEV im Rahmen der Referenzkennwerte nicht regeln). Andererseits liegen Standardwerte und Realwerte vermutlich sowieso nah beieinander, weil die Entfernung der beiden Zentralen für die Schätzformel eine Vorgabe des Planers ist.

## Trinkwarmwasser

Sofern ein Referenzgebäude berechnet wird oder Einzelnachweise geführt werden, sollte nachfolgendes für die EnEV-Referenz gelten.

Für die Gruppe 1 "Wohnen" (zentrale und dezentrale Netze) wird empfohlen:

- die Leitungslängen des Referenzgebäudes ergeben sich nach Formel, für das reale Objekt können alternativ projektbezogene Werte verwendet werden,
- für das reale und das Referenzgebäude gilt der gleiche Netztyp,
- für die Gruppe 1 "Wohnen" kann der Referenzwert auf 80 ... 90 % des Formelwertes festgelegt werden, um einen Anreiz zur Installation kurzer Netze zu schaffen.

Bei anderen Gebäudegruppen mit dezentralen Netzen wird empfohlen:

- die Leitungslängen des Referenzgebäudes ergeben sich nach Formel, für das reale Objekt können alternativ projektbezogene Werte verwendet werden,
- der Referenzwert liegt bei 100 % des Formelwertes, da den Formeln bereits Leitungslängen zugrunde liegen, die in den ausgewerteten Gebäuden nicht kürzer hätten eingebaut werden können.

Bei anderen Gebäudegruppen mit zentralen Netzen wird vorgeschlagen:

- für das reale und das Referenzgebäude gilt der gleiche Netztyp (oder die gleichen Netztypen, falls es mehrere Netze gibt),
- das reale und das Referenzgebäude werden der gleichen Gebäudegruppe (oder Gebäudegruppen bei zonierten Gebäuden mit mehreren Netzen) zugeordnet,
- sofern die Leitungslängen des realen Objektes in der Berechnung verwendet werden, gelten sie auch für das Referenzgebäude.

Es wird eine Nebenbedingung in der EnEV empfohlen, die die Frage der zentralen und dezentralen Netze insgesamt betrifft:

Um die Netze insgesamt kurz zu halten und bei Gebäuden mit geringem Nutzwärmebedarf keine unnötig hohen technischen Verluste zu erzeugen, wird folgendes empfohlen:

Die Verteilverluste für Trinkwarmwasser des Referenzgebäudes  $Q_{w,d,REF}$  werden gedeckelt auf 50 ... 65 % der Nutzwärmemenge für Trinkwarmwasser  $Q_{w,b,REF}$ . Diese Forderung gilt unabhängig vom eingesetzten Energieträger.