

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

Endbericht

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

Inhalt

1	Allgemeine Projektinformationen.....	6
1.1	Projektbearbeiter.....	7
1.2	Dank an Beteiligte	7
2	Kurzzusammenfassung.....	8
2.1	Aufgabenstellung	9
2.2	Vorgehensweise	9
2.3	Netztypen.....	10
2.4	Auswertung der Heizungsnetze	13
2.5	Auswertung der Trinkwarmwassernetze	15
2.6	Auswertung der RLT-Wärmeversorgung.....	17
2.7	Verwendete geometrische Grunddaten	17
2.8	Vergleichende Auswertung	19
2.9	Empfehlungen für die Gesetzgebung	21
3	Einleitung und Aufgabenstellung.....	23
3.1	Motivation und Aufgabenstellung.....	23
3.2	Vorgehensweise und Zeitplan	23
4	Klassifizierung von Gebäuden und Netzen.....	25
4.1	Gebäudetypen	25
4.2	Netztypen und Leitungsabschnitte	27
5	Datenaufnahme	30
5.1	Aufnahmebogen und Datenbank.....	31
5.1.1	Allgemeine Daten.....	31
5.1.2	Gebäude- und Raumgeometrie	31
5.1.3	Heizungsnetze	32
5.1.4	Trinkwarmwassernetztypen	33
5.1.5	Anbindeleitungen für RLT-Anlagen.....	33
5.2	Genauigkeit bei der Datenaufnahme.....	34
5.3	Vervielfältigung der Datensätze und Typgebäude	34
5.4	Liste der Praxisprojekte.....	34
5.5	Beispielhafte Ergebnisse der Datenerfassung.....	37

6	Datenauswertung Heizung	41
6.1	Aufbereitung der Datensätze.....	41
6.2	Bildung von Gebäudegruppen	41
6.3	Verifizierung von Einflussparametern	44
6.3.1	Verteilung	44
6.3.2	Steigestränge.....	50
6.3.3	Anbindung.....	55
6.3.4	Ermittlung der zusammengesetzten Grunddaten	58
6.4	Ableitung von Formeln	59
6.5	Formeln für die A-Netze (Etagenringtyp).....	61
6.5.1	Verteilung der A-Netze	61
6.5.2	Steigestränge der A-Netze	64
6.5.3	Anbindung der A-Netze	67
6.5.4	Gesamtformel für die A-Netze	69
6.6	Ableitung von Formeln für die B-Netze (Typ Etagenverteiler)	70
6.6.1	Verteilung der B-Netze	70
6.6.2	Steigestränge der B-Netze	73
6.6.3	Anbindung der B-Netze	75
6.6.4	Gesamtformel für die B-Netze	77
6.7	Ableitung von Formeln für die C-Netze (Steigestrangtyp).....	78
6.7.1	Verteilung der C-Netze	78
6.7.2	Steigestränge der C-Netze	81
6.7.3	Anbindung der C-Netze	84
6.7.4	Gesamtformel für die C-Netze	86
6.8	Ableitung von Formeln für die D-Netze (Strahlungs-/Luftheizung).....	87
6.8.1	Verteilung der D-Netze	87
6.8.2	Steigestränge der D-Netze	89
6.8.3	Anbindung der D-Netze	91
6.8.4	Gesamtformel für die D-Netze	93
7	Datenauswertung Trinkwarmwasser	94
7.1	Aufbereitung der Datensätze.....	95
7.2	Bildung von Gebäudegruppen	95
7.3	Verifizierung von Einflussparametern	100
7.3.1	Verteilung	100
7.3.2	Steigestränge.....	105
7.3.3	Anbindung.....	110
7.4	Ableitung von Formeln	114
7.5	Ableitung von Formeln für die R-Netze (Steigestrangtyp).....	114
7.5.1	Verteilung der R-Netze	114
7.5.2	Steigestränge der R-Netze	117
7.5.3	Anbindung der R-Netze	120
7.5.4	Gesamtformel für die R-Netze	123
7.6	Ableitung von Formeln für die S-Netze (Ebenentyp)	124
7.6.1	Verteilung der S-Netze	124
7.6.2	Steigestränge der S-Netze	127
7.6.3	Anbindung der R-Netze	130
7.6.4	Gesamtformel für die S-Netze	130
7.7	Ableitung von Formeln für die T-Netze (dezentral)	131
7.7.1	Anbindung der dezentralen Netze	132
7.7.2	Gesamtformel für die T-Netze	135

8	Datenauswertung RLT-Versorgung	136
8.1	Aufbereitung der Datensätze.....	137
8.2	Verifizierung von Einflussparametern	137
8.3	Ableitung von Formeln	138
9	Vergleichende Auswertung der Leitungslängen	140
9.1	Leitungslängen für Heizungsleitungsnetze	141
9.1.1	A-Netz.....	142
9.1.2	B-Netz.....	146
9.1.3	C-Netz	150
9.1.4	D-Netz	154
9.1.5	Vergleich mit der DIN V 4701-10	157
9.2	Leitungslängen für Trinkwarmwassernetze	158
9.2.1	R-Netz	158
9.2.2	S-Netz.....	166
9.2.3	T-Netz.....	174
9.2.4	Vergleich mit der DIN V 4701-10	176
9.3	Leitungslängen für RLT-Versorgung	177
10	Konsequenzen für den Primärenergiebedarf.....	178
10.1	Wohnbauten	179
10.2	Büros, Kindergärten, Praxen und ähnliche Objekte	182
10.3	Schulen, Labore, Archive und ähnliche Objekte.....	184
10.4	Restaurants, Verkaufsstätten und ähnliche Objekte	186
10.5	Werkstätten, Produktion und ähnliche Objekte	188
11	Empfehlungen für die Normung	190
11.1	Heizung	191
11.2	Trinkwarmwasser	192
11.3	RLT-Versorgung.....	192
12	Empfehlungen für die Gesetzgebung	193
12.1	Heizung	193
12.2	Trinkwarmwasser	193
12.3	RLT-Versorgung.....	194
13	Anhang	195
13.1	Gebäudeklassifizierung	195
13.1.1	Nutzungsprofile nach DIN V 18599-10 und -100	195
13.1.2	Gebäudetypen gemäß Bundesrichtlinie	196
13.2	Vorhandene Formelansätze der DIN V 18599	201
13.2.1	Ansätze DIN V 18599-5.....	201
13.2.2	Ansätze DIN V 18599-8.....	202
13.2.3	Ansätze DIN V 18599-100.....	204
13.3	Literaturstellen für Leitungsnetzkenwerte	206
13.4	Erfassungsbogen für die Datenaufnahme	207
13.5	Quellen.....	210

1 Allgemeine Projektinformationen

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

1.1 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

1.2 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.

2 Kurzzusammenfassung

2.1 Aufgabenstellung

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.

2.2 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, Steigstränge 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.

2.3 Netztypen

Für Heizungsanlagen wurden insgesamt vier Netztypen identifiziert, denen eine Realanlage zugeordnet werden kann, siehe Tabelle 20. Trinkwasseranlagen können einem von drei Netztypen zugeordnet werden, siehe Tabelle 21. Für die RLT-Versorgung wird nicht in unterschiedliche Netztypen unterschieden.

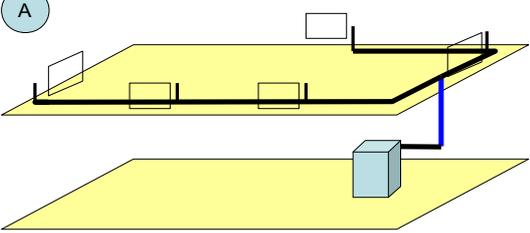
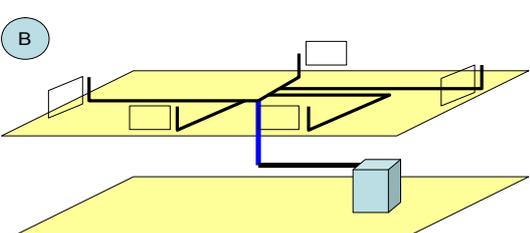
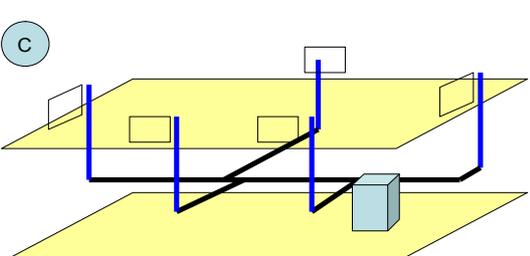
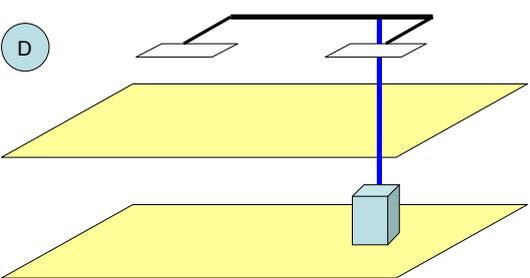
Skizze	Erläuterung und Hinweise
<p style="text-align: center;">- Etagenringtyp -</p> <p>(A)</p>  <p>lange Verteilebene wenige Steigestränge kurze Anbindeleitungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundprinzip: Verteilung entlang des Gebäudeumfangs ▪ weitere Ebenen sehen so aus wie die gezeichnete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

Tabelle 1 Netztypen und Leitungsabschnitte bei Heiznetzen

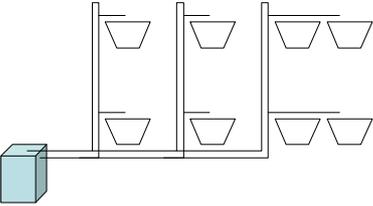
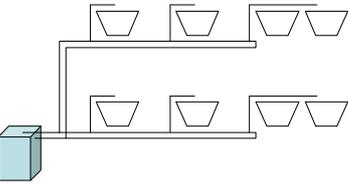
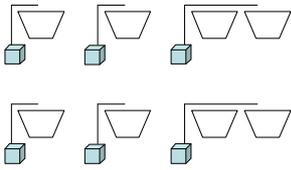
Skizze	Erläuterung und Hinweise
<p style="text-align: center;">- Steigestrangtyp-</p> <p style="text-align: center;">(R)</p>  <p>eine Verteilebene waagrecht (mit Zirkulation) mehrere Steigestränge (mit Zirkulation) Anbindung vom Steigestrang kurz typisch bei übereinander liegenden (gleichen) Einheiten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

Tabelle 2 Netztypen und Leitungsabschnitte bei Trinkwarmwassernetzen

2.4 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, Bettenzimmer, 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 Bettenzimmer, 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 2.7 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 liefern die Kapitel 6.5 bis 6.8.

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

2.5 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 2.5 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 2.7 beschrieben.

Gruppe	Verteilung	Steigestränge	Anbindeleitungen
- Einzonner -			
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	$2,3 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Geschoss}} / \text{m}^2]^{0,69}$	$0,002 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{1,50}$	$2,39 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,43}$
- Mehrzonner -			
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
- Einzonner -			
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	$32 \text{ m} \cdot [A_{NGF, \text{Geschoss}} / \text{m}^2]^{0,19}$	$2,90 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,10}$	$2,39 \text{ m} \cdot [A_{NGF} / \text{m}^2]^{0,43}$
- Mehrzonner -			
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 liefern die Kapitel 7.5 bis 7.7.

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

2.6 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

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

Eine detailliertere Auswertung, auch mit Grafiken, liefert das Kapitel 8.3.

2.7 Verwendete geometrische Grunddaten

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

A_{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_{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_{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_{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_{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_{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

2.8 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. Detaillierte Aussagen liefert Kapitel 9.1.1.

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. Detailergebnisse stellt Kapitel 9.1.2 zusammen.

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. Detailergebnisse stellt Kapitel 9.1.3 zusammen.

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, detaillierte Aussagen liefert Kapitel 9.1.4.

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. Detailergebnisse stellt Kapitel 9.2.1 zusammen.

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, siehe auch Kapitel 9.2.2 für weitere Detailvergleiche.

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. Detailliertere Ergebnisse stellt Kapitel 9.2.3 zusammen.

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.

2.9 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, welche sich in den Formelansätzen des Kapitels 6.4 widerspiegeln, 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.

3 Einleitung und Aufgabenstellung

Der nachfolgende Abschnitt erläutert die gegebene Aufgabenstellung, deren Motivation sowie die Vorgehensweise bei der Projektbearbeitung.

3.1 Motivation und Aufgabenstellung

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 kompliziert, andererseits nicht praxisrelevante Ergebnisse für etliche Gebäudetypen liefert. Ziel des Projektes ist es, 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.

Parallel erfolgt eine Fehlerbetrachtung bzw. Vergleiche zwischen den derzeitigen Ansätzen der DIN V 18599, den neuen Ansätzen und den real vorhandenen Leitungslängen der Gebäude. Es werden die Grenzen des Verfahrens aufgezeigt, wenn sich keine Verallgemeinerung erzielen lässt.

3.2 Vorgehensweise und Zeitplan

Folgende Vorgehensweise ist der Aufgabenbeschreibung des Projektantrags entnommen, wobei der grobe Zeitrahmen für Arbeitspakete mit angegeben ist.

1. Literaturrecherche zu bereits vorhandenen Formelansätzen der Leitungslängenbestimmung für unterschiedliche Netz- und Gebäudetypen mit dem Ziel Doppelarbeit zu vermeiden.
2. Klassifizierung ähnlicher Gebäudetypen unter dem Aspekt der Nutzung, der dort eingebauten Verteilnetzstrukturen und ggf. Baukonstruktionen; Ziel soll sein, den Baubestand in Gruppen zu teilen, in denen von der Struktur her ähnliche Netze zur Beheizung, Trinkwarmwasserbereitung und RLT-Wärmeversorgung zu finden sind, um anschließend geeignete real gebaute Beispielgebäude für jede Gruppe zu finden.

ca. 2 Wochen

3. Erarbeitung eines Datenerfassungsbogens für die Praxisprojekte; Ziel ist, eine geeignete Checkliste für die Datenauswertung zu erstellen, die anschließend auf alle Gebäude angewendet werden kann, so dass bereits in Unkenntnis künftiger Formelzusammenhänge möglichst die richtigen Daten der Realobjekte erhoben werden.

4. Auswahl von Praxisprojekten mit Festlegung von Ansprechpartnern vor Ort und Bearbeiter aus dem Projektteam; Ziel muss es sein für die einzelnen Gebäudegruppen beispielhaft typische Objekte verschiedener Größe und ggf. Baualtersklasse zu finden, die den Realbestand gut abdecken

ca. 2 Wochen

5. Auswertung der Praxisprojekte anhand des Erfassungsbogens; neben der reinen Datenerfassungsarbeit ist hierbei das Ziel, frühzeitig eine Systematik der Verlegung von Leitungsnetzen in der Praxis zu erkennen und an dieser Stelle die Gebäude/Netztypengruppen zusammenzufassen oder weiter zu verfeinern. Es werden reale Pläne, ggf. eine Sichtung der Netze vor Ort, Daten aus Fachplanungen u. ä. zur Datenbeschaffung herangezogen.
6. Ergänzung der realen Gebäude um Typgebäude und deren Grunddaten mit dem Ziel, den Umfang der Stichprobe deutlich zu erhöhen. Hierbei werden die Realgebäude fiktiv in der Baugröße (Höhe, Länge, ggf. Breite) und im Netztyp geändert und jeweils wieder alle Grunddaten bestimmt.

ca. 12 Wochen

7. Zusammenfassung der Einzelgebäude in der Grunddatenbank zu Gebäudetypen mit ähnlichen Leitungslängen sowie Festlegung von maximal zwei baulichen Parametern (Flächen, Längen, Höhen, Umfang, Volumen usw.), welche für die jeweils installierte Leitungslänge repräsentativ sind; es wird in verschiedene Netztypen unterschieden und jeweils Ansätze für Verteilleitungen, Steigestränge und Anbindeleitungen formuliert. Außerdem besteht hier das Ziel, nur auf solche Größen zurückzugreifen, die bei der baulichen Datenerfassung einfach zu ermitteln sind oder sowieso aus anderen Gründen (Berechnung von Transmissionsverluste o. ä.) bereits vorhanden sind.

ca. 4 Wochen

8. Ableitung von empirischen Formelzusammenhängen anhand der Grunddaten; der Formeltyp wird dabei so gewählt, dass sich ein möglichst hohes Bestimmtheitsmaß und Abbild realer Netze ergibt. Andererseits soll die Formel auch nach künftiger Handhabbarkeit (Beschaffung der Ausgangsdaten) ausgewählt werden.
9. Feststellung der Grenzen des Verfahrens, der erreichten Abschätzgenauigkeit mit den neuen Formeln im Vergleich zu den bereits vorhandenen Ansätzen der DIN V 18599.

ca. 4 Wochen

10. Unterbreitung von Textvorschlägen für die Neufassung der DIN V 18599 sowie von Vorschlägen, wie die Ergebnisse in das künftige EnEV-Verfahren von gesetzgeberischer Seite genutzt werden kann.
11. Berichtsverfassung.

ca. 2 Wochen

4 Klassifizierung von Gebäuden und Netzen

Der folgende Abschnitt erläutert die Klassifizierung von Gebäude- und Netztypen, welche der Grunddatenermittlung vorangestellt wurde. Anhand der gefundenen Klassen und Typen werden die Realobjekte so gewählt, dass jeweils eine ausreichende Stichprobe vorhanden ist.

4.1 Gebäudetypen

Aus den Nutzungsprofilen der DIN V 18599-10 und -100 (Anhang 13.1.1) sowie dem Bauwerkszuordnungskatalog für die Verbrauchsausweiserstellung nach EnEV (Anhang 13.1) werden nachfolgend Gruppen von Gebäuden zusammengestellt, welche in der Praxis ähnliche Netzgeometrien erwarten lassen. Für jede genannte Gruppe werden mehrere real gebaute Objekte untersucht.

Klassifizierung der Heiznetze

Für die Klassifizierung von Heiznetzen wird davon ausgegangen, dass einerseits die Raumgröße innerhalb von Gebäuden maßgeblichen Einfluss auf das Rohrnetz hat. Je kleiner die Räume im Mittel, desto höher die Leitungsdichte. Daher wurde nachfolgend tabellierte Einteilung für die Untersuchungsstruktur vorgenommen.

Nr.	Netz/Raumtyp	Nr.	Nutzungsarten/Zonen für diesen Typ	allgemeine Eigenschaften	Heizungstyp
1	wohnhähnliche Räume	-	Wohnen, Altenheime, Bettzimmer, Hotelzimmer, Herbergen, Gemeinschaftsunterkünfte, Justizvollzug	flächige Versorgung vieler kleiner Räume mit massiven Trennwänden	zentral oder ggf. dezentral
2	kleine und mittlere Nichtwohnräume	1	Einzelbüros, Gruppenbüros, Besprechung, Sitzung, Klassenzimmer, Gruppenraum, Restaurant, Kantine, Bibliothek, Archiv, Praxen, Fitness, Vereinsheim, kleiner Verkaufsraum, Gemeindehäuser, Labore, Sportbetriebsgebäude	flächige Versorgung vieler mittelgroßer Räume, ggf. ohne massive Trennwänden	vorw. zentral
		2	Lager, Technik, Werkstatt	extensive Beheizung mittlerer Räume	zentral oder dezentral
		3	Küchen	mittelgroße Räume mit Sondernutzung	vorw. zentral
		4	Rechenzentrum	mittelgroße Räume mit Sondernutzung	vorw. zentral
		5	Sauna, Schwimmbad im Hotel	große Wärmedichte	zentral
3	große und hallengroße Räume	1	Großraumbüros, Seminarräume, Schalterhalle, Hörsaal, Kantine, Mensa, Foyer, Ausstellung, Museum, großer Verkaufsraum, Kegelbahnen, Schießanlagen, Bereitschaftsdienste, Gerichte	flächige Versorgung großer Räume vom Rand aus wegen fehlender Innenwände	vorw. zentral
		2	Auditorium, Theater, Kongresshalle, Kino, Stadthalle, Kaufhaus, Tribüne	flächige Versorgung sehr großer Räume vom Rand aus wegen fehlender Innenwände	vorw. zentral
		3	große Schwimmhalle incl. Sauna	große Wärmedichte	zentral
		4	Lagerhalle, Werkhalle, Fertigung, Montage, Bahnhof, Speditionshallen, Abfertigungshallen, Reithalle	geringe Wärmedichte	vorw. dezentral
		5	Turnhalle, Sporthalle, Messe, Mehrzweckhalle	Versorgung vom Rand auch wegen fehlender Innenwände	zentral oder dezentral

Tabelle 17 Klassifizierung der Heiznetztypen

Klassifizierung der Trinkwarmwassernetze

Für die Klassifizierung von Trinkwarmwassernetzen wird davon ausgegangen, dass es Objekte gibt, in welchen die Trinkwarmwassernetze flächig den gesamten Grundriss durchziehen, aber auch Gebäude, in welchen eine sehr lokal angeordnete Versorgung zu finden ist. Daher wurde nachfolgend tabellierte Einteilung für die Untersuchungsstruktur vorgenommen.

Nr.	Gebäudetyp		Nutzungsarten/Zonen	allgemeine Eigenschaften	Warmwassertyp
1	Wohnähnliche Nutzung	-	Wohnen, Wohnheime, Herbergen, Gemeinschaftsunterkünfte	über das Gebäude mäßig verstreute Bäder und ggf. Küchen	zentral oder dezentral
2	Hotels, Krankenhäuser, Heime	-	Bettzimmer, Hotelzimmer, Pflegeheime, Justizvollzug	über das Gebäude in hoher dichte platzierte Bäder/Sanitär	überwiegend zentral, nur in Ausnahme dezentral
3	Schwimmbädern, Bäder	1	gesamte Halle	hohe Wasserabnahmedichte im gesamten Objekt	zentrale Versorgung
4	Küchen, wasserintensive Läden ggf. mit Produktion,	1	Restaurants, Küchen, Mensa, Kantine	hohe Wasserabnahmedichte in der Zone	zentrale Versorgung
		2	Läden mit Fleischerei oder Bäckerei	hohe Wasserabnahmedichte in der Zone	vorw. zentrale Versorgung
		3	Frisöre	hohe Wasserabnahmedichte in der Zone	vorw. zentrale Versorgung
5	Medizinischer Bereich, Labore	1	OP Nutzung	Sondernutzung, große Räume	zentrale Versorgung
		2	Labore	Sondernutzung, mittlere Räume	zentrale Versorgung
		3	Arztpraxen, Behandlungsräume	Sondernutzung, kleine Räume	zentrale Versorgung
6	Büro, übliche Verkaufsstätten, Theater, Bibliotheken, Sitzung, Seminar, Messe, Kino, Museum, Ausstellung, Rechenzentrum, Bahnhof, Vereinsheim, Stadthalle, Gemeindehäuser, Arbeitsstätten, Flughafen, Bereitschaftsdienste, Gerichte, Ämter	-	dort die Sanitärräume	dezentral platzierte Waschrakete	vorw. dezentrale Versorgung
7	Turnhallen, Werkstätten, Fitnessstudio	-	dort die Umkleiden	dicht konzentrierte Duschanlagen, vorw. zentrale Versorgung	
8	Schule, Uni, Kindergarten	1	dort die Sanitärräume	dezentral platzierte Waschrakete	
		2	dort die Klassenräume, Gruppenräume, Seminarräume	dezentral platzierte Waschbecken	dezentrale Versorgung

Tabelle 18 Klassifizierung der Warmwassernetztypen

Klassifizierung der RLT-Anschlüsse

Sofern parallel zu Lüftungsnetzen in Gebäuden bis in jeden einzelnen Raum auch heizwasserführende Leitungen geführt werden (dezentrale Heizregister o. ä.), fallen diese Anlagen nicht in diese Rubrik. Klassifiziert werden nachfolgend Anlagen, bei denen der eigentliche Wärmetransport über die Luftleitung erfolgt, jedoch ein Anschluss der zentralen Lüftung/RLT an das Heiznetz besteht.

Nr.	Anlagentyp	Nr.	Nutzungsarten/Zonen	allgemeine Eigenschaften	RLT-Heizungstyp
1	Wohnähnliche Nutzung	-	Wohnen	gebäude- oder wohnungsweise Luftheizung	Versorgung von Heizregistern einer Wohnungslüftung
2	zentrale RLT-Anlagen	1	Einzelbüro, Gruppenbüro, Großraumbüro, Sitzung, Besprechung usw.	mittelgroße zusammenhängende Flächen	Versorgung einer RLT-Anlage
		2	Kaufhaus, Werkhallen usw.	große zusammenhängende Flächen	Versorgung einer RLT-Anlage

Tabelle 19 Klassifizierung der RLT-Heiznetztypen

4.2 Netztypen und Leitungsabschnitte

Für Heizungsanlagen wurden bereits vor der Datenerfassung insgesamt vier Netztypen identifiziert, denen die jeweils vorhandene Realanlage zugeordnet werden kann. Für jeden Netztyp beschreibt Tabelle 20 ebenfalls die Leitungsabschnitte.

Skizze	Erläuterung und Hinweise
<p data-bbox="331 271 507 297">- Etagenringtyp -</p> <p data-bbox="185 562 400 629">lange Verteilebene wenige Steigestränge kurze Anbindeleitungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="715 241 1358 271">▪ Grundprinzip: Verteilung entlang des Gebäudeumfangs <li data-bbox="715 300 1437 383">▪ weitere Ebenen sehen so aus wie die gezeichnete <li data-bbox="715 327 1437 383">▪ entgegen der Skizze kann es auch mehrere Steigestränge in der Ebene geben <li data-bbox="715 383 1437 465">▪ entgegen der Skizze kann im Keller auch eine größere Verteilung vorhanden sein sowie der Erzeuger auch oben oder im beheizten Bereich angeordnet sein <li data-bbox="715 495 1437 551">▪ als Verteilung zählt: die waagerechte Ebene ab Erzeuger sowie die waagerechte Ebene aller Etagen <li data-bbox="715 551 1437 607">▪ als Steigestränge zählen die senkrechten Leitungen zur Überwindung der Geschosshöhe <li data-bbox="715 607 1362 636">▪ als Anbindeleitung zählen die Rohre ab dem Etagenring
<p data-bbox="300 660 539 687">- Typ Etagenverteiler -</p> <p data-bbox="185 965 400 1032">kurze Verteilebene wenige Steigestränge lange Anbindeleitungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="715 640 1437 696">▪ Grundprinzip: Verteilung über lokale Verteiler im Bodenaufbau (häufig auch als Spaghettiverteilung bezeichnet) <li data-bbox="715 725 1302 754">▪ weitere Ebenen sehen so aus wie die gezeichnete <li data-bbox="715 754 1437 837">▪ entgegen der Skizze kann statt der Heizkörper auch eine Fußbodenheizung angeordnet sein, wobei die Anbindeleitungen dann entfallen. <li data-bbox="715 837 1437 893">▪ entgegen der Skizze können die lokalen Verteilpunkte auch jeweils in der Decke liegen <li data-bbox="715 893 1437 976">▪ entgegen der Skizze kann im Keller auch eine größere Verteilung vorhanden sein sowie der Erzeuger auch oben oder im beheizten Bereich angeordnet sein <li data-bbox="715 1005 1406 1034">▪ als Verteilung zählt: die waagerechte Ebene ab Erzeuger <li data-bbox="715 1034 1437 1090">▪ als Steigestränge zählen die senkrechten Leitungen zur Überwindung der Geschosshöhe <li data-bbox="715 1090 1437 1124">▪ als Anbindeleitung zählen die Rohre ab dem zentralen Verteil- und Sammelpunkt
<p data-bbox="320 1153 518 1180">- Steigestrangtyp -</p> <p data-bbox="185 1480 400 1547">lange Verteilebene viele Steigestränge kurze Anbindeleitungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="715 1133 1414 1162">▪ Grundprinzip: Verteilung über Steigestränge an der Fassade <li data-bbox="715 1191 1302 1220">▪ weitere Ebenen sehen so aus wie die gezeichnete <li data-bbox="715 1220 1437 1303">▪ entgegen der Skizze kann der Erzeuger auch oben oder im beheizten Bereich angeordnet sein <li data-bbox="715 1303 1283 1332">▪ die zentrale Verteilebene kann auch oben liegen <li data-bbox="715 1361 1406 1391">▪ als Verteilung zählt: die waagerechte Ebene ab Erzeuger <li data-bbox="715 1391 1437 1447">▪ als Steigestränge zählen die senkrechten Leitungen zur Überwindung der Geschosshöhe <li data-bbox="715 1447 1382 1476">▪ als Anbindeleitung zählen die Rohre ab dem Steigestrang
<p data-bbox="252 1579 587 1606">- Strahlungs- und Luftheizung -</p> <p data-bbox="185 1915 400 1982">kurze Verteilebene kurze Steigestränge kurze Anbindeleitungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="715 1559 1437 1615">▪ Grundprinzip: Anschluss von Umluftgeräten oder Deckenstrahlungsheizungen <li data-bbox="715 1644 1302 1673">▪ weitere Ebenen sehen so aus wie die gezeichnete <li data-bbox="715 1673 1437 1756">▪ entgegen der Skizze kann der Erzeuger auch oben oder im beheizten Bereich angeordnet sein <li data-bbox="715 1785 1406 1814">▪ als Verteilung zählt: die waagerechte Ebene in der Decke <li data-bbox="715 1814 1437 1870">▪ als Steigestränge zählen die senkrechten Leitungen zur Überwindung der Geschosshöhe <li data-bbox="715 1870 1437 1926">▪ als Anbindeleitung zählen die Rohre mit denen die Einzelabnehmer an die waagerechte Ebene angeschlossen sind

Tabelle 20 Netztypen und Leitungsabschnitte bei Heiznetzen

Trinkwasseranlagen können bei der Datenerfassung einem von drei zugeordnet werden. Für jeden Netztyp beschreibt Tabelle 21 ebenfalls die Leitungsabschnitte.

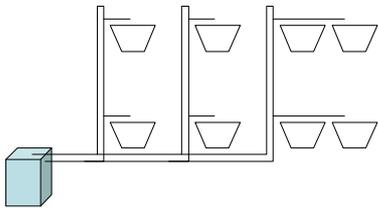
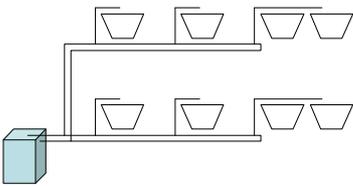
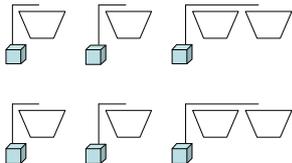
Skizze	Erläuterung und Hinweise
<p style="text-align: center;">- Steigestrangtyp-</p> <p style="text-align: left;">(R)</p>  <p>eine Verteilebene waagrecht (mit Zirkulation) mehrere Steigestränge (mit Zirkulation) Anbindung vom Steigestrang kurz typisch bei übereinander liegenden (gleichen) Einheiten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

Tabelle 21 Netztypen und Leitungsabschnitte bei Trinkwarmwassernetzen

Für die RLT-Wärme-Versorgung wird nicht in unterschiedliche Netztypen unterschieden.

5 Datenaufnahme

Der folgende Abschnitt erläutert die mit einem Aufnahmebogen erfassten Gebäudedaten und stellt die gewählten Praxisprojekte vor. Darüber hinaus wird das Verfahren zur Vervielfältigung der Datensätze (Vergrößerung der Stichprobe) erklärt.

5.1 Aufnahmebogen und Datenbank

Die Datenerfassung bei den Bestandsanlagen umfasst 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 (Originalnorm und Korrekturen) bzw. nach der DIN V 4701-10 ergeben hätten. Es resultiert eine Tabelle mit insgesamt 85 Spalten, deren Inhalt in den nächsten Kapiteln erläutert wird.

Der komplette Erfassungsbogen ist im Anhang 13.4 abgedruckt.

5.1.1 Allgemeine Daten

Für jeden Datensatz wird eine laufende zweistellige Nummer vergeben. Die erste Ziffer markiert ein reales Gebäude. Die zweite Ziffer kennzeichnet den gebauten Zustand oder davon abgeleitete Varianten, siehe auch Kapitel 5.3.

Außerdem wird das Objekt bzw. die Variante kurz beschrieben. Standortdaten sind hinterlegt, Ansprechpartner vor Ort und Bearbeiter innerhalb des Projektes.

5.1.2 Gebäude- und Raumgeometrie

Gebäudegeometrien

Für das gesamte Gebäude werden – unabhängig ob das Objekt flächendeckend mit der betreffenden Technik ausgestattet ist oder nicht – bestimmt:

- die Nettogrundfläche, in m^2
- die mittlere Geschosshöhe, in m
- Gebäudelänge und -breite oder bei nicht rechteckigen Grundrissen die charakteristische Länge und Breite je Geschoss bzw. Mittelwerte für das Gebäude, jeweils in m
- Umfang des Gebäudes als Summe der Umfänge aller Geschosse, in m
- die Hüllfläche A , in m^2
- das umbaute Volumen V_e , in m^3
- die aus dem umbauten Volumen ermittelte EnEV-Nutzfläche A_N , in m^2
- die Anzahl der beheizten Geschosse, ggf. als ganzzahliger Mittelwert

Bemaßungsregeln entsprechen der DIN V 18599.

Geometrien von Zonen und Teilflächen

Bemaßungsregeln entsprechen denen der DIN V 18599 für Versorgungsbereiche und Zonen.

Getrennt von der Gebäudegeometrie des Gesamtobjektes werden für die Bereiche mit Warmwasserzapfstellen (in einer Bilanz: Sanitärzone) separat erfasst:

- die Nettogrundfläche, in m²
- die mittlere Geschosshöhe, in m
- Länge und -breite oder bei nicht rechteckigen Grundrissen die charakteristische Länge und Breite, jeweils in m
- das umbaute Volumen V_e , in m³

Außerdem werden getrennt für mittelgroße (ca. 4 – 10 m Höhe und ab ca. 150 m² Fläche) und große Räume (ca. 10 m Höhe und ab ca. 1000 m² Fläche) noch folgende geometrische Daten bestimmt:

- die Nettogrundfläche, in m²
- die mittlere Geschosshöhe, in m

Für die Ebene, in der die zentrale waagerechte Verteilung einer Heizungsanlage angeordnet ist, wurde getrennt erhoben:

- die Nettogrundfläche, in m²
- Länge und -breite oder bei nicht rechteckigen Grundrissen die charakteristische Länge und Breite, jeweils in m

Baukonstruktion

Für das Objekt wird bestimmt, welche der folgenden Baukonstruktionsprinzipien vorliegen:

- Massivbau,
- Skelettbau.

Räume und Zapfstellen

Für Heizungs- und Warmwassernetze wird dokumentiert:

- die Anzahl der von Heizung versorgten Räume, getrennt nach kleinen, mittleren und großen Räumen (Abgrenzung siehe oben),
- die Anzahl der Räume mit Zapfstellen für Warmwasser,
- die Anzahl der Zapfstellen.

5.1.3 Heizungsnetze

Für die Heizungsnetze einer statischen Heizung incl. Umluftgeräten werden folgende Rohrabschnitte aus Plänen und auf Basis einer Begehung gemessen:

- Verteilleitungen: Längen in m
- Steigestränge: Längen in m
- Anbindeleitungen: Längen in m
- maximale Leitungslänge von der Pumpe bis zum am weitesten entfernten Übergabepunkt, in m

Für die Verteilleitungen, Steigestränge und Anbindeleitungen wurde zudem ermittelt, welcher Anteil in kleinen bzw. großen/mittleren Räumen liegt.

Netztypen

- es wird zugeordnet, ob es sich um ein zentrales Netz des Typs A, B oder C handelt (bzw. welcher Typ bei Mischtypen überwiegt),
- ob jeweils Ein- oder Zweirohrheizung vorhanden ist,
- ob eine obere oder untere Verteilung vorhanden ist.

Weitere Merkmale

Die Anlage wird klassifiziert hinsichtlich der üblichen in den DIN Normen vorhandenen Merkmale zu Netz und Übergabe:

- innen- oder außenliegende Steigestränge (Steigestränge an den AW oder nicht),
- innen- oder außenliegende Verteilebene (unter der Kellerdecke oder im beheizten Bereich),
- Lage der Übergabeeinrichtungen an Innen- oder Außenwände (überwiegend).

5.1.4 Trinkwarmwassernetztypen

Für die Trinkwarmwassernetze werden folgende Rohrabschnitte aus Plänen und auf Basis einer Begehung gemessen:

- Verteilleitungen: Längen in m
- Steigestränge: Längen in m
- Anbindeleitungen: Längen in m
- maximale Leitungslänge für Pumpen bei Zirkulationsnetzen, in m

Netztypen

- es wird zugeordnet, ob es sich um ein zentrales Netz handelt oder ob rein dezentrale Versorgung vorliegt,
- bei Zentralnetzen wird zugeordnet, ob es sich um ein zentrales Netz des Typs R oder S handelt,
- es wird erfasst, ob Zirkulation vorhanden ist.

Weitere Merkmale

Die Anlage wird klassifiziert hinsichtlich der üblichen in den DIN Normen vorhandenen Merkmale zu Netz und Übergabe:

- innen- oder außenliegende Steigestränge (Steigestränge an den AW oder nicht),
- innen- oder außenliegende Verteilebene (unter der Kellerdecke oder im beheizten Bereich),
- Vorhandensein von gemeinsamen Installationswänden für die Übergabe.

5.1.5 Anbindeleitungen für RLT-Anlagen

Für die Heiznetze zur Wärmeversorgung von RLT- oder Lüftungsnetzes werden folgende Rohrabschnitte aus Plänen und auf Basis einer Begehung gemessen:

- verlegte Summe von Anbindeleitungen: Längen in m
- maximale Leitungslänge für Pumpen, in m
- die (ggf. mittlere) Entfernung der Heizung- und Lüftungszentrale.

Netzgeometrie

- ob Wärmeversorgung und Lüftungsgerät nahe zusammen angeordnet sind (innerhalb einer Etage oder getrennt, z.B. Keller/Dach) angegeben in ganzzahligen Werten für die Entfernung in Geschossen,
- die Anzahl der mit diesem Netz zusammen angeschlossenen Geräte.

5.2 Genauigkeit bei der Datenaufnahme

Die anvisierte Formelentwicklung wird eine Ausgleichsfunktion aus Praxis- und Typgebäudekennwerten mit vorhersehbarer großer Streuung der Einzelkennwerte und damit Abweichungen zwischen Mess- und Rechenwert im Einzelfall – auch wenn der Mittelwert einer größeren Stichprobe stimmt.

Daher wird darauf verzichtet, eine übergenaue Datenaufnahme zu praktizieren. Es wird angestrebt, die Gebäudedaten (Längen, Flächen, Volumina) auf mind. 5 % genau zu erfassen, um die Kosten für das Aufmaß in Grenzen zu halten. Auch das Leitungsaufmaß wird mit dieser Genauigkeit angestrebt. Das bedeutet für große Objekte, z.B. 1000 m² Gebäude mit 1000 m Rohr insgesamt, eine Erfassung der Leitungslängen auf ca. 50 m genau.

5.3 Vervielfältigung der Datensätze und Typgebäude

Die auswertbare Anzahl von Praxisprojekten kann aufgrund der dafür benötigten Zeit nur begrenzt sein. Daher werden aus den real gebauten Projekten weitere fiktive Gebäude abgeleitet. Es wird – sofern jeweils sinnvoll – modifiziert:

- die Geschosszahl,
- die Länge (auch durch Spiegelung),
- die Breite (auch durch Spiegelung),
- der Heizungstyp oder
- der Trinkwassertyp.

Bei anderer Netzart bleiben die Anzahl der Zapfstellen und Heizkörper (o. a. Heizungsübergabestellen) prinzipiell erhalten, lediglich die Leitungsführung dorthin wird geändert. Bei Größenänderungen von Gebäuden wird die vorhandene Fachplanung so fortgeführt, nur in geändertem Umfang. Die erkannte Systematik der Leitungsverlegung wird also auf die Typengrundrisse angewendet, um Leitungslängen zu bestimmen.

Die Stichprobe konnte dadurch deutlich vergrößert werden (etwa 7-mal so groß). Der Datensatz in der Datenbank wurde für jedes fiktive Objekt vollständig ermittelt, so wie bei den Realobjekten auch.

5.4 Liste der Praxisprojekte

Die nachfolgende Tabelle 22 zeigt eine anonymisierte Liste der ausgewerteten Objekte sowie der daraus abgeleiteten Gebäude- und Anlagen.

Nr	Beschreibung des Gebäudes	ANGF, gerundet	Standort	Vari- anten	Art Varianten
1	Pflegeheim für geistig Behinderte	1700 m ²	östliches Nie- dersachsen	19	3 Höhen, 3 Längen, Netze A, B, C, R, S
2	kombiniertes kleines Hallenbad mit Turnhalle und Umkleiden	700 m ²	östliches Nie- dersachsen	7	2 Höhen, 2 Längen, Netze A, B, C, R/S
3	Einkaufsmarkt einer deutschlandweit vertretenden Ladenkette	1300 m ²	nördliches NRW	5	2 Längen, 2 Breiten, Netze B, D, T
4	individueller Einkaufsmarkt mit Bäcker und Fleischer	1800 m ²	nördliches NRW	6	2 Längen, 2 Breiten, Netze A, D, S, T
5	Bücherei und Ämtergebäude einer Kreisstadt	1100 m ²	südliches Nie- dersachsen	1	Netze A, B, T
6	Kiosk mit Kneipenraum	48 m ²	östliches Nie- dersachsen	5	2 Längen, 2 Breiten, Netze A, B, C, T
7	Ambulantes Krankenhaus mit Arzt- praxen und Büros	1100 m ²	östliches Nie- dersachsen	19	3 Höhen, 3 Längen, Netze A, B, C, R, S
8	Werkstätten mit Büros	400 m ²	östliches Nie- dersachsen	8	3 Höhen, Netze A, B, C, R, S, T

9	Kneipe mit Speiseausschank eines Dorfes mit 2 angegliederten Läden	400 m ²	östliches Niedersachsen	5	2 Längen, 2 Breiten, Netze A, B, C, R, S, T
10	Bettenhaus eines Kreiskrankenhauses mit Bädertherapie im Keller	5600 m ²	nördliches Niedersachsen	14	3 Höhen, 3 Längen, Netze A, B, C, R, S
11	Schwesternwohnheim eines Kreiskrankenhauses	1500 m ³	nördliches Niedersachsen	14	3 Höhen, 3 Längen, Netze A, B, C, R, S, T
12	Amtgebäude eines Landkreises	1300 m ²	östliches Niedersachsen	2	Netze A, B, C, R, S, T
14	Städtisches Amtsgebäude mit Kantine einer Großstadt	6300 m ²	mittleres Niedersachsen	10	3 Höhen, Netze A, B, C, R, S, T
15	Kindergarten eines Dorfes	200 m ²	östliches Niedersachsen	11	2 Höhen, 2 Längen, Netze A, B, C, R, S, T
16	Produktionshalle eines Konzerns	25000 m ²	südliches Niedersachsen	3	3 Größen, Netz C
17	Zentrales Umkleidegebäude eines Konzerns	400 m ²	südliches Niedersachsen	7	2 Längen, 2 Breiten, 2 Höhen, Netze A, C, R, S
18	Näherei	300 m ²	östliches Niedersachsen	11	2 Längen, 2 Höhen, Netze A, B, C, R, S, T
19	Tischlerei und Schlosserei	300 m ³	östliches Niedersachsen	9	3 Längen, Netze A, B, C, T
20	Büro- und Umkleidegebäude einer Pflegeeinrichtung	300 m ²	östliches Niedersachsen	2	Netze A, B, C, R, S, T
21	Seminar- und Bürogebäude	400 m ²	östliches Niedersachsen	11	4 Höhen, Netze A, B, C, R, S, T
22	technische Werkstätten mit Umkleiden für Behinderte	1200 m ²	östliches Niedersachsen	2	Netze A, B, C, R, S, T
23	Heim für Schwerstbehinderte	500 m ²	östliches Niedersachsen	11	2 Höhen, 2 Längen, Netze A, B, C, R, S, T
24	Wohnhaus (2 WE)	500 m ²	östliches Niedersachsen	8	3 Höhen, Netze A, B, C, R, S, T
25	Pflegeheim mit Werkstätten	2100 m ²	östliches Niedersachsen	8	3 Höhen, Netze A, B, C, R, S, T
26	Laborgebäude einer großen Hochschule	17800 m ²	mittleres Niedersachsen	8	3 Höhen, Netze A, B, C, R, S, T
27	Wohnhaus (1 WE)	100 m ²	mittleres Niedersachsen	3	Netze A, B, C, R, S, T
28	Wohnhaus (4 WE)	300 m ²	östliches Niedersachsen	14	3 Höhen, 3 Längen, Netze A, B, C, R, S
29	Wohnen (24 WE)	1500 m ²	östliches Niedersachsen	20	3 Höhen, 3 Längen, Netze A, B, C, R, S, T
30	Kantine mit Küche eines Produktionsbetriebes	300 m ²	westliches Niedersachsen	5	2 Breiten, Netze A, B, C, R, S, T
31	Umkleidegebäudes eines Produktionsbetriebes	200 m ²	westliches Niedersachsen	5	2 Höhen, Netze A, B, C, R, S
32	Bürogebäude eines Produktionsbetriebes	200 m ²	westliches Niedersachsen	14	3 Höhen, 3 Längen, Netze A, B, C, R, S, T
33	Bürotrakt eines großen Hotels	500 m ²	Berlin	7	2 Längen, Netze A, B, C, R, S, T
34	Seminarbereich eines großen Hotels	500 m ²	Berlin	7	2 Höhen, Netze A, B, C, R, S, T
35	Küche eines großen Hotels	300 m ²	Berlin	1	Netz R
36	Restaurant eines großen Hotels	1300 m ²	Berlin	1	Netz A
37	Bistro mit Küche und Restaurantbereich eines großen Hotels	500 m ²	Berlin	5	2 Breiten, Netze A, C, R, S
38	Konferenzbereich eines großen Hotels	1100 m ²	Berlin	7	2 Höhen, Netze A, B, C, R, S, T
39	Bettentrakt eines großen Hotels	6200 m ²	Berlin	11	4 Höhen, Netze A, B, C, R, S, T
40	OP-Gebäude mit Nebenräumen und Büros eines Kreiskrankenhauses	1100 m ²	nördliches Niedersachsen	5	2 Höhen, Netze A, C, R, S
41	Ärztzentrum eines Kreiskrankenhauses	1000 m ²	nördliches Niedersachsen	14	3 Höhen, 2 Längen, Netze A, B, C, R, S, T
42	Küche und Speisesaal eines Kreiskrankenhauses	700 m ²	nördliches Niedersachsen	1	Netze A, C, R, S

43	Röntgen- und Diagnostikzentrum eines Kreiskrankenhauses	1700 m ²	nördliches Niedersachsen	5	3 Höhen, Netze A, C, R, S
44	Einkaufszentrum mit Großmarkt	13800 m ²	östliches Niedersachsen	7	3 Höhen, 2 Längen, Netze B, T
45	Bibliothek und Stadtarchiv einer Großstadt	10100 m ²	östliches Niedersachsen	7	3 Höhen, 2 Längen, Netze C, T
46/47	Theatersaal einer Kreisstadt	2000 m ²	südliches Niedersachsen	0	
48	Schwimmhalle einer Kreisstadt	3500 m ²	südliches Niedersachsen	3	Netze A, C, R, S
49/50	Einkaufszentrum mit Fachmärkten	3000 m ²	westliches Niedersachsen	1	2 Breiten, 3 Längen, Netze D, T
51	Tierarztpraxis eines Einkaufszentrum	1200 m ²	westliches Niedersachsen	0	Netze A, T
52	Bettenhaus eines Seminarzentrums	500 m ²	nördliches Niedersachsen	3	2 Höhen, Netze A, C, R, S
53	Hörsaalgebäude eines Seminarzentrums	200 m ²	nördliches Niedersachsen	3	2 Breiten, Netze A, C, S, T
54	Hörsaalgebäude einer Hochschule	1200 m ²	östliches Niedersachsen	5	2 Längen, Netze A, B, C, R, T
55	Rechenzentrum einer Hochschule	2000 m ²	östliches Niedersachsen	0	Netz A
56	Werkhalle mit Büros einer Hochschule	700 m ²	östliches Niedersachsen	3	2 Längen, Netze B, C, R, T
57	Werkhalle mit Büros einer Hochschule	2100 m ²	östliches Niedersachsen	2	Netze A, B, T
58	Fachtrakt einer Schule	2400 m ²	südliches Niedersachsen	7	3 Höhen, 2 Längen, Netze A, C, T
59	Klassenzimmertrakt eines Schulkomplexes	3400 m ²	südliches Niedersachsen	1	Netze A, B/C, T
60	Sporthalle mit Umkleiden eines Schulzentrums	2600 m ²	südliches Niedersachsen	0	Netz B/C, T
61	Haupt und Realschule Kreisstadt	11700 m ²	südliches Niedersachsen	0	Netz A/C, T
62	Restaurant und Küchengebäude eines Seminarzentrums	300 m ²	nördliches Niedersachsen	3	2 Breiten, Netze A, C, S, T
63	kleine Fleischerei	200 m ²	östliches Niedersachsen	0	Netze A, R
64	Wartehalle eines großen Flughafens	15200 m ²	mittleres Niedersachsen	1	Netze A, S, T
65	große Veranstaltungshalle einer Großstadt	20100 m ²	östliches Niedersachsen	0	Netze A/B/C, R/S
66	Bürogebäude eines Dienstleistungsunternehmens	1400 m ²	mittleres Sachsen	2	2 Höhen, 2 Längen, Netze C, R, T
67	Museum einer Großstadt	400 m ²	mittleres Sachsen	9	3 Höhen, 3 Längen, Netze A, C, T
68	Hörsaalzentrum einer Hochschule	12400 m ²	mittleres Sachsen	2	3 Höhen, Netze A, C, R
69	Laborgebäude einer Hochschule	5800 m ²	mittleres Sachsen	15	2 Höhen, 3 Längen, Netze A, B, C, R, S
70	Frisör eines großes Einkaufszentrums	50 m ²	mittleres Sachsen	2	2 Längen, 2 Breiten, Netze B, T
71	Hotel einer Großstadt	4100 m ²	mittleres Sachsen	14	3 Höhen, 3 Längen, Netze A, C, R, S
72	Seniorenpflegeheim		nördliches Sachsen	14	3 Höhen, 3 Länge, Netze A, C, R, S
73	Schwimmhalle einer Kreisstadt	1400 m ²	östliches Sachsen	3	2 Größen, Netze A, C, S
74	Rechenzentrum einer Hochschule	1900 m ²	mittleres Sachsen	7	3 Höhen, 2 Längen, Netze A, C
75	Schwimmhalle einer Kleinstadt	2500 m ²	mittleres Sachsen	5	2 Größen, Netze A, B, C, S
76	Studentenwohnheim einer Großstadt	8200 m ²	mittleres Sachsen	19	3 Höhen, 3 Längen, Netze A, B, C, R, S

Tabelle 22 Praxisprojekte und abgeleitete Varianten

5.5 Beispielhafte Ergebnisse der Datenerfassung

Der nachfolgende Tabellenausschnitt zeigt die Ergebnisse eines erfassten Gebäudes und seiner 11 fiktiven Varianten, wobei Ansprechpartner und Adressdaten geschwärzt sind. Insgesamt sind nach diesem Schema 551 Datensätze aus 76 Realgebäuden bestimmt worden.

1	2	3	4						5	6	7	8
Nr	Varianten	Hinweise zu Variante						Gebäude	Art	Ansprechpartner vor Ort	Bearbeiter im Projekt	
			real									
			fiktiv									
			Anmerkung	Höhe	Länge	Breite	H-Netz	W-Netz				
15	0	real	wie gebaut	H	L	B	H-Netz A	W-Netz T		Kindergarten		Jagnow
15	1	fiktiv	2 Geschosse	2 H	L	B	H-Netz A	W-Netz T		Kindergarten		
15	2	fiktiv	Ringförmig doppelt	H	2 L	B	H-Netz A	W-Netz T		Kindergarten		
15	3	fiktiv	ringförmig 2 Geschosse	2 H	2 L	B	H-Netz A	W-Netz T		Kindergarten		
15	4	fiktiv					H-Netz B	W-Netz R		Kindergarten		
15	5	fiktiv		2 H			H-Netz B	W-Netz R		Kindergarten		
15	6	fiktiv			2 L		H-Netz B	W-Netz R		Kindergarten		
15	7	fiktiv		2 H	2 L		H-Netz B	W-Netz R		Kindergarten		
15	8	fiktiv					H-Netz C	W-Netz S		Kindergarten		
15	9	fiktiv		2 H			H-Netz C	W-Netz S		Kindergarten		
15	10	fiktiv			2 L		H-Netz C	W-Netz S		Kindergarten		
15	11	fiktiv		2 H	2 L		H-Netz C	W-Netz S		Kindergarten		

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Nettogrundfläche					Geschosshöhe					Volumen außen	
gesamt (entspricht Heizung)	Fläche kleiner Räume	Fläche mittlerer Räume/Hallen	Fläche großer Hallen	der Zonen mit Trinkwasserzapfstellen	gesamt (entspricht Heizung)	Höhe kleiner Räume	Höhe mittlerer Räume/Hallen	Höhe großer Hallen	der Zonen mit Trinkwasserzapfstellen	gesamt (entspricht Heizung)	der Zonen mit Trinkwasserzapfstellen
m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m	m	m	m	m	m ³	m ³
234	234	0	0	41	3,11	3,11	k.A.	k.A.	3,11	393	155
469	469	0	0	81	3,03	3,03	k.A.	k.A.	3,03	1741	301
469	469	0	0	81	3,11	3,11	k.A.	k.A.	3,11	1786	309
938	938	0	0	162	3,03	3,03	k.A.	k.A.	3,03	4071	705
234	234	0	0	41	3,11	3,11	k.A.	k.A.	3,11	393	155
469	469	0	0	81	3,03	3,03	k.A.	k.A.	3,03	1741	301
469	469	0	0	81	3,11	3,11	k.A.	k.A.	3,11	1786	309
938	938	0	0	162	3,03	3,03	k.A.	k.A.	3,03	4071	705
234	234	0	0	41	3,11	3,11	k.A.	k.A.	3,11	393	155
469	469	0	0	81	3,03	3,03	k.A.	k.A.	3,03	1741	301
469	469	0	0	81	3,11	3,11	k.A.	k.A.	3,11	1786	309
938	938	0	0	162	3,03	3,03	k.A.	k.A.	3,03	4071	705

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Charakteristische Länge		Charakteristische Breite		Sonstige Daten		Grundfläche in Höhe der Verteilebene			Baukörper	
gesamt (entspricht Heizung)	der Zonen mit Trinkwarm- wasserzapf- stellen	gesamt (entspricht Heizung)	der Zonen mit Trinkwarm- wasserzapf- stellen	Umfang (Summe aller Geschosse)	Anzahl der Geschosse	charakte- ristische Länge	charakte- ristische Breite	Netto- grundfläche	Konstruktion	Hüllfläche (auch an andere Gebäude)
m	m	m	m	m	Stück	m	m	m ²	massiv skelett leicht fachwerk	m ²
33,5	15,9	8,6	3,7	90	1	33,5	8,6	234	massiv	864
33,5	15,9	8,6	3,7	180	2	33,5	8,6	469	massiv	1130
67,0	31,7	8,6	3,7	136	1	67,0	8,6	469	massiv	1597
67,0	31,7	8,6	3,7	272	2	67,0	8,6	938	massiv	1999
33,5	15,9	8,6	3,7	90	1	33,5	8,6	234	massiv	864
33,5	15,9	8,6	3,7	180	2	33,5	8,6	469	massiv	1130
67,0	31,7	8,6	3,7	136	1	67,0	8,6	469	massiv	1597
67,0	31,7	8,6	3,7	272	2	67,0	8,6	938	massiv	1999
33,5	15,9	8,6	3,7	90	1	33,5	8,6	234	massiv	864
33,5	15,9	8,6	3,7	180	2	33,5	8,6	469	massiv	1130
67,0	31,7	8,6	3,7	136	1	67,0	8,6	469	massiv	1597
67,0	31,7	8,6	3,7	272	2	67,0	8,6	938	massiv	1999

32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Heiznetz													
Versorgungsart	Netzart	Netztyp	Art der Verteilung	Lage der Verteilung	Lage der Steigestränge	Überwiegende Lage der Übergabe	Länge Verteilung gesamt	Länge Verteilung in Hallen	Länge Steigestränge gesamt	Länge Steigestränge in Hallen	Länge Anbindungen gesamt	Länge Anbindungen in Hallen	maximale Leitungslänge (einfacher Weg)
dezentral	Einrohr	A: Etagenring	obere	im Beheizten	an Außenwänden	HK an Außenwänden	m	m	m	m	m	m	m
semidezentral	Zweirohr	B: Estrich	untere	im Unbeheizten	im Gebäudeinneren	HK an Außenwänden							
zentral		C: Steigleitungen				Fußboden/Deckenheizung							
k.A.	k.A.	D: Lüftung	k.A.	k.A.	k.A.	unter der Decke	k.A.						
zentral	Zweirohr	A: Etagenring	obere	im Beheizten	an Außenwänden	HK an Außenwänden	207	k.A.	5	k.A.	104	k.A.	77
zentral	Zweirohr	A: Etagenring	obere	im Beheizten	an Außenwänden	HK an Außenwänden	404	k.A.	11	k.A.	208	k.A.	80
zentral	Zweirohr	A: Etagenring	obere	im Beheizten	an Außenwänden	HK an Außenwänden	408	k.A.	5	k.A.	208	k.A.	77
zentral	Zweirohr	A: Etagenring	obere	im Beheizten	an Außenwänden	HK an Außenwänden	806	k.A.	11	k.A.	416	k.A.	80
zentral	Zweirohr	B: Estrich	untere	im Beheizten	im Gebäudeinneren	HK an Außenwänden	74	k.A.	5	k.A.	88	k.A.	44
zentral	Zweirohr	B: Estrich	untere	im Beheizten	im Gebäudeinneren	HK an Außenwänden	138	k.A.	11	k.A.	176	k.A.	50
zentral	Zweirohr	B: Estrich	untere	im Beheizten	im Gebäudeinneren	HK an Außenwänden	138	k.A.	5	k.A.	176	k.A.	44
zentral	Zweirohr	B: Estrich	untere	im Beheizten	im Gebäudeinneren	HK an Außenwänden	266	k.A.	11	k.A.	352	k.A.	50
zentral	Zweirohr	C: Steigleitungen	untere	im Beheizten	an Außenwänden	HK an Außenwänden	162	k.A.	5	k.A.	22	k.A.	44
zentral	Zweirohr	C: Steigleitungen	untere	im Beheizten	an Außenwänden	HK an Außenwänden	162	k.A.	65	k.A.	44	k.A.	44
zentral	Zweirohr	C: Steigleitungen	untere	im Beheizten	an Außenwänden	HK an Außenwänden	314	k.A.	5	k.A.	44	k.A.	44
zentral	Zweirohr	C: Steigleitungen	untere	im Beheizten	an Außenwänden	HK an Außenwänden	314	k.A.	125	k.A.	88	k.A.	44

46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
Trinkwassernetz									
Versorgungsart	Netzart	Netztyp	Lage der Verteilung	Lage der Steigestränge	Art der Übergabe	Länge Verteilung	Länge Steigestränge	Länge Anbindungen	maximale Leitungslänge (einfacher Weg)
dezentral	mit Zirkulation	R: Steigestrang	im Beheizten	an Außenwänden	mit gemeinsamer Installationswand	m	m	m	m
semidezentral	ohne Zirkulation	S: Ebenenverteilung	im Unbeheizten	im Gebäudeinneren	ohne gemeinsame Installationswand				
zentral		T: Dezentral			dezentral				
k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.				
dezentral	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten	im Gebäudeinneren	dezentral	0	0	23	5
dezentral	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten	im Gebäudeinneren	dezentral	0	0	46	5
dezentral	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten	im Gebäudeinneren	dezentral	0	0	46	5
dezentral	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten	im Gebäudeinneren	dezentral	0	0	92	5
zentral	mit Zirkulation	R: Steigestrang	im Beheizten	im Gebäudeinneren	mit gemeinsamer Installationswand	86	5	18	40
zentral	mit Zirkulation	R: Steigestrang	im Beheizten	im Gebäudeinneren	mit gemeinsamer Installationswand	86	23	38	43
zentral	mit Zirkulation	R: Steigestrang	im Beheizten	im Gebäudeinneren	mit gemeinsamer Installationswand	134	5	35	40
zentral	mit Zirkulation	R: Steigestrang	im Beheizten	im Gebäudeinneren	mit gemeinsamer Installationswand	134	41	70	43
zentral	mit Zirkulation	S: Ebenenverteilung	im Beheizten	im Gebäudeinneren	mit gemeinsamer Installationswand	86	5	18	40
zentral	mit Zirkulation	S: Ebenenverteilung	im Beheizten	im Gebäudeinneren	mit gemeinsamer Installationswand	172	11	35	43
zentral	mit Zirkulation	S: Ebenenverteilung	im Beheizten	im Gebäudeinneren	mit gemeinsamer Installationswand	134	5	35	40
zentral	mit Zirkulation	S: Ebenenverteilung	im Beheizten	im Gebäudeinneren	mit gemeinsamer Installationswand	268	11	70	43

56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
RLT-Netz					Räume/Zapfstellen					
Anzahl der RLT-Anschlüsse	Länge Anbindungen	maximale Leitungslänge (einfacher Weg)	Entfernung der beiden Zentralen	Entfernung der beiden Zentralen in Geschossen	Anzahl beheizter Räume	Anzahl kleiner Räume	Anzahl mittlerer Räume/Hallen	Anzahl großer Hallen	Anzahl Räume mit Zapfstellen TWW	Anzahl Zapfstellen TWW
Stück	m	m	m	Stück	Stück	Stück	Stück	Stück	Stück	Stück
0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	15	15	0	0	4	12
0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	30	30	0	0	8	24
0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	30	30	0	0	8	24
0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	60	60	0	0	16	48
0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	15	15	0	0	4	12
0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	30	30	0	0	8	24
0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	30	30	0	0	8	24
0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	60	60	0	0	16	48
0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	15	15	0	0	4	12
0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	30	30	0	0	8	24
0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	30	30	0	0	8	24
0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	60	60	0	0	16	48

67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
Leitungslänge Heizung 18599-5			Trinkwarmwasser 18599-8			Leitungslänge Heizung 18599-100			Trinkwarmwasser 18599-100		
Verteilung	Steige- stränge	Anbinde- leitungen	Verteilung	Steige- stränge	Anbinde- leitungen	Verteilung	Steige- stränge	Anbinde- leitungen	Verteilung	Steige- stränge	Anbinde- leitungen
107	22	158	0	0	4	43	22	158	0	0	4
107	44	316	0	0	9	57	44	316	0	0	9
214	45	316	0	0	9	57	45	316	0	0	9
214	87	632	0	0	18	86	87	632	0	0	18
82	22	158	32	14	3	35	22	158	32	5	3
82	44	316	32	27	6	42	44	316	32	9	6
159	45	316	65	27	6	42	45	316	65	9	6
159	87	632	65	53	12	56	87	632	65	18	12
107	22	158	32	14	3	43	22	158	32	5	3
107	44	316	32	27	6	57	44	316	32	9	6
214	45	316	65	27	6	57	45	316	65	9	6
214	87	632	65	53	12	86	87	632	65	18	12

79	80	81	82	83	84	85
AN	Leitungslänge Heizung 4701-10			Trinkwarmwasser 4701-10		
	Verteilung	Steige-stränge	Anbinde-leitungen	Verteilung	Steige-stränge	Anbinde-leitungen
m²	m	m	m	m	m	m
286	43	21	157	0	0	14
557	56	42	306	0	0	28
571	57	43	314	0	0	29
1303	94	98	717	0	0	65
286	35	21	157	32	21	14
557	41	42	306	37	42	28
571	42	43	314	37	43	29
1303	60	98	717	52	98	65
286	43	21	157	32	21	14
557	56	42	306	37	42	28
571	57	43	314	37	43	29
1303	94	98	717	52	98	65

Tabelle 23 Beispieldaten für ein Praxisprojekt mit 11 Varianten

6 Datenauswertung Heizung

Der nachfolgende Abschnitt beschreibt die Auswertung der erhobenen Daten zu Heizungsanlagen von der Aufbereitung der Grunddaten, der Bildung von Gebäudegruppen, der Verifizierung wichtiger Einflussgrößen auf die Leitungslänge bis zur eigentlichen Formelableitung.

Es werden jeweils 5 Gebäudegruppen, 4 Heizungsnetzarten und 3 Arten von Rohrabschnitten unterschieden. Sofern unterschiedliche Gebäude ähnliche Netze aufweisen, werden sie zusammengefasst.

6.1 Aufbereitung der Datensätze

Insgesamt stehen für die Auswertung der Heizungsanlagen etwas über 530 Datensätze zur Verfügung. Im ersten Schritt werden Datensätze ohne Heizung bzw. doppelte Datensätze gelöscht.

Die verbliebenen Daten werden nach den Heiznetztypen A, B, C sowie dem Typ D sortiert und für alle Gebäude der Kennwert "gesamte verlegte Leitungslänge je m² Nettogrundfläche" gebildet. Bei dieser Grobauswertung zeigen sich Ausreißer, die entfernt werden:

- Gruppe A: 2 x zu kleiner, 3 x zu großer Kennwert
- Gruppe B: 2 x zu kleiner, 2 x zu großer Kennwert
- Gruppe C: 2 x zu kleiner, 2 x zu großer Kennwert
- Gruppe D: 1 x zu großer Kennwert

Die Datenbereinigung ergibt insgesamt 506 auswertbare Datensätze zur Zusammenfassung zu Gebäudegruppen.

6.2 Bildung von Gebäudegruppen

Die Leitungslängen werden anschließend nach Gebäudenutzung sortiert und folgende Kennwerte für jede Gruppe gebildet:

- Gesamte verlegte Leitungslänge je m² Nettogrundfläche ($L_{\text{ges}} / A_{\text{NGF}}$)
- Zunahme von Leitungslänge je Zunahme von Nettogrundfläche ($\Delta L_{\text{ges}} / \Delta A_{\text{NGF}}$)
- Leitungslänge bei 100 m², 1000 m² und 10000 m² NGF (sofern für den Gebäudetyp sinnvoll)

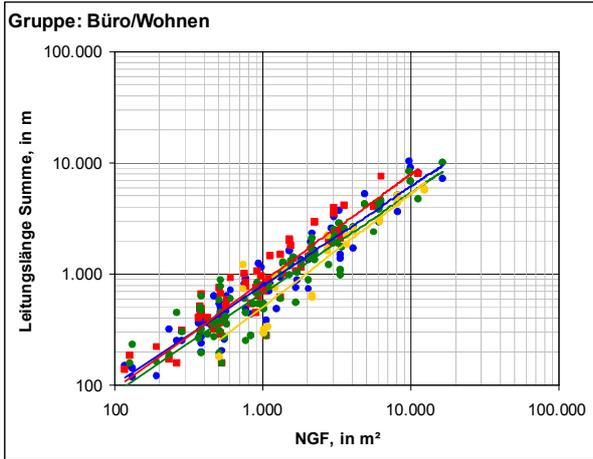
Anhand dieser Kennwerte werden 5 Gebäudegruppen gebildet, für welche sich mit wenigen Ausnahmen insgesamt ähnliche Kennwerte ergeben.

Im Einzelfall werden diesen Gruppen auch Gebäudenutzungstypen zugeordnet, die nur nach der Sinnlogik passen – aber nicht nach dem Kennwert, damit die spätere Anwendbarkeit gegeben bleibt. Beispiel: das Museum wurde in die Gruppe „Schule/Veranstaltung“ sortiert, obwohl die Kennwerte eher vergleichbar mit denen eines Wohnhauses wären. Jedoch wird sich diese „falsche“ Zuordnung voraussichtlich für die spätere Anwendung und Handhabbarkeit als sinnvoller erweisen.

Gebäudegruppe	Gebäudetyp	Typ A			Typ B			Typ C			Typ D						
		$\frac{\Delta L_{ges}}{\Delta A_{NGF}}$	Länge in [m] bei einer Fläche A_{NGF} von			$\frac{\Delta L_{ges}}{\Delta A_{NGF}}$	Länge in [m] bei einer Fläche A_{NGF} von			$\frac{\Delta L_{ges}}{\Delta A_{NGF}}$	Länge in [m] bei einer Fläche A_{NGF} von			$\frac{\Delta L_{ges}}{\Delta A_{NGF}}$	Länge in [m] bei einer Fläche A_{NGF} von		
			100 m ²	1000 m ²	10000 m ²		100 m ²	1000 m ²	10000 m ²		100 m ²	1000 m ²	10000 m ²		100 m ²	1000 m ²	10000 m ²
Wohnen/Büro/Hotel	Büro	0,70	40	700	7000	1,18		900	11000	0,74		600	7000	0,79	80	800	8000
	Praxen	0,50		700		1,17		1000		0,51	160	600					
	Hotel	0,59		700	6000									0,50		800	5000
	Seminar	1,29		1200	13000	0,89	160	1000	9000	0,44	150	500	4000	0,26 - 0,28	60 - 70	300	3000
	Bettenzimmer	0,72		800	7000	0,69				0,40		600	4000	0,38 - 0,43		800 - 1200	5000
	Wohnheim	0,41		800	5000	1,12	180	1200	11000	0,59		800	6000				
	Kindergarten	1,30	140	1300		0,66	80	700		0,47	140	600					
	Wohnen	1,06	90	1000	11000	1,33		1200	13000	0,57		500	6000				
	Pflegeheim	1,00		600	10000	0,61	120	700	6000	0,79		500	8000				
Schule/Veranstaltung	Veranstaltungshalle				3000												
	Flughafenhalle				3000												1000
	OP	0,43		400	4000					0,23		400	2000				
	Labor	0,28		500	3000	0,36			3000	0,24		700	3000				
	Rechenzentrum	0,29	120	400						0,27		200					
	Schule	0,28		500	3000					0,27		400	3000			500	
	Bibliothek			600				800		0,26		1000	3000				
	Museum	1,00		1000						1,00	120	1000					
	Theater			400								400					
Hörsaal	0,37		300	4000	0,20		700	2000	0,25		700	3000					
Verkauf/Küchen	Küche	0,14	170	300		0,27	140	400		0,31		500					
	Restaurant	0,25	130	400			70	900	9000	0,61	90	600					
	Kantine	0,69	70	700		1,21		1100		0,72	110	800					
	Fleischerei		30				30				30						
	Frisör					0,67	70										
	Verkauf	0,14		500	2000	0,93		1100	9000	0,66	150	700	7000	0,23 - 0,35	70	200 - 300	2000 - 3000
Sport	Schwimmhalle	0,07		500	1000	0,83		900		0,38		800	4000				
	Turnhalle	0,33		600		0,83		900	8000	0,57		700	6000				
	Umkleiden	0,51	150	600		--		1100		0,29		500					
Produktion	Produktion					0,90		200	2000					0,15		200	2000
	Werkstätten	0,51	110	600		0,62	100	700		0,19		500	2000	0,20		200	2000

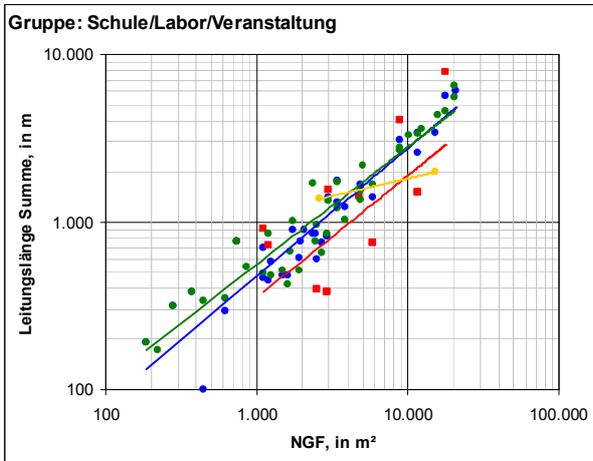
Tabelle 24 Zusammenfassung von Gebäuden zu Gebäudegruppen (Heizung)

Für die sich ergebenden 5 Gebäudegruppen sowie die 4 Netztypen ergeben sich folgende Auswertungen zur Gesamtleitungslänge.



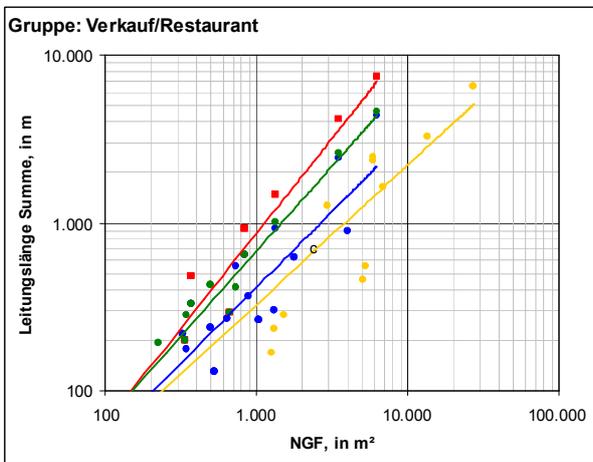
Legende:

- Netztyp A
- Netztyp B
- Netztyp C
- Netztyp D



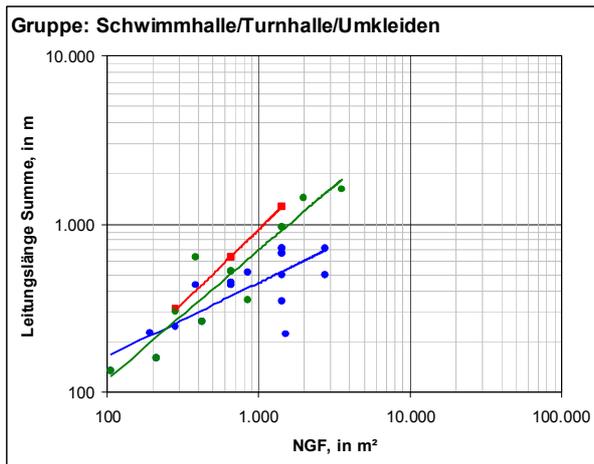
Legende:

- Netztyp A
- Netztyp B
- Netztyp C
- Netztyp D



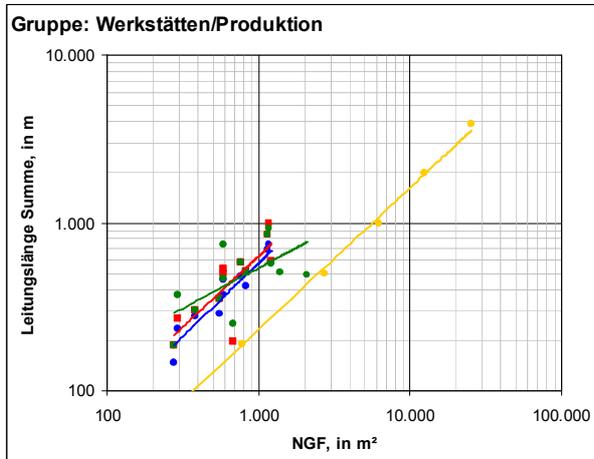
Legende:

- Netztyp A
- Netztyp B
- Netztyp C
- Netztyp D



Legende:

- Netztyp A
- Netztyp B
- Netztyp C



Legende:

- Netztyp A
- Netztyp B
- Netztyp C
- Netztyp D

Bild 1 Gesamtleitungslängen Heizung nach Netz- und Gebäudetypen

6.3 Verifizierung von Einflussparametern

Für die 4 Netztypen werden nachfolgend Parameter herausgearbeitet, von denen die installierte Leitungslänge der Rohrabschnitte jeweils abhängt. Die Erarbeitung dieser Kenngrößen erfolgt zunächst in einfacher Abhängigkeit innerhalb eines Zweiquadrantendiagramms, d.h. es wird die Leitungslänge über einer geometrischen Größe aufgetragen und der Grad der Abhängigkeit bestimmt.

Dabei ist Ziel, maximal 2 wichtigste Einflussgrößen als Parameter zu filtern. Die spätere Formelableitung erfolgt dann in einem Dreiquadrantendiagramm mit den identifizierten wichtigsten 2 Parametern. Die Definitionen der verwendeten Parameter können in Kapitel 2.7 und 5.1 nachgeschlagen werden. Die Größen sind i. A. alle auch in DIN V 18599 definiert.

Die Auswertung erfolgt getrennt für Verteilung, Steigestränge und Anbindeleitungen.

6.3.1 Verteilung

Folgende Parameter wurden als Einzeleinflussgrößen auf die Länge der Verteilleitungen aller 4 Netztypen getestet

- Nettogrundfläche A_{NGF}
- Nettogrundfläche der Verteilebene $A_{NGF,Verteil}$
- umbautes Volumen V_e
- Hüllfläche A
- Gesamtumfang aller Geschosse U
- reale charakteristischen Länge L_{char}

Außerdem wurden abgeleitete Größen als Einflussgrößen ausgewertet:

- Korrelation zur mittleren Raumgröße A_{NGF} / n_{Raum}
- Korrelation zum Anteil kleiner Räume $A_{NGF, klein} / A_{NGF}$
- Korrelation zur mittleren Nettogrundfläche je Geschoss $A_{NGF} / n_{Geschoss}$ (als Ersatz für die Nettogrundfläche in Höhe der Verteilebene)
- Korrelation zur charakteristischen Länge aus Volumen und Längen/Breitenverhältnis $L_{char,V}$ (als Ersatz für die nach DIN V 18599 ermittelte reale charakteristische Länge, gebildet aus Volumen, Geschosshöhe, Geschoszahl und einem festen Längen-Breiten-Verhältnis)

Als Funktionstyp einer in allen Fällen sinnvollen Korrelation der Größen hat sich eine Potenzfunktion der Form Länge = $a \cdot \text{Parameter}^b$ erwiesen. Tabelle 25 zeigt das Bestimmtheitsmaß der jeweiligen Einflussgrößen.

	Netztyp A	Netztyp B	Netztyp C	Netztyp D
A_{NGF}	0,81	0,39	0,55	0,61
V_e	0,75	0,42	0,55	0,60
A	0,60	0,42	0,41	0,72
U	0,83	0,31	0,45	0,34
A_{NGF} / n_{Raum}	0,02	0,01	0,00	0,03
$A_{NGF, klein} / A_{NGF}$	0,02	0,10	0,00	0,01
L_{char}	0,31	0,52	0,42	0,39
$L_{char,V}$	nicht getestet	0,53	0,53	nicht getestet
$A_{NGF, Verteil}$	0,34	0,51	0,52	0,52
$A_{NGF} / n_{Geschoss}$	nicht getestet	0,50	0,49	nicht getestet

Tabelle 25 Regressionsgrade für getestete Einzelparameter (Heizung, Verteilung)

Fazit der Voruntersuchung: für den Netztyp A (Etagenringtyp) erweisen sich erwartungsgemäß der Summenumfang aller Geschosse als maßgeblich sowie die Nettogrundfläche. Für den Netztyp D (Strahlungs- und Luftheizung) die Nettogrundfläche und Hüllfläche des zu versorgenden Objektes.

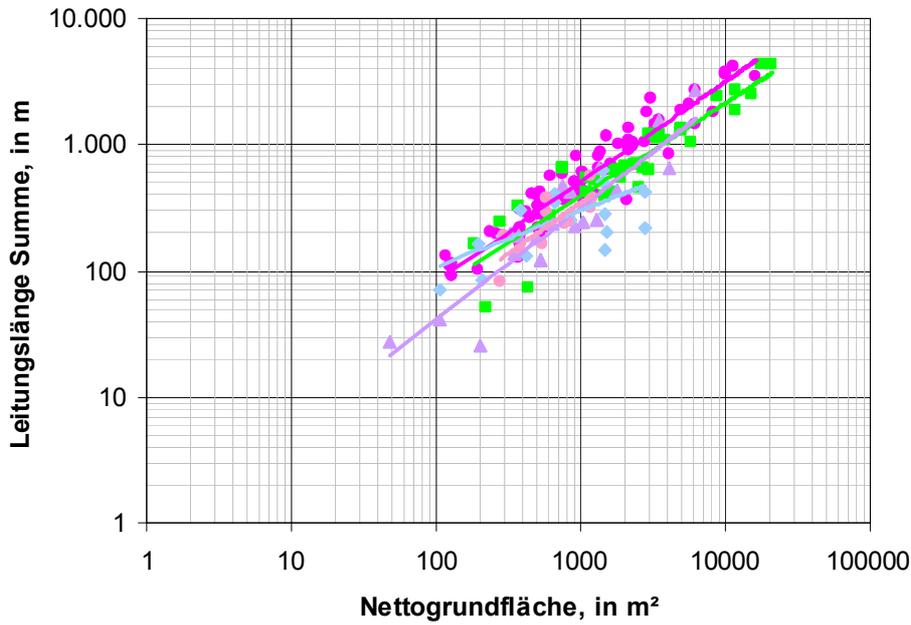
Bei den Netztypen B und C (Etagenverteiler, Steigestrangtyp) hängt die Leitungslänge des Verteilnetzes von der charakteristischen Länge und der Fläche in Höhe der Verteilebene ab. Diese beiden Werte wurden jeweils ersetzt durch ihre Ersatzgrößen (mittlere Nettogrundfläche, charakteristische Länge aus Volumen etc.), welche eine vergleichbare Abhängigkeit zeigen.

Beim Netztyp C wurde aus Gründen der Sinnlogik auf die Fläche in Höhe der Verteilebene (bzw. mittlere Geschossfläche) zurückgegriffen, auch wenn die Gesamtnettogrundfläche ein etwas besseres Bestimmtheitsmaß aufweist.

Die Thematik innen- und außenliegender Steigestränge wurde nicht separat geprüft, weil dies durch die Definition von 4 Netztypen abgebildet ist.

Getrennt nach den 5 Gebäudegruppen und den 4 Netztypen werden die Leitungslängen über den jeweils beiden wichtigsten Einflussparametern aufgetragen, siehe Bild 2 bis Bild 5.

Typ A / Verteilung

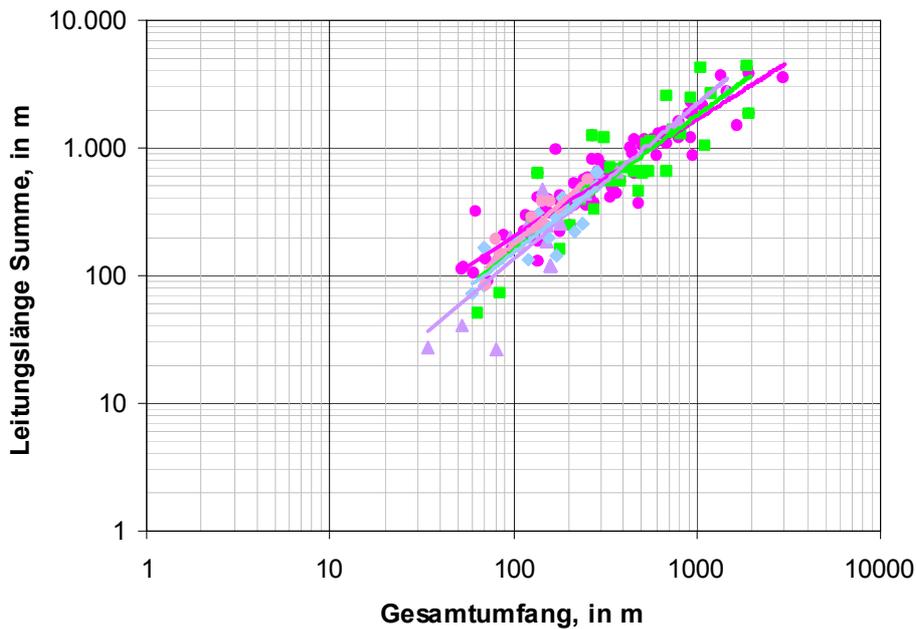


Legende:

■ Gebäudegruppe
(Regressionsgrad)

- Gruppe 1: Büro/Wohnen (0,90)
- Gruppe 2: Schule/Veranst. (0,85)
- ▲ Gruppe 3: Verkauf/Rest. (0,80)
- ◆ Gruppe 4: Sport/Umkleide (0,41)
- Gruppe 5: Produktion (0,66)

Typ A / Verteilung



Legende:

■ Gebäudegruppe
(Regressionsgrad)

- Gruppe 1: Büro/Wohnen (0,85)
- Gruppe 2: Schule/Veranst. (0,76)
- ▲ Gruppe 3: Verkauf/Rest. (0,77)
- ◆ Gruppe 4: Sport/Umkleide (0,74)
- Gruppe 5: Produktion (0,82)

Bild 2 Haupteinflussparameter Heizung / Verteilung / Netztyp A

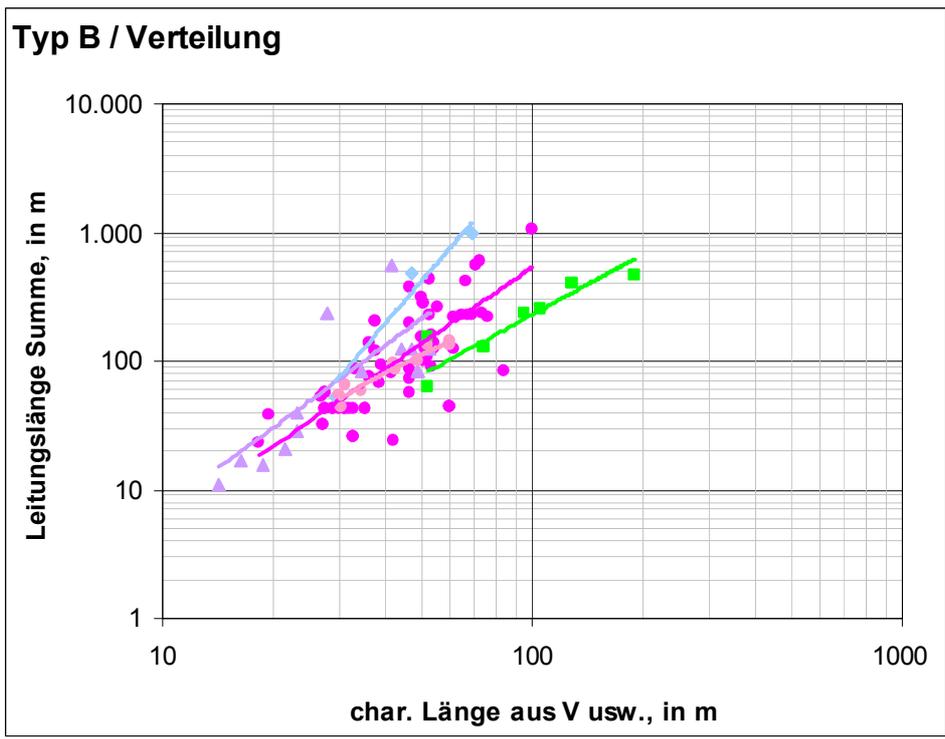
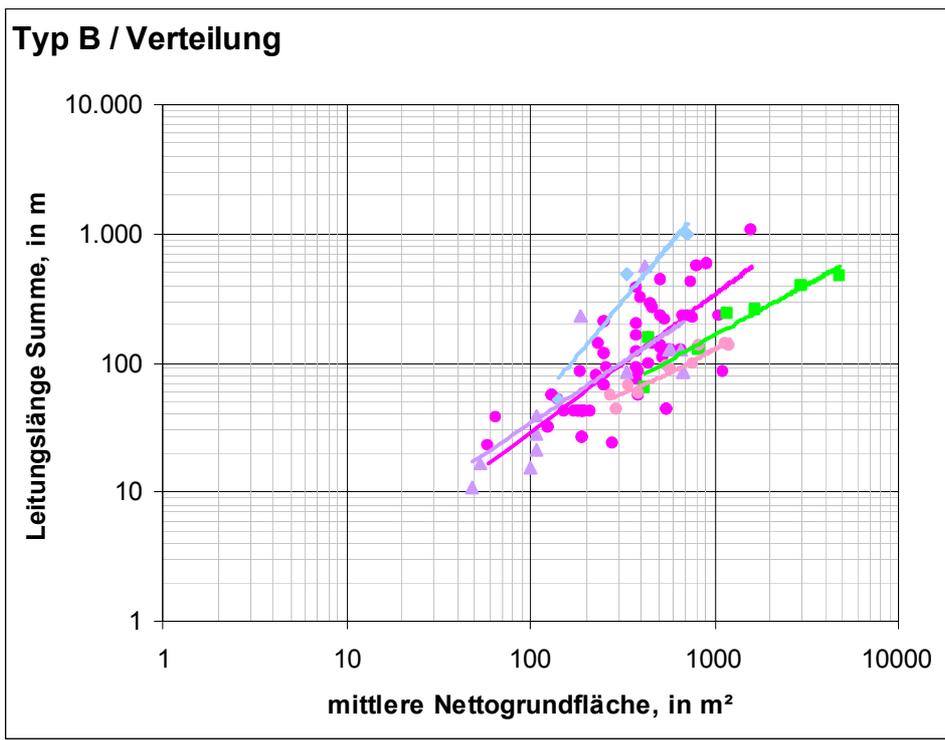
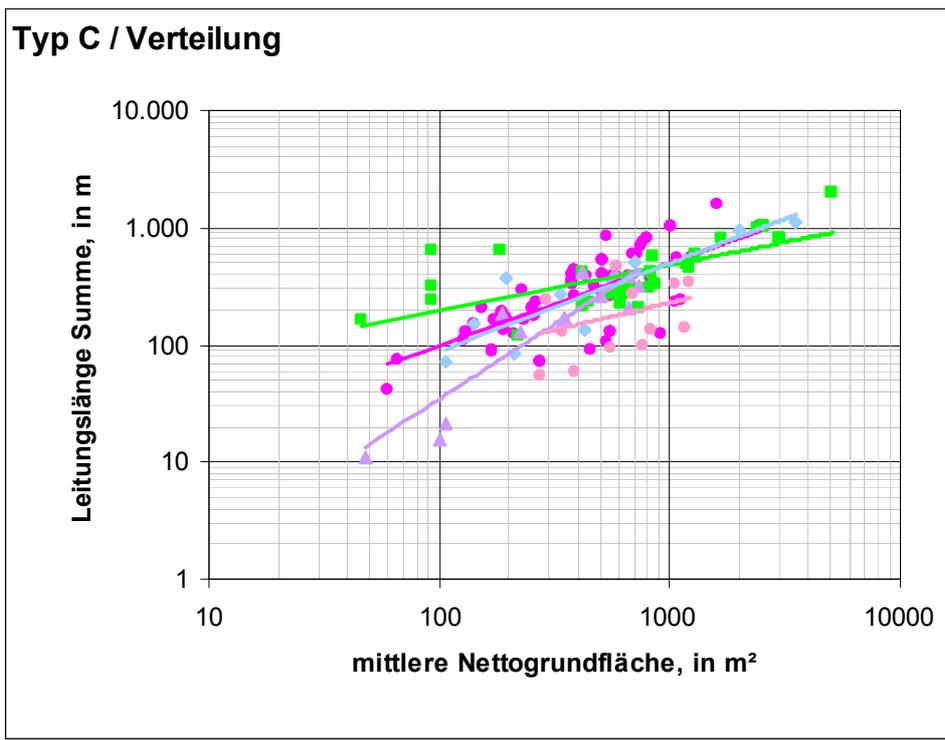
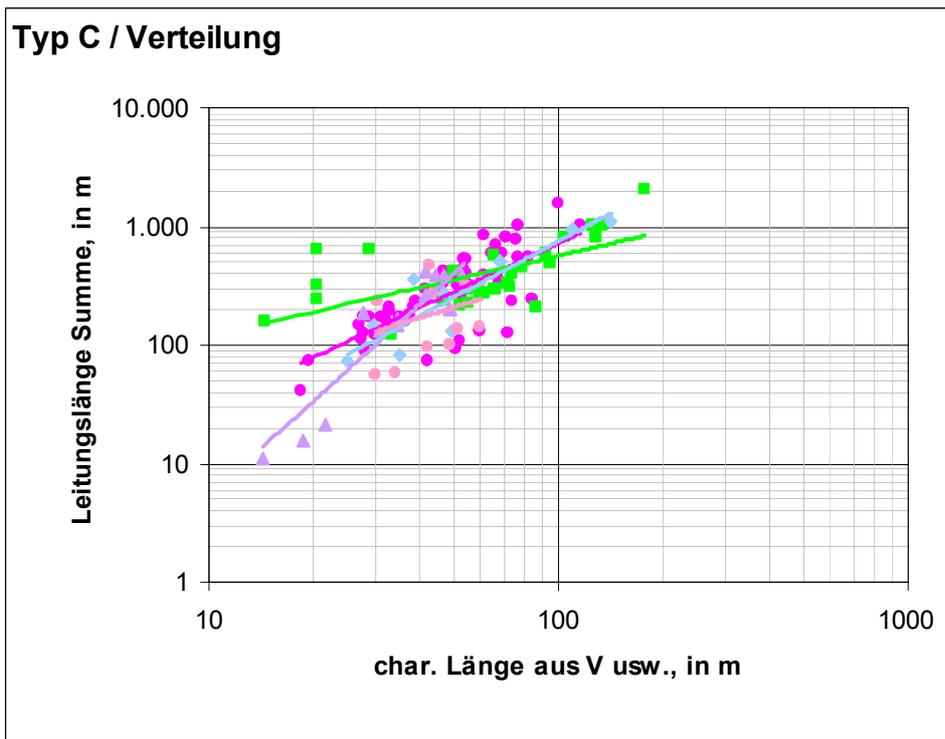


Bild 3 Haupteinflussparameter Heizung / Verteilung / Netztyp B



- Legende:
 ■ Gebäudegruppe
 (Regressionsgrad)
- Gruppe 1: Büro/Wohnen (0,50)
 - Gruppe 2: Schule/Veranst. (0,47)
 - ▲ Gruppe 3: Verkauf/Rest. (0,79)
 - ◆ Gruppe 4: Sport/Umkleide (0,75)
 - Gruppe 5: Produktion (0,11)



- Legende:
 ■ Gebäudegruppe
 (Regressionsgrad)
- Gruppe 1: Büro/Wohnen (0,51)
 - Gruppe 2: Schule/Veranst. (0,42)
 - ▲ Gruppe 3: Verkauf/Rest. (0,82)
 - ◆ Gruppe 4: Sport/Umkleide (0,81)
 - Gruppe 5: Produktion (0,10)

Bild 4 Haupteinflussparameter Heizung / Verteilung / Netztyp C

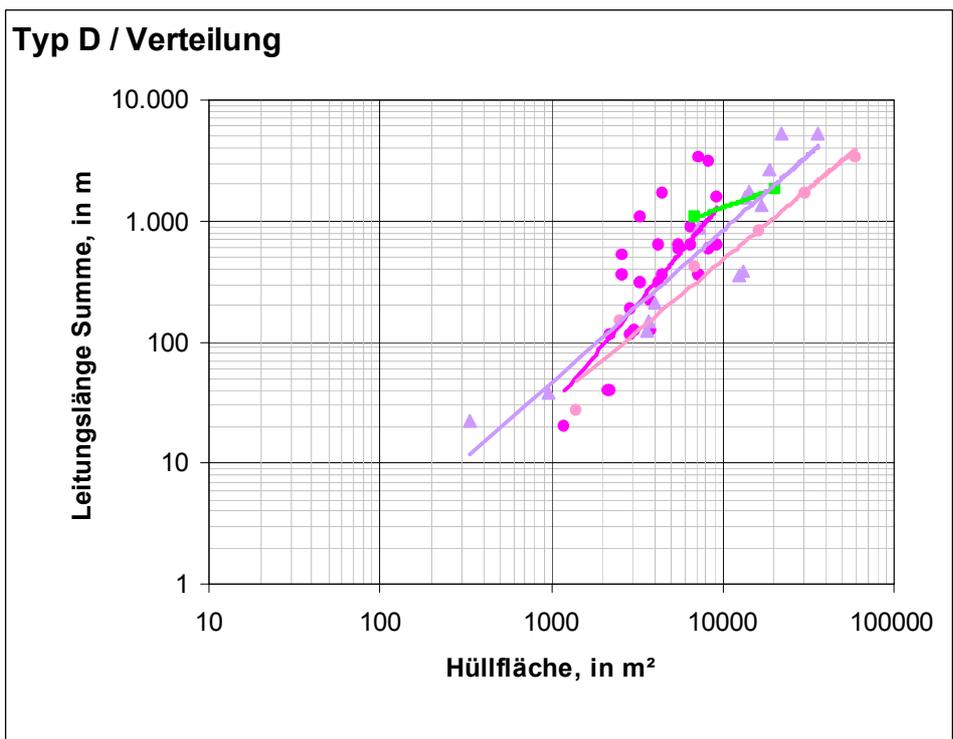
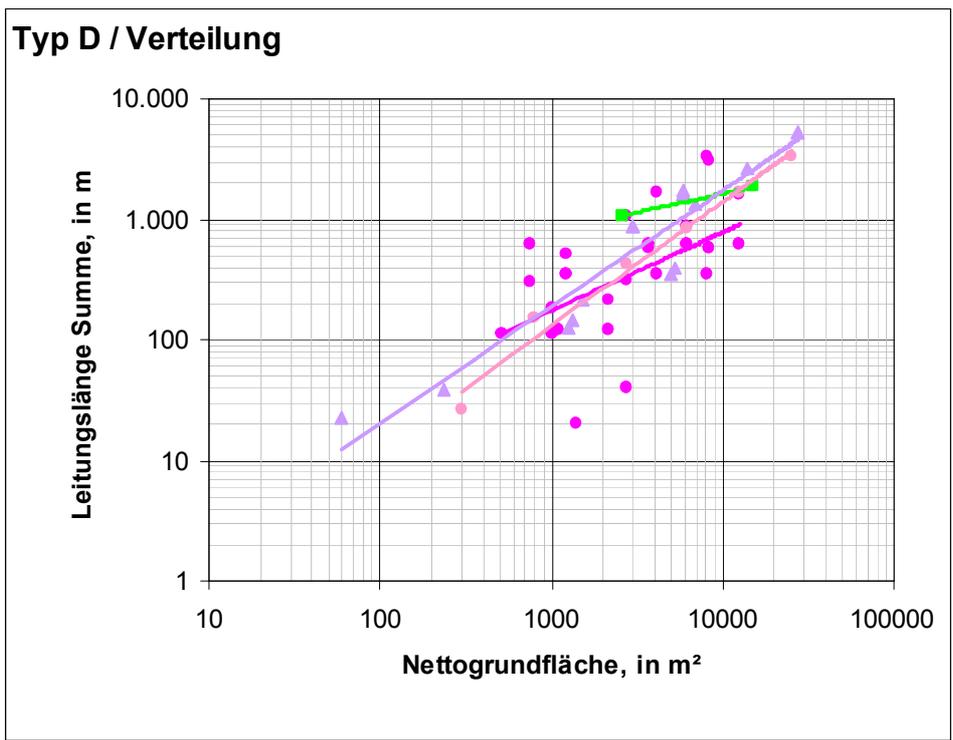


Bild 5 Haupteinflussparameter Heizung / Verteilung / Netztyp D

Die Ausgleichsgeraden verlaufen teilweise fast deckungsgleich. Daher können Gebäudegruppen, die zu ähnlichen Netzlängen führen, zusammengefasst werden – siehe Tabelle 26.

Netztyp A	Wohnen	Schwimmen	Verkauf, Produktion	Schulen
Netztyp B	Wohnen	Schwimmen	Schulen, Produktion	Verkauf
Netztyp C	Wohnen	Schulen	Verkauf, Schwimmen	Produktion
Netztyp D	Wohnen	Produktion	Verkauf, Schulen, Schwimmen	

Tabelle 26 Zusammengefasste Gebäudegruppen für die Heizungsverteilung

6.3.2 Steigestränge

Folgende Parameter wurden als Einzeleinflussgrößen auf die Länge der Steigeleitungen aller 4 Netztypen getestet

- Nettogrundfläche A_{NGF}
- umbautes Volumen V_e
- Hüllfläche A
- Gesamthöhe H

Außerdem wurde eine abgeleitete Größe als Einflussgrößen ausgewertet:

- Korrelation zur mittleren Raumgröße A_{NGF} / n_{Raum}

Als Funktionstyp einer in allen Fällen sinnvollen Korrelation der Größen hat sich wiederum die Potenzfunktion der Form Länge = $a \cdot \text{Parameter}^b$ erwiesen. Tabelle 27 zeigt das Bestimmtheitsmaß der jeweiligen Einflussgrößen.

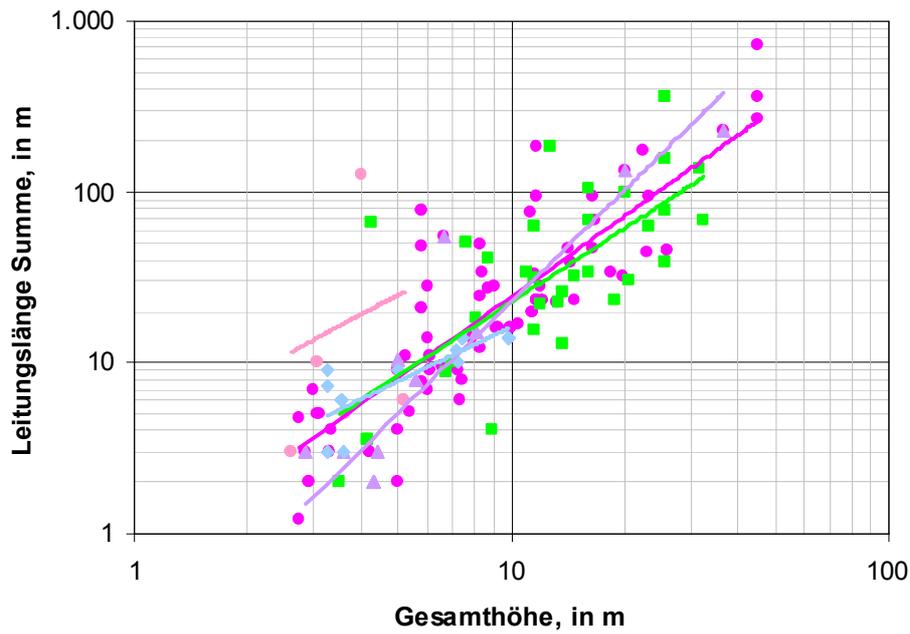
	Netztyp A	Netztyp B	Netztyp C	Netztyp D
A_{NGF}	0,45	0,56	0,63	0,18
V_e	0,35	0,53	0,58	0,13
A	0,23	0,34	0,31	0,03
H	0,69	0,64	0,58	0,45
A_{NGF} / n_{Raum}	0,03	0,03	0,02	0,11

Tabelle 27 Regressionsgrade für getestete Einzelparameter (Heizung, Steigestränge)

Fazit der Voruntersuchung: für alle Netztypen werden als Einflussparameter auf die Leitungslänge die Gesamtgebäudehöhe (mittlere Geschosshöhe mal Geschoszahl) und die Nettogrundfläche weiter verfolgt.

Getrennt nach den 5 Gebäudegruppen und den 4 Netztypen werden die Leitungslängen über den jeweils beiden wichtigsten Einflussparametern aufgetragen, siehe Bild 6 bis Bild 9.

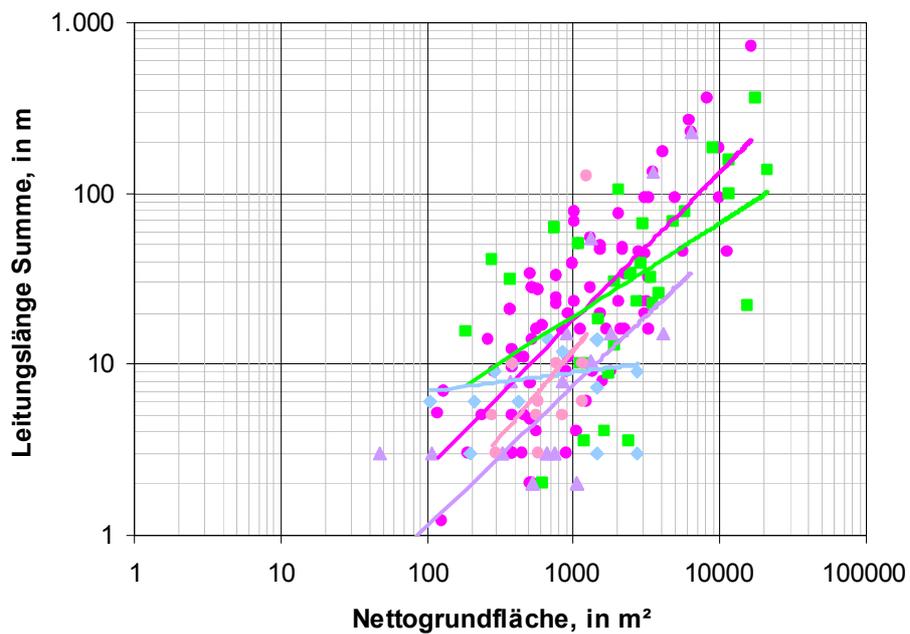
Typ A / Steigestränge



Legende:
 ■ Gebäudegruppe
 (Regressionsgrad)

- Gruppe 1: Büro/Wohnen (0,71)
- Gruppe 2: Schule/Veranst. (0,52)
- ▲ Gruppe 3: Verkauf/Rest. (0,80)
- ◆ Gruppe 4: Sport/Umkleide (0,72)
- Gruppe 5: Produktion (0,05)

Typ A / Steigestränge



Legende:
 ■ Gebäudegruppe
 (Regressionsgrad)

- Gruppe 1: Büro/Wohnen (0,54)
- Gruppe 2: Schule/Veranst. (0,27)
- ▲ Gruppe 3: Verkauf/Rest. (0,40)
- ◆ Gruppe 4: Sport/Umkleide (0,03)
- Gruppe 5: Produktion (0,28)

Bild 6 Haupteinflussparameter Heizung / Steigleitungen / Netztyp A

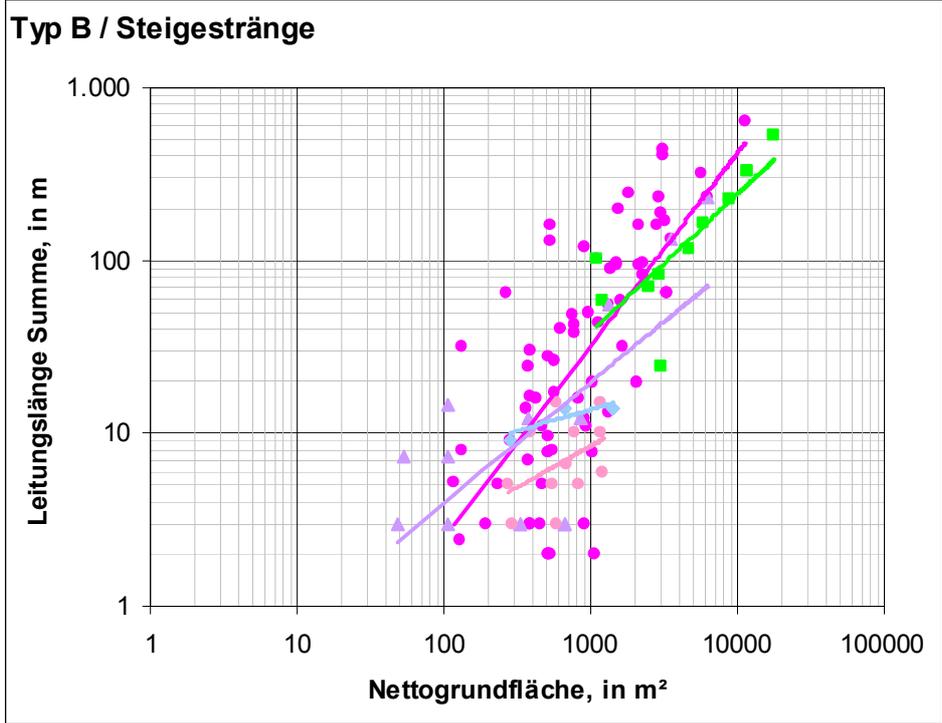
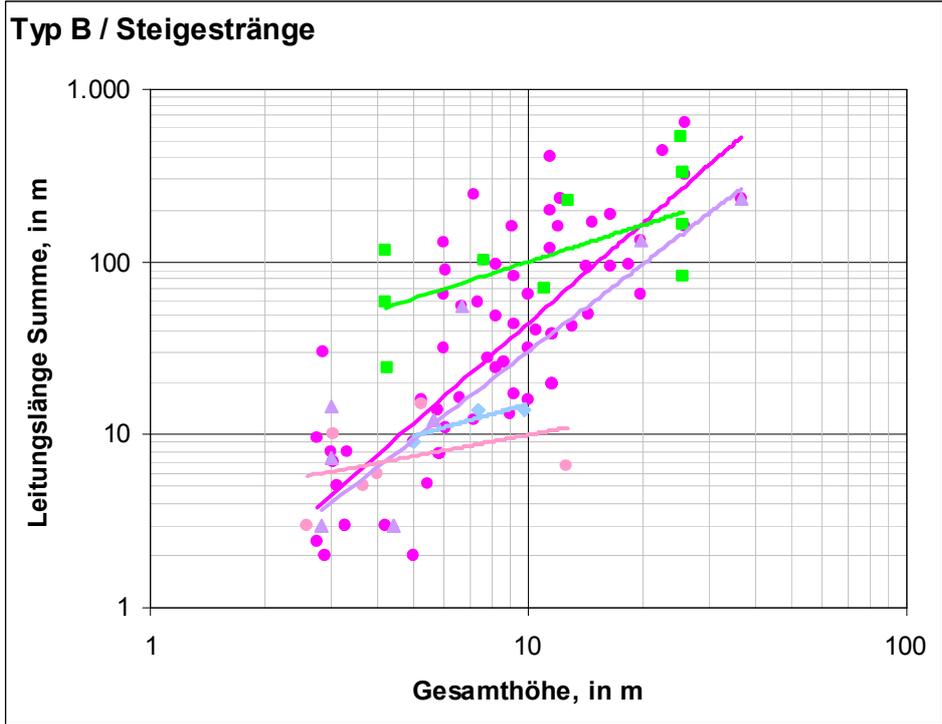


Bild 7 Haupteinflussparameter Heizung / Steigestränge / Netztyp B

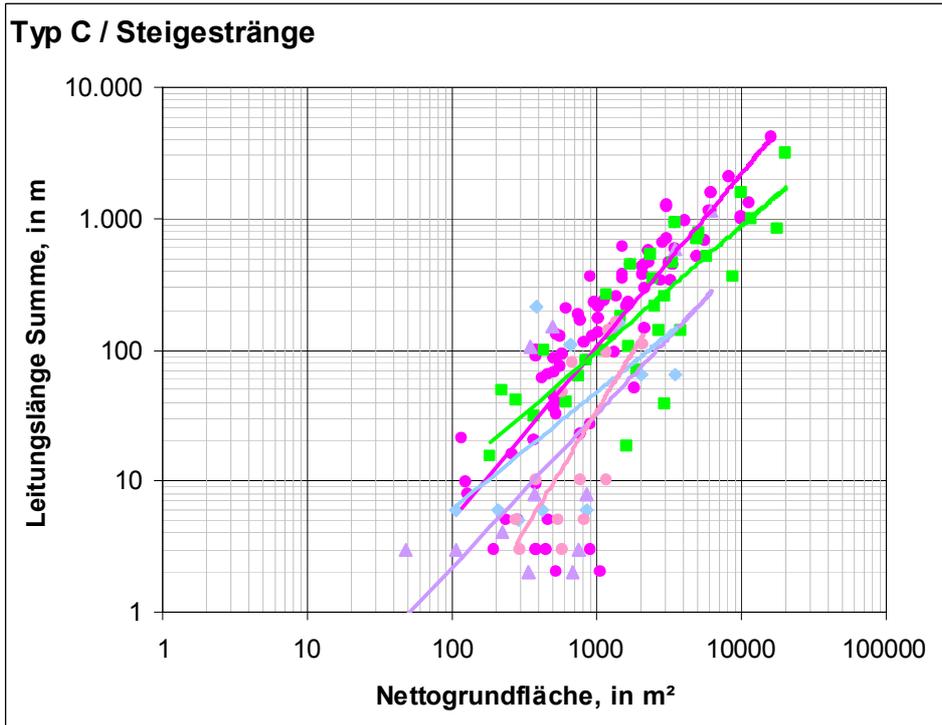
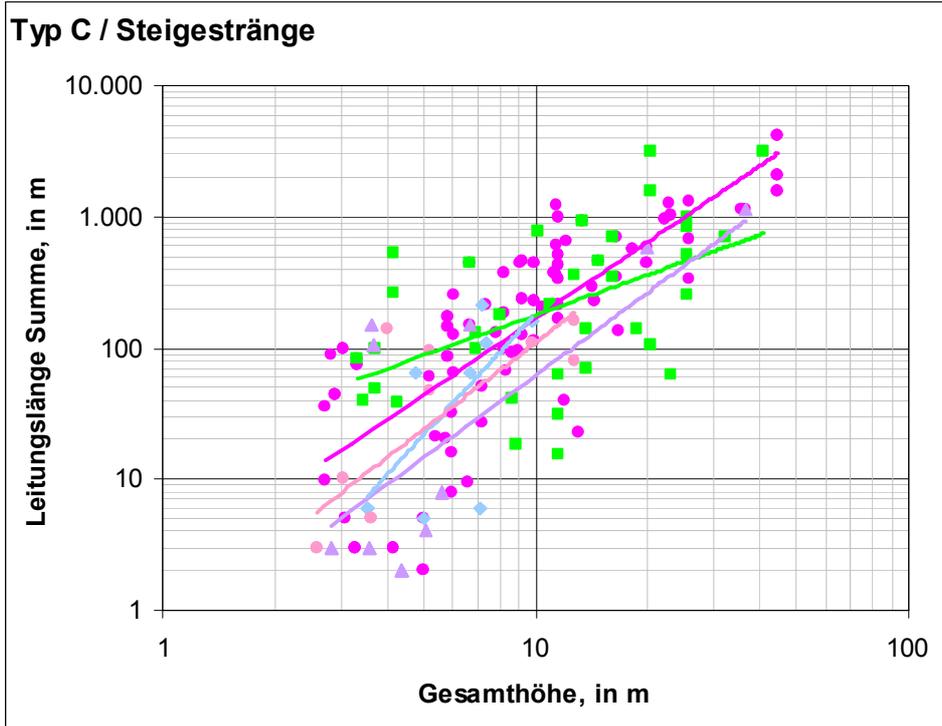


Bild 8 Haupteinflussparameter Heizung / Steigestränge / Netztyp C

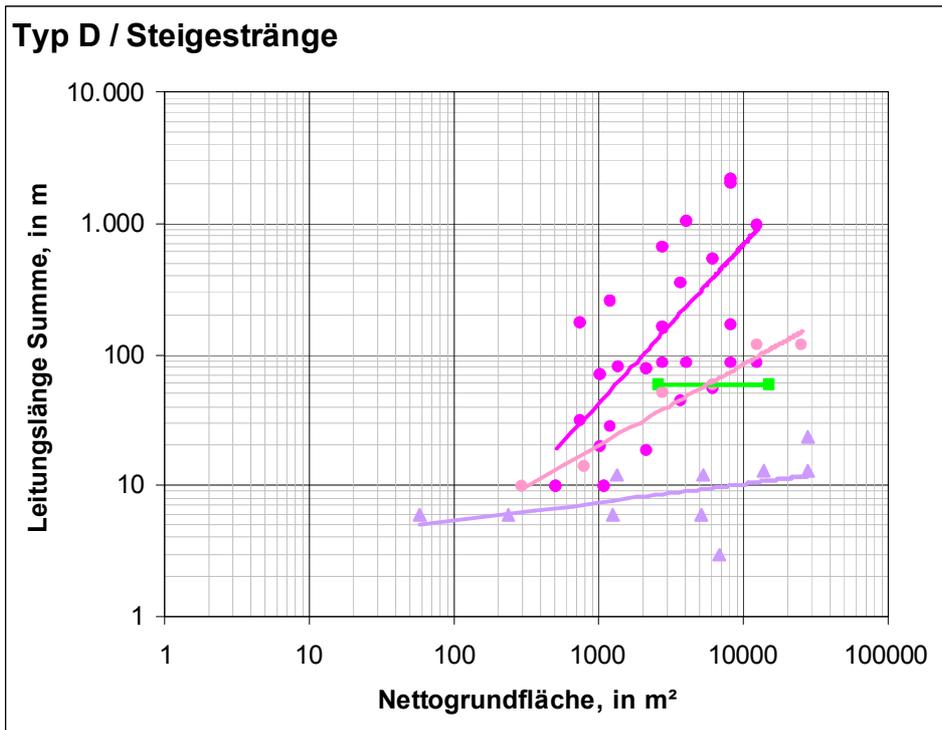
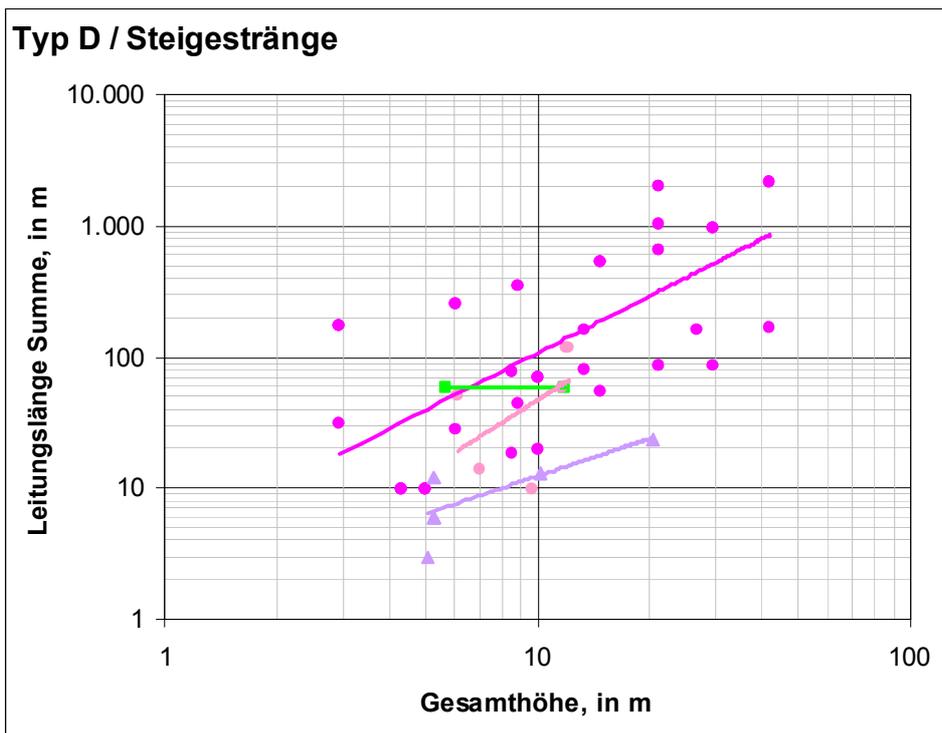


Bild 9 Haupteinflussparameter Heizung / Steigestränge / Netztyp D

Die Ausgleichsgeraden verlaufen ebenfalls oft nahezu deckungsgleich. Daher können Gebäudegruppen, die zu ähnlichen Netzlängen führen, zusammengefasst werden – siehe Tabelle 28.

Netztyp A	Verkauf, Produktion	Wohnen	Schwimmen	Schulen
Netztyp B	Schulen, Produktion	Wohnen	Schwimmen, Verkauf	
Netztyp C	Produktion, Schwimmen	Wohnen	Schulen	Verkauf
Netztyp D	Produktion, Schulen	Wohnen	Verkauf	Schwimmen

Tabelle 28 Zusammengefasste Gebäudegruppen für die Heizungssteigestränge

6.3.3 Anbindung

Folgende Parameter wurden als Einzeleinflussgrößen auf die Länge der Anbindeleitungen aller 4 Netztypen getestet

- Nettogrundfläche A_{NGF}
- umbautes Volumen V_e
- Hüllfläche A

Außerdem wurde eine abgeleitete Größe als Einflussgrößen ausgewertet:

- Korrelation zur mittleren Raumgröße A_{NGF} / n_{Raum}
- Korrelation zum Anteil kleiner Räume $A_{NGF, klein} / A_{NGF}$
- Korrelation zum mittleren Geschossumfang $U / n_{Geschoss}$

Als Funktionstyp einer in allen Fällen sinnvollen Korrelation der Größen hat sich wiederum die Potenzfunktion der Form Länge = a · Parameter^b erwiesen. Tabelle 29 zeigt das Bestimmtheitsmaß der jeweiligen Einflussgrößen.

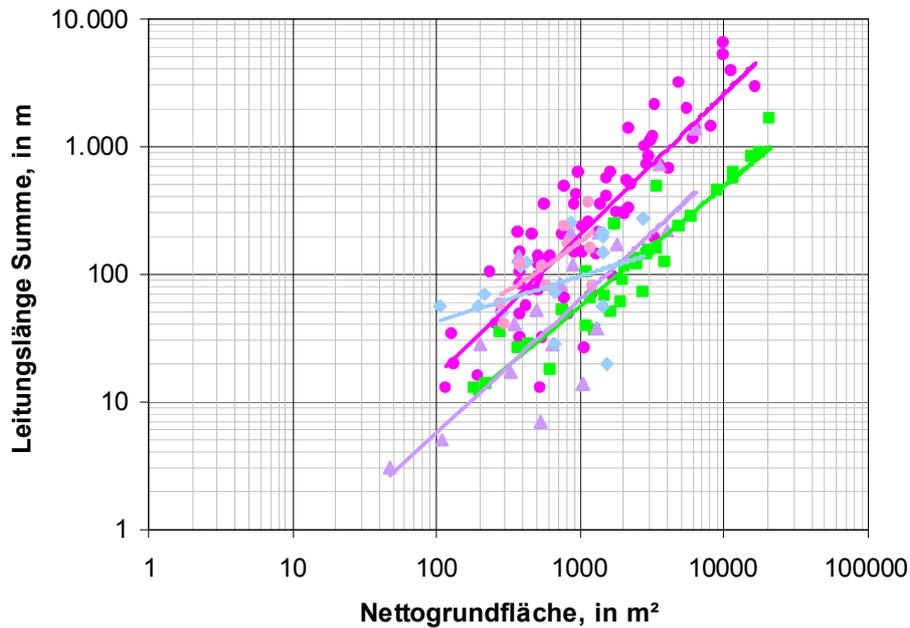
	Netztyp A	Netztyp B	Netztyp C	Netztyp D
A_{NGF}	0,54	0,63	0,67	0,42
V_e	0,45	0,54	0,61	0,20
A	0,32	0,40	0,33	0,12
A_{NGF} / n_{Raum}	0,07	0,02	0,02	0,19
$A_{NGF, klein} / A_{NGF}$	0,03	0,00	0,01	0,21
$U / n_{Geschoss}$	0,15	0,26	0,33	0,02

Tabelle 29 Regressionsgrade für getestete Einzelparameter (Heizung, Anbindeleitung)

Fazit der Voruntersuchung: für alle Netztypen wird als Einflussparameter auf die Leitungslänge nur die Nettogrundfläche weiter verfolgt. Das entspricht prinzipiell der bisherigen Vorgehensweise in der DIN V 18599.

Getrennt nach den 5 Gebäudegruppen und den 4 Netztypen werden die Leitungslängen über den jeweils beiden wichtigsten Einflussparametern aufgetragen, siehe Bild 10 bis Bild 13.

Typ A / Anbindung

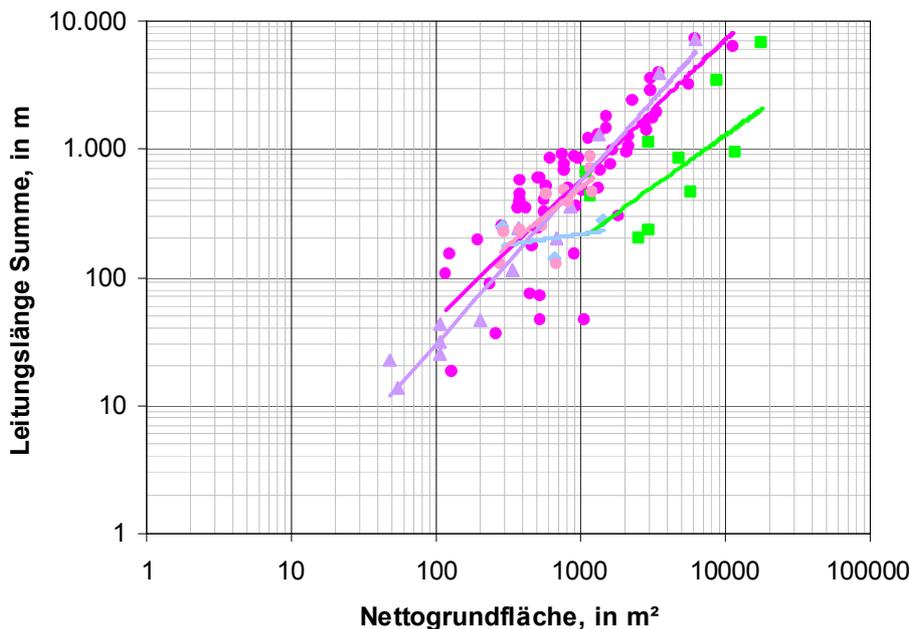


Legende:
 ■ Gebäudegruppe
 (Regressionsgrad)

- Gruppe 1: Büro/Wohnen (0,73)
- Gruppe 2: Schule/Veranst. (0,89)
- ▲ Gruppe 3: Verkauf/Rest. (0,46)
- ◆ Gruppe 4: Sport/Umkleide (0,16)
- Gruppe 5: Produktion (0,47)

Bild 10 Haupteinflussparameter Heizung / Anbindung / Netztyp A

Typ B / Anbindung

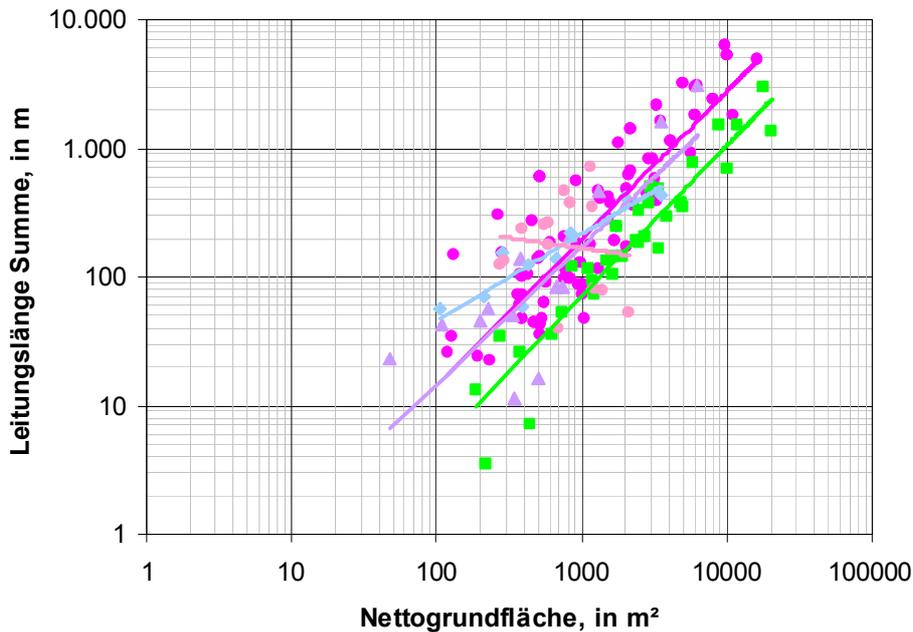


Legende:
 ■ Gebäudegruppe
 (Regressionsgrad)

- Gruppe 1: Büro/Wohnen (0,67)
- Gruppe 2: Schule/Veranst. (0,43)
- ▲ Gruppe 3: Verkauf/Rest. (0,96)
- ◆ Gruppe 4: Sport/Umkleide (0,09)
- Gruppe 5: Produktion (0,55)

Bild 11 Haupteinflussparameter Heizung / Anbindung / Netztyp B

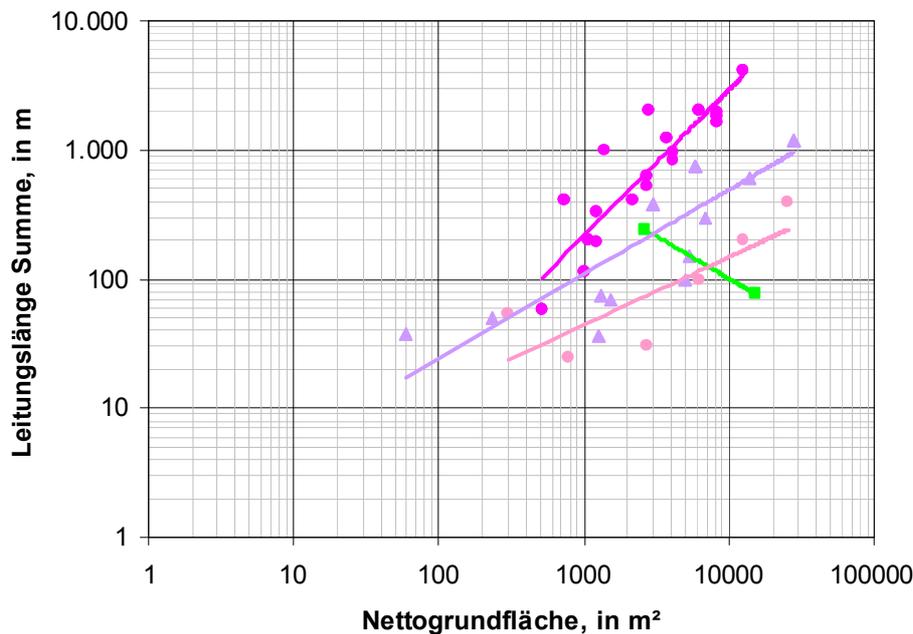
Typ C / Anbindung



- Legende:
 ■ Gebäudegruppe
 (Regressionsgrad)
- Gruppe 1: Büro/Wohnen (0,76)
 - Gruppe 2: Schule/Veranst. (0,90)
 - ▲ Gruppe 3: Verkauf/Rest. (0,60)
 - ◆ Gruppe 4: Sport/Umkleide. (0,86)
 - Gruppe 5: Produktion (0,01)

Bild 12 Haupteinflussparameter Heizung / Anbindung / Netztyp C

Typ D / Anbindung



- Legende:
 ■ Gebäudegruppe
 (Regressionsgrad)
- Gruppe 1: Büro/Wohnen (0,83)
 - Gruppe 2: Schule/Veranst. (1,00)
 - ▲ Gruppe 3: Verkauf/Rest. (0,69)
 - Gruppe 5: Produktion (0,66)

Bild 13 Haupteinflussparameter Heizung / Anbindung / Netztyp D

Als ähnlich zusammengefasste Gebäudegruppen, zeigt Tabelle 30.

Netztyp A	Produktion	Wohnen	Schulen, Verkauf	Schwimmen
Netztyp B	Schulen	Wohnen	Verkauf, Produktion, Schwimmen	
Netztyp C	Schulen	Wohnen	Produktion, Verkauf	Schwimmen
Netztyp D	Verkauf	Wohnen	Schulen, Produktion, Schwimmen	

Tabelle 30 Zusammengefasste Gebäudegruppen für die Heizungsanbindeleitungen

6.3.4 Ermittlung der zusammengesetzten Grunddaten

Einzelne Leitungsabschnitte korrelieren mit der Größe der Geschossfläche des Erdgeschosses oder der charakteristischen Länge des Gebäudes, welche vorab ermittelt werden müssen. Die Definitionen dieser Größen ergeben sich wie folgt:

mittlere Geschossfläche

Die mittlere Geschossfläche ist die Ersatzgröße für die Grundfläche des Erdgeschosses bzw. die Grundfläche des Geschosses, in der sich die waagerechte Verteilebene befindet. Sie wird wie folgt ermittelt:

$$A_{NGF, \text{Geschoss}} = A_{NGF} : n_{\text{Geschoss}}$$

Die Anzahl der versorgten Geschosse n_{Geschoss} ist ein flächengewichteter ganzzahliger Mittelwert für das Gebäude sofern keine eindeutige Angabe gemacht werden kann (Terrassenbauten o. ä.).

charakteristische Länge aus dem Volumen

Die charakteristische Länge aus dem Volumen ist ein Ersatz für die schwer zu bestimmende reale charakteristische Länge (Definition nach DIN V 18599). Sie wird wie folgt ermittelt:

$$L_{\text{char}, V} = \sqrt{\frac{V_e}{h_{\text{Geschoss}} \cdot n_{\text{Geschoss}} \cdot f_{B/L}}} \quad \text{oder umgeformt} \quad L_{\text{char}, V} = \sqrt{\frac{A_{\text{Brutto}}}{f_{B/L}}}$$

Ausgangsgrößen sind das Volumen des versorgten Bereiches in seinen Außenmaßen V_e , die mittlere Geschosshöhe h_{Geschoss} und Geschoszahl n_{Geschoss} sowie ein Breiten-Längen-Verhältnis $f_{B/L}$. Letztere Größe kann – als Statistikwert der untersuchten Objekte – nachfolgender Tabelle entnommen werden.

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 31 typische Werte für Längen-Breiten-Verhältnisse

Die Anzahl der versorgten Geschosse sowie die Geschosshöhe sind flächengewichtete Mittelwerte für das Gebäude bzw. den versorgten Bereich, sofern keine eindeutige Angabe gemacht werden kann (Terrassenbauten o. ä.).

Alternativ zum umbauten Volumen kann die Grundfläche – in Außenmaßen – in Höhe der Verteilebene A_{Brutto} herangezogen werden.

6.4 Ableitung von Formeln

Anhand der vorausgewählten Parameter erfolgt die Ableitung von Formeln für die einzelnen Rohrabschnitte, Netztypen und Gebäudegruppen. Dabei werden ggf. Gebäudegruppen weiter zusammengefasst, sofern die – geringe – Datenlage dies erforderlich macht.

Formeltypen

Es werden verschiedene Formeltypen getestet. Die generelle Vorgehensweise ist dabei folgende:

- es wird ein Formeltyp angegeben, der sich nur auf einen Parameter, häufig die Nettogrundfläche oder auf eine einzelne andere Ausgangsgröße bezieht – hier ist von einer nicht so hohen Annäherung auszugehen, jedoch von einer einfachen Handhabbarkeit
- ein zweiter Formeltyp wird in Anlehnung an die derzeitigen Ausgangsformeln der DIN V 18599 erstellt – die Annäherung ist größer, es ergibt sich insgesamt jedoch ein komplexerer mathematischer Zusammenhang
- der dritte Formeltyp wird mit möglichst hoher Regression in Abhängigkeit mehrerer Einflussparameter entwickelt, wobei er mathematisch in der Regel noch komplexer ist (in dieser Rubrik gibt es viele Testversuche; es wird dann erläutert, warum die meisten Formeln nicht weiterverfolgt werden).

Fehlerarten

Bei der Ableitung von Formeln gibt es zwei Möglichkeiten für eine geringe Fehlerabweichung. Zunächst eine Erläuterung der beiden beachteten Größen an einem Beispiel:

Für zwei Gebäude wurden Anbindeleitungen gemessen und berechnet. Die Wertepaare lauten:

Gebäude 1: $L_{\text{gemessen}} = 90 \text{ m}$, $L_{\text{berechnet}} = 102 \text{ m}$
Gebäude 2: $L_{\text{gemessen}} = 524 \text{ m}$, $L_{\text{berechnet}} = 454 \text{ m}$

mittlerer Einzelfehler: Mittelwert ($L_{\text{berechnet}} / L_{\text{real}}$).

$$\text{Beispiel: } \frac{102\text{m} / 90\text{m} + 454\text{m} / 524\text{m}}{2} = \frac{1,133 + 0,866}{2} = 1,0$$

Der mittlere Einzelfehler ist minimal, wenn die relativen Abweichungen der Wertepaare im Mittel 1,0 ergeben. Das heißt, unabhängig von der Gebäudegröße ergeben sich ähnliche relative Abweichungen der berechneten Längen von der realen Länge. Der absolute Fehler wird natürlich bei großen Leitungslängen größer und ist bei kleinen Leitungslängen sehr klein.

Summenfehler: $\bar{\Sigma}(L_{\text{berechnet}}) / \bar{\Sigma}(L_{\text{real}})$.

$$\text{Beispiel: } \frac{102\text{m} + 454\text{m}}{90\text{m} + 524\text{m}} = 0,9055$$

Der Summenfehler ist minimal, wenn die Summe aller gemessenen Leitungslängen genauso lang ist wie die Summe aller berechneten Längen. Erfüllt eine Formel zur Bestimmung von Leitungslängen dieses Kriterium, ergeben sich Formeln, die insbesondere die Leitungslängen von großen Gebäuden gut abbilden – weil diese stark in die Fehlerbetrachtung eingehen. Der relative Fehler ist für kleine Leitungslängen größer.

Für das obige Beispiel wurden die berechneten Leitungslängen offenbar mit einer Formel berechnet, die zu einem geringen mittleren Einzelfehler führt. Anders gesagt: die Formel wurde so aufgestellt, dass sie zu geringen mittleren Einzelfehlern führt.

Prioritäten bei der Formelableitung

Nach den beschriebenen Ansätzen wurden für alle Stichproben jeweils sowohl die Formeln zur Leitungslängenberechnung, als auch deren Einzel- und Summenfehler bestimmt.

Eine Stichprobe ist dabei die Summe aller Wertepaare von gemessener und berechneter Leitungslänge innerhalb einer Gebäudegruppe (z.B. Gruppe 1 „Wohnen“) und eines Netztyps (z.B. Netztyp A). Die Berechnung erfolgte weiterhin getrennt für die drei Leitungsabschnitte (Anbindung, Steigestränge, Verteilung) und zusätzlich auch für die Summe aller Leitungen (Anbindung + Steigestränge + Verteilung).

Es ergeben sich beispielsweise für die Gruppe 1 „Wohnen“ und den Netztyp A drei Formeln für die drei Netzabschnitte, aber insgesamt 8 Fehlerangaben:

Anbindeleitungen A: Formel mit mittlerem Einzelfehler und Summenfehler
Steigestränge S: Formel mit mittlerem Einzelfehler und Summenfehler
Verteilleitungen V: Formel mit mittlerem Einzelfehler und Summenfehler
Gesamtnetz: mittlerer Einzelfehler und Summenfehler (ohne eigene Formel)

Die Formelableitung, genauer gesagt die Parameterfindung für die Formeln erfolgte so, dass:

1. **der mittlere Einzelfehler für das Gesamtnetz möglichst minimal ist.** Ziel ist also, sowohl für kleine als auch für große Gebäude einen kleinen relativen Fehler bei der Abschätzung der Länge des Gesamtnetzes zu erreichen.

(Der mittlere Einzelfehler für das Gesamtnetz wird jedoch durch die Parameter aller drei Ausgangsformeln für Steigestränge, Anbindeleitungen und Verteilleitungen beeinflusst.)

2. **der mittlere Einzelfehler auch für jeden Rohrabschnitt möglichst minimal ist.** Ziel an zweiter Stelle ist auch, dass nicht nur die Gesamtleitungslänge, sondern auch die drei Teilabschnitte möglichst realistisch und unabhängig von der Gebäudegröße mit einem ähnlichen relativen Fehler nachgebildet werden.

Es ist jedoch vorgekommen, dass die Formeln für die drei Rohrabschnitte jeweils zu einem minimalen mittleren Einzelfehler führten, jedoch in der Summe für das Gesamtnetz die verlegte Leitungslänge zu klein berechnet wurde. Um dies zu vermeiden, galt die erste Priorität dem Gesamtnetz und erst die zweite Priorität den Rohrabschnitten. Trat dieser Fall ein, wurde vom Ziel, auch die einzelnen Rohrabschnitte mit einem geringen mittleren Einzelfehler abzubilden, abgewichen. Die Formeln wurden dann so gewählt, dass der Summenfehler minimal wurde, ohne Rücksicht auf die korrekte Abbildung der Rohrabschnitte. In diesem Fall wurden in der Mehrzahl Formeln gewählt, deren Summenfehler für den Rohrabschnitt minimal war.

6.5 Formeln für die A-Netze (Etagenringtyp)

6.5.1 Verteilung der A-Netze

Die waagerechten Verteilleitungen der A-Netze liegen überwiegend im beheizten Bereich. Als maßgeblich für die Abschätzung der Leitungslängen wurden die in Bild 14 beschriebenen Größen identifiziert.

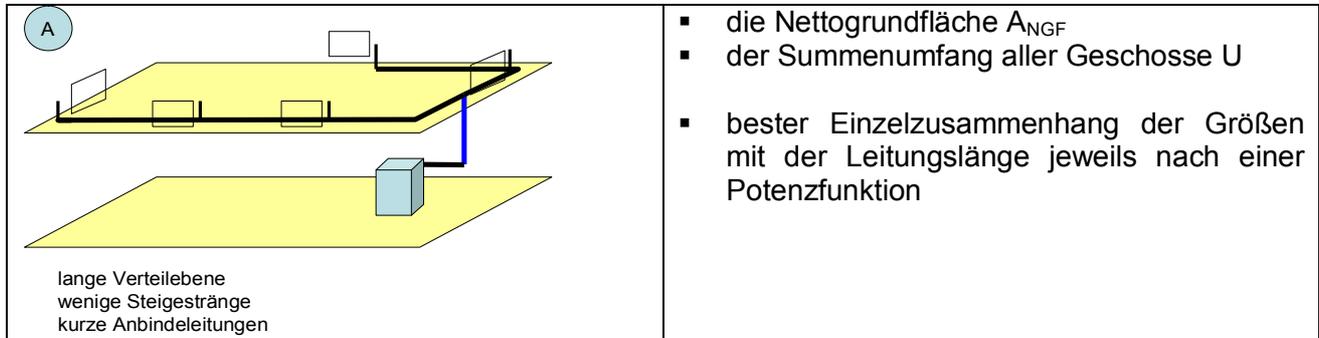


Bild 14 Einflussgrößen auf die Leitungslängen der A-Netze

Die einfache Formel, welche nur die Nettogrundfläche als Eingangsparameter aufweist, folgt dem Zusammenhang:

$$L = a \cdot A_{NGF}^b + c$$

Die Formel, welche der bisherigen Abschätzung der DIN V 18599-100 nahe kommt, lautet:

$$L = a \cdot A_{NGF} + b$$

Außerdem wurden mehrere Formeltypen getestet, die auf die beiden o. g. Ausgangsgrößen zurückgreifen. Als sinnvoll zeigt sich folgender Ansatz, weil er einen hohen Regressionsgrad und keine negative Ergebnisse liefert:

$$L = a \cdot A_{NGF}^b + c \cdot U^d$$

	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L _{real}	größter Wert L / L _{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF allein	2,2327 0,7863 30,0000	88 %	55 %	254 %	x
18599 ähnlich	28,0000 0,4332	85 %	52 %	252 %	
hohe Regression	0,7568 0,6200 3,2685 0,7400	88 %	56 %	263 %	
Gebäudegruppe 2: Schulen					
NGF allein	1,5991 0,7863 30,0000	93 %	50 %	305 %	x
18599 ähnlich	28,0000 0,2697	94 %	35 %	202%	
hohe Regression	53,2295 0,2891 0,1224 1,0412	94 %	66 %	418 %	
Gebäudegruppe 3 & 5: Verkauf und Produktion					
NGF allein	1,0035 0,7863 30,0000	81 %	37 %	365 %	x
18599 ähnlich	28,0000 0,2551	84 %	47 %	305 %	
hohe Regression	1,3537 1,0425 0,1988 0,7048	98 %	57 %	545 %	
Gebäudegruppe 4: Sport					
NGF allein	0,9382 0,7963 30,0000	19 %	45 %	248 %	x
18599 ähnlich	28,0000 0,2116	16 %	36 %	278 %	
hohe Regression	1,5326 1,0711 -3,0117 0,5168	72 %	58 %	176 %	

Tabelle 32 Formeltypen und Regressionsgrade: Heizung, Verteilung, Netztyp A

Der Ansatz der Leitungslängenbestimmung allein mit der Nettogrundfläche liefert insgesamt eine sehr gute Näherung. Er wird daher bei allen Gebäudetypen weiterverfolgt, auch wenn bei den Sportstätten die kompliziertere Formel zu deutlich besseren Ergebnissen führen würde.

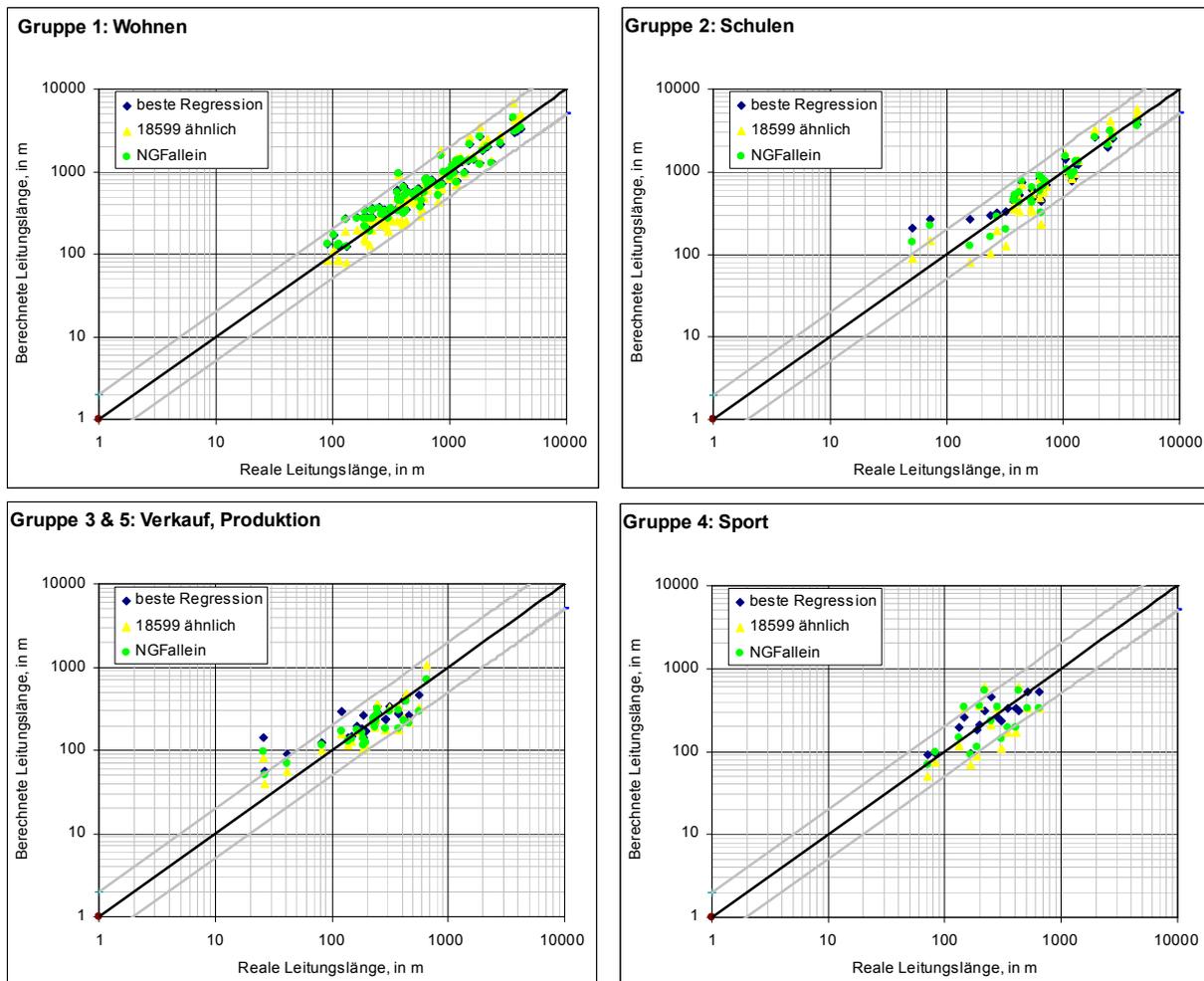


Bild 15 Grafische Auswertung verschiedener Formeltypen: Heizung, Verteilung, Netztyp A

Die Parameter in den Formeln können ohne großen Genauigkeitsverlust noch sinnvoll gerundet werden, so dass sich folgende Formeln ergeben:

▪ Gruppe 1 Wohnen:	$L = 30 \text{ m} + 2,3 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{0,79}$
▪ Gruppe 2 Schulen:	$L = 30 \text{ m} + 1,5 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{0,79}$
▪ Gruppe 3/5 Verkauf, Produktion:	$L = 30 \text{ m} + 1,0 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{0,79}$
▪ Gruppe 4 Sport:	$L = 30 \text{ m} + 0,8 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{0,80}$

Die notwendige Fläche A_{NGF} ist die gesamte, von dieser Heizungsanlage versorgte Fläche. Sofern verschiedene Zonen mit getrennten Verteilnetzen an einen Erzeuger angeschlossen sind, gilt die Gleichung für jeden Kreis.

6.5.2 Steigestränge der A-Netze

Die senkrechten Steigestränge der A-Netze liegen überwiegend im beheizten Bereich. Es sind insgesamt recht wenige Steigestränge vorhanden. Als maßgeblich für die Abschätzung der Leitungslängen wurden die in Bild 16 beschriebenen Größen identifiziert.

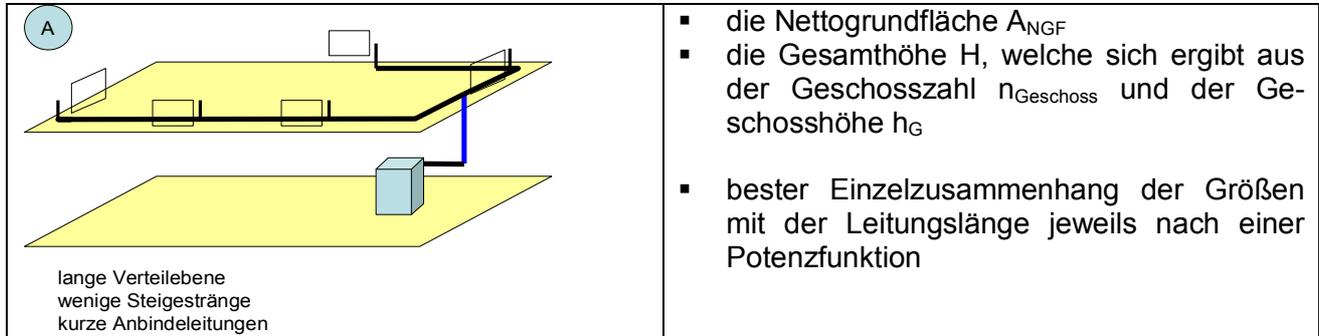


Bild 16 Einflussgrößen auf die Steigestränge der A-Netze

Die einfache Formel, welche nur die Nettogrundfläche als Eingangsparameter aufweist, folgt dem Zusammenhang:

$$L = a \cdot A_{NGF}^b$$

Die Formel, welche der bisherigen Abschätzung aus dem Volumen nach der DIN V 18599-5 oder 100 nahe kommt, lautet allgemein:

$$L = a \cdot A_{NGF} \cdot H / n_{Geschoss} = a \cdot A_{NGF} \cdot h_G$$

Außerdem wurden mehrere Formeltypen getestet, die auf die beiden o. g. Ausgangsgrößen zurückgreifen. Als sinnvoll zeigt sich folgender Ansatz, weil er einen hohen Regressionsgrad liefert und in keinem Fall zu negativen Ergebnissen führt:

$$L = a \cdot A_{NGF}^b + c \cdot A_{NGF} \cdot H \quad (*)$$

$$L = a \cdot A_{NGF} + b \cdot H^c \quad (**)$$

	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L _{real}	größter Wert L / L _{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF allein	0,0288 0,8784	61 %	16 %	381 %	
18599 ähnlich	0,0036	53 %	14 %	476 %	
hohe Regression (*)	2,5592 0,1028 0,0006	84 %	11 %	417 %	x
Gebäudegruppe 2: Schulen					
NGF allein	0,2484 0,5476	47 %	13 %	502 %	
18599 ähnlich	0,0016	23 %	3 %	661 %	
hohe Regression (**)	0,0050 1,4999 1,0105	51 %	32 %	546 %	x
Gebäudegruppe 3 & 5: Verkauf und Produktion					
NGF allein	0,0200 0,8435	62 %	6 %	352 %	
18599 ähnlich	0,0018	54 %	7 %	395 %	
hohe Regression (**)	0,0033 0,9213 1,1677	77 %	5 %	304 %	x
Gebäudegruppe 4: Sport					
NGF allein	4,2478 0,0641	3 %	46 %	234 %	
18599 ähnlich	0,0017	2 %	11 %	514 %	
hohe Regression (**)	0,0003 1,7531 0,9316	78 %	68 %	205 %	x

Tabelle 33 Formeltypen und Regressionsgrade: Heizung, Steigestränge, Netztyp A

Der Ansatz der Leitungslängenbestimmung allein auf Basis der Nettogrundfläche oder auch auf Basis eines Volumens liefert insgesamt keine sehr gute Näherung. Es werden daher die mathematisch komplizierteren Ansätze der Regression mit 2 Parametern weiterverfolgt.

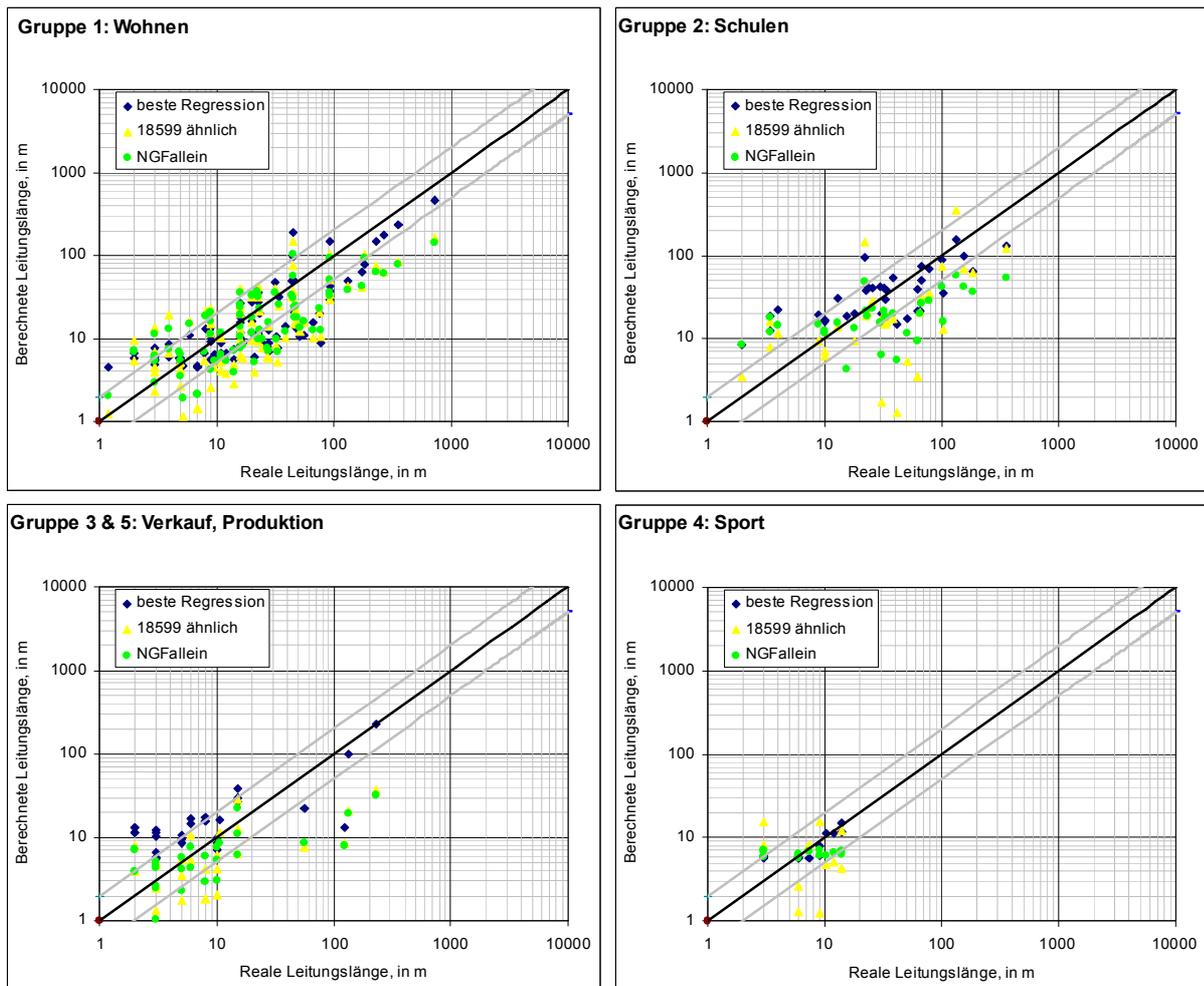


Bild 17 Grafische Auswertung verschiedener Formeltypen: Heizung, Steigstränge, Netztyp A

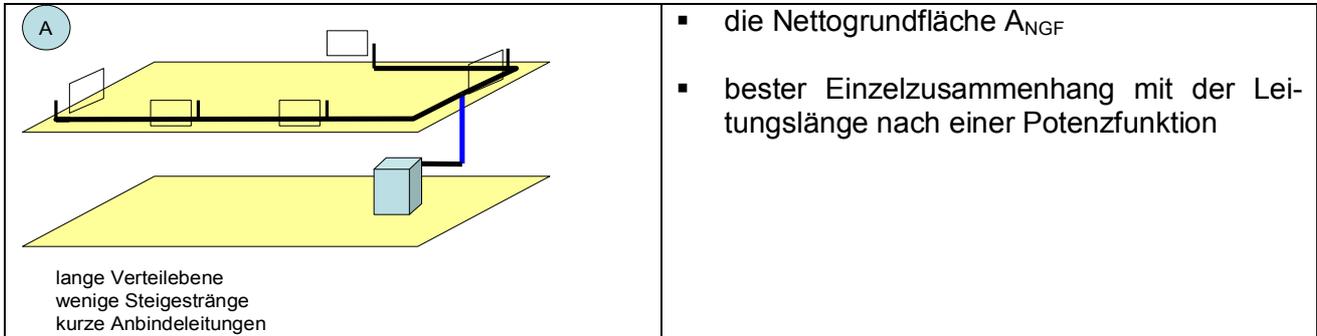
Die Parameter in den Formeln können ohne großen Genauigkeitsverlust gerundet werden, so dass sich folgende Formeln ergeben:

▪ Gruppe 1 Wohnen:	$L = 2,56 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{0,1} + 0,0006 \text{ m}^{-2} \cdot A_{\text{NGF}} \cdot H$
▪ Gruppe 2 Schulen:	$L = 0,0050 \text{ m}^{-1} \cdot A_{\text{NGF}} + 1,50 \cdot [H / \text{m}]^{1,0}$
▪ Gruppe 3/5 Verkauf, Produktion:	$L = 0,0033 \text{ m}^{-1} \cdot A_{\text{NGF}} + 0,90 \cdot [H / \text{m}]^{1,2}$
▪ Gruppe 4 Sport:	$L = 0,0003 \text{ m}^{-1} \cdot A_{\text{NGF}} + 1,75 \cdot [H / \text{m}]^{0,9}$

Die notwendige Fläche A_{NGF} ist die gesamte, von dieser Heizungsanlage versorgte Fläche. Sofern verschiedene Zonen mit getrennten Verteilnetzen an einen Erzeuger angeschlossen sind, gilt die Gleichung für jeden Kreis. Die Höhe H ergibt sich aus der Geschoszahl und der Geschosshöhe.

6.5.3 Anbindung der A-Netze

Die Anbindeleitungen der A-Netze liegen im beheizten Bereich und sind verglichen mit den andern Netztypen sehr kurz. Als maßgeblich für die Abschätzung der Leitungslängen soll nur die Nettogrundfläche sein.



- die Nettogrundfläche A_{NGF}
- bester Einzelzusammenhang mit der Leitungslänge nach einer Potenzfunktion

Bild 18 Einflussgrößen auf die Anbindeleitungen der A-Netze

Der Formelzusammenhang wurde anhand einer Potenzfunktion folgenden Typs getestet:

$$L = a \cdot A_{NGF}^b$$

Darüber hinaus erfolgte eine lineare Annäherung an die bisherigen Vorschläge der DIN V 18599-5 oder 100:

$$L = a \cdot A_{NGF}$$

	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L _{real}	größter Wert L / L _{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF Potenz	0,0600 1,1307	68 %	22 %	607 %	x
linear, 18599 ähnlich	0,1490	69 %	23 %	606 %	
Gebäudegruppe 2: Schulen					
NGF Potenz	0,0761 0,9448	90 %	34 %	186 %	
linear, 18599 ähnlich	0,0498	91 %	35 %	188 %	x
Gebäudegruppe 3: Verkauf					
NGF Potenz	0,0193 1,1167	82 %	11 %	326 %	
linear, 18599 ähnlich	0,0950	80 %	26 %	711 %	x
Gebäudegruppe 4 & 5: Sport und Produktion					
NGF Potenz	7,1174 0,4233	34 %	39 %	792 %	x
linear, 18599 ähnlich	0,1442	33 %	27 %	1101 %	

Tabelle 34 Formeltypen und Regressionsgrade: Heizung, Anbindeleitungen, Netztyp A

Die Ansätze liegen sehr nahe beieinander, lediglich das Streuungsverhalten ist etwas unterschiedlich. Für die Wohngebäude und Sportstätten erscheint die Potenzfunktion sinnvoller. Die anderen Gebäudegruppen folgen eher der Linearfunktion.

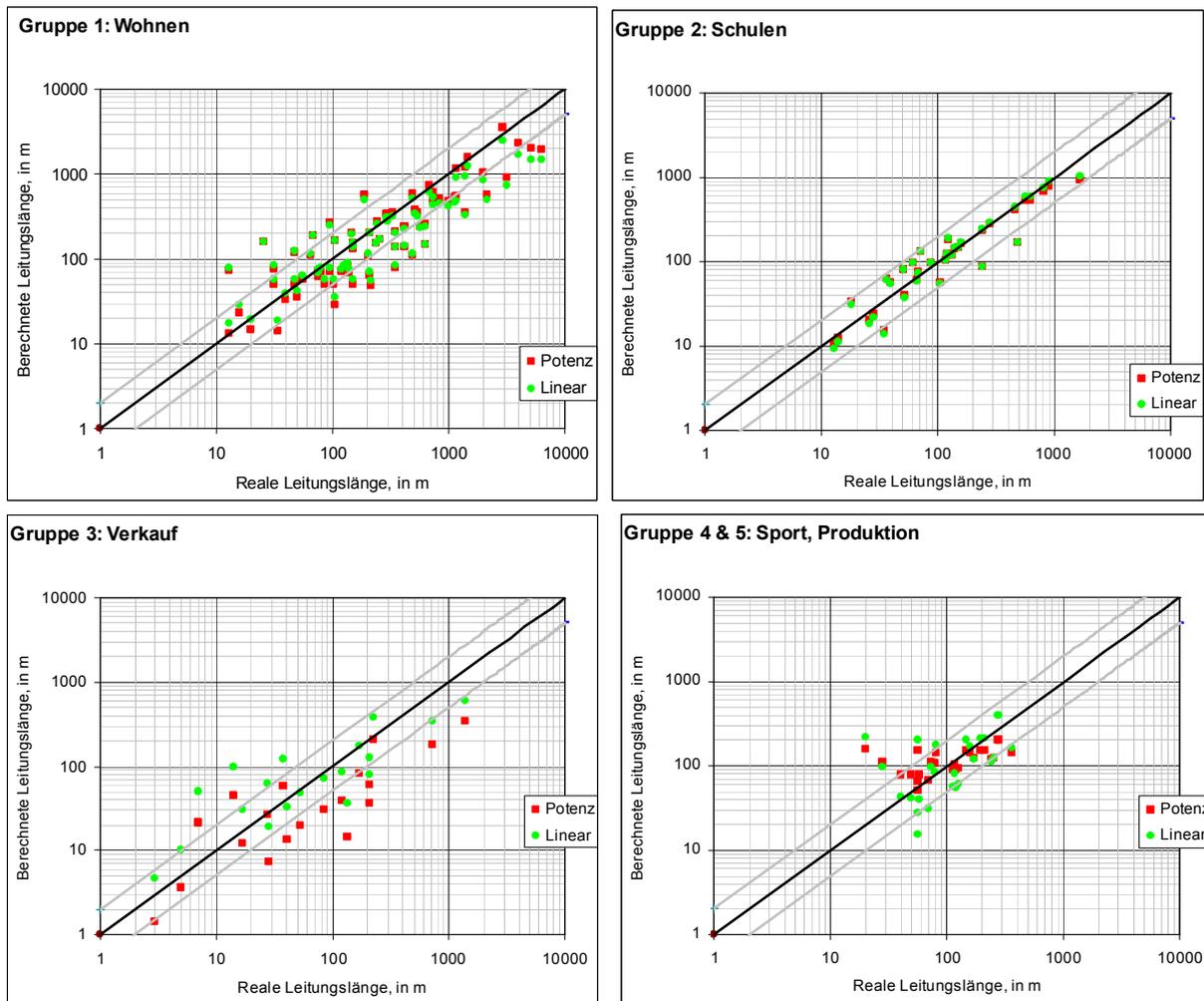


Bild 19 Grafische Auswertung verschiedener Formeltypen: Heizung, Anbindeleitungen, Netztyp A

Die Parameter in den Formeln können ohne großen Genauigkeitsverlust gerundet werden, so dass sich folgende Formeln ergeben, zum Vergleich alle als Potenzfunktion dargestellt:

▪ Gruppe 1 Wohnen:	$L = 0,06 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{1,13}$
▪ Gruppe 2 Schulen:	$L = 0,05 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{1,00}$
▪ Gruppe 3 Verkauf:	$L = 0,10 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{1,00}$
▪ Gruppe 4/5 Sport, Produktion:	$L = 7,10 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{0,42}$

Die notwendige Fläche A_{NGF} ist die gesamte, von dieser Heizungsanlage versorgte Fläche. Sofern verschiedene Zonen mit getrennten Verteilnetzen an einen Erzeuger angeschlossen sind, gilt die Gleichung für jeden Kreis.

6.5.4 Gesamtformel für die A-Netze

Aus den Kennwerten der verlegten Rohrabschnitte insgesamt können zudem die in der nachfolgenden Grafik zusammengestellten Funktionen abgeleitet werden. Sie hängen aus Gründen der Vereinfachung nur von der Nettogrundfläche ab. Die prozentualen Anteile der Verteilleitungen, Steigestränge und Anbindeleitungen sind jeweils genannt.

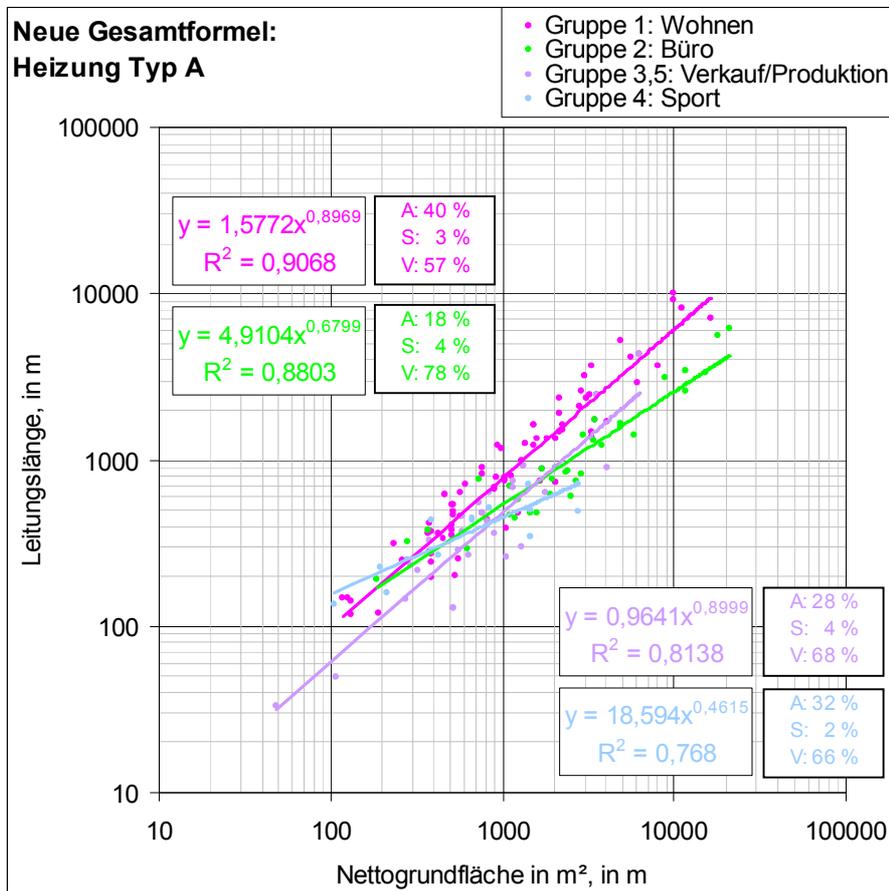


Bild 20 Vereinfachte Gesamtformeln: Heizung, Netztyp A

6.6 Ableitung von Formeln für die B-Netze (Typ Etagenverteiler)

6.6.1 Verteilung der B-Netze

Die waagerechten Verteilungen der B-Netze liegen je nach Fall im beheizten oder unbeheizten Bereich und sind vergleichsweise kurz. Als maßgeblich für die Abschätzung der Leitungslängen wurden die in Bild 21 beschriebenen Größen identifiziert.

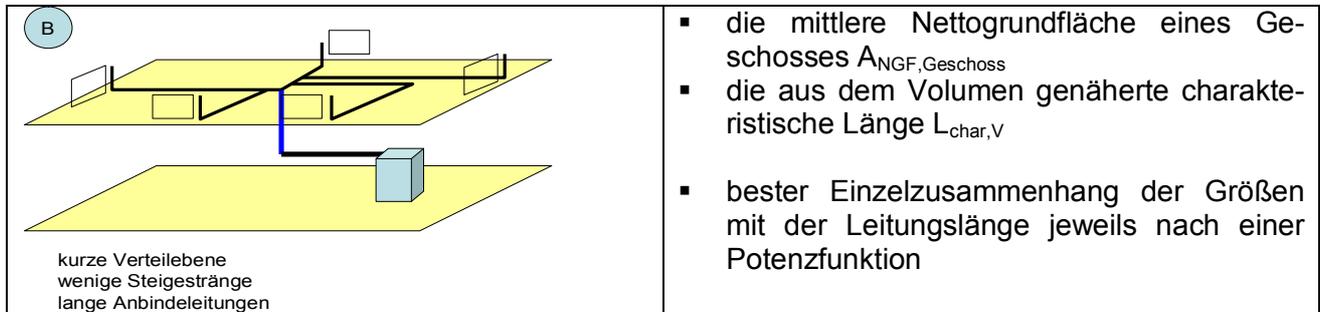


Bild 21 Einflussgrößen auf die Verteilungen der B-Netze

Die einfache Formel, welche nur die Nettogrundfläche eines Geschosses als Eingangsparameter aufweist, folgt dem Zusammenhang:

$$L = a \cdot A_{\text{NGF, Geschoss}}^b + c$$

Die Formel, welche der bisherigen Abschätzung der DIN V 18599-5 für innen liegende Steigstränge nahe kommt, lautet allgemein:

$$L = a + b \cdot L_{\text{char, V}} + c \cdot A_{\text{NGF, Geschoss}}$$

Außerdem wurden mehrere Formeltypen getestet, die auf die beiden o. g. Ausgangsgrößen zurückgreifen. Als sinnvoll zeigt sich folgender Ansatz, weil er einen hohen Regressionsgrad liefert und in keinem Fall zu negativen Ergebnissen führt:

$$L = a \cdot L_{\text{char, V}} + b \cdot A_{\text{NGF, Geschoss}}^c \quad (*)$$

$$L = a \cdot L_{\text{char, V}}^b + A_{\text{NGF, Geschoss}}^c \quad (**)$$

	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L _{real}	größter Wert L / L _{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF allein	0,1688 1,0451 30,0000	58 %	30 %	377 %	x
18599 ähnlich	30,0000 0,8986 0,0330	54 %	16 %	321 %	
hohe Regression (*)	1,5879 0,0010 1,8367	61 %	34 %	632 %	
Gebäudegruppe 2 & 5: Schulen und Produktion					
NGF allein	0,4509 0,8400 30,0000	93 %	48 %	132 %	x
18599 ähnlich	30,0000 0,4840 0,0330	94 %	45 %	124 %	
hohe Regression (*)	1,0410 0,2332 0,8579	95 %	63 %	150 %	
Gebäudegruppe 3 & 4: Verkauf und Sport					
NGF allein	0,1814 1,1508 30,0000	26 %	30 %	386 %	x
18599 ähnlich	30,0000 0,2362 0,0330	34 %	7 %	318 %	
hohe Regression (**)	0,0006 3,4083 -16,2170	66%	20 %	379 %	

Tabelle 35 Formeltypen und Regressionsgrade: Heizung, Verteilung, Netztyp B

Der Ansatz der Leitungslängenbestimmung mit der Nettogrundfläche eines Geschosses liefert insgesamt eine vergleichsweise gute Näherung. Er wird daher bei allen Gebäudetypen weiterverfolgt, auch wenn bei den Sport- und Verkaufsstätten die kompliziertere Formel zu deutlich besseren Ergebnissen führen würde. Letztere kann im Einzelfall aufgrund ihres Formeltyps zu negativen Werten führen, auch wenn dies innerhalb der Stichprobe nicht passierte.

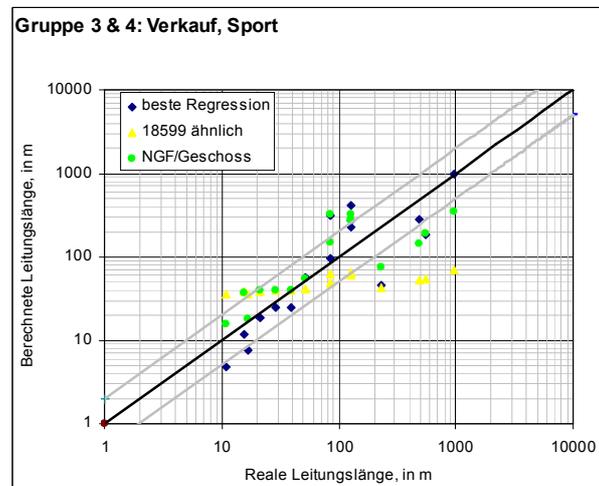
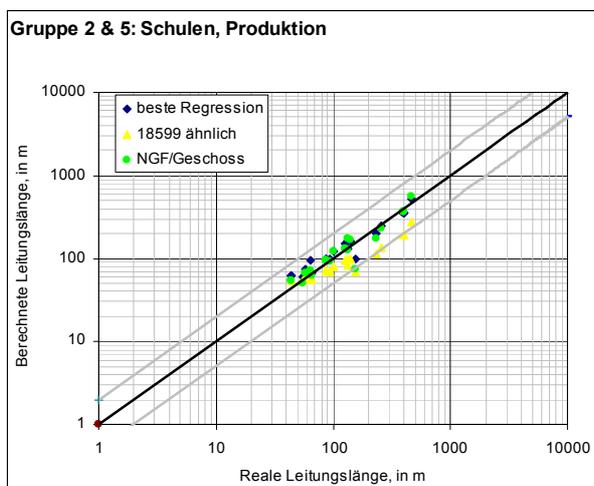
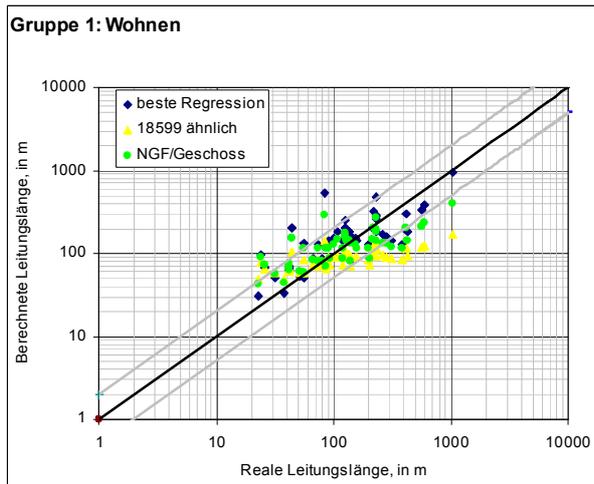


Bild 22 Grafische Auswertung verschiedener Formeltypen: Heizung, Verteilung, Netztyp B

Die Parameter in den Formeln können ohne großen Genauigkeitsverlust gerundet werden, so dass sich folgende Formeln ergeben:

▪ Gruppe 1 Wohnen:	$L = 30 \text{ m} + 0,17 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF,Geschoss}} / \text{m}^2]^{1,05}$
▪ Gruppe 2/5 Schulen, Produktion:	$L = 30 \text{ m} + 0,45 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF,Geschoss}} / \text{m}^2]^{0,84}$
▪ Gruppe 3/4 Verkauf, Sport:	$L = 30 \text{ m} + 0,18 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF,Geschoss}} / \text{m}^2]^{1,15}$

Die zur Berechnung notwendige mittlere Geschossfläche ergibt sich aus der von der Heizung versorgten beheizten Nettogrundfläche geteilt durch die Anzahl von versorgten Geschossen, siehe auch Kapitel 6.3.4. Alternativ kann die Fläche in Höhe der Verteilebene eingesetzt werden, was in der Regel zu genaueren Ergebnissen führen wird.

6.6.2 Steigestränge der B-Netze

Die senkrechten Steigestränge der B-Netze liegen überwiegend im beheizten Bereich. Es sind insgesamt recht wenige Steigestränge vorhanden. Als maßgeblich für die Abschätzung der Leitungslängen wurden die in Bild 23 beschriebenen Größen identifiziert.

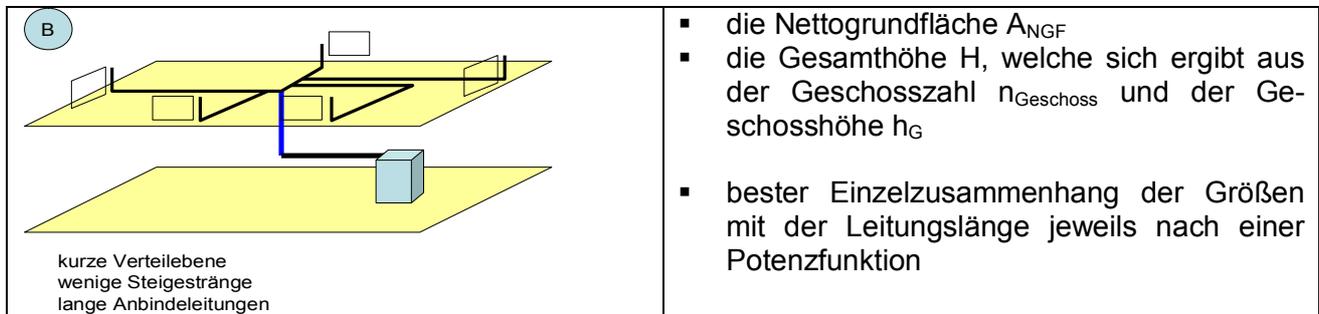


Bild 23 Einflussgrößen auf die Steigestränge der B-Netze

Die einfache Formel, welche nur die Nettogrundfläche als Eingangsparameter aufweist, folgt dem Zusammenhang:

$$L = a \cdot A_{NGF}^b$$

Die Formel, welche der bisherigen Abschätzung aus dem Volumen nach der DIN V 18599-5 oder 100 nahe kommt, lautet allgemein:

$$L = a \cdot A_{NGF} \cdot H / n_{Geschoss} = a \cdot A_{NGF} \cdot h_G$$

Außerdem wurden mehrere Formeltypen getestet, die auf die beiden o. g. Ausgangsgrößen zurückgreifen. Als sinnvoll zeigt sich folgender Ansatz, weil er einen hohen Regressionsgrad und keine negative Ergebnisse liefert:

$$L = a \cdot A_{NGF}^b + c \cdot H^d$$

	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L _{real}	größter Wert L / L _{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF allein	0,0081 1,1210	68 %	6 %	998 %	x
18599 ähnlich	0,0051	64 %	5 %	1338 %	
hohe Regression	0,0533 1,0000 0,4594 0,7829	68 %	19 %	2900 %	
Gebäudegruppe 2 & 5: Schulen und Produktion					
NGF allein	0,0035 1,2296	97 %	19 %	360 %	x
18599 ähnlich	0,0067	96 %	22 %	547 %	
hohe Regression	0,0022 1,2590 2,2396 0,8713	97 %	27 %	436 %	
Gebäudegruppe 3 & 4: Verkauf und Sport					
NGF allein	0,3140 0,7002	90 %	56 %	998 %	x
18599 ähnlich	0,0093	91 %	20 %	914 %	
hohe Regression	0,0320 1,0000 1,0000 -0,7597	96 %	33 %	760 %	

Tabelle 36 Formeltypen und Regressionsgrade: Heizung, Steigestränge, Netztyp B

Der Ansatz der Leitungslängenbestimmung ist im Falle der Steigestränge mit großen Unsicherheiten verbunden. Der Ansatz allein auf Basis der Nettogrundfläche liefert hinreichend gute Ergebnisse – vor allem verglichen mit den anderen Ansätzen. Er wird weiterverfolgt.

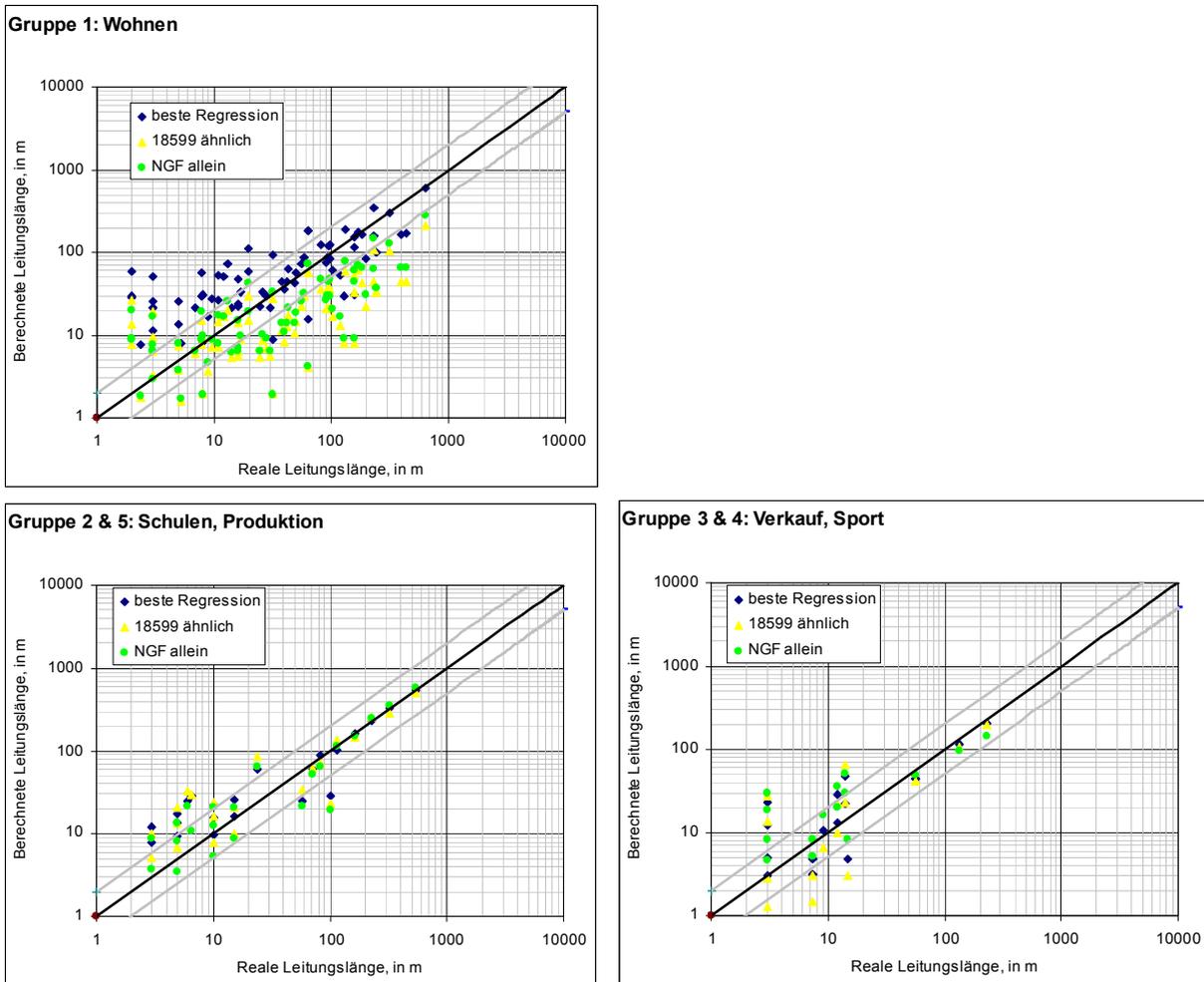


Bild 24 Grafische Auswertung verschiedener Formeltypen: Heizung, Steigestränge, Netztyp B

Die Parameter in den Formeln können ohne großen Genauigkeitsverlust gerundet werden, so dass sich folgende Formeln ergeben:

- | | |
|-----------------------------------|---|
| ▪ Gruppe 1 Wohnen: | $L = 0,0080 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{1,12}$ |
| ▪ Gruppe 2/5 Schulen, Produktion: | $L = 0,0035 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{1,23}$ |
| ▪ Gruppe 3/4 Verkauf, Sport: | $L = 0,3000 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{0,70}$ |

Die notwendige Fläche A_{NGF} ist die gesamte, von dieser Heizungsanlage versorgte Fläche. Sofern verschiedene Zonen mit getrennten Verteilnetzen an einen Erzeuger angeschlossen sind, gilt die Gleichung für jeden Kreis.

6.6.3 Anbindung der B-Netze

Die Anbindeleitungen der B-Netze liegen im beheizten Bereich und sind verglichen mit den andern Netzen die längsten. Als maßgeblich für die Abschätzung der Leitungslängen soll nur die Netto-Grundfläche sein.

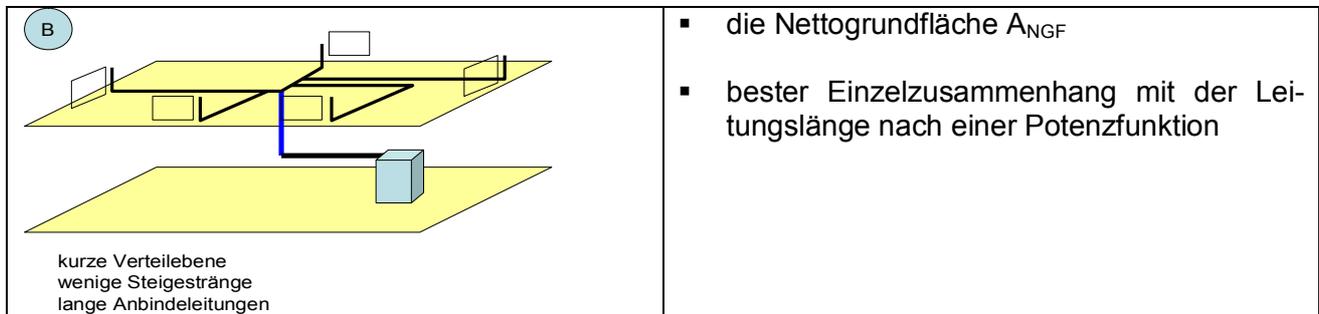


Bild 25 Einflussgrößen auf die Anbindeleitungen der B-Netze

Der Formelzusammenhang wurde anhand einer Potenzfunktion folgenden Typs getestet:

$$L = a \cdot A_{NGF}^b$$

Darüber hinaus erfolgte eine lineare Annäherung an die bisherigen Vorschläge der DIN V 18599-5 oder 100:

$$L = a \cdot A_{NGF}$$

	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L_{real}	größter Wert L / L_{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF Potenz	0,3058 1,1071	79 %	39 %	1451 %	x
linear, 18599 ähnlich	0,7000	80 %	47 %	1575 %	
Gebäudegruppe 2: Schulen					
NGF Potenz	1,0660 0,8150	68 %	45 %	316 %	
linear, 18599 ähnlich	0,1735	71 %	29 %	219 %	x
Gebäudegruppe 3, 4 & 5: Verkauf, Sport und Produktion					
NGF Potenz	0,1183 1,1999	97 %	42 %	257 %	x
linear, 18599 ähnlich	0,3669	96 %	32 %	203 %	

Tabelle 37 Formeltypen und Regressionsgrade: Heizung, Anbindeleitungen, Netztyp B

Die Ansätze liegen auch hier sehr nahe beieinander, lediglich das Streuungsverhalten ist etwas unterschiedlich. Für die Schulen erscheint die lineare Funktion sinnvoller. Die anderen Gebäudegruppen folgen eher der Potenzfunktion.

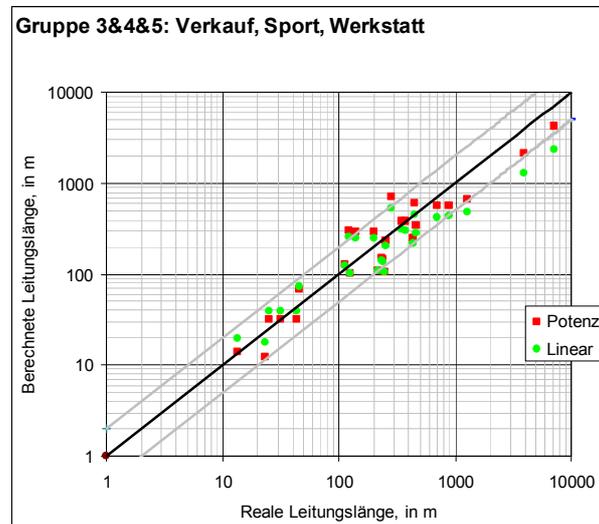
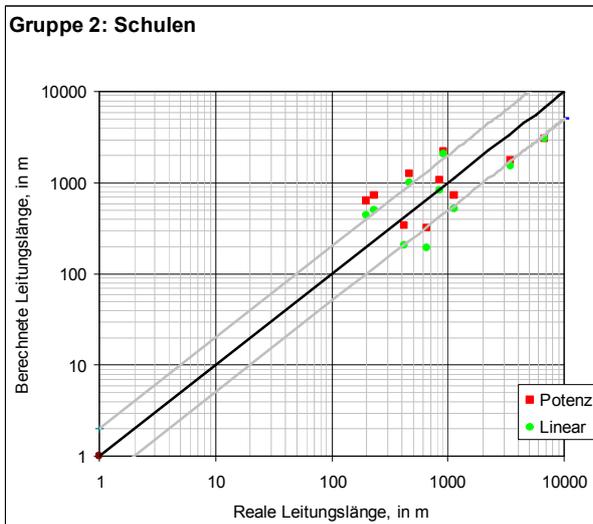
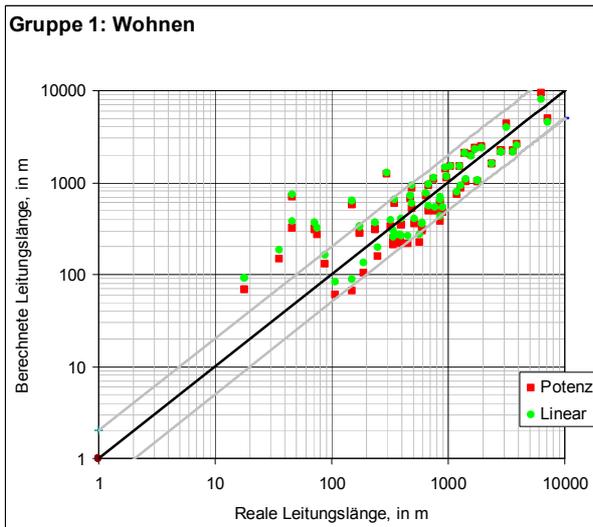


Bild 26 Grafische Auswertung verschiedener Formeltypen: Heizung, Anbindeleitungen, Netztyp B

Die Parameter können ohne großen Genauigkeitsverlust gerundet werden, so dass sich folgende Formeln ergeben, zum Vergleich alle als Potenzfunktion dargestellt:

▪ Gruppe 1 Wohnen:	$L = 0,30 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{1,11}$
▪ Gruppe 2 Schulen:	$L = 0,17 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{1,00}$
▪ Gruppe 3/4/5 Verkauf, Sport, Produktion:	$L = 0,13 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{1,20}$

Die notwendige Fläche A_{NGF} ist die gesamte, von dieser Heizungsanlage versorgte Fläche. Sofern verschiedene Zonen mit getrennten Verteilnetzen an einen Erzeuger angeschlossen sind, gilt die Gleichung für jeden Kreis.

6.6.4 Gesamtformel für die B-Netze

Aus den Kennwerten der verlegten Rohrabschnitte insgesamt können zudem die in der nachfolgenden Grafik zusammengestellten Funktionen abgeleitet werden. Sie hängen aus Gründen der Vereinfachung nur von der Nettogrundfläche ab. Die prozentualen Anteile der Verteilleitungen, Steigestränge und Anbindeleitungen sind jeweils genannt.

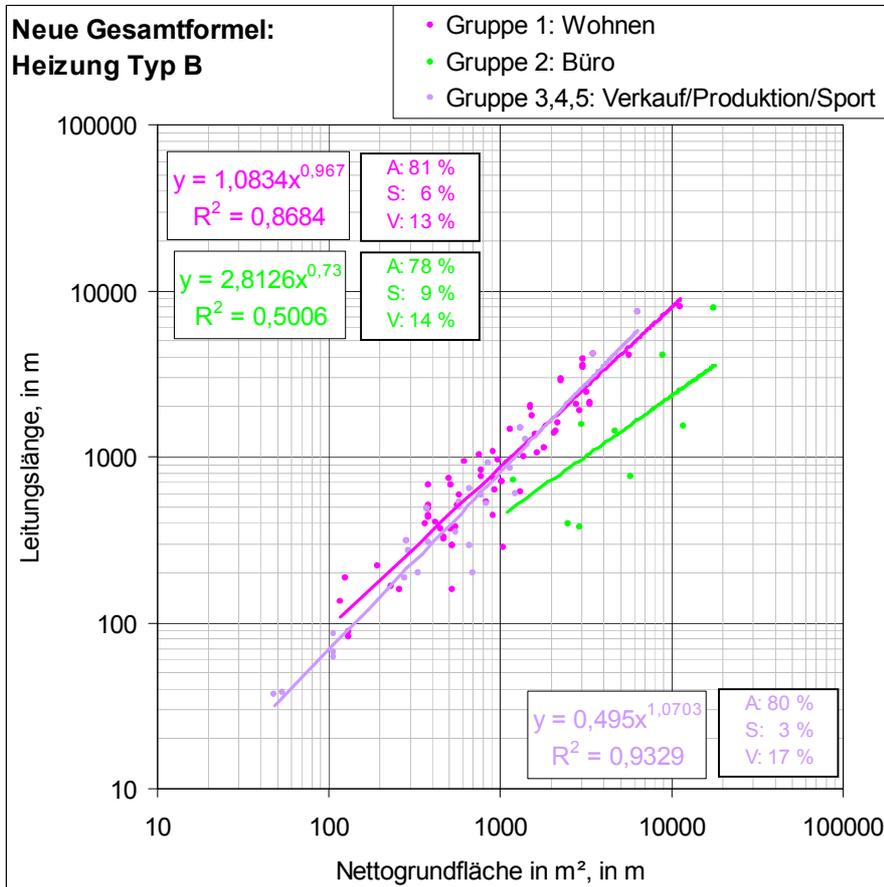


Bild 27 Vereinfachte Gesamtformeln: Heizung, Netztyp B

6.7 Ableitung von Formeln für die C-Netze (Steigestrangtyp)

6.7.1 Verteilung der C-Netze

Die waagerechten Verteilungen der C-Netze liegen überwiegend im unbeheizten Bereich, seltener in abgehängten Decken. Als maßgeblich für die Abschätzung der Leitungslängen wurden die in Bild 28 beschriebenen Größen identifiziert.

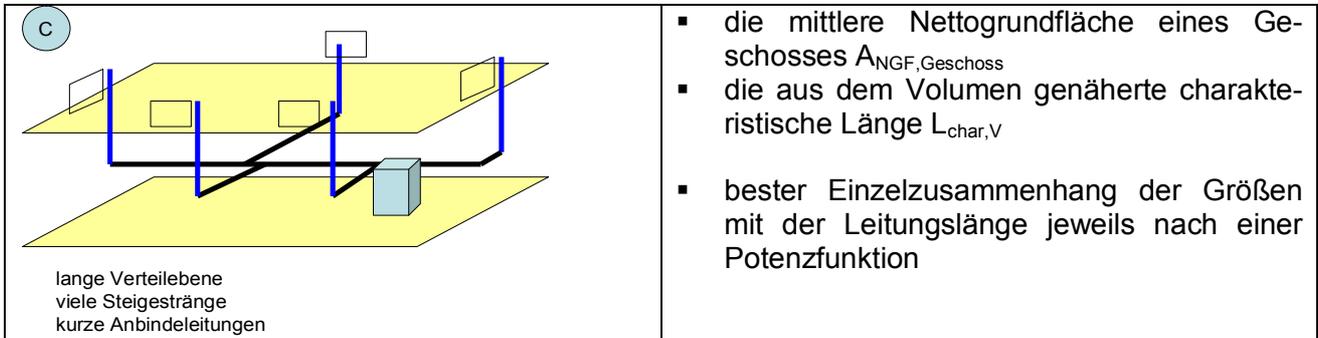


Bild 28 Einflussgrößen auf die Verteilungen der C-Netze

Die einfache Formel, welche nur die Nettogrundfläche als Eingangsparameter aufweist, folgt dem Zusammenhang:

$$L = a \cdot A_{\text{NGF,Geschoss}}^b + c$$

Die Formel, welche der bisherigen Abschätzung der DIN V 18599-5 für außen liegende Steigestränge nahe kommt, lautet allgemein:

$$L = a \cdot L_{\text{char,V}} + b \cdot A_{\text{NGF,Geschoss}} \cdot A_{\text{NGF,Geschoss}} / L_{\text{char,V}}$$

Außerdem wurden mehrere Formeltypen getestet, die auf die beiden o. g. Ausgangsgrößen zurückgreifen. Als sinnvoll zeigt sich folgender Ansatz, weil er einen hohen Regressionsgrad liefert und in keinem Fall zu negativen Ergebnissen führt:

$$L = a \cdot L_{\text{char,V}} + b \cdot A_{\text{NGF,Geschoss}}$$

	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L _{real}	größter Wert L / L _{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF allein	2,629 0,718 30,0000	48 %	32 %	306 %	x
18599 ähnlich	0,0324 2,0000	43 %	32 %	416 %	
hohe Regression	4,2235 0,2586	51 %	47 %	435 %	
Gebäudegruppe 2: Schulen					
NGF allein	20,7944 0,6765 30,0000	56 %	30 %	221 %	
18599 ähnlich	0,0216 2,0000	83 %	8 %	216 %	x
hohe Regression	2,7168 0,2427	78 %	12 %	201 %	
Gebäudegruppe 3, 4 & 5: Verkauf, Sport und Produktion					
NGF allein	7,9552 0,8872 30,0000	74 %	54 %	1037 %	
18599 ähnlich	0,0185 2,0000	63 %	26 %	376 %	x
hohe Regression	4,2595 0,1339	72 %	52 %	611 %	

Tabelle 38 Formeltypen und Regressionsgrade: Heizung, Verteilung, Netztyp C

Der Ansatz der Leitungslängenbestimmung mit der Nettogrundfläche liefert für Wohngebäude und ähnliche Objekte eine sehr gute Näherung, jedoch nicht für die Schulen, Verkaufs- und Produktionsstätten und Sporteinrichtungen. Dort zeigt der DIN V 18599-ähnliche Ansatz weit bessere Genauigkeit, insbesondere bei großen Gebäuden. Daher werden beide Ansätze getrennt verfolgt.

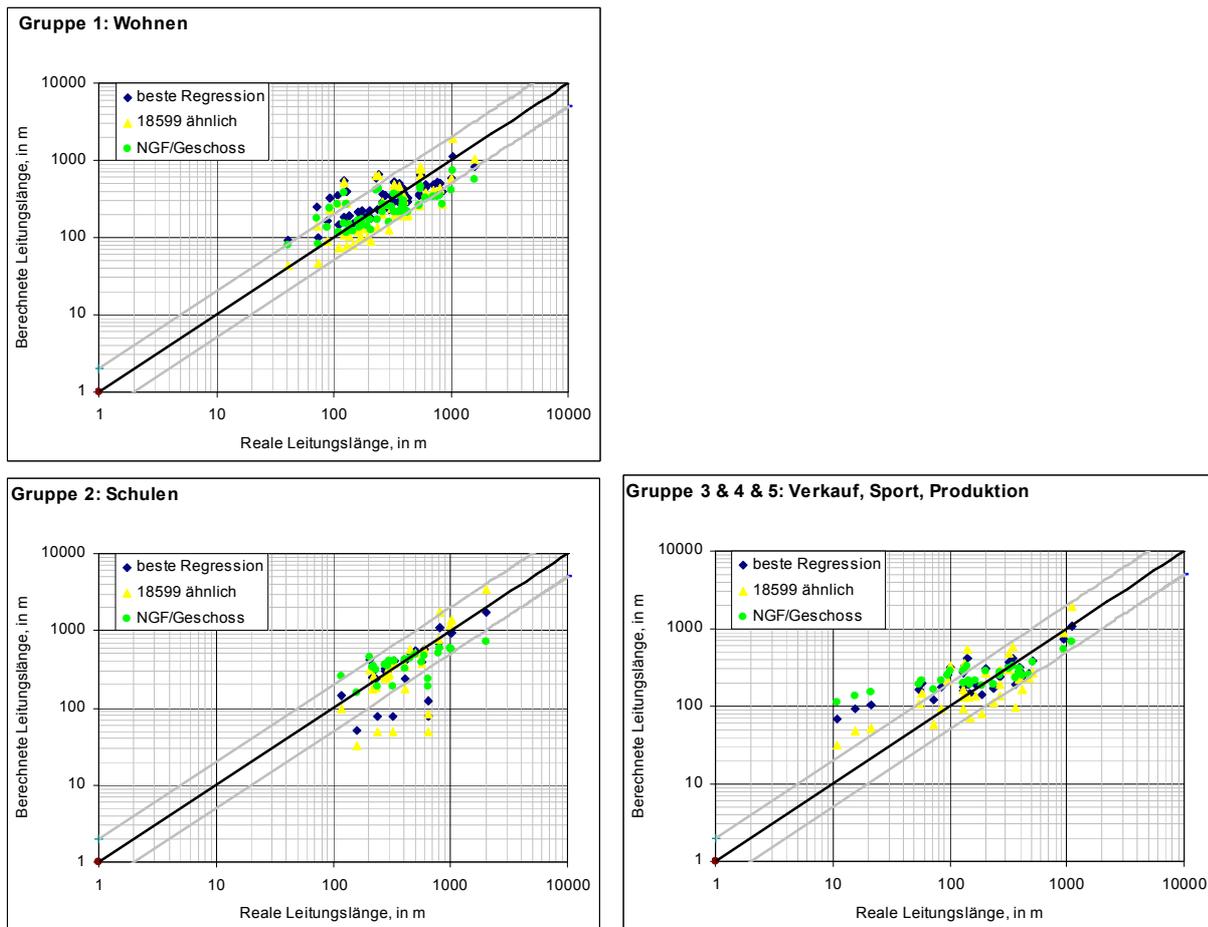


Bild 29 Grafische Auswertung verschiedener Formeltypen: Heizung, Verteilung, Netztyp C

Die Parameter in den Formeln können ohne großen Genauigkeitsverlust gerundet werden, so dass sich folgende Formeln ergeben:

- Gruppe 1 Wohnen: $L = 30 \text{ m} + 2,6 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF,Geschoss}} / \text{m}^2]^{0,72}$
- Gruppe 2 Schulen: $L = 2 \cdot L_{\text{char,V}} + 0,022 \text{ m}^{-2} \cdot A_{\text{NGF,Geschoss}} \cdot A_{\text{NGF,Geschoss}} / L_{\text{char,V}}$
- Gruppe 3/4/5 Verk., Sport, Prod.: $L = 2 \cdot L_{\text{char,V}} + 0,020 \text{ m}^{-2} \cdot A_{\text{NGF,Geschoss}} \cdot A_{\text{NGF,Geschoss}} / L_{\text{char,V}}$

Die zur Berechnung notwendige mittlere Geschossfläche ergibt sich aus der von der Heizung versorgten beheizten Nettogrundfläche geteilt durch die Anzahl von versorgten Geschossen, siehe auch Kapitel 6.3.4. Alternativ kann die Fläche in Höhe der Verteilebene eingesetzt werden, was in der Regel zu genaueren Ergebnissen führen wird.

Kapitel 6.3.4 beschreibt ebenfalls die Ermittlung der genäherte charakteristische Länge $L_{\text{char,V}}$.

6.7.2 Steigestränge der C-Netze

Die senkrechten Steigestränge der C-Netze liegen überwiegend im beheizten Bereich. Es sind insgesamt recht viele Steigestränge vorhanden. Als maßgeblich für die Abschätzung der Leitungslängen wurden die in Bild 30 beschriebenen Größen identifiziert.

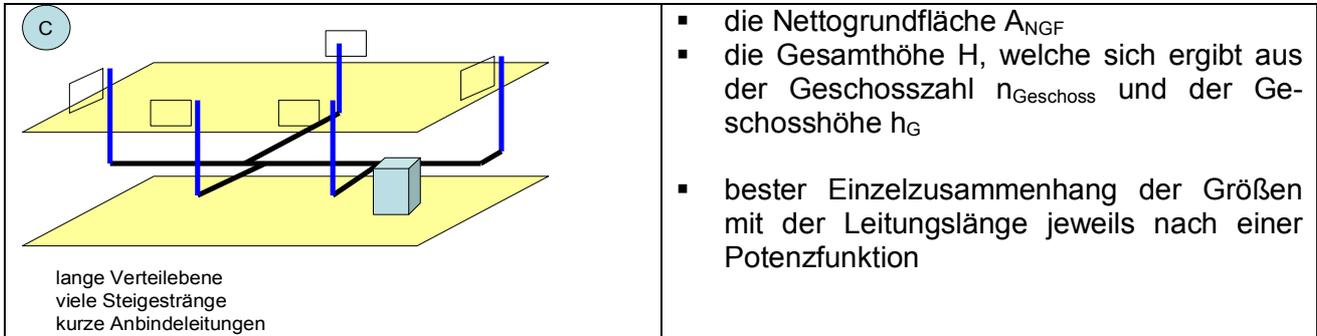


Bild 30 Einflussgrößen auf die Steigestränge der C-Netze

Die einfache Formel, welche nur die Nettogrundfläche als Eingangsparameter aufweist, folgt dem Zusammenhang:

$$L = a \cdot A_{NGF}^b$$

Die Formel, welche der bisherigen Abschätzung aus dem Volumen nach der DIN V 18599-5 oder 100 nahe kommt, lautet allgemein:

$$L = a \cdot A_{NGF} \cdot H / n_{Geschoss} = a \cdot A_{NGF} \cdot h_G$$

Außerdem wurden mehrere Formeltypen getestet, die auf die beiden o. g. Ausgangsgrößen zurückgreifen. Als sinnvoll zeigt sich folgender Ansatz, weil er einen hohen Regressionsgrad und keine negative Ergebnisse liefert:

$$L = a \cdot A_{NGF}^b + c \cdot H^d$$

	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L _{real}	größter Wert L / L _{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF allein	0,0083 1,3902	79 %	30 %	555 %	x
18599 ähnlich	0,0370	72 %	25 %	490 %	
hohe Regression	0,1448 1,0000 10,5875 1,0000	82 %	47 %	1311 %	
Gebäudegruppe 2: Schulen					
NGF allein	0,1705 0,9555	78 %	45 %	1101 %	
18599 ähnlich	0,0261	84 %	33 %	1046 %	x
hohe Regression	0,0009 1,4990 77,2702 0,2356	79 %	34 %	1023 %	
Gebäudegruppe 3: Verkauf					
NGF allein	0,0156 1,2772	97 %	26 %	3185 %	
18599 ähnlich	0,0415	96 %	50 %	6129 %	x
hohe Regression	0,0093 1,0000 5,0218 1,2831	97 %	21 %	1991 %	
Gebäudegruppe 4 & 5: Sport und Produktion					
NGF allein	0,0191 1,1052	11 %	7 %	727 %	
18599 ähnlich	0,0090	11 %	6 %	543 %	x
hohe Regression	0,0093 1,0000 5,0218 1,2831	34 %	16 %	622 %	

Tabelle 39 Formeltypen und Regressionsgrade: Heizung, Steigestränge, Netztyp C

Der Ansatz der Leitungslängenbestimmung ist im Falle der Steigestränge mit großen Unsicherheiten verbunden – insbesondere im Bereich sehr kleiner Gebäude mit sehr wenigen Rohrleitungen. Bei den typischen Nichtwohnbaunutzungen 2 – 5 wird der volumenbezogene Ansatz weiterverfolgt, bei der Nutzung 1 der nettogrundflächenbezogene.

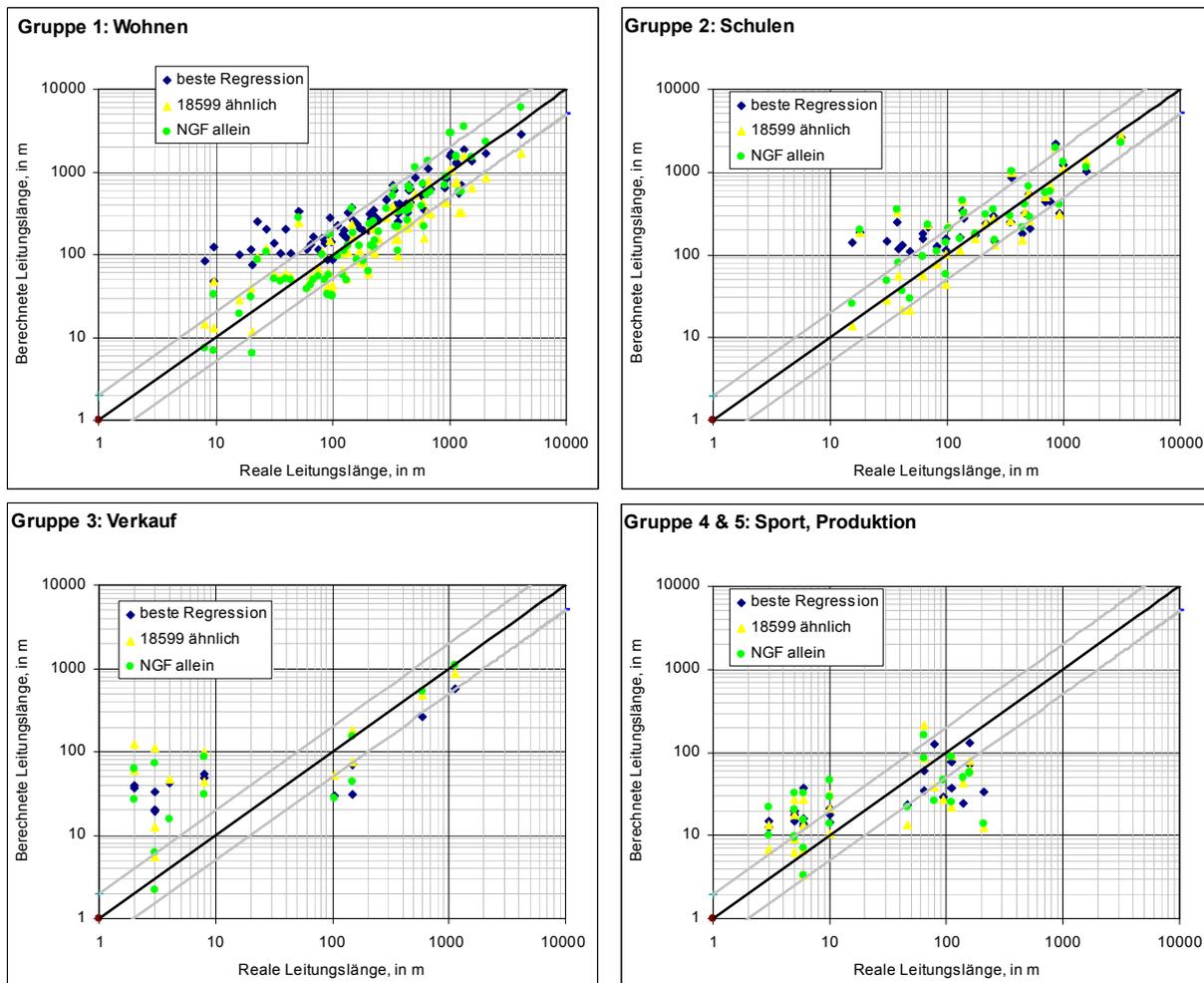


Bild 31 Grafische Auswertung verschiedener Formeltypen: Heizung, Steigstränge, Netztyp C

Die Parameter in den Formeln können ohne großen Genauigkeitsverlust gerundet werden, so dass sich folgende Formeln ergeben:

- | | |
|--------------------------------|--|
| ▪ Gruppe 1 Wohnen: | $L = 0,008 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{1,39}$ |
| ▪ Gruppe 2 Schulen: | $L = 0,026 \text{ m} \cdot A_{\text{NGF}} \cdot h_G$ |
| ▪ Gruppe 3 Verkauf: | $L = 0,042 \text{ m} \cdot A_{\text{NGF}} \cdot h_G$ |
| ▪ Gruppe 4/5 Sport/Produktion: | $L = 0,009 \text{ m} \cdot A_{\text{NGF}} \cdot h_G$ |

Die notwendige Fläche A_{NGF} ist die gesamte, von dieser Heizungsanlage versorgte Fläche. Sofern verschiedene Zonen mit getrennten Verteilnetzen an einen Erzeuger angeschlossen sind, gilt die Gleichung für jeden Kreis. Die Geschosshöhe h_G ist der Mittelwert innerhalb der betrachteten Fläche A_{NGF} .

6.7.3 Anbindung der C-Netze

Die Anbindeleitungen der C-Netze liegen im beheizten Bereich und sind verglichen mit den andern Netzen kurz. Als maßgeblich für die Abschätzung der Leitungslängen soll nur die Nettogrundfläche sein.

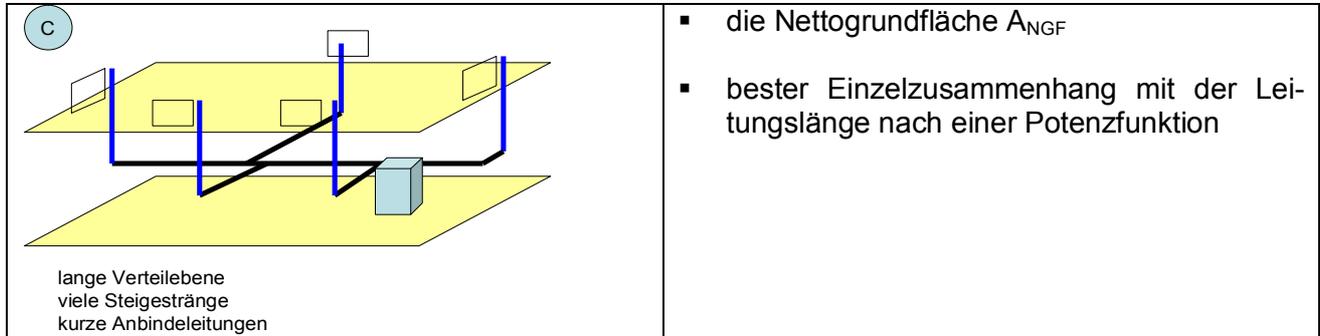


Bild 32 Einflussgrößen auf die Anbindeleitungen der C-Netze

Der Formelzusammenhang wurde anhand einer Potenzfunktion folgenden Typs getestet:

$$L = a \cdot A_{NGF}^b$$

Darüber hinaus erfolgte eine lineare Annäherung an die bisherigen Vorschläge der DIN V 18599-5 oder 100:

$$L = a \cdot A_{NGF}$$

	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L _{real}	größter Wert L / L _{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF Potenz	0,1493 1,0771	74 %	19 %	575 %	
linear, 18599 ähnlich	0,2559	75 %	22 %	576 %	x
Gebäudegruppe 2: Schulen					
NGF Potenz	0,0215 1,1711	75 %	44 %	384 %	x
linear, 18599 ähnlich	0,1004	77 %	60 %	634 %	
Gebäudegruppe 3: Verkauf					
NGF Potenz	0,5970 0,8670	84 %	39 %	853 %	
linear, 18599 ähnlich	0,2339	87 %	39 %	924 %	x
Gebäudegruppe 4 & 5: Sport und Produktion					
NGF Potenz	2,4865 0,6483	91 %	64 %	204 %	x
linear, 18599 ähnlich	0,2300	86 %	43 %	185 %	

Tabelle 40 Formeltypen und Regressionsgrade: Heizung, Anbindeleitungen, Netztyp C

Die Ansätze liegen auch hier sehr nahe beieinander, lediglich das Streuungsverhalten ist etwas unterschiedlich. Insgesamt ergeben sich gute Regressionen. Für die Wohngebäude und die Verkaufsstätten erscheint die Linearfunktion sinnvoller, bei den anderen Gebäuden wird die Potenzfunktion weiter verfolgt.

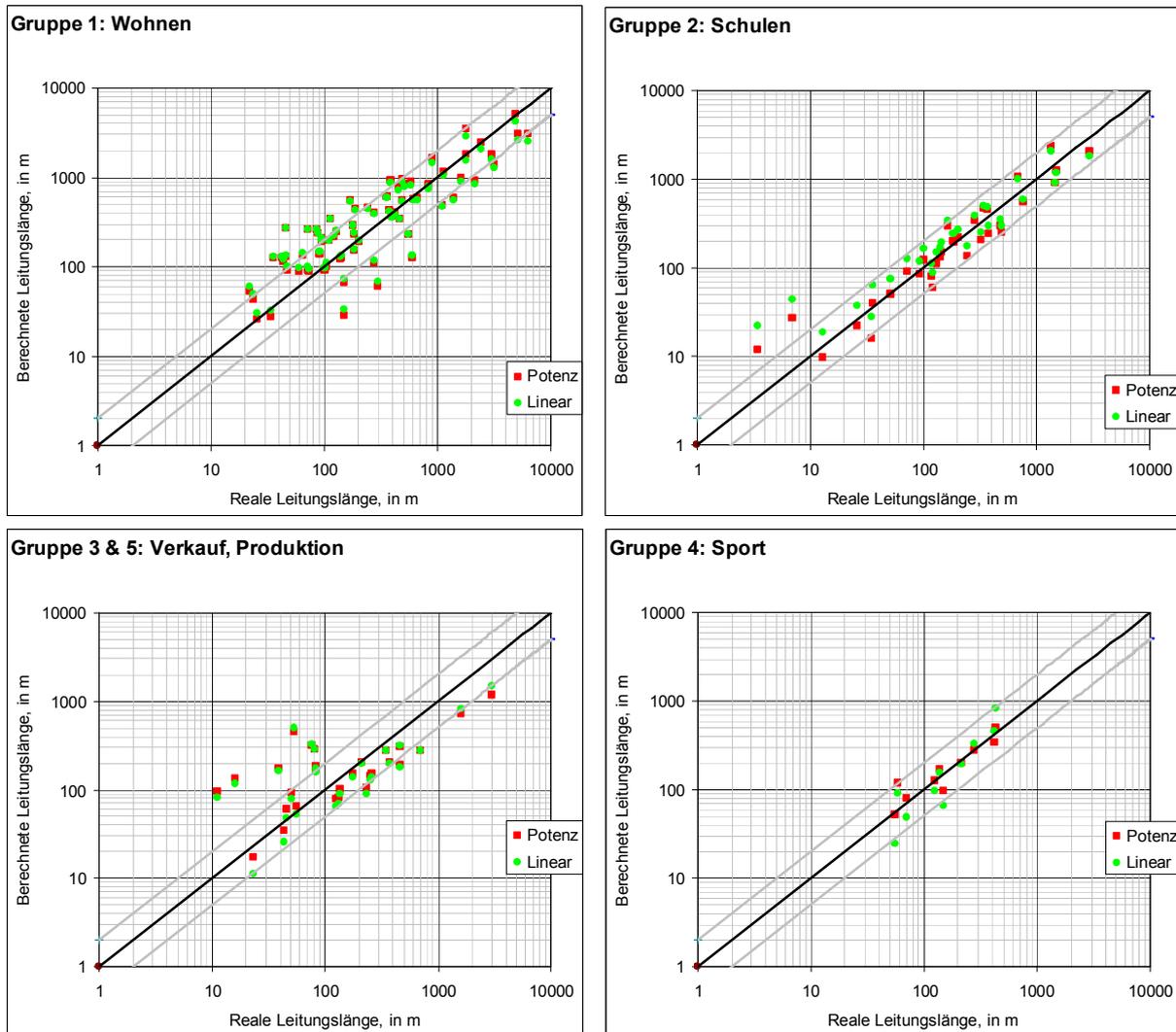


Bild 33 Grafische Auswertung verschiedener Formeltypen: Heizung, Anbindeleitungen, Netztyp C

Die Parameter können ohne großen Genauigkeitsverlust gerundet werden, so dass sich folgende Formeln ergeben, zum Vergleich alle als Potenzfunktion dargestellt:

- | | |
|---------------------------------|---|
| ▪ Gruppe 1 Wohnen: | $L = 0,25 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{1,00}$ |
| ▪ Gruppe 2 Schulen: | $L = 0,02 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{1,18}$ |
| ▪ Gruppe 3 Verkauf: | $L = 0,23 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{1,00}$ |
| ▪ Gruppe 4/5 Sport, Produktion: | $L = 2,50 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{0,65}$ |

Die notwendige Fläche A_{NGF} ist die gesamte, von dieser Heizungsanlage versorgte Fläche. Sofern verschiedene Zonen mit getrennten Verteilnetzen an einen Erzeuger angeschlossen sind, gilt die Gleichung für jeden Kreis.

6.7.4 Gesamtformel für die C-Netze

Aus den Kennwerten der verlegten Rohrabschnitte insgesamt können zudem die in der nachfolgenden Grafik zusammengestellten Funktionen abgeleitet werden. Sie hängen aus Gründen der Vereinfachung nur von der Nettogrundfläche ab. Die prozentualen Anteile der Verteilleitungen, Steigestränge und Anbindeleitungen sind jeweils genannt.

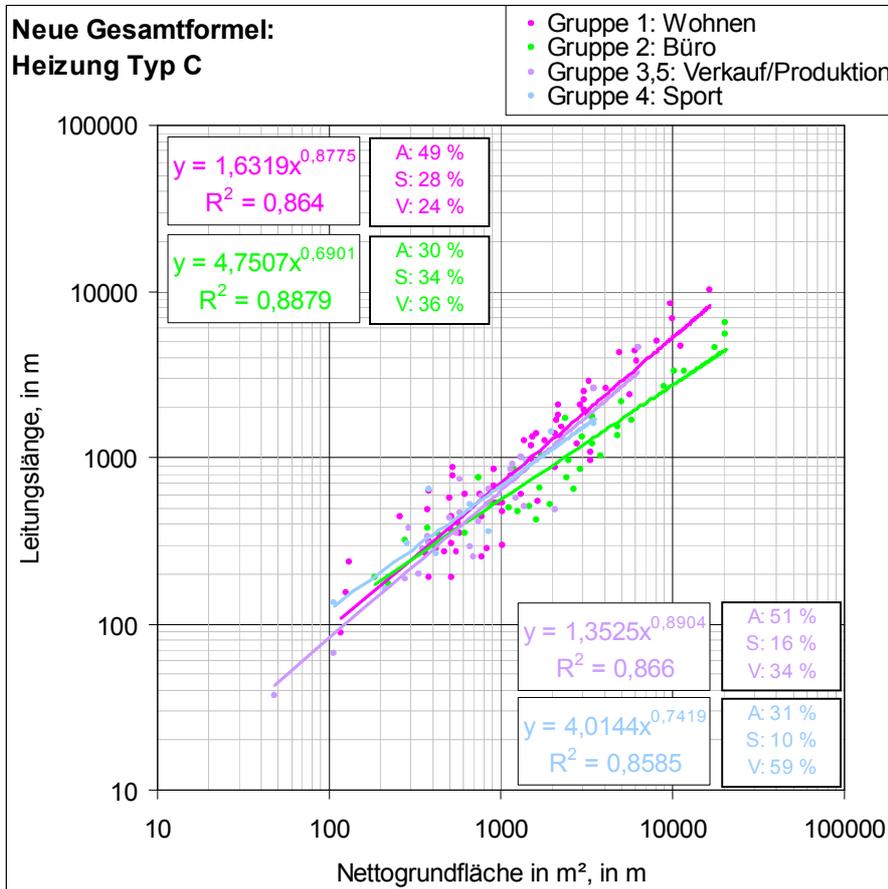


Bild 34 Vereinfachte Gesamtformeln: Heizung, Netztyp C

6.8 Ableitung von Formeln für die D-Netze (Strahlungs-/Luftheizung)

6.8.1 Verteilung der D-Netze

Die waagerechten Verteilleitungen der D-Netze liegen überwiegend im beheizten Bereich. Versorgt werden häufig Strahlungsheizungen sowie Luftheizungen von Hallenbauten nach diesem Prinzip. Als maßgeblich für die Abschätzung der Leitungslängen wurden die in Bild 35 beschriebenen Größen identifiziert.

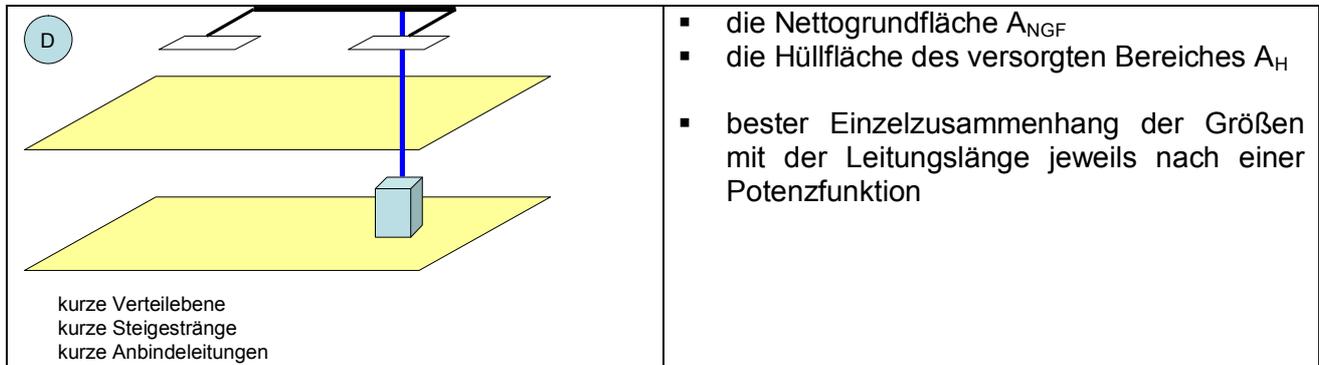


Bild 35 Einflussgrößen auf die Verteilleitungen der D-Netze

Die einfache Formel, welche nur die Hüllfläche als Eingangsparameter aufweist, folgt dem Zusammenhang:

$$L = a \cdot A_H^b$$

Die Formel, welche der bisherigen Abschätzung der DIN V 18599-100 (aus dem Volumen) nahe kommt, lautet allgemein:

$$L = a \cdot A_{NGF} \cdot h_G$$

Außerdem wurden mehrere Formeltypen getestet, die auf die beiden o. g. Ausgangsgrößen zurückgreifen. Als sinnvoll zeigt sich folgender Ansatz, weil er einen hohen Regressionsgrad liefert und in keinem Fall zu negativen Ergebnissen führt:

$$L = a \cdot A_H + b \cdot A_{NGF}$$

	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L _{real}	größter Wert L / L _{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
Hüllfläche allein	0,0003 1,6986	28 %	25 %	353 %	x
18599 ähnlich	0,0458	24 %	16 %	1065 %	
hohe Regression	0,0982 0,0315	29 %	30 %	811 %	
Gebäudegruppe 2 - 5: Schulen, Verkauf, Sport und Produktion					
Hüllfläche allein	0,0132 1,1921	50 %	38 %	287 %	x
18599 ähnlich	0,0224	55 %	31 %	245 %	
hohe Regression	-0,0267 0,2138	96 %	16 %	212 %	

Tabelle 41 Formeltypen und Regressionsgrade: Heizung, Verteilung, Netztyp D

Der Ansatz der Leitungslängenbestimmung mit der Nettogrundfläche liefert keine gute Näherung und wurde hier nicht weiter untersucht. In beiden Fällen wird der Ansatz über die Hüllfläche weiter verfolgt. Zwar zeigt der Ansatz über die höherwertige mathematische Formel bessere Ergebnisse, welche im Einzelfall aber auch negativ werden können, wenn dies auch innerhalb der Stichprobe nicht passierte.

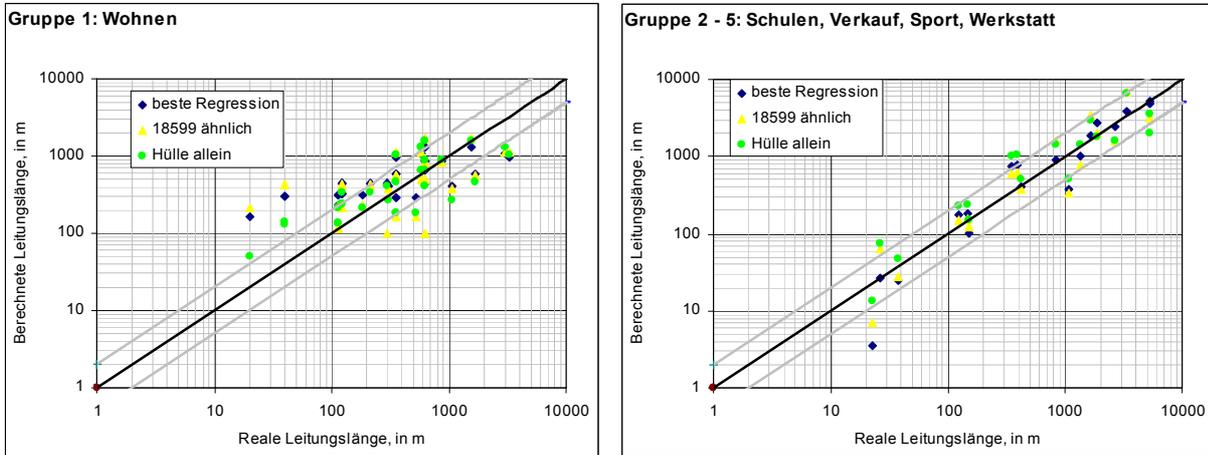


Bild 36 Grafische Auswertung verschiedener Formeltypen: Heizung, Verteilung, Netztyp D

Die Parameter in den Formeln können ohne großen Genauigkeitsverlust gerundet werden, so dass sich folgende Formeln ergeben:

- | | |
|---|--|
| ▪ Gruppe 1 Wohnen: | $L = 0,0003 \text{ m} \cdot [A_H/m^2]^{1,7}$ |
| ▪ Gruppe 2-5 Schulen, Verkauf, Sport, Produktion: | $L = 0,0100 \text{ m} \cdot [A_H/m^2]^{1,2}$ |

Die zu verwendende Hüllfläche A_H schließt den mit diesem Heiznetz versorgten Bereich ein. Werden mehrere Bereiche mit getrennten Verteilnetzen versorgt, so ist die Gleichung pro Versorgungsbereich einmal anzusetzen.

6.8.2 Steigestränge der D-Netze

Die senkrechten Steigestränge der D-Netze liegen überwiegend im beheizten Bereich. Es sind insgesamt wenige Steigestränge vorhanden. Als maßgeblich für die Abschätzung der Leitungslängen wurden die in Bild 37 beschriebenen Größen identifiziert.

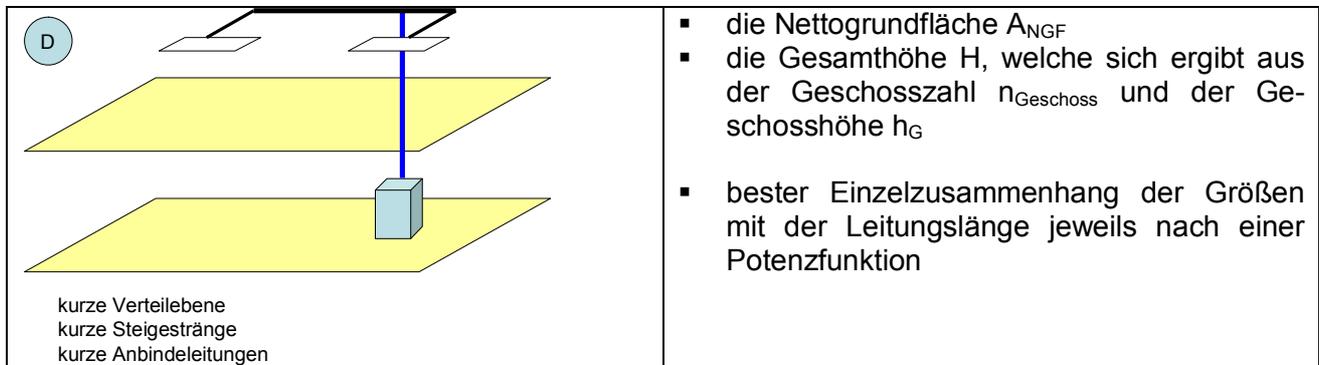


Bild 37 Einflussgrößen auf die Steigestränge der D-Netze

Die einfache Formel, welche nur die Nettogrundfläche als Eingangsparameter aufweist, folgt dem Zusammenhang:

$$L = a \cdot A_{NGF}^b$$

Die Formel, welche der bisherigen Abschätzung aus dem Volumen nach der DIN V 18599-5 oder 100 nahe kommt, lautet allgemein:

$$L = a \cdot A_{NGF} \cdot H / n_{Geschoss} = a \cdot A_{NGF} \cdot h_G$$

Außerdem wurden mehrere Formeltypen getestet, die auf die beiden o. g. Ausgangsgrößen zurückgreifen. Als sinnvoll zeigt sich folgender Ansatz, weil er einen hohen Regressionsgrad und keine negative Ergebnisse liefert:

$$L = a \cdot A_{NGF} + b \cdot H$$

	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L_{real}	größter Wert L / L_{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF allein	0,0049 1,2144	31 %	9 %	547 %	x
18599 ähnlich	0,0072	32 %	8 %	368 %	
hohe Regression	0,0362 18,2630	41 %	34 %	1296 %	
Gebäudegruppe 2 - 5: Schulen, Verkauf, Sport und Produktion					
NGF allein	0,9491 0,3075	21 %	15 %	479 %	
18599 ähnlich	0,0004	51 %	2 %	416 %	x
hohe Regression	0,0033 0,5386	15 %	20 %	838 %	

Tabelle 42 Formeltypen und Regressionsgrade: Heizung, Steigestränge, Netztyp D

Der Ansatz der Leitungslängenbestimmung ist im Falle der Steigestränge des D-Netzes mit besonders großen Unsicherheiten verbunden. Bei den typischen Nichtwohnbaunutzungen 2 – 5 wird der volumenbezogene Ansatz weiterverfolgt, bei der Nutzung 1 der nettogrundflächenbezogene.

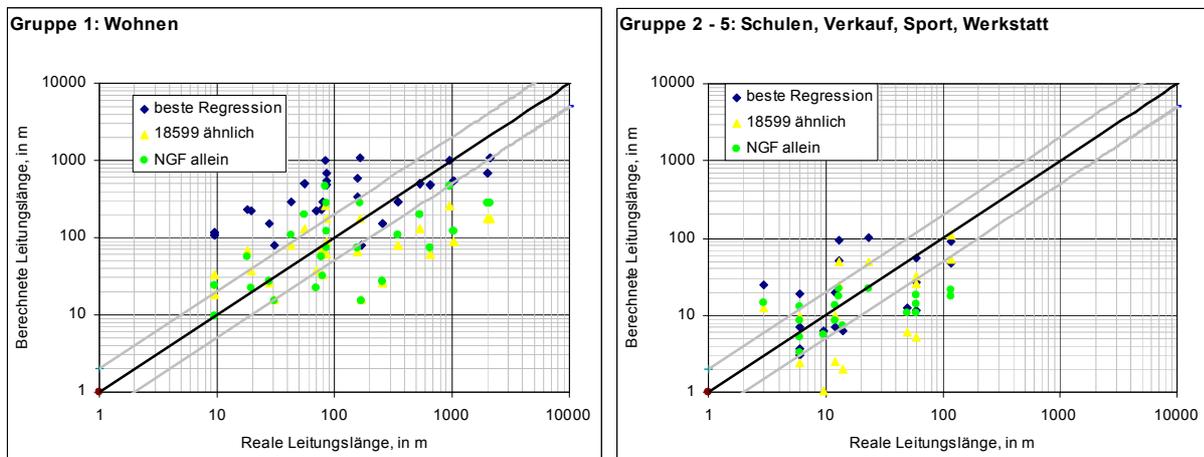


Bild 38 Grafische Auswertung verschiedener Formeltypen: Heizung, Steigestränge, Netztyp D

Die Parameter können ohne großen Genauigkeitsverlust gerundet werden, so dass sich folgende Formeln ergeben:

- | | |
|---|--|
| ▪ Gruppe 1 Wohnen: | $L = 0,005 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}}/\text{m}^2]^{1,21}$ |
| ▪ Gruppe 2-5 Schulen, Verkauf, Sport, Produktion: | $L = 0,0004 \text{ m} \cdot A_{\text{NGF}} \cdot h_G$ |

Die notwendige Fläche A_{NGF} ist die gesamte, von dieser Heizungsanlage versorgte Fläche. Sofern verschiedene Zonen mit getrennten Verteilnetzen an einen Erzeuger angeschlossen sind, gilt die Gleichung für jeden Kreis. Die Geschosshöhe h_G ist der Mittelwert innerhalb der betrachteten Fläche A_{NGF} .

6.8.3 Anbindung der D-Netze

Die Anbindeleitungen der D-Netze liegen im beheizten Bereich und sind kurz. Als maßgeblich für die Abschätzung der Leitungslängen soll nur die Nettogrundfläche sein.

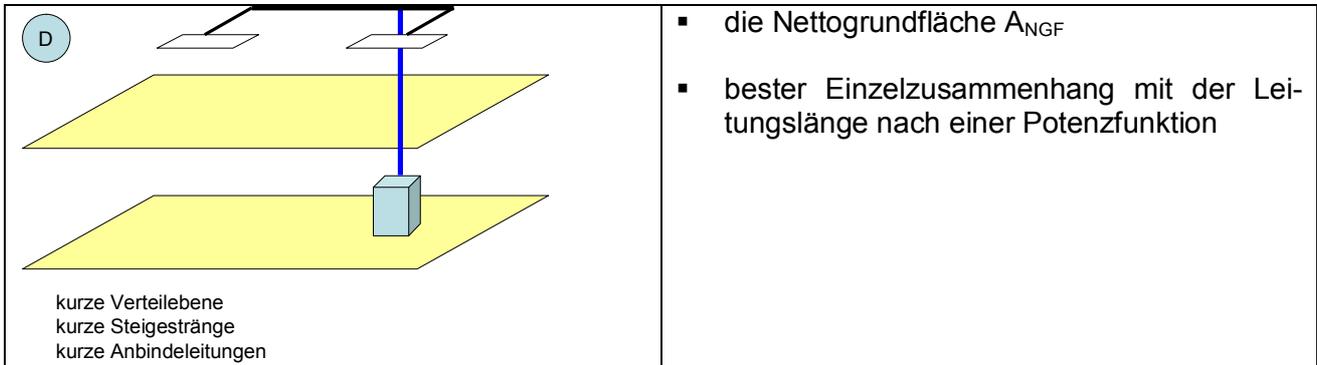


Bild 39 Einflussgrößen auf die Anbindeleitungen der D-Netze

Der Formelzusammenhang wurde anhand einer Potenzfunktion folgenden Typs getestet:

$$L = a \cdot A_{NGF}^b$$

Darüber hinaus erfolgte eine lineare Annäherung an die bisherigen Vorschläge der DIN V 18599-5 oder 100:

$$L = a \cdot A_{NGF}$$

	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L_{real}	größter Wert L / L_{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF Potenz	0,1075 1,1299	86 %	38 %	238 %	x
linear, 18599 ähnlich	0,3315	86 %	46 %	298 %	
Gebäudegruppe 2 - 5: Schulen, Verkauf, Sport und Produktion					
NGF Potenz	1,1950 0,5643	48 %	21 %	361 %	x
linear, 18599 ähnlich	0,0290	48 %	5 %	582 %	

Tabelle 43 Formeltypen und Regressionsgrade: Heizung, Anbindeleitungen, Netztyp D

Die Ansätze liegen auch hier nahe beieinander, wobei die Potenzfunktionen weniger streuen und daher in beiden Fällen weiterverfolgt werden.

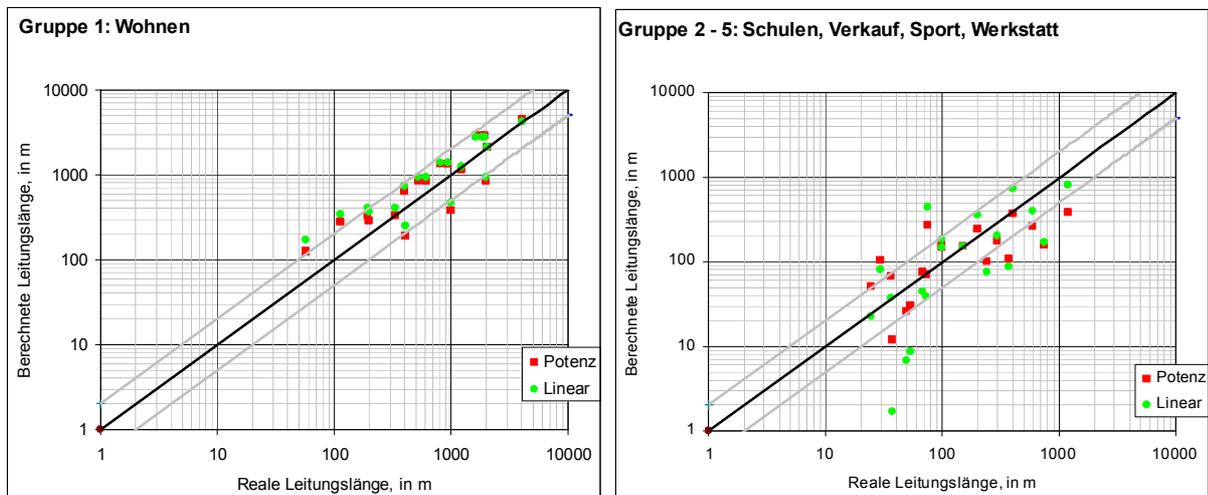


Bild 40 Grafische Auswertung verschiedener Formeltypen: Heizung, Anbindeleitungen, Netztyp D

Die Parameter können ohne großen Genauigkeitsverlust gerundet werden, so dass sich folgende Formeln ergeben, zum Vergleich alle als Potenzfunktion dargestellt:

- | | |
|---|---|
| ▪ Gruppe 1 Wohnen: | $L = 0,10 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}}/\text{m}^2]^{1,13}$ |
| ▪ Gruppe 2-5 Schulen, Verkauf, Sport, Produktion: | $L = 1,12 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}}/\text{m}^2]^{0,56}$ |

Die notwendige Fläche A_{NGF} ist die gesamte, von dieser Heizungsanlage versorgte Fläche. Sofern verschiedene Zonen mit getrennten Verteilnetzen an einen Erzeuger angeschlossen sind, gilt die Gleichung für jeden Kreis.

6.8.4 Gesamtformel für die D-Netze

Aus den Kennwerten der verlegten Rohrabschnitte insgesamt können zudem die in der nachfolgenden Grafik zusammengestellten Funktionen abgeleitet werden. Sie hängen aus Gründen der Vereinfachung nur von der Nettogrundfläche ab. Die prozentualen Anteile der Verteilleitungen, Steigestränge und Anbindeleitungen sind jeweils genannt.

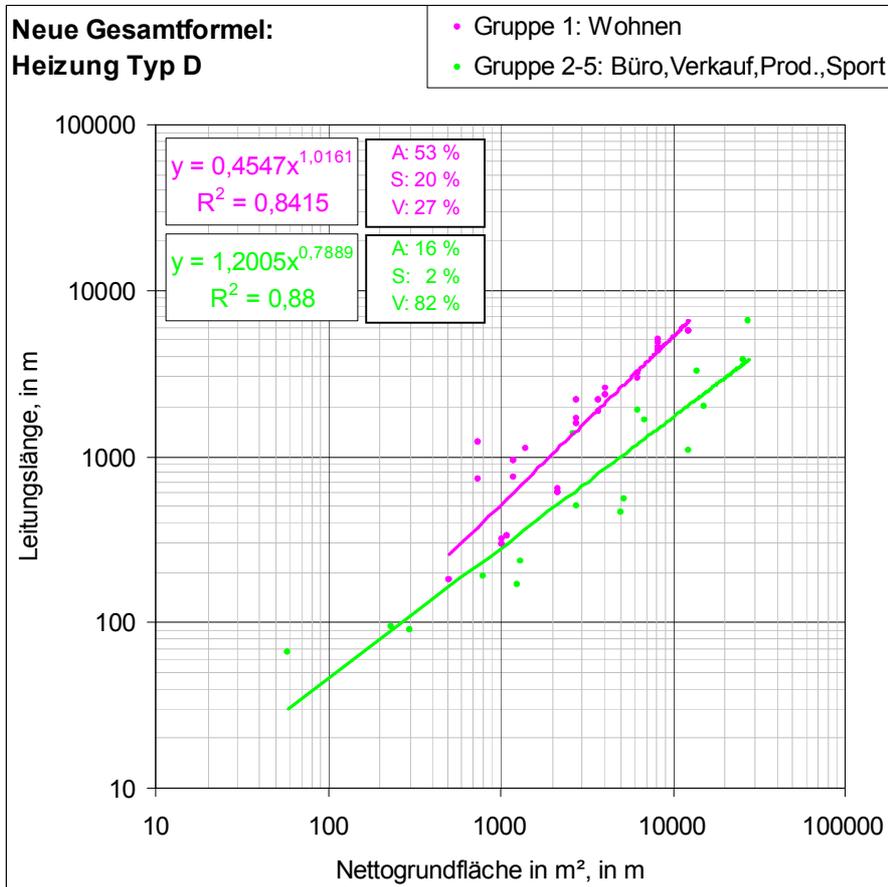


Bild 41 Vereinfachte Gesamtformeln: Heizung, Netztyp D

7 Datenauswertung Trinkwarmwasser

Der nachfolgende Abschnitt beschreibt die Auswertung der erhobenen Daten zu Trinkwarmwasseranlagen von der Aufbereitung der Grunddaten, der Bildung von Gebäudegruppen, der Verifizierung wichtiger Einflussgrößen auf die Leitungslänge bis zur eigentlichen Formelableitung.

Es werden jeweils 4 Gebäudegruppen, 3 Netzarten und 3 Arten von Rohrabschnitten unterschieden. Sofern unterschiedliche Gebäude ähnliche Netze aufweisen, werden sie zusammengefasst.

7.1 Aufbereitung der Datensätze

Im ersten Schritt wurden Datensätze ohne Trinkwarmwasser bzw. doppelte Datensätze gelöscht. Insgesamt stehen für die Auswertung der Trinkwarmwasseranlagen knapp 400 Datensätze zur Verfügung.

Die verbliebenen Daten wurden nach den Trinkwassernetzarten R und S sowie dem dezentralen Typ T sortiert und für alle Gebäude die Kennwert "gesamte verlegte Leitungslänge je m² Nettogrundfläche" sowie "Gesamte verlegte Leitungslänge je m² Sanitärfläche" gebildet. Bei dieser Grobauswertung zeigen sich Ausreißer, die entfernt wurden:

- Gruppe R: 3 x zu großer Kennwert
- Gruppe S: 2 x zu großer Kennwert
- Gruppe T: 1 x zu großer Kennwert

Die Datenbereinigung ergibt insgesamt 386 auswertbare Datensätze.

7.2 Bildung von Gebäudegruppen

Die Leitungslängen werden anschließend nach Gebäudetyp sortiert und folgende Kennwerte für jede Gruppe gebildet:

- gesamte verlegte Leitungslänge je m² Nettogrundfläche ($L_{\text{ges}} / A_{\text{NGF}}$)
- gesamte verlegte Leitungslänge je m² Sanitärnettogrundfläche ($L_{\text{ges}} / A_{\text{NGF,Sani}}$)
- Anteil der Sanitärnettogrundfläche an der Gesamtfläche ($A_{\text{NGF,Sani}} / A_{\text{NGF}}$)

Anhand dieser Kennwerte werden 4 Gebäudegruppen gebildet, für welche sich insgesamt ähnliche Kennwerte ergeben. Im Einzelfall werden diesen Gruppen auch Gebäudenutzungstypen zugeordnet, die nur nach der Sinnlogik passen, aber nicht nach dem Kennwert, damit die spätere Anwendbarkeit gegeben bleibt. Dies erfolgte wie bei Heiznetzen auch. Es ergibt sich für zentrale Trinkwarmwasseranlagen eine andere Zusammenfassung von Gebäuden als für dezentrale Netze.

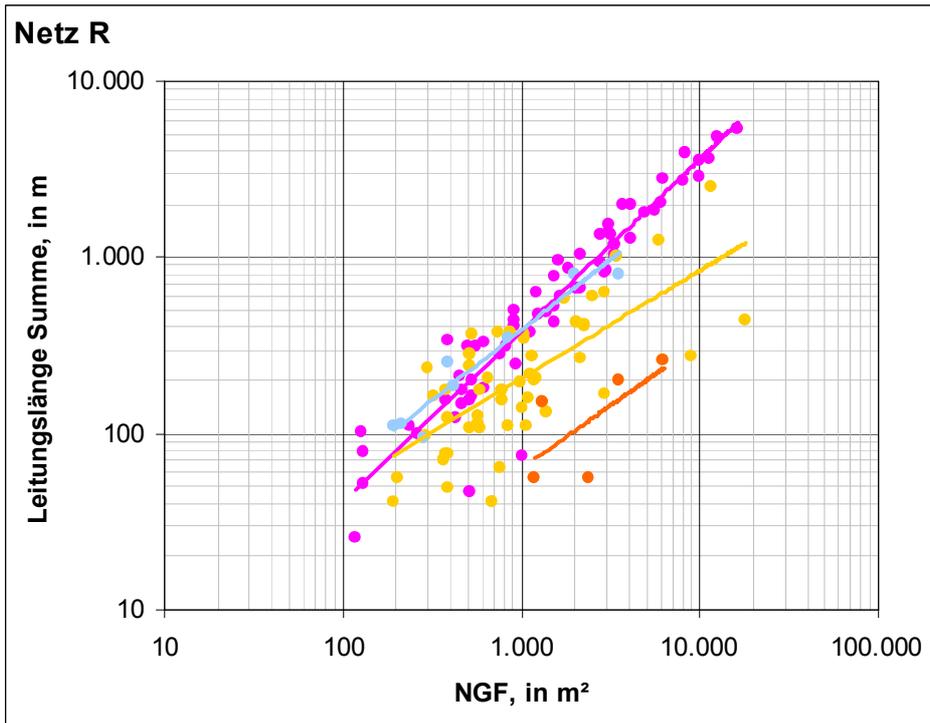
Für die sich ergebenden 4 Gebäudegruppen (eigentlich 8 Gebäudegruppen, 4 zentrale und 4 dezentrale) sowie die 3 Netztypen ergeben sich folgende Auswertungen zur Gesamtleitungslänge.

Gebäudegruppe	Gebäudetyp	Typ R			Typ S		
		L_{ges} / A_{NGF}	$L_{ges} / A_{NGF,Sani}$	$A_{NGF,Sani} / A_{NGF}$	L_{ges} / A_{NGF}	$L_{ges} / A_{NGF,Sani}$	$A_{NGF,Sani} / A_{NGF}$
Wohnen/Hotel	Bettzimmer	0,35	1,68	9%	0,41	2,24	15%
	Hotel	0,49	2,97	18%	0,61	3,73	16%
	Kindergarten	0,35	2,04	17%	0,42	2,41	17%
	OP	0,41	0,82	60%	0,44	0,87	60%
	Pflegeheim	0,39	2,05	17%	0,41	2,19	24%
	Wohnen	0,41	2,08	27%	0,22	1,51	14%
	Wohnheim	0,42	2,35	43%	0,43	2,18	39%
Büro/Verkauf/ Gewerbe	Büro	0,21	1,41	14%	0,22	1,40	14%
	Fleischerei	0,28	1,10	25%			
	Frisör						
	Labor	0,21	0,81	2%	0,18	0,94	2%
	Praxen	0,29	0,77	20%	0,28	0,77	20%
	Restaurant und Küche	0,45	1,87	76%	0,24	1,46	15%
	Seminar	0,18	0,95	26%	0,20	1,05	26%
	Verkauf	0,17	2,58	10%	0,17	1,78	14%
Werkstätten	0,21	1,35	71%	0,24	1,29	71%	
Schule/Veranstaltung	Bibliothek						
	Flughafen				0,06	6,92	1%
	Hörsaal	0,03	0,55	6%	0,04	1,38	3%
	Kantine	0,07	0,68	7%	0,07	0,68	7%
	Museum						
	Schule						
	Theater						
Veranstaltungshalle				0,04	1,02	4%	
Sport	Schwimmbad	0,34	2,65	9%	0,11	1,84	18%
	Turnhalle				0,14	0,72	18%
	Umkleiden	0,49	1,55	8%	0,53	1,42	8%

Tabelle 44 Zusammenfassung von Gebäuden zu Gebäudegruppen (zentrale Trinkwassererwärmung)

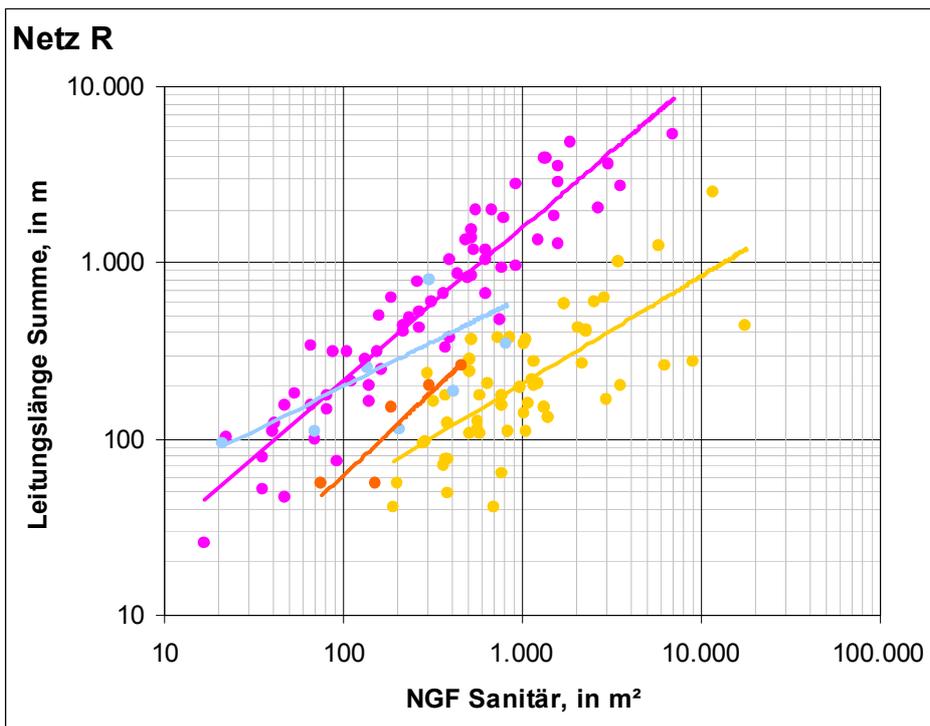
Gebäudegruppe	Gebäudetyp	Typ T		
		L_{ges} / A_{NGF}	$L_{ges} / A_{NGF,Sani}$	$A_{NGF,Sani} / A_{NGF}$
Wohnen/Hotel	Bettzimmer	0,26	1,74	15%
	Hotel			
	Kindergarten	0,10	0,57	17%
	OP			
	Pflegeheim	0,09	0,45	24%
	Wohnen	0,10	0,45	17%
	Wohnheim	0,24	1,58	10%
Praxen/Büro/Verkauf	Büro	0,02	0,15	7%
	Kantine	0,00	0,04	14%
	Labor	0,00	0,06	2%
	Praxen	0,04	0,07	44%
	Verkauf	0,01	0,08	2%
Schule/Veranstaltung	Bibliothek	0,01	0,15	4%
	Flughafen	0,00	0,18	1%
	Hörsaal	0,00	0,07	6%
	Museum	0,02	1,16	1%
	Schule	0,00	0,08	3%
	Seminar	0,02	0,11	26%
	Theater	0,02	0,22	8%
	Veranstaltungshalle			
Restaurant/Werkstatt	Fleischerei	0,05	0,19	25%
	Frisör	0,13	0,13	100%
	Restaurant und Küche	0,01	0,09	18%
	Werkstätten	0,01	0,04	21%

Tabelle 45 Zusammenfassung von Gebäuden zu Gebäudegruppen (dezentrale Trinkwassererwärmung.)



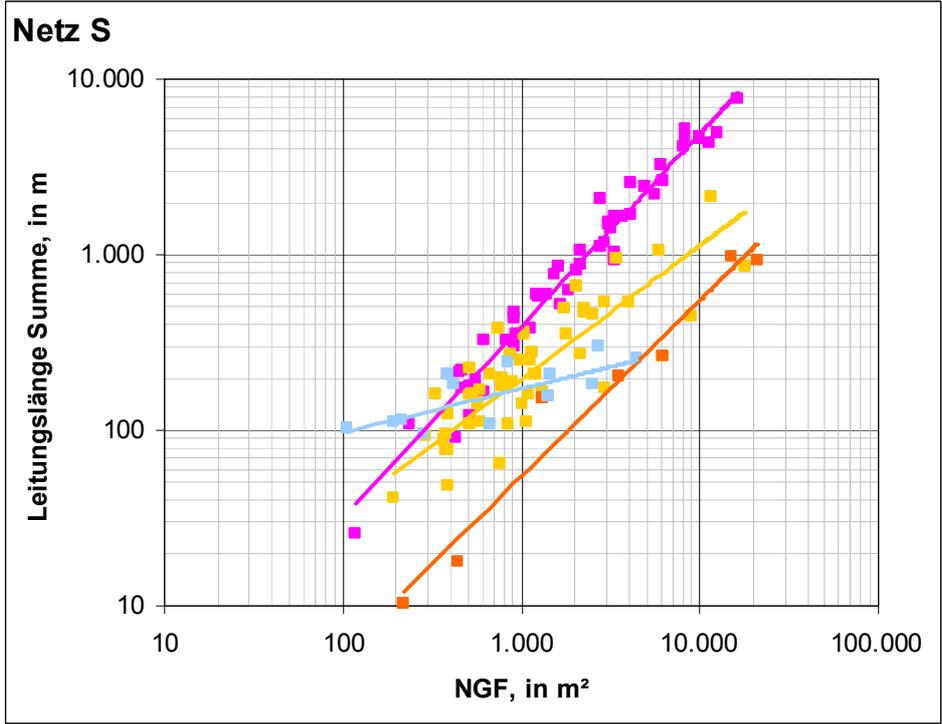
Legende:

- Gruppe 1: Wohnen
- Gruppe 2: Büro
- Gruppe 3: Hörsaal
- Gruppe 4: Sport

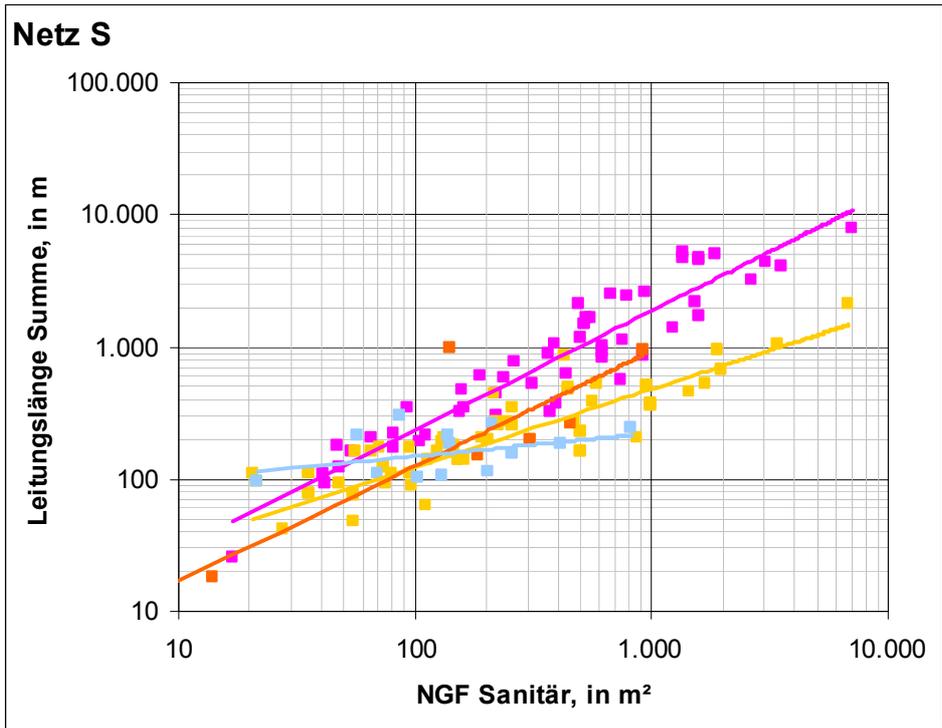


Legende:

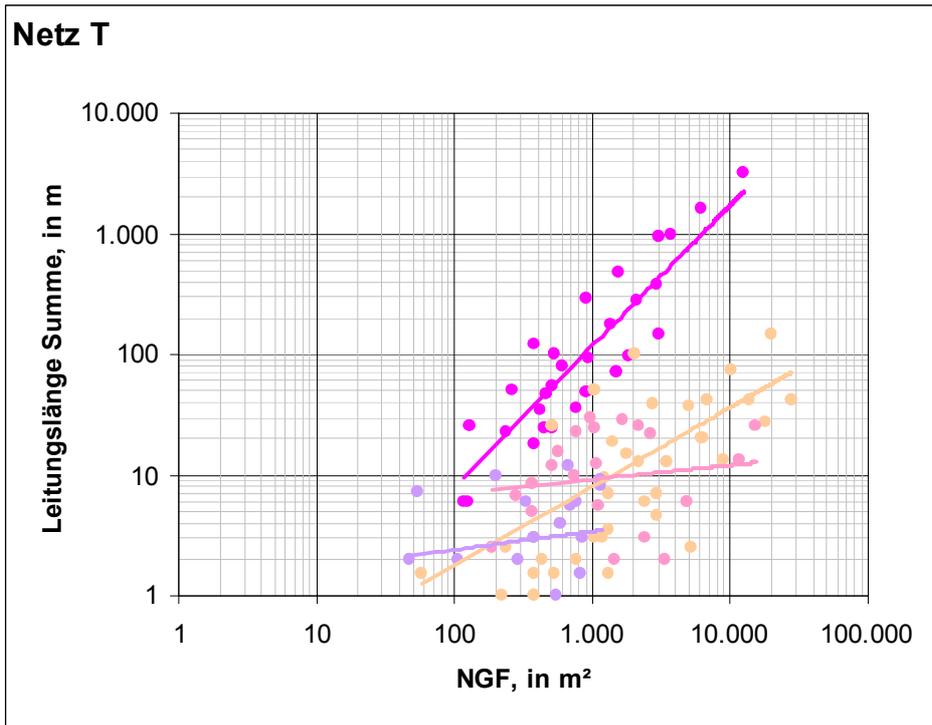
- Gruppe 1: Wohnen
- Gruppe 2: Büro
- Gruppe 3: Hörsaal
- Gruppe 4: Sport



- Legende:
- Gruppe 1: Wohnen
 - Gruppe 2: Büro
 - Gruppe 3: Hörsaal
 - Gruppe 4: Sport

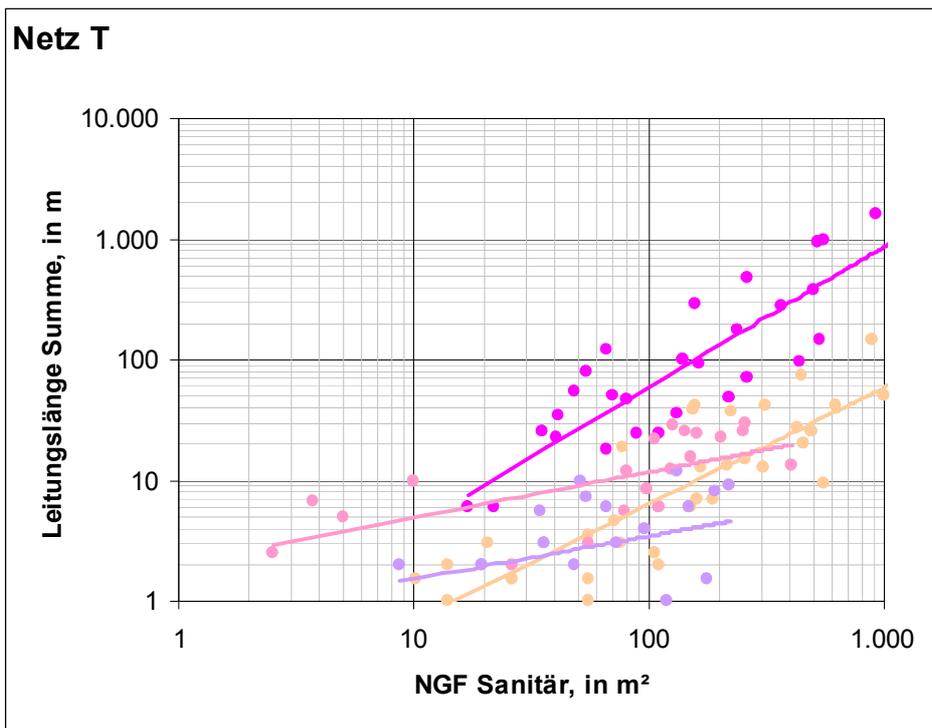


- Legende:
- Gruppe 1: Wohnen
 - Gruppe 2: Büro
 - Gruppe 3: Hörsaal
 - Gruppe 4: Sport



Legende:

- Gruppe 1: Wohnen
- Gruppe 2d: Praxen
- Gruppe 3d: Schule
- Gruppe 4d: Restaurant



Legende:

- Gruppe 1: Wohnen
- Gruppe 2d: Praxen
- Gruppe 3d: Schule
- Gruppe 4d: Restaurant

Bild 42 Gesamtleitungslängen Trinkwarmwasser nach Netz- und Gebäudetypen

7.3 Verifizierung von Einflussparametern

Für die 3 Netztypen werden nachfolgend Parameter herausgearbeitet, von denen die installierte Leitungslänge abhängt. Die Erarbeitung dieser Kenngrößen erfolgt jeweils zunächst in einfacher Abhängigkeit innerhalb eines Zweiquadrantendiagramms, d.h. es wird die Leitungslänge über einer geometrischen Größe aufgetragen und der Grad der Abhängigkeit bestimmt.

Dabei ist es Ziel, maximal 2 wichtigste Einflussgrößen als Parameter zu filtern. Die spätere Formelableitung erfolgt dann mit den identifizierten wichtigsten 2 Parametern dreidimensional. Die Definitionen der verwendeten Parameter können in Kapitel 2.7 und 5.1 nachgeschlagen werden. Die Größen sind i. A. alle auch in DIN V 18599 definiert.

Die Auswertung erfolgt getrennt für Verteilung, Steigestränge und Anbindeleitungen.

7.3.1 Verteilung

Folgende Parameter werden als Einzeleinflussgrößen auf die Länge der Verteilleitungen der beiden zentralen Netztypen getestet

- Nettogrundfläche A_{NGF}
- Nettegrundfläche der Sanitärbereiche $A_{NGF,Sani}$
- umbautes Volumen V_e
- umbautes Volumen der Sanitärbereiche $V_{e,Sanitär}$
- Hüllfläche A
- Zapfstellenanzahl n_{Zapf}
- reale charakteristischen Länge der Sanitärbereiche $L_{char,Sanitär}$

Außerdem wird eine abgeleitete Einflussgröße ausgewertet:

- Korrelation zur charakteristischen Länge aus Volumen und Längen/Breitenverhältnis $L_{char,V,Sanitär}$ (als Ersatz für die nach DIN V 18599 ermittelte reale charakteristische Länge, gebildet aus Volumen, Geschosshöhe, Geschoszahl und einem festen Längen-Breiten-Verhältnis)

Als Funktionstyp einer in allen Fällen sinnvollen Korrelation der Größen hat sich eine Potenzfunktion der Form Länge = $a \cdot \text{Parameter}^b$ erwiesen. Tabelle 46 zeigt das Bestimmtheitsmaß der jeweiligen Einflussgrößen.

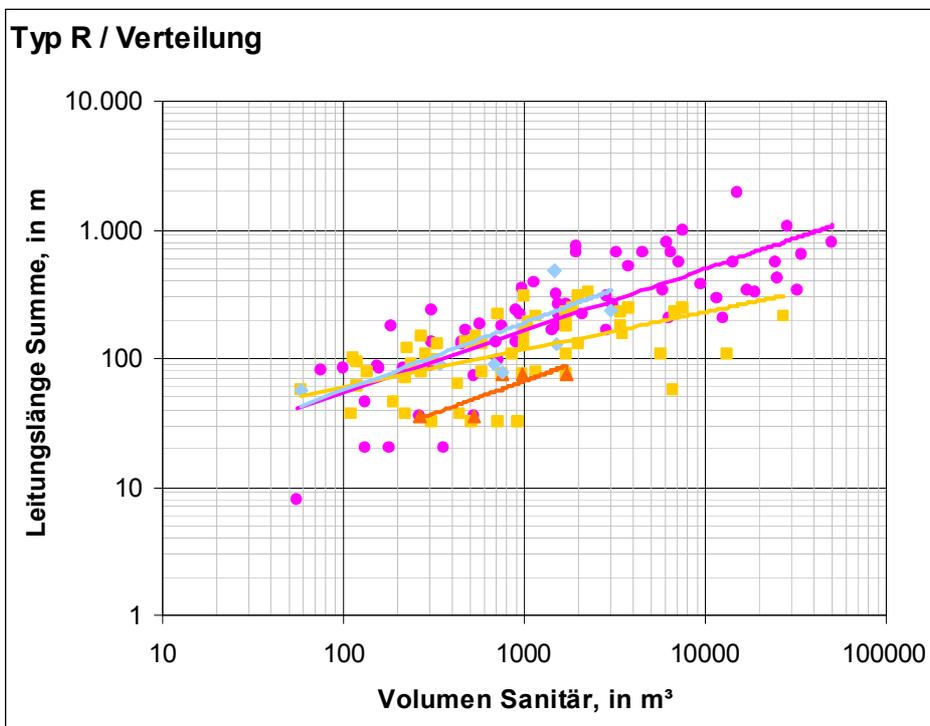
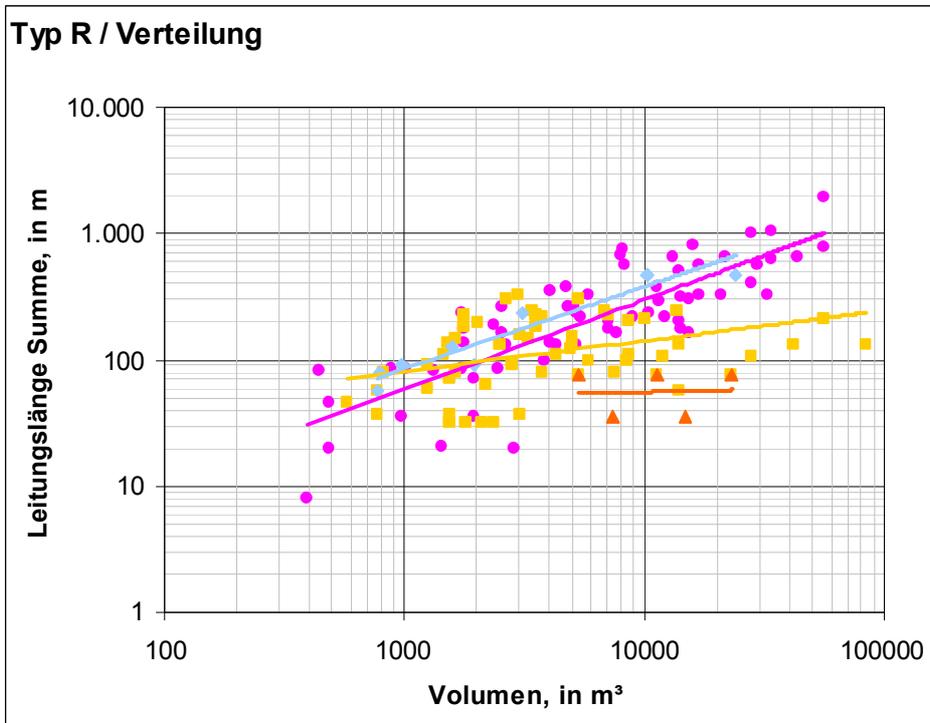
	Netztyp R	Netztyp S
A_{NGF}	0,36	0,63
$A_{NGF,Sani}$	0,44	0,68
V_e	0,39	0,60
$V_{e,Sani}$	0,50	0,75
A	0,08	0,48
n_{zapf}	0,48	0,81
$L_{char,Sani}$	0,64	0,48
$L_{char,Sani,V}$	0,60	0,50

Tabelle 46 Regressionsgrade für getestete Einzelparameter (Trinkwarmwasser, Verteilung)

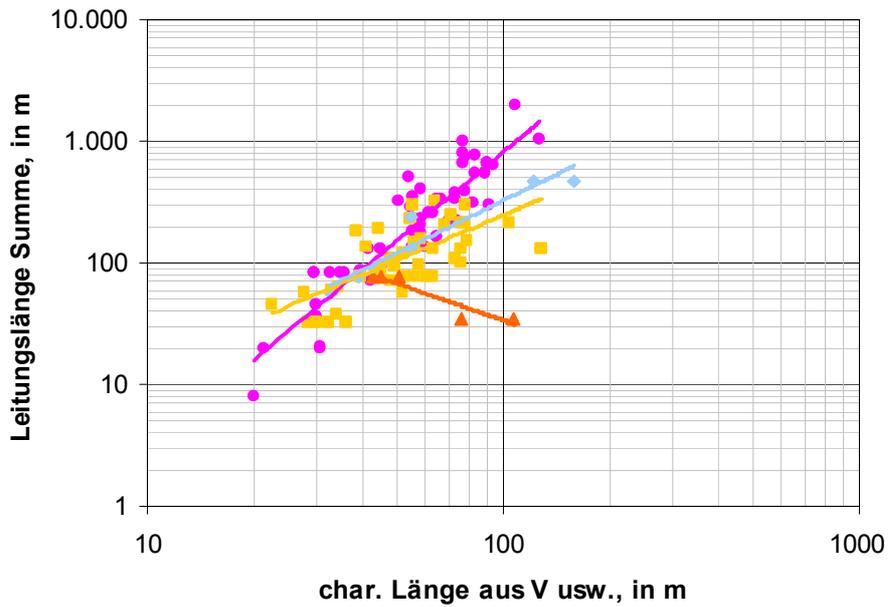
Fazit der Voruntersuchung: für den Netztyp R (Steigestrangtyp) ergibt sich eine hohe Korrelation mit dem Volumen und der charakteristischen Länge. Beim Netztyp S darüber hinaus eine sehr gute Korrelation mit der Anzahl der Zapfstellen, welche jedoch eine schwer zu ermittelnde Größe für die Vorplanung (und den EnEV-Nachweis) ist, daher hier nicht weiter verfolgt wird.

Statt der real vorhandenen charakteristischen Leitungslänge der Sanitärbereiche (nach DIN V 18599) wird die Ersatzgröße verwendet, welche aus dem Volumen usw. abgeleitet wird, da diese Werte einfacher zu ermitteln sind und sich eine vergleichbare Korrelation ergibt.

Getrennt nach den 4 Gebäudegruppen und den 2 Netztypen werden die Leitungslängen über den jeweils beiden wichtigsten Einflussparametern aufgetragen, siehe Bild 43 und Bild 44. Dabei wird jeweils einmal das gesamte Gebäude zugrunde gelegt (für spätere Einzonenberechnung), als Alternative nur die Sanitärebereiche (für später zonierte Berechnung).

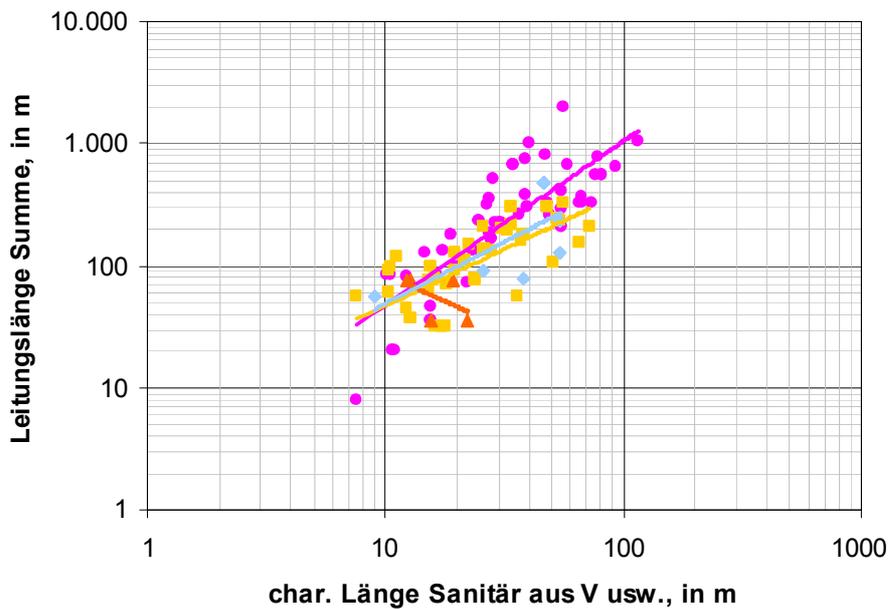


Typ R / Verteilung



- Legende:
 ■ Gebäudegruppe (Regressionsgrad)
- Gruppe 1: Wohnen (0,84)
 - Gruppe 2: Büro (0,43)
 - ▲ Gruppe 3: Hörsaal (0,87)
 - ◆ Gruppe 4: Sport (0,93)

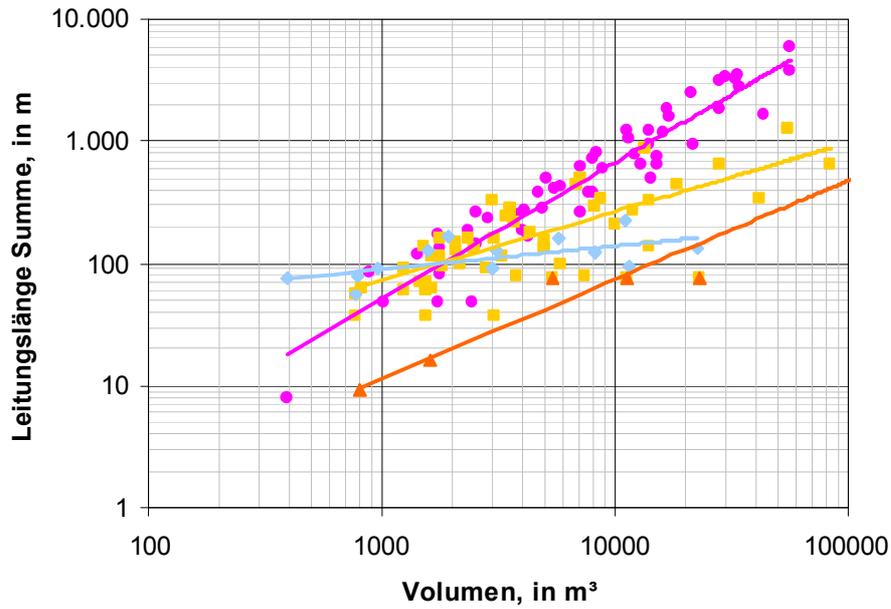
Typ R / Verteilung



- Legende:
 ■ Gebäudegruppe (Regressionsgrad)
- Gruppe 1: Wohnen (0,68)
 - Gruppe 2: Büro (0,57)
 - ▲ Gruppe 3: Hörsaal (0,29)
 - ◆ Gruppe 4: Sport (0,46)

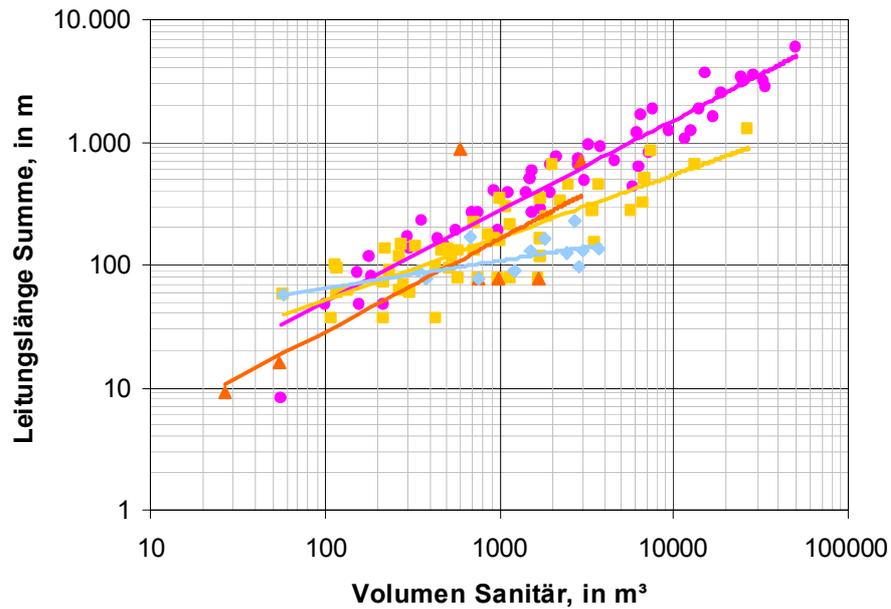
Bild 43 Haupteinflussparameter Trinkwarmwasser / Verteilung / Netztyp R

Typ S / Verteilung



- Legende:
 ■ Gebäudegruppe
 (Regressionsgrad)
- Gruppe 1: Wohnen (0,92)
 - Gruppe 2: Büro (0,51)
 - ▲ Gruppe 3: Hörsaal (0,94)
 - ◆ Gruppe 4: Sport (0,39)

Typ S / Verteilung



- Legende:
 ■ Gebäudegruppe
 (Regressionsgrad)
- Gruppe 1: Wohnen (0,93)
 - Gruppe 2: Büro (0,71)
 - ▲ Gruppe 3: Hörsaal (0,61)
 - ◆ Gruppe 4: Sport (0,47)

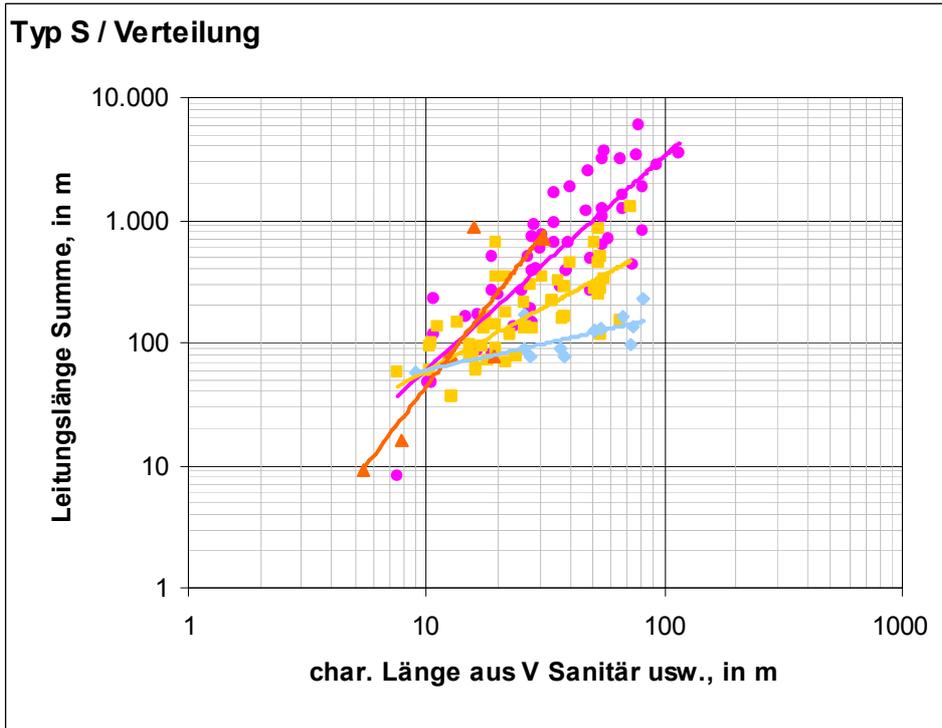
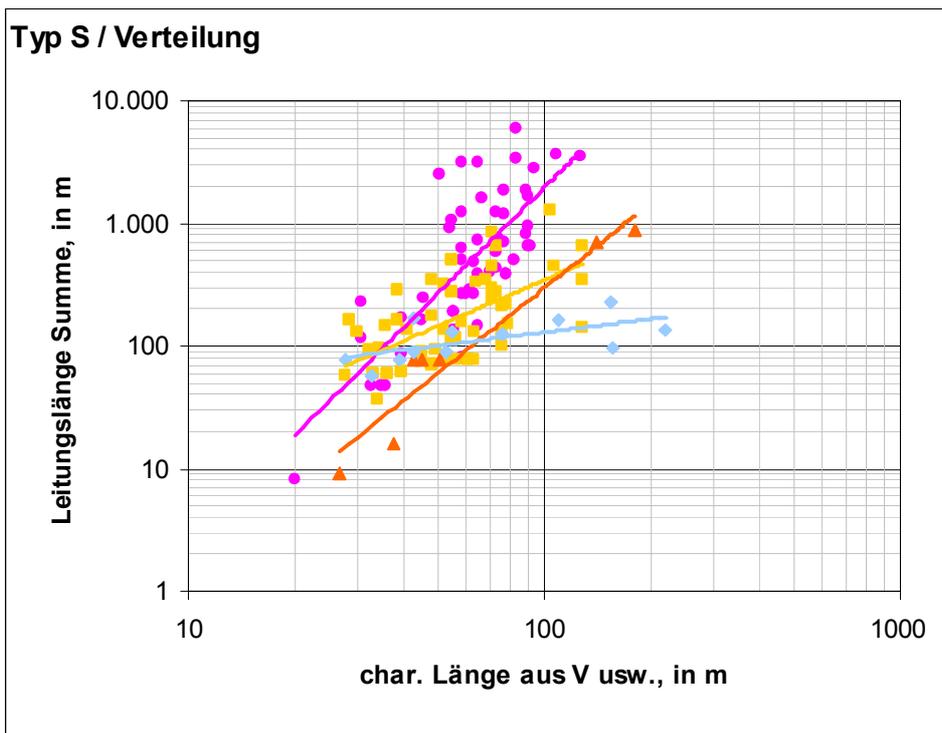


Bild 44 Haupteinflussparameter Trinkwarmwasser / Verteilung / Netztyp S

Die Ausgleichsgeraden verlaufen teilweise fast deckungsgleich. Daher können Gebäudegruppen, die zu ähnlichen Netzlängen führen, zusammengefasst werden – siehe Tabelle 47.

Netztyp R	Wohnen	Büro, Hörsaal	Sport
Netztyp S	Wohnen	Büro, Hörsaal	Sport

Tabelle 47 Zusammengefasste Gebäudegruppen für die Trinkwarmwasserverteilung

7.3.2 Steigestränge

Folgende Parameter werden als Einzeleinflussgrößen auf die Länge der Steigeleitungen der beiden zentralen Netztypen getestet

- Nettogrundfläche A_{NGF}
- Nettogrundfläche der Sanitärbereiche $A_{NGF,Sani}$
- umbautes Volumen V_e
- umbautes Volumen der Sanitärbereiche $V_{e,Sani}$
- Hüllfläche A
- Gesamthöhe H

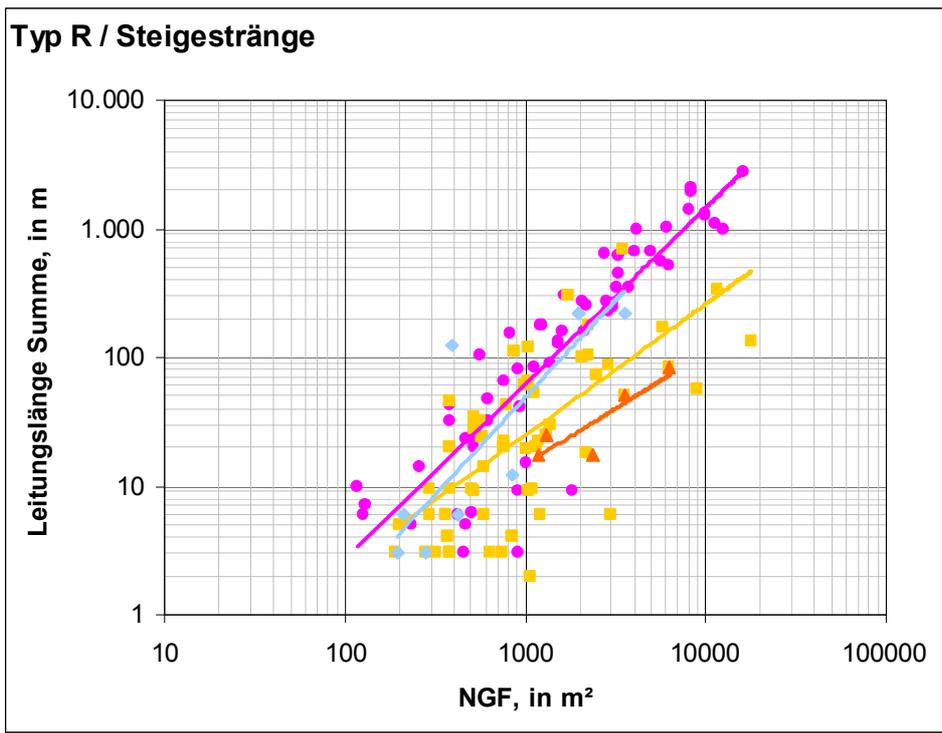
Als Funktionstyp einer in allen Fällen sinnvollen Korrelation der Größen ergibt sich wiederum die Potenzfunktion der Form Länge = $a \cdot$ Parameter^b. Tabelle 48 zeigt das Bestimmtheitsmaß der jeweiligen Einflussgrößen.

	Netztyp R	Netztyp S
A_{NGF}	0,62	0,45
$A_{NGF,Sani}$	0,62	0,45
V_e	0,58	0,37
$V_{e,Sani}$	0,65	0,35
A	0,28	0,23
H	0,51	0,53

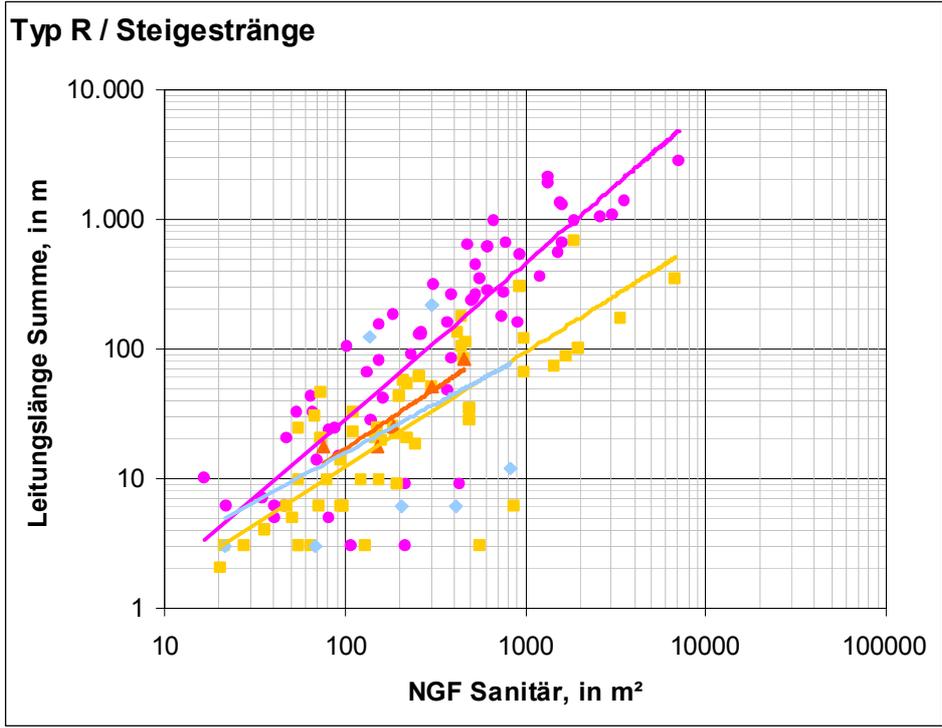
Tabelle 48 Regressionsgrade für getestete Einzelparameter (Trinkwarmwasser, Steigestränge)

Fazit der Voruntersuchung: für den Netztyp R (Steigestrangtyp) ergibt sich eine hohe Korrelation mit dem Volumen und der Nettogrundfläche. Beim Netztyp S (Ebenenverteilung) korrelieren die Gesamtgebäudehöhe und die Nettogrundfläche.

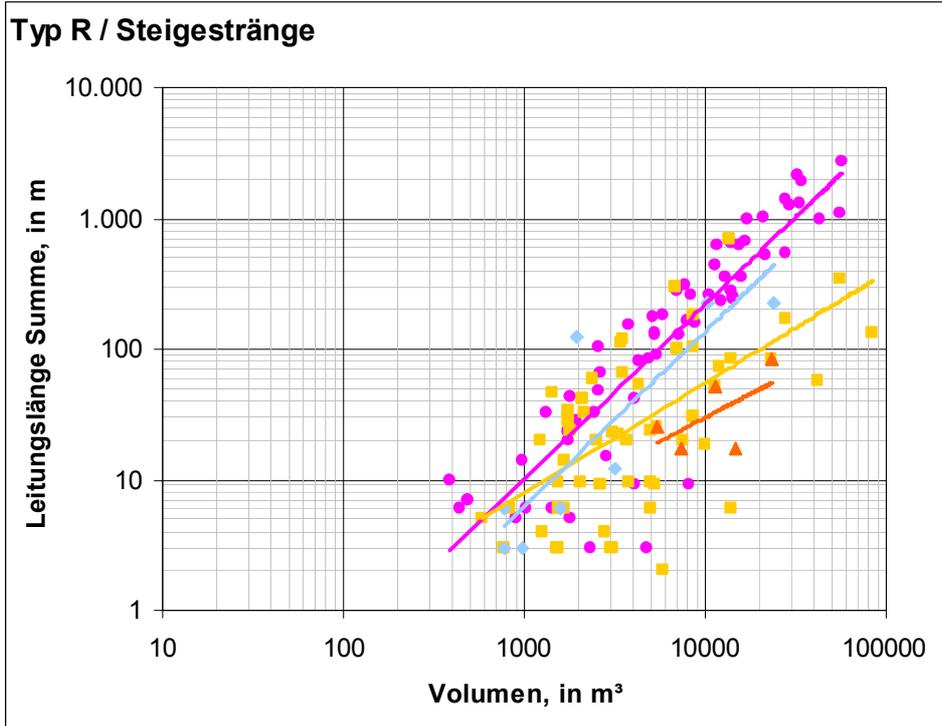
Getrennt nach den 4 Gebäudegruppen und den 2 Netztypen werden die Leitungslängen über den jeweils beiden wichtigsten Einflussparametern aufgetragen, siehe Bild 45 und Bild 46. Dabei wird jeweils einmal das gesamte Gebäude zugrunde gelegt (für spätere Einzonenberechnung), als Alternative nur die Sanitärbereiche (für später zonierte Berechnung).



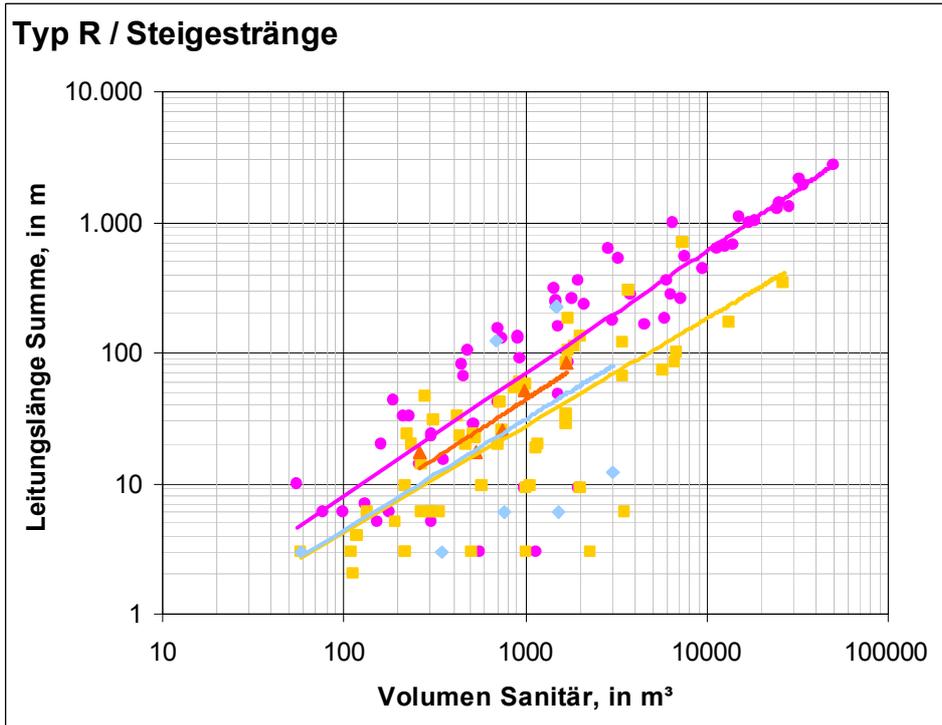
- Legende:
 ■ Gebäudegruppe (Regressionsgrad)
- Gruppe 1: Wohnen (0,80)
 - Gruppe 2: Büro (0,43)
 - ▲ Gruppe 3: Hörsaal (0,76)
 - ◆ Gruppe 4: Sport (0,70)



- Legende:
 ■ Gebäudegruppe (Regressionsgrad)
- Gruppe 1: Wohnen (0,76)
 - Gruppe 2: Büro (0,64)
 - ▲ Gruppe 3: Hörsaal (0,37)
 - ◆ Gruppe 4: Sport (0,17)



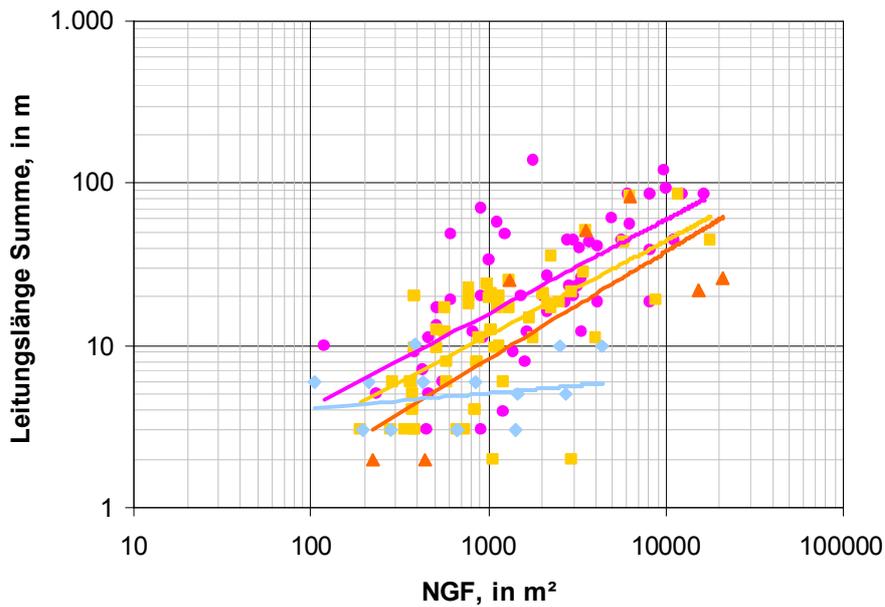
- Legende:
 ■ Gebäudegruppe (Regressionsgrad)
- Gruppe 1: Wohnen (0,79)
 - Gruppe 2: Büro (0,35)
 - ▲ Gruppe 3: Hörsaal (0,86)
 - ◆ Gruppe 4: Sport (0,76)



- Legende:
 ■ Gebäudegruppe (Regressionsgrad)
- Gruppe 1: Wohnen (0,76)
 - Gruppe 2: Büro (0,57)
 - ▲ Gruppe 3: Hörsaal (0,82)
 - ◆ Gruppe 4: Sport (0,26)

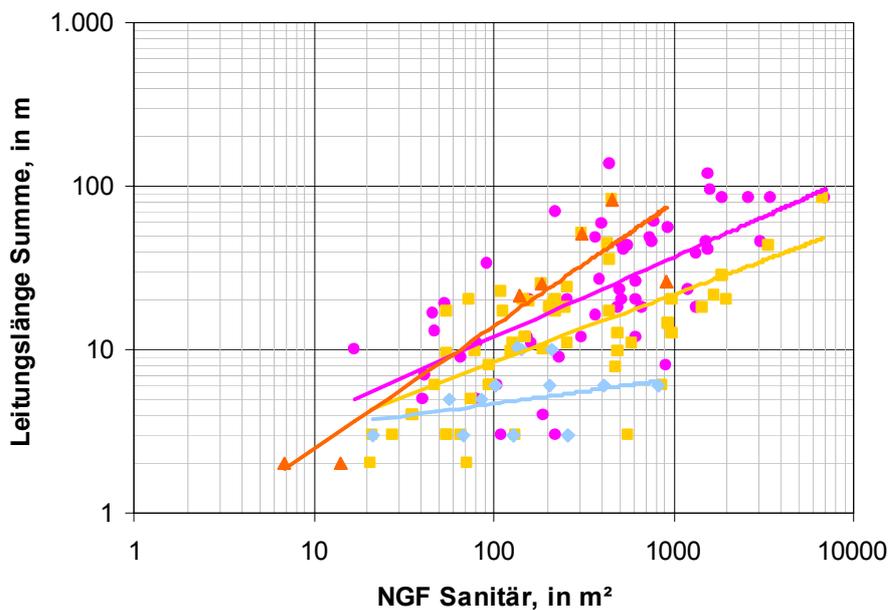
Bild 45 Haupteinflussparameter Trinkwarmwasser / Steigestränge / Netztyp R

Typ S / Steigestränge



- Legende:
 ■ Gebäudegruppe (Regressionsgrad)
- Gruppe 1: Wohnen (0,45)
 - Gruppe 2: Büro (0,40)
 - ▲ Gruppe 3: Hörsaal (0,59)
 - ◆ Gruppe 4: Sport (0,05)

Typ S / Steigestränge



- Legende:
 ■ Gebäudegruppe (Regressionsgrad)
- Gruppe 1: Wohnen (0,45)
 - Gruppe 2: Büro (0,40)
 - ▲ Gruppe 3: Hörsaal (0,85)
 - ◆ Gruppe 4: Sport (0,08)

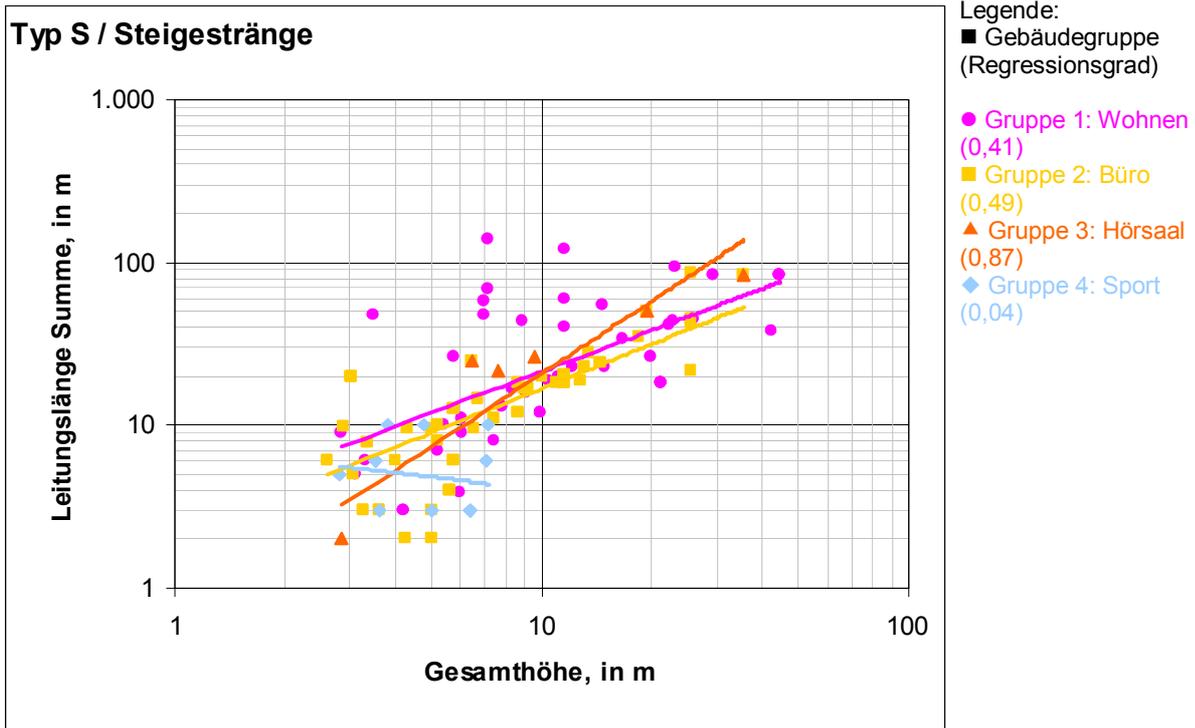


Bild 46 Haupteinflussparameter Trinkwarmwasser / Steigestränge / Netztyp S

Aufgrund ähnlicher Ergebnisse können Gebäudegruppen zusammengefasst werden, siehe Tabelle 49.

Netztyp R	Wohnen	Büro, Hörsaal	Sport
Netztyp S	Wohnen	Büro, Hörsaal	Sport

Tabelle 49 Zusammengefasste Gebäudegruppen für die Trinkwarmwassersteigestränge

7.3.3 Anbindung

Folgende Parameter werden als Einzeleinflussgrößen auf die Länge der Anbindeleitungen der beiden zentralen Netztypen und des dezentralen Netztyps getestet

- Nettogrundfläche A_{NGF}
- Nettogrundfläche der Sanitärbereiche $A_{NGF,Sani}$
- umbautes Volumen V_e
- umbautes Volumen der Sanitärbereiche $V_{e,Sani}$
- Hüllfläche A
- Anzahl der Räume mit Zapfstellen, $n_{Raum,Zapf}$
- Anzahl der Zapfstellen, n_{Zapf}

Als Funktionstyp einer in allen Fällen sinnvollen Korrelation der Größen ergibt sich wiederum die Potenzfunktion der Form Länge = $a \cdot \text{Parameter}^b$. Tabelle 50 zeigt das Bestimmtheitsmaß der jeweiligen Einflussgrößen.

	Netztyp R	Netztyp S	Netztyp T
A_{NGF}	0,56	0,51	0,19
$A_{NGF,Sani}$	0,56	0,54	0,41
V_e	0,50	0,44	0,16
$V_{e,Sani}$	0,59	0,58	0,37
A	0,29	0,24	0,14
$n_{Raum,Zapf}$	0,72	0,66	0,70
n_{Zapf}	0,82	0,80	0,83

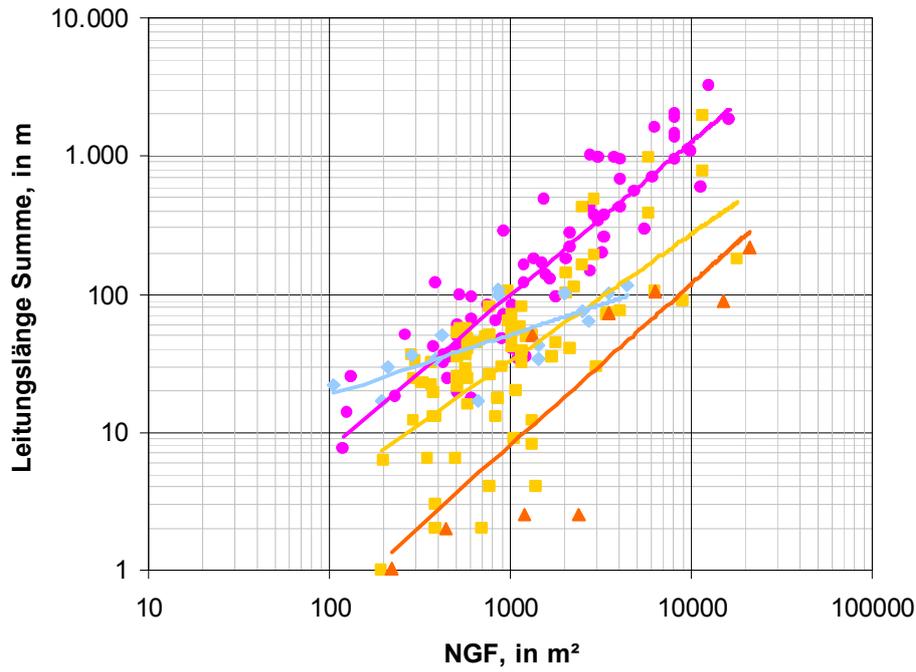
Tabelle 50 Regressionsgrade für getestete Einzelparameter (Trinkwarmwasser, Anbindeleitungen)

Fazit der Voruntersuchung: am besten korrelieren die Leitungslängen mit der Zapfstellenanzahl bzw. der Raumzahl mit Zapfstellen. Diese Größen sind jedoch in der Vorplanungsphase (und im EnEV-Nachweis) nicht als bekannt vorauszusetzen, werden daher nicht weiter verfolgt. Es könnten als Hilfskennwert die "Zapfstellenzahl je Fläche" abgeleitet werden, stattdessen wird sofort die Nettogrundfläche als maßgeblich engesetzt.

Für alle Netztypen wird nur die Nettogrundfläche weiterverfolgt – angelehnt an das Rechenverfahren der DIN V 18599. Getrennt nach den Gebäudegruppen werden die Leitungslängen über der Nettogrundfläche aufgetragen, siehe Bild 47 und Bild 48.

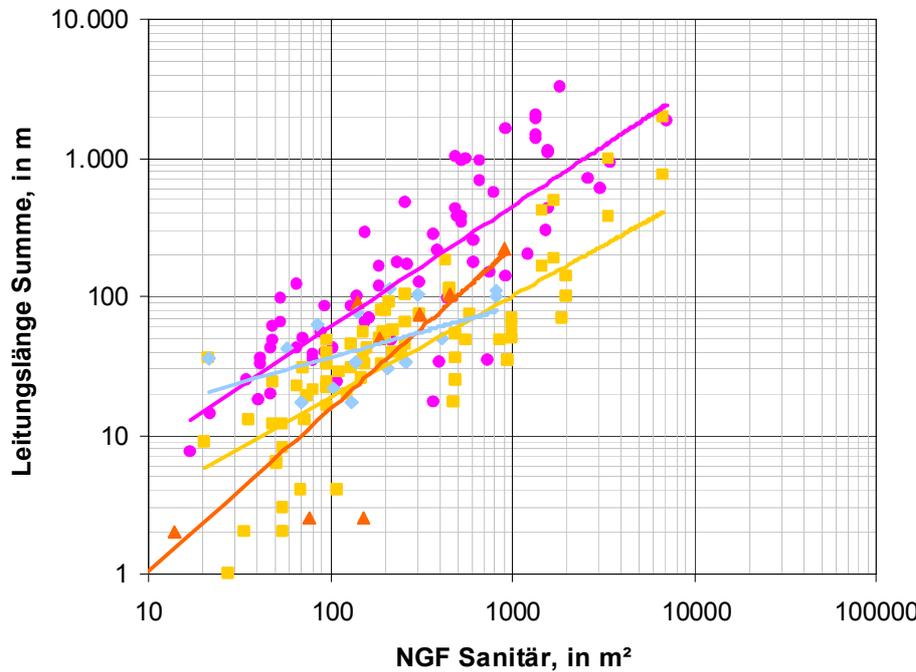
Dabei wird jeweils einmal das gesamte Gebäude zugrunde gelegt (für spätere Einzonenberechnung), als Alternative nur die Sanitärbereiche (für später zonierte Berechnung). Die beiden zentralen Netztypen R und S können zusammengefasst werden, weil sie praktisch gleiche Kennwerte aufweisen.

Typ R+S / Anbindung



- Legende:
 ■ Gebäudegruppe (Regressionsgrad)
- Gruppe 1: Wohnen (0,82)
 - Gruppe 2: Büro (0,45)
 - ▲ Gruppe 3: Hörsaal (0,67)
 - ◆ Gruppe 4: Sport (0,51)

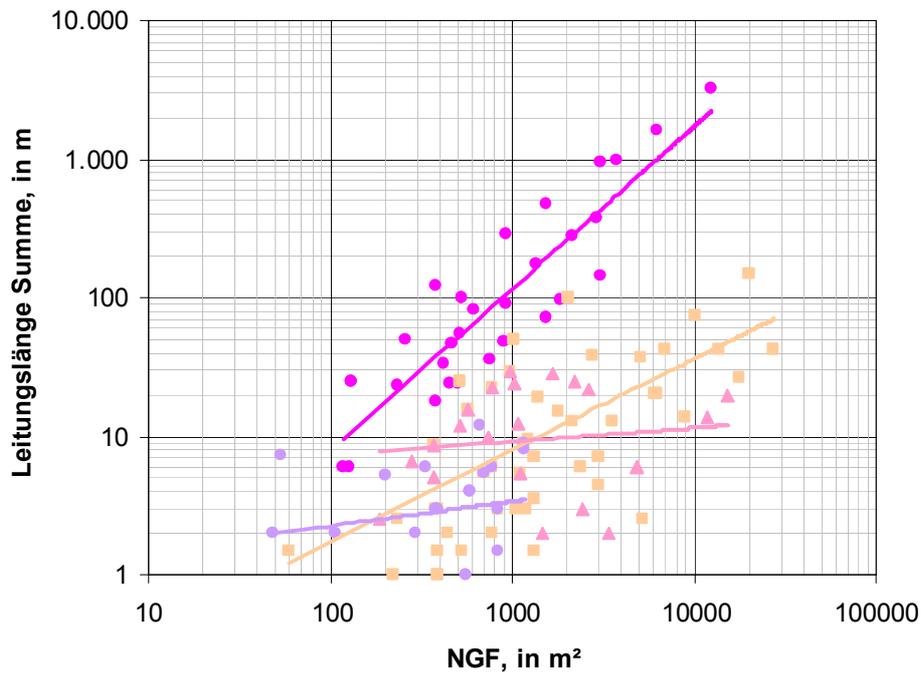
Typ R+S / Anbindung



- Legende:
 ■ Gebäudegruppe (Regressionsgrad)
- Gruppe 1: Wohnen (0,65)
 - Gruppe 2: Büro (0,58)
 - ▲ Gruppe 3: Hörsaal (0,75)
 - ◆ Gruppe 4: Sport (0,28)

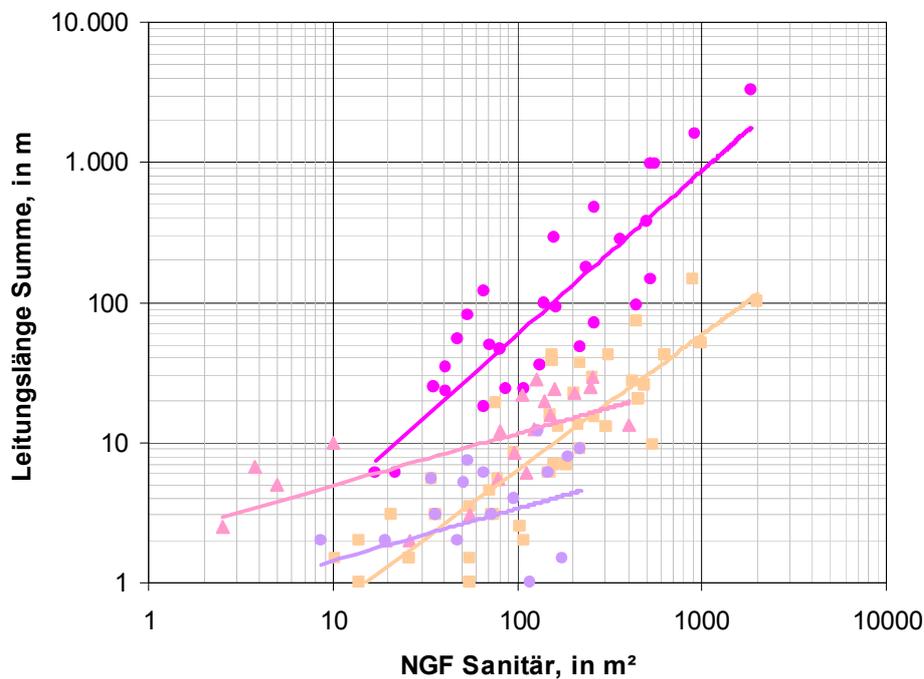
Bild 47 Haupteinflussparameter Trinkwarmwasser / Anbindeleitungen / Netztyp R+S

Typ T / Anbindung



- Legende:
 ■ Gebäudegruppe
 (Regressionsgrad)
- Gruppe 1: Wohnen (0,79)
 - Gruppe 2d: Praxen (0,39)
 - ▲ Gruppe 3d: Schule (0,02)
 - Gruppe 4d: Restaurant (0,03)

Typ T / Anbindung



- Legende:
 ■ Gebäudegruppe
 (Regressionsgrad)
- Gruppe 1: Wohnen (0,75)
 - Gruppe 2d: Praxen (0,76)
 - ▲ Gruppe 3d: Schule (0,40)
 - Gruppe 4d: Restaurant (0,09)

Bild 48 Haupteinflussparameter Trinkwarmwasser / Anbindeleitungen / Netztyp T

Die Ausgleichsgeraden werden je Gebäudegruppe einzeln bestimmt, siehe Tabelle 51.

Netztyp R+S	Wohnen	Büro	Hörsaal	Sport
Netztyp T	Wohnen	Praxen	Schule	Restaurant

Tabelle 51 Zusammengefasste Gebäudegruppen für die Trinkwarmwasseranbindung

In der derzeitigen DIN V 18599 wird unterschieden, ob die Anbindeleitungen "mit und ohne gemeinsame Installationswand" ausgeführt werden. Es folgt zu diesem Thema eine Voruntersuchung aller Trinkwasserdatensätze. Jedoch ist im Mittel kein deutlicher Unterschied zu erkennen. Daher wurde dieser Einflussparameter nicht weiter untersucht und ist nicht mehr relevant in den neuen Ansätzen.

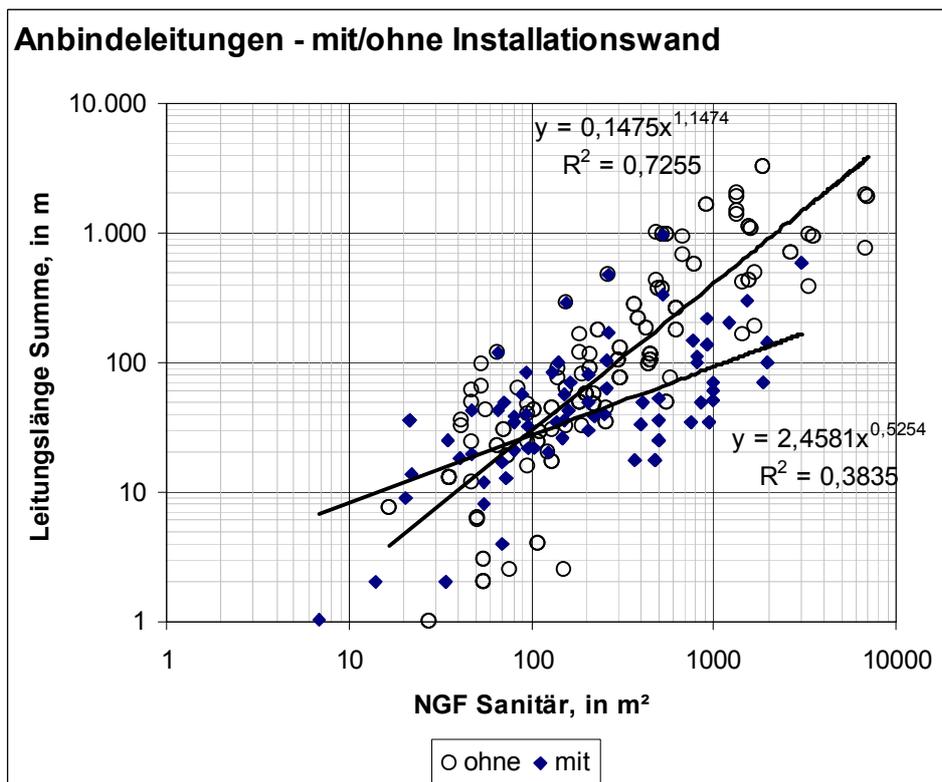


Bild 49 Anbindeleitungen mit und ohne gemeinsame Installationswand

7.4 Ableitung von Formeln

Anhand der im vorangegangenen Kapitel 7.3 beschriebenen Parameter erfolgt die Ableitung von Formeln für die einzelnen Rohrabschnitte, Netztypen und Gebäudegruppen. Dabei werden ggf. Gebäudegruppen weiter zusammengefasst, sofern die – geringe – Datenlage dies erforderlich macht.

Es gelten die in Kapitel 6.4 getroffenen Annahmen und festgelegten Vorgehensweisen zur Ableitung von Formeln.

Darüber hinaus werden für die Trinkwarmwasserbereitung Formeln jeweils einmal erarbeitet anhand der geometrischen Daten 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.

7.5 Ableitung von Formeln für die R-Netze (Steigestrangtyp)

7.5.1 Verteilung der R-Netze

Die waagerechten Verteilleitungen der R-Netze liegen im beheizten oder unbeheizten beheizten Bereich. Sie sind vergleichsweise kurz. Als maßgeblich für die Abschätzung der Leitungslängen wurden die in Bild 50 beschriebenen Größen identifiziert.

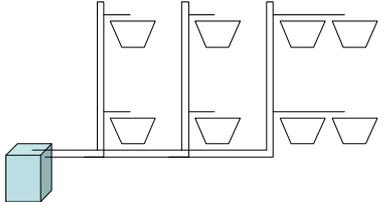
<p>R</p>  <p>eine Verteilebene waagrecht (mit Zirkulation) mehrere Steigestränge (mit Zirkulation) Anbindung vom Steigestrang kurz typisch bei übereinander liegenden (gleichen) Einheiten</p>	<ul style="list-style-type: none">▪ das Volumen V_e▪ die aus dem Volumen genäherte charakteristische Länge $L_{char,V}$▪ die mittlere Nettogrundfläche eines Geschosses $A_{NGF,Geschoss}$ ▪ bester Einzelzusammenhang der Größen mit der Leitungslänge jeweils nach einer Potenzfunktion
---	---

Bild 50 Einflussgrößen auf die Verteilleitungen der R-Netze

Die einfache Formel, welche nur die Nettogrundfläche eines Geschosses als Eingangsparameter aufweist, folgt dem Zusammenhang:

$$L = a \cdot A_{NGF,Geschoss}^b$$

Die Formel, welche der bisherigen Abschätzung der DIN V 18599 nahe kommt, lautet allgemein:

$$L = a \cdot L_{char,V} + b \cdot A_{NGF,Geschoss}$$

Außerdem wurden mehrere Formeltypen getestet, die auf die beiden o. g. Ausgangsgrößen zurückgreifen. Als sinnvoll, weil sie einen hohen Regressionsgrad liefert und in keinem Fall negative Ergebnisse, zeigt sich folgender Ansatz:

$$L = a \cdot V_e + b + c \cdot L_{char,V}$$

gebäudebezogen	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L _{real}	größter Wert L / L _{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF allein	0,1132 1,2353	63 %	36 %	323 %	x
18599 ähnlich	2,0000 0,3384	64 %	39 %	747 %	
hohe Regression	0,0149 0,0000 2,9014	70 %	46 %	794 %	
Gebäudegruppe 2 & 3: Büro und Schulen					
NGF allein	5,3784 0,4947	12 %	40 %	714 %	x
18599 ähnlich	2,1334 0,0178	13 %	42 %	768 %	
hohe Regression	-0,0003 11,0611 2,3842	17 %	47 %	741 %	
Gebäudegruppe 4: Sport					
NGF allein	2,3088 0,6870	89 %	62 %	133%	x
18599 ähnlich	2,0000 0,0634	89 %	58 %	133 %	
hohe Regression	0,0001 0,0000 3,1413	92 %	73 %	184 %	

Tabelle 52 Formeltypen und Regressionsgrade: Trinkwarmwasser, Verteilung, Netztyp R, Einzoner

Der Ansatz der Leitungslängenbestimmung mit der Nettogrundfläche liefert insgesamt für Einzoner eine gute Näherung, auch wenn die Werte insbesondere bei kleinen Gebäuden stark streuen Er wird daher bei allen Gebäudetypen weiterverfolgt.

bereichsbezogen	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L _{real}	größter Wert L / L _{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF allein	2,7076 0,9759	58 %	41 %	336 %	x
18599 ähnlich	2,0000 1,8506	60 %	47 %	383 %	
hohe Regression	0,0285 -3,4066 4,2440	31 %	29 %	418 %	
Gebäudegruppe 2 & 3: Büro und Schulen					
NGF allein	10,8782 0,5049	53 %	40 %	389 %	x
18599 ähnlich	1,5000 0,4834	47 %	21 %	340 %	
hohe Regression	-0,0130 5,7612 5,0636	62 %	10 %	314 %	
Gebäudegruppe 4: Sport					
NGF allein	11,6891 0,4980	34 %	42 %	212 %	x
18599 ähnlich	2,0000 0,3245	7 %	31 5	204 %	
hohe Regression	0,0073 -27,2159 3,1006	12 %	17 %	209 %	

Tabelle 53 Formeltypen und Regressionsgrade: Trinkwarmwasser, Verteilung, Netztyp R, Mehrzoner

Auch bei zonierten Gebäuden liefert der Nettogrundflächenansatz insgesamt die besten Ergebnisse und wird daher für die Formelableitung verwendet.

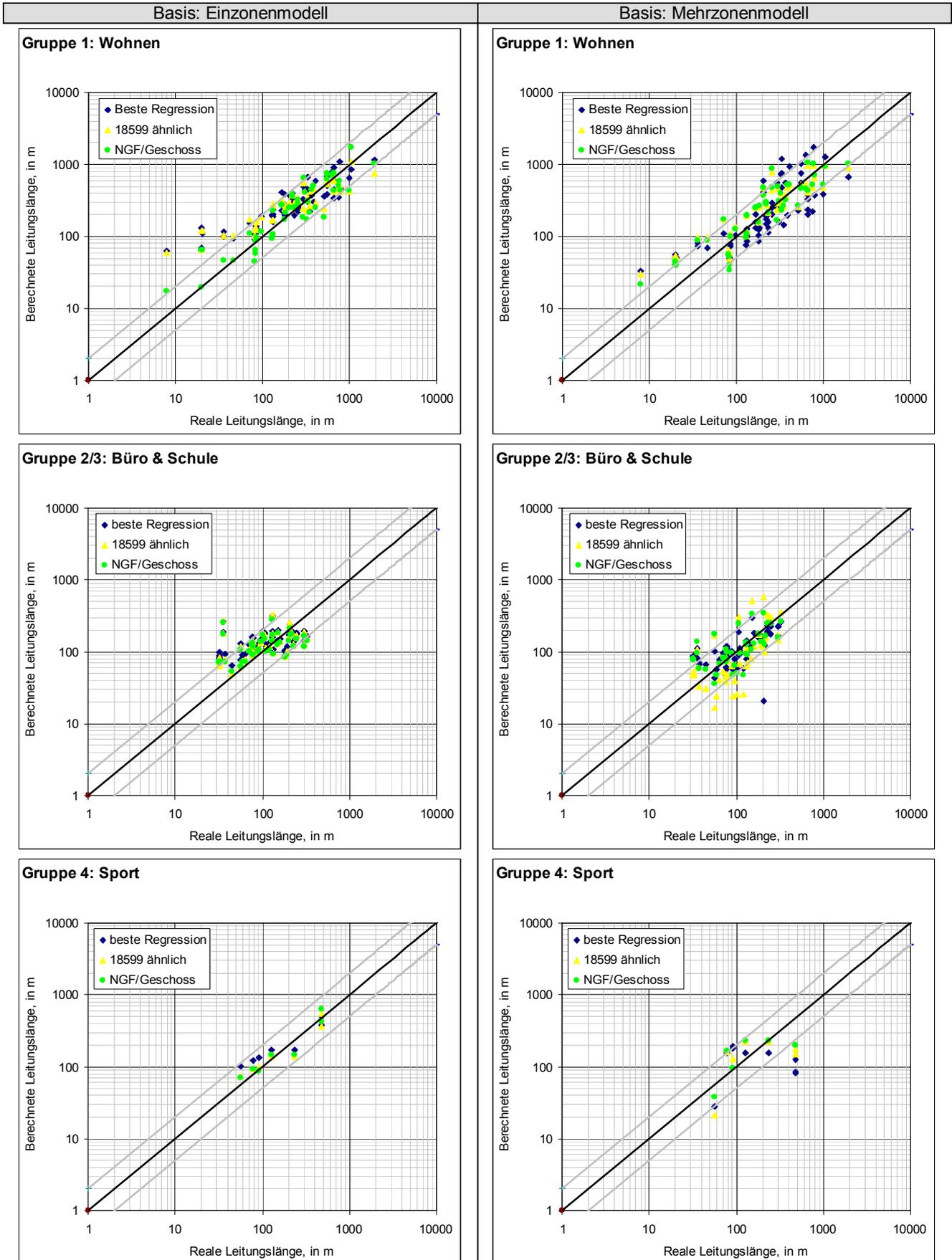


Bild 51 Grafische Auswertung verschiedener Formeltypen: Warmwasser, Verteilung, Netztyp R

Die Parameter in den Formeln können ohne großen Genauigkeitsverlust gerundet werden, so dass sich folgende Formeln ergeben:

▪ Gruppe 1 Wohnen:	$L = 0,11 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF,Geschoss}} / \text{m}^2]^{1,24}$
	$L = 2,7 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF,Geschoss,Sanitär}} / \text{m}^2]^{0,97}$
▪ Gruppe 2/3 Büro, Schule:	$L = 5,4 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF,Geschoss}} / \text{m}^2]^{0,49}$
	$L = 10,9 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF,Geschoss,Sanitär}} / \text{m}^2]^{0,50}$
▪ Gruppe 4 Sport:	$L = 2,3 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF,Geschoss}} / \text{m}^2]^{0,69}$
	$L = 11,7 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF,Geschoss,Sanitär}} / \text{m}^2]^{0,50}$

Die verwendete Fläche $A_{\text{NGF,Geschoss}}$ ergibt sich aus der gesamten Fläche des Gebäudes, in dem das zentrale Netz eingebaut ist, sowie der Geschoszahl. Währenddessen ist die Fläche $A_{\text{NGF,Geschoss,Sanitär}}$ nur die mittlere Geschossfläche des Sanitärbereiches des Gebäudes. 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.

7.5.2 Steigestränge der R-Netze

Die Steigestränge der R-Netze liegen im Bereich. Sie sind vergleichsweise lang. Als maßgeblich für die Abschätzung der Leitungslängen wurden die in Bild 52 beschriebenen Größen identifiziert.

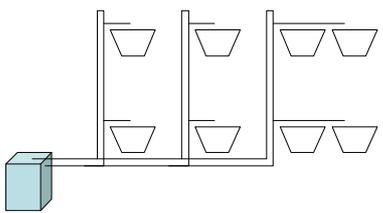
 <p>eine Verteilebene waagerecht (mit Zirkulation) mehrere Steigestränge (mit Zirkulation) Anbindung vom Steigestrang kurz typisch bei übereinander liegenden (gleichen) Einheiten</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ das Volumen V_e ▪ die mittlere Nettogrundfläche A_{NGF} ▪ bester Einzelzusammenhang der Größen mit der Leitungslänge jeweils nach einer Potenzfunktion
--	---

Bild 52 Einflussgrößen auf die Steigestränge der R-Netze

Die einfache Formel, welche nur die Nettogrundfläche eines Geschosses als Eingangsparameter aufweist, folgt dem Zusammenhang:

$$L = a \cdot A_{\text{NGF}}^b$$

Die Formel, welche der bisherigen Abschätzung der DIN V 18599 nahe kommt, lautet allgemein:

$$L = a \cdot V_e$$

Außerdem wurden mehrere Formeltypen getestet, die auf die beiden o. g. Ausgangsgrößen zurückgreifen. Als sinnvoll, weil sie einen hohen Regressionsgrad liefern, zeigten sich folgende Ansätze:

$$L = a \cdot A_{\text{NGF}}^b + c \cdot V_e^d \quad (*)$$

$$L = a \cdot V_e + b + c \cdot A_{\text{NGF}} \quad (**)$$

$$L = a \cdot A_{\text{NGF}} + b \cdot V_e^c \quad (***)$$

gebäudebezogen	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L _{real}	größter Wert L / L _{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF allein	0,0052 1,3726	80 %	30 %	2009 %	x
18599 ähnlich	0,0237	78 %	37 %	3711 %	
hohe Regression (*)	0,1735 1,0000 -0,0085 1,0000	83 %	55 %	3933 %	
Gebäudegruppe 2 & 3: Büro und Schulen					
NGF allein	0,0252 0,9747	13 %	10 %	1119 %	x
18599 ähnlich	0,0087	11 %	17 %	2542 %	
hohe Regression (*)	0,1085 0,9332 -0,0001 1,4056	24 %	22 %	2592 %	
Gebäudegruppe 4: Sport					
NGF allein	0,0017 1,5139	64 %	11 %	378 %	x
18599 ähnlich	0,0152	65 %	20 %	845 %	
hohe Regression (**)	-0,0172 -15,5825 0,1912	76 %	23 %	489 %	

Tabelle 54 Formeltypen und Regressionsgrade: Trinkwarmw., Steigestränge, Netztyp R, Einzoner

Der Ansatz der Leitungslängenbestimmung mit der Nettogrundfläche liefert insgesamt für Einzoner eine mittelmäßige Näherung, da die Werte insbesondere bei kleinen Gebäuden stark streuen. Er wird dennoch bei allen Gebäudetypen weiterverfolgt, da die Nettogrundfläche auch für die anderen Rohrabschnitte als Grundgröße herangezogen werden soll.

bereichsbezogen	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L _{real}	größter Wert L / L _{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF allein	0,0844 1,2083	65 %	23 %	1902 %	
18599 ähnlich	0,0533	93 %	23 %	2022 %	x
hohe Regression (***)	0,0753 0,1590 0,8855	94 %	38 %	3248 %	
Gebäudegruppe 2 & 3: Büro und Schulen					
NGF allein	0,2898 0,8830	37 %	28 %	2582 %	
18599 ähnlich	0,0329	34 %	20 %	2485 %	x
hohe Regression (***)	-0,0970 0,3570 0,7864	42 %	31 %	3370 %	
Gebäudegruppe 4: Sport					
NGF allein	0,1777 0,7538	0 %	6 %	276 %	
18599 ähnlich	0,0330	3 %	18 %	833 %	x

Tabelle 55 Formeltypen und Regressionsgrade: Trinkwarmw., Steigestränge, Netztyp R, Mehrzoner

Bei zonierten Gebäuden liefert der Ansatz über das Volumen insgesamt die besten Ergebnisse und wird daher für die Formelableitung verwendet.

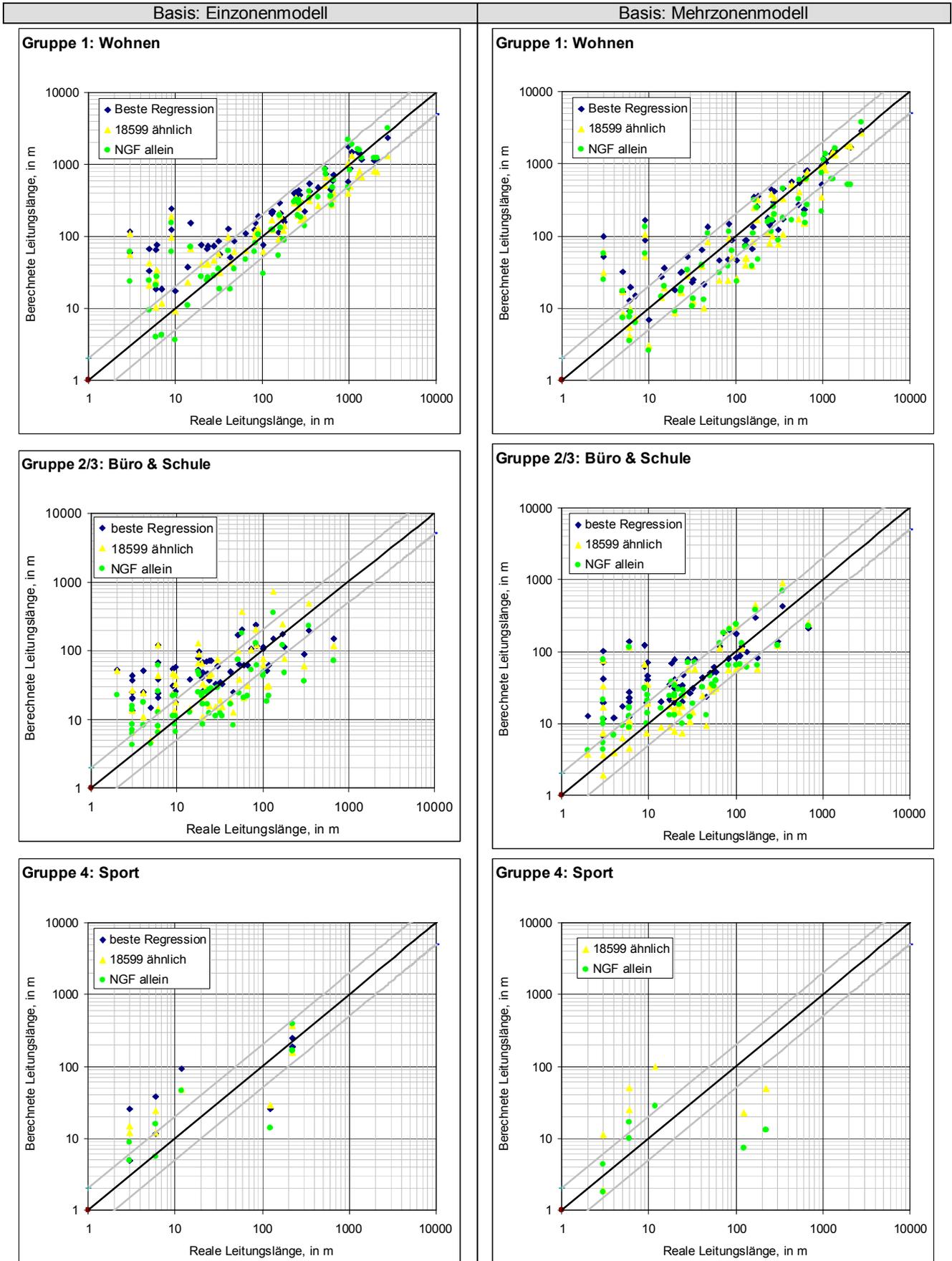


Bild 53 Grafische Auswertung verschiedener Formeltypen: Warmwasser, Steigestränge, Netztyp R

Die Parameter in den Formeln können ohne großen Genauigkeitsverlust gerundet werden, so dass sich folgende Formeln ergeben:

▪ Gruppe 1 Wohnen:	$L = 0,005 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{1,38}$ $L = 0,050 \text{ m}^{-2} \cdot V_{\text{e,Sanitär}}$
▪ Gruppe 2/3 Büro, Schule:	$L = 0,025 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{0,97}$ $L = 0,033 \text{ m}^{-2} \cdot V_{\text{e,Sanitär}}$
▪ Gruppe 4 Sport:	$L = 0,002 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{1,50}$ $L = 0,030 \text{ m}^{-2} \cdot V_{\text{e,Sanitär}}$

Die verwendete Fläche A_{NGF} ist die gesamte Fläche des Gebäudes, in dem das zentrale Netz eingebaut ist. Das Volumen $V_{\text{e,Sanitär}}$ umschließt nur 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.

7.5.3 Anbindung der R-Netze

Für die Anbindeleitungen der zentralen Netze (R-Netz, S-Netz) werden aus den Ausgangsgrößen Ausgleichsfunktionen bestimmt. Dies erfolgt so, dass sich einerseits eine möglichst hoher Regressionsgrad der Funktion und andererseits eine geringe mittlere Abweichung der Gesamtstichprobe ergeben. Die Funktion wird abgeleitet als Potenzfunktion und alternativ als lineare Funktion allein auf Basis

- der Nettogrundfläche A_{NGF} des Gesamtgebäudes bzw.
- alternativ der Nettogrundfläche $A_{\text{NGF,Sani}}$ der Sanitärbereiches des Gebäudes.

Beide Flächen wurden alternativ zugrunde gelegt, so dass eine Schätzformel jeweils für die Berechnung von Einzonern dienen kann und die andere für ein zoniertes Gebäudes.

Die einfache Formel, welche nur die Nettogrundfläche eines Geschosses als Eingangsparameter aufweist, folgt dem Zusammenhang:

$$L = a \cdot A_{\text{NGF}}^b$$

Die Formel, welche der bisherigen Abschätzung der DIN V 18599 nahe kommt, lautet allgemein:

$$L = a \cdot A_{\text{NGF}}$$

Die untersuchten Formeltypen bzw. die sich ergebenden Parameter, welche zu einem hohen Regressionsgrad geführt haben, zeigt nachfolgende Tabelle.

gebäudebezogen	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L _{real}	größter Wert L / L _{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF Potenz	0,2633 0,8537	69 %	26 %	156 %	
linear, 18599 ähnlich	0,0884	69 %	28 %	167 %	x
Gebäudegruppe 2: Büro					
NGF Potenz	0,0623 0,8317	30 %	8 %	717 %	
linear, 18599 ähnlich	0,0198	28 %	12 %	686 %	x
Gebäudegruppe 3 & \$: Schulen, Sport					
NGF Potenz	2,3887 0,4313	60 %	40 %	2734 %	x
linear, 18599 ähnlich	0,0226	54 %	11 %	2157 %	

Tabelle 56 Formeltypen und Regressionsgrade: Trinkwarmw., Anbindung, Netztyp R+S, Einzoner

bereichsbezogen	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L _{real}	größter Wert L / L _{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF Potenz	9,2239 0,4901	43 %	11 %	959 %	
linear, 18599 ähnlich	0,4947	34 %	24 %	1051 %	x
Gebäudegruppe 2: Büro					
NGF Potenz	0,0065 1,4196	74 %	1 %	421 %	
linear, 18599 ähnlich	0,1456	68 %	9 %	401 %	x
Gebäudegruppe 3 & \$: Schulen, Sport					
NGF Potenz	0,6623 0,6903	59 %	15 %	847 %	x
linear, 18599 ähnlich	0,1448	59 %	9 %	877 %	

Tabelle 57 Formeltypen und Regressionsgrade: Trinkwarmw., Anbindung, Netztyp R+S, Mehrzoner

Bei der Gruppe der Schul- und Sportgebäude ist jeweils eine bessere Abschätzung anhand der Potenzfunktion zu erkennen. Für die anderen Gebäude wird die Linearfunktion weiterverfolgt. Insgesamt ergibt sich eine große Streuung bei der Gruppe der Bürogebäude.

Die Parameter in den Formeln können ohne großen Genauigkeitsverlust gerundet werden, so dass sich folgende Formeln ergeben:

▪ Gruppe 1 Wohnen:	$L = 0,09 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{1,00}$ $L = 0,50 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF,Sanitär}} / \text{m}^2]^{1,00}$
▪ Gruppe 2 Büro:	$L = 0,02 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{1,00}$ $L = 0,15 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF,Sanitär}} / \text{m}^2]^{1,00}$
▪ Gruppe 3/4 Schule, Sport:	$L = 2,39 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{0,43}$ $L = 1,36 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF,Sanitär}} / \text{m}^2]^{0,69}$

Die verwendete Fläche A_{NGF} ist die gesamte Fläche des Gebäudes, in dem das zentrale Netz eingebaut ist, währenddessen die Fläche $A_{\text{NGF,Sanitär}}$ nur die Fläche des Sanitärbereiches des Gebäudes ist. Sind mehrere getrennte Kreise an einem Erzeuger bzw. Speicher angeschlossen, dann gilt die Gleichung für jeden Kreis.

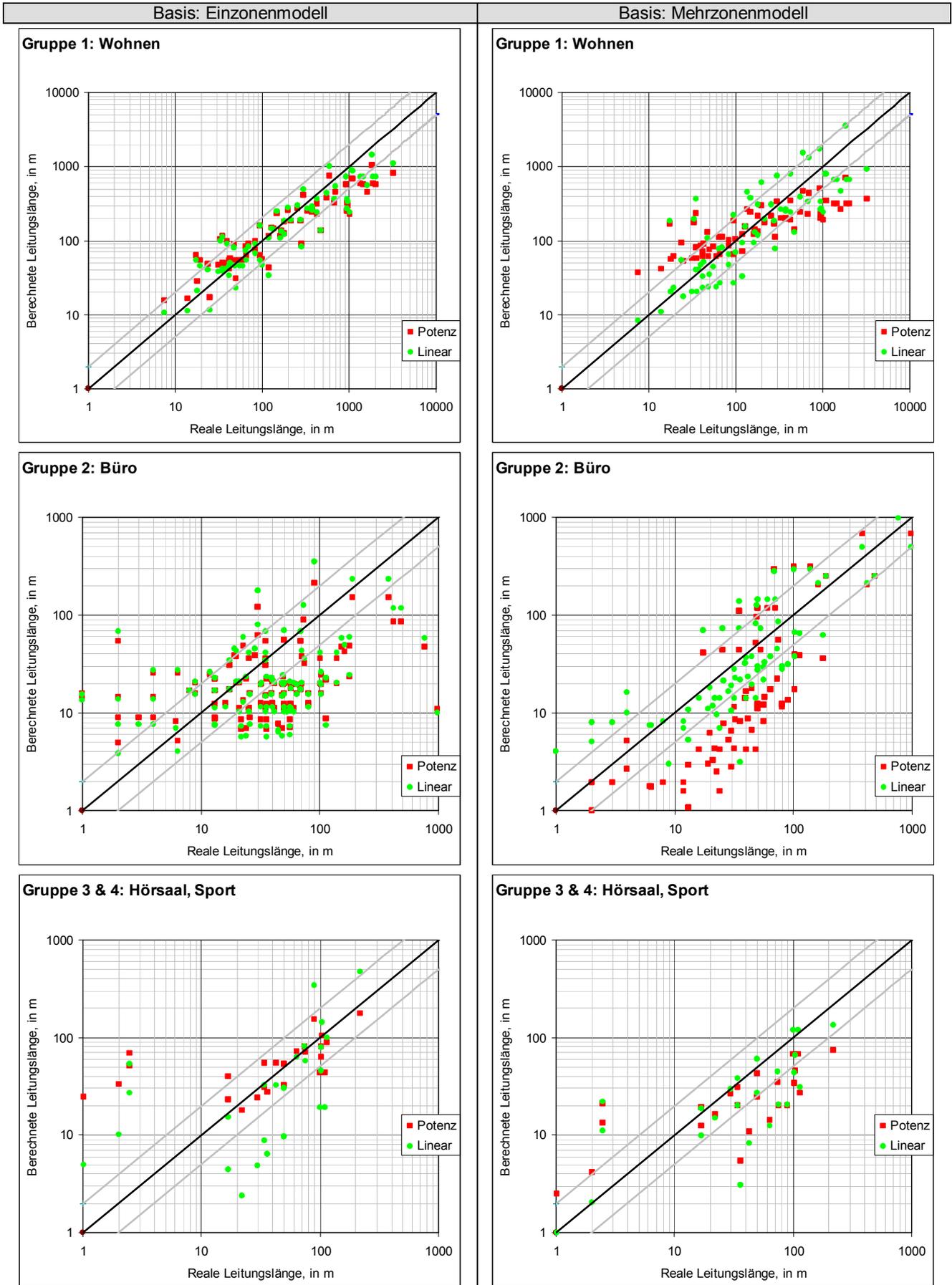


Bild 54 Grafische Auswertung verschiedener Formeltypen: Warmwasser, Anbindung, Netztyp R+S

7.5.4 Gesamtformel für die R-Netze

Aus den Kennwerten der verlegten Rohrabschnitte insgesamt können zudem die in den nachfolgenden Grafiken zusammengestellten Funktionen abgeleitet werden. Sie hängen aus Gründen der Vereinfachung nur von der Nettogrundfläche ab. Die prozentualen Anteile der Verteilleitungen, Steigestränge und Anbindeleitungen sind jeweils genannt.

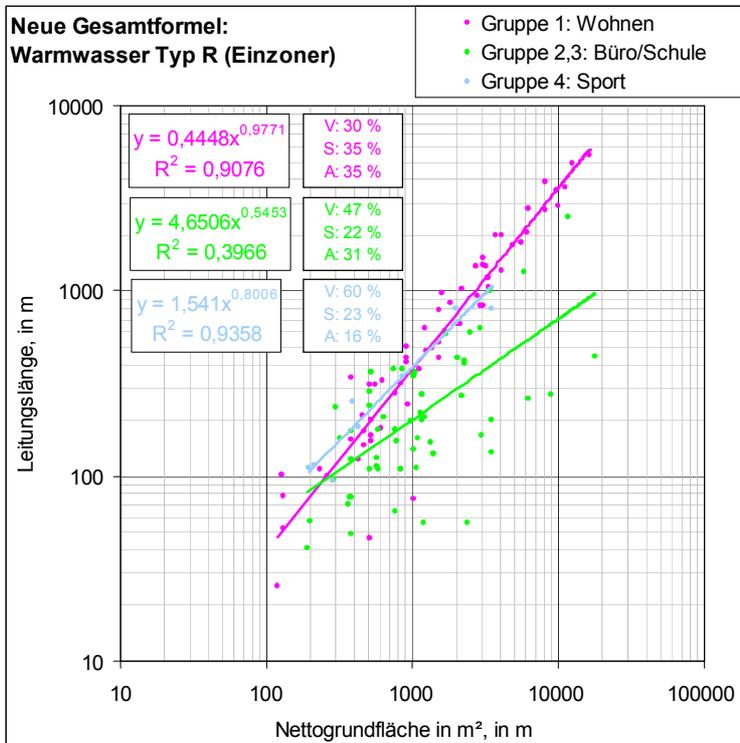


Bild 55 Vereinfachte Gesamtformeln: Trinkwarmwasser, Netztyp R, Einzoner

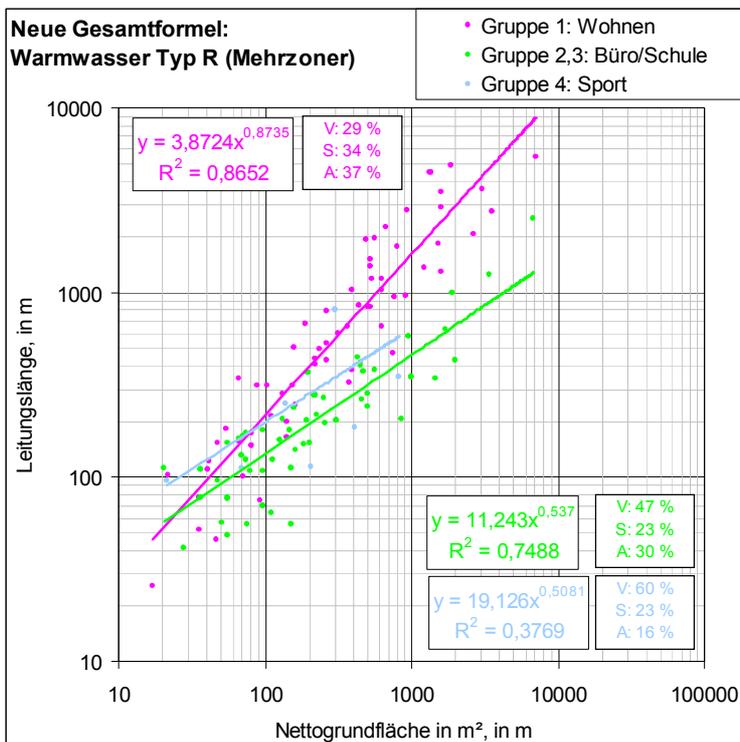


Bild 56 Vereinfachte Gesamtformeln: Trinkwarmwasser, Netztyp R, Mehrzoner

7.6 Ableitung von Formeln für die S-Netze (Ebenentyp)

7.6.1 Verteilung der S-Netze

Die waagerechten Verteilungen der S-Netze liegen überwiegend im beheizten und nur teilweise im unbeheizten Bereich. Sie sind vergleichsweise lang. Als maßgeblich für die Abschätzung der Leitungslängen wurden die in Bild 57 beschriebenen Größen identifiziert.

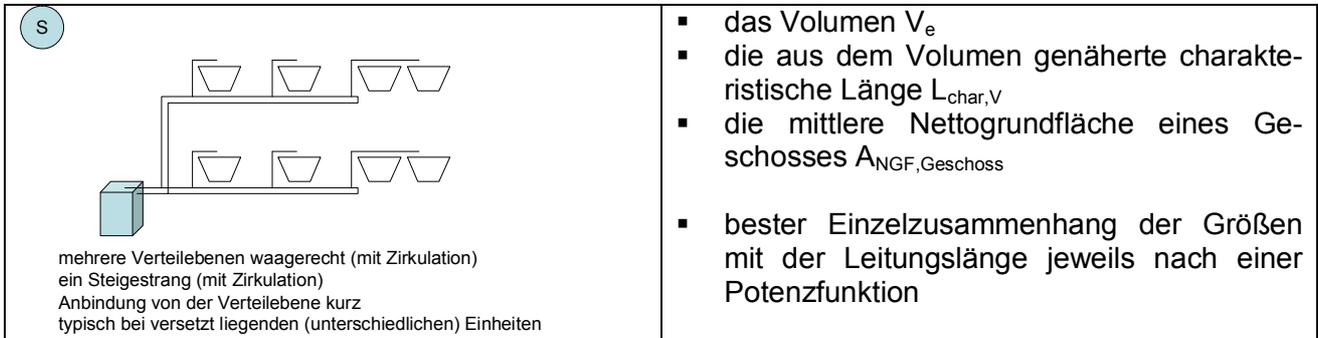


Bild 57 Einflussgrößen auf die Verteilungen der S-Netze

Die einfache Formel, welche nur die Nettogrundfläche eines Geschosses als Eingangsparameter aufweist, folgt dem Zusammenhang:

$$L = a \cdot A_{NGF,Geschoss}^b$$

Die Formel, welche der bisherigen Abschätzung der DIN V 18599- nahe kommt, lautet allgemein:

$$L = a \cdot L_{char,V} + b \cdot A_{NGF,Geschoss}$$

Außerdem wurden mehrere Formeltypen getestet, die auf die beiden o. g. Ausgangsgrößen zurückgreifen. Als sinnvoll, weil sie einen hohen Regressionsgrad liefern, zeigten sich folgende Ansätze:

$$L = a \cdot L_{char,V} + b \cdot V_e^c + d \quad (*)$$

$$L = a \cdot L^b \quad (**)$$

$$L = a \cdot L + b \cdot V_e \quad (***)$$

gebäudebezogen	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L _{real}	größter Wert L / L _{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF allein	0,0351 1,5016	32 %	11 %	332 %	x
18599 ähnlich	2,0000 0,8547	34 %	17 %	1426 %	
hohe Regression (*)	-4,8396 0,0880 1,0000 175,9001	85 %	36 %	1426 %	
Gebäudegruppe 2 & 3: Büro und Schulen					
NGF allein	1,6432 0,6727	33 %	18 %	675 %	x
18599 ähnlich	1,5000 0,0836	34 %	21 %	634 %	
hohe Regression (*)	0,6088 4,2758 0,4380 0,0000	50 %	37 %	1049 %	
Gebäudegruppe 4: Sport					
NGF allein	32,0761 0,1930	33 %	53 %	151 %	x
18599 ähnlich	1,0000 0,0430	23 %	31 %	304 %	
hohe Regression (**)	11,7109 0,5395	29 %	54 %	186 %	

Tabelle 58 Formeltypen und Regressionsgrade: Trinkwarmwasser, Verteilung, Netztyp S, Einzoner

Der Ansatz der Leitungslängenbestimmung mit der Nettogrundfläche liefert insgesamt für Einzoner eine nicht sehr gute Näherung. Es ergibt sich eine starke Streuung der Rechenergebnisse. Aber auch die anderen Formeln liefern wenig Regression. Die Nettogrundfläche wird daher weiterverfolgt.

bereichsbezogen	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L _{real}	größter Wert L / L _{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF allein	2,2423 1,0734	33 %	9 %	495 %	
18599 ähnlich	2,0000 2,5284	39 %	12 %	455 %	
hohe Regression (***)	5,5825 0,1014	89 %	42 %	595 %	x
Gebäudegruppe 2 & 3: Büro und Schulen					
NGF allein	8,0888 0,5926	39 %	12 %	293 %	
18599 ähnlich	1,5000 0,7723	38 %	9 %	504 %	
hohe Regression (***)	3,6917 0,0392	61 %	9 %	252 %	x
Gebäudegruppe 4: Sport					
NGF allein	54,7994 0,1418	4 %	45 %	149 %	
18599 ähnlich	2,0000 0,1581	32 %	35 %	174 %	
hohe Regression (***)	1,8135 0,0200	39 %	31 %	196 %	x

Tabelle 59 Formeltypen und Regressionsgrade: Trinkwarmwasser, Verteilung, Netztyp S, Mehrzoner

Bei zonierten Gebäuden liefert der Ansatz über das Volumen und die charakteristische Länge insgesamt die besten Ergebnisse und wird daher für die Formelableitung der Verteilung verwendet.

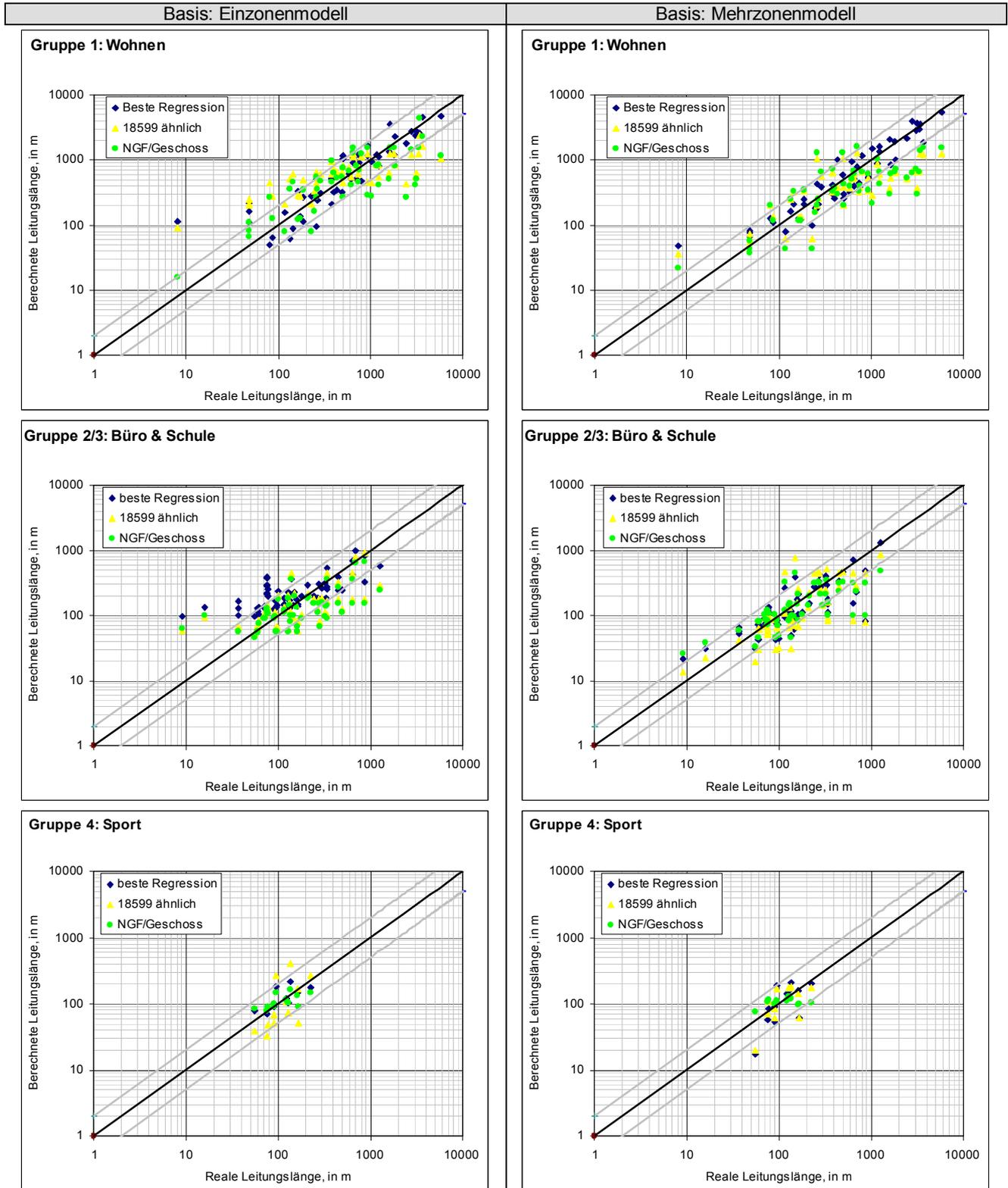


Bild 58 Grafische Auswertung verschiedener Formeltypen: Warmwasser, Verteilung, Netztyp S

Die Parameter in den Formeln können ohne großen Genauigkeitsverlust gerundet werden, so dass sich folgende Formeln ergeben:

▪ Gruppe 1 Wohnen:	$L = 0,035 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF,Geschoss}} / \text{m}^2]^{1,50}$ $L = 5,6 \cdot L_{\text{char,V,sanitär}} + 0,10 \text{ m}^{-2} \cdot V_{\text{e,Sanitär}}$
▪ Gruppe 2/3 Büro, Schule:	$L = 1,70 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF,Geschoss}} / \text{m}^2]^{0,67}$ $L = 3,7 \cdot L_{\text{char,V,sanitär}} + 0,04 \text{ m}^{-2} \cdot V_{\text{e,Sanitär}}$
▪ Gruppe 4 Sport:	$L = 32 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF,Geschoss}} / \text{m}^2]^{0,19}$ $L = 1,80 \cdot L_{\text{char,V,sanitär}} + 0,02 \text{ m}^{-2} \cdot V_{\text{e,Sanitär}}$

Die verwendete Fläche $A_{\text{NGF,Geschoss}}$ ergibt sich aus der gesamte Fläche des Gebäudes, in dem das zentrale Netz eingebaut ist, dividiert durch die Geschoszahl.

Das Volumen des Sanitärbereiches $V_{\text{e,Sanitär}}$ ist eine Projektvorgabe. Die weiterhin benötigte charakteristische Länge des Sanitärbereiches lässt sich nach Kapitel 6.3.4 aus dem Volumen abschätzen. 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.

7.6.2 Steigestränge der S-Netze

Die Steigestränge der S-Netze liegen im beheizten Bereich. Sie sind vergleichsweise kurz. Als maßgeblich für die Abschätzung der Leitungslängen wurden die in Bild 59 beschriebenen Größen identifiziert.

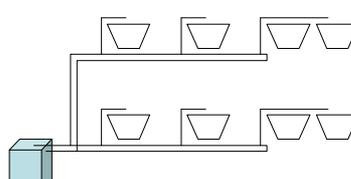
 <p>mehrere Verteilebenen waagrecht (mit Zirkulation) ein Steigestrang (mit Zirkulation) Anbindung von der Verteilebene kurz typisch bei versetzt liegenden (unterschiedlichen) Einheiten</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ die Nettogrundfläche A_{NGF} ▪ die Gesamthöhe H, welche sich ergibt aus der Geschoszahl n_{Geschoss} und der Geschosshöhe h_G ▪ bester Einzelzusammenhang der Größen mit der Leitungslänge jeweils nach einer Potenzfunktion
--	--

Bild 59 Einflussgrößen auf die Steigestränge der S-Netze

Die einfache Formel, welche nur die Nettogrundfläche eines Geschosses als Eingangsparameter aufweist, folgt dem Zusammenhang:

$$L = a \cdot A_{\text{NGF}}^b$$

Die Formel, welche der bisherigen Abschätzung der DIN V 18599 nahe kommt, lautet allgemein:

$$L = a \cdot V_e$$

Außerdem wurden mehrere Formeltypen getestet, die auf die beiden o. g. Ausgangsgrößen zurückgreifen. Als sinnvoll, weil sie einen hohen Regressionsgrad liefern, zeigten sich folgende Ansätze:

$$L = a \cdot A_{\text{NGF}}^b + c \cdot H^d$$

gebäudebezogen	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L _{real}	größter Wert L / L _{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF allein	0,3608 0,5779	39 %	20 %	616 %	x
18599 ähnlich	0,0005	27 %	2 %	521 %	
hohe Regression	0,0067 1,0000 0,8656 1,0000	36 %	13 %	404 %	
Gebäudegruppe 2 & 3: Büro und Schulen					
NGF allein	0,7225 0,4388	41 %	40 %	1207 %	x
18599 ähnlich	0,0005	55 %	3 %	554 %	
hohe Regression	0,0005 1,0000 1,3738 1,1077	79 %	25 %	436 %	
Gebäudegruppe 4: Sport					
NGF allein	2,9159 0,0952	8 %	50 %	194 %	x
18599 ähnlich	0,0010	15 %	6 %	302 %	
hohe Regression	0,0010 1,0000 3,6661 0,0964	19 %	47 %	194 %	

Tabelle 60 Formeltypen und Regressionsgrade: Trinkwarmw., Steigstränge, Netztyp S, Einzoner

Der Ansatz der Leitungslängenbestimmung mit der Nettogrundfläche liefert insgesamt für Einzoner eine mittlere bis gute Näherung, da die Werte insbesondere bei kleinen Gebäuden stark streuen. Er wird dennoch bei allen Gebäudetypen weiterverfolgt, da die Nettogrundfläche auch für die anderen Rohrabschnitte als Grundgröße herangezogen werden soll.

bereichsbezogen	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L _{real}	größter Wert L / L _{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF allein	1,5193 0,4925	38 %	22 %	721 %	
18599 ähnlich	0,0016	21 %	1 %	601 %	
hohe Regression	0,0059 1,0000 1,6355 1,0857	26 %	12 %	321 %	x
Gebäudegruppe 2 & 3: Büro und Schulen					
NGF allein	1,3557 0,4447	27 %	25 %	754 %	
18599 ähnlich	0,0023	35 %	2 %	472 %	
hohe Regression	0,0027 1,0000 1,3138 1,1181	80 %	24 %	400 %	x
Gebäudegruppe 4: Sport					
NGF allein	2,5704 0,1507	5 %	53 %	198 %	
18599 ähnlich	0,0049	0 %	16 %	479 %	
hohe Regression	1,8235 0,1750 6,3774 -1,1722	7 %	48 %	185 %	x

Tabelle 61 Formeltypen und Regressionsgrade: Trinkwarmw., Steigstränge, Netztyp S, Mehrzoner

Bei zonierten Gebäuden liefert der Ansatz über die Fläche und die Höhe die besten Ergebnisse und wird daher für die Formelableitung der Steigstränge verwendet.

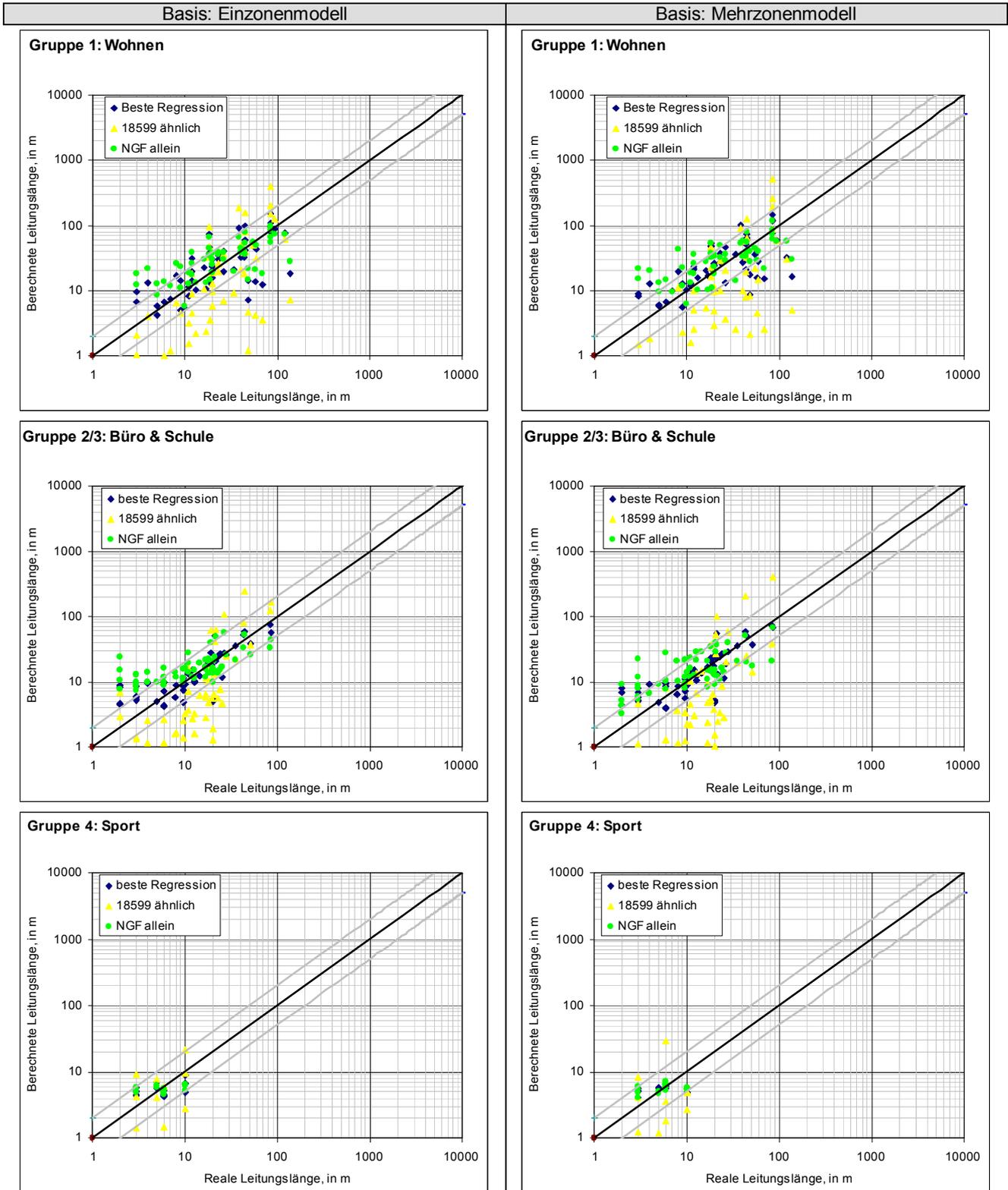


Bild 60 Grafische Auswertung verschiedener Formeltypen: Warmwasser, Steigestränge, Netztyp S

Die Parameter in den Formeln können ohne großen Genauigkeitsverlust gerundet werden, so dass sich folgende Formeln ergeben:

▪ Gruppe 1 Wohnen:	$L = 0,36 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{0,58}$ $L = 0,006 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF, Sanitär}} / \text{m}^2]^{1,00} + 1,6 \text{ m} \cdot [H_{\text{Sanitär}} / \text{m}]^{1,09}$
▪ Gruppe 2/3 Büro, Schule:	$L = 0,72 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{0,44}$ $L = 0,003 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF, Sanitär}} / \text{m}^2]^{1,00} + 1,3 \text{ m} \cdot [H_{\text{Sanitär}} / \text{m}]^{1,12}$
▪ Gruppe 4 Sport:	$L = 2,90 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{0,10}$ $L = 1,8 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF, Sanitär}} / \text{m}^2]^{0,20} + 6,0 \text{ m} \cdot [H_{\text{Sanitär}} / \text{m}]^{-1,17}$

Die verwendete Fläche A_{NGF} ist die gesamte Fläche des Gebäudes, in der das zentrale Netz eingebaut ist, währenddessen die Fläche $A_{\text{NGF, Sanitär}}$ nur die Fläche des Sanitärbereiches des Gebäudes ist. 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. Die Höhe H ergibt sich aus der Multiplikation der Geschosshöhe und der Geschosshöhe.

7.6.3 Anbindung der R-Netze

Die Auswertung der Anbindeleitungen erfolgte zusammen mit denen der S-Netze, siehe Kapitel 7.5.3.

7.6.4 Gesamtformel für die S-Netze

Aus den Kennwerten der verlegten Rohrabschnitte insgesamt können zudem die in den nachfolgenden Grafiken zusammengestellten Funktionen abgeleitet werden. Sie hängen aus Gründen der Vereinfachung nur von der Nettogrundfläche ab. Die prozentualen Anteile der Verteilleitungen, Steigestränge und Anbindeleitungen sind jeweils genannt.

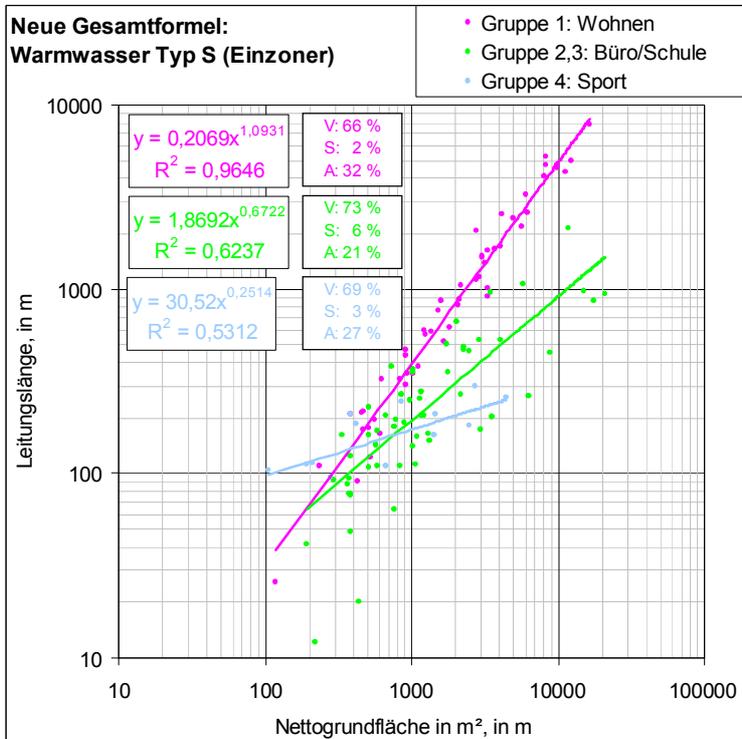


Bild 61 Vereinfachte Gesamtformeln: Trinkwarmwasser, Netztyp S, Einzoner

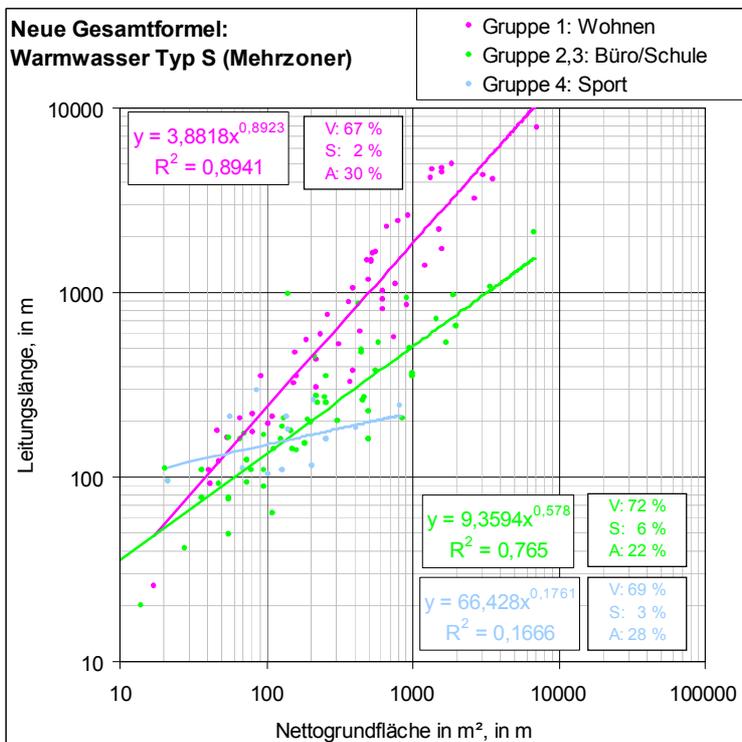


Bild 62 Vereinfachte Gesamtformeln: Trinkwarmwasser, Netztyp S, Mehrzoner

7.7 Ableitung von Formeln für die T-Netze (dezentral)

7.7.1 Anbindung der dezentralen Netze

Die Anbindeleitungen der rein dezentralen Netze fallen insgesamt viel kürzer aus als bei Zentralnetzen. Als maßgeblich für die Abschätzung der Leitungslängen soll nur die Nettogrundfläche sein.

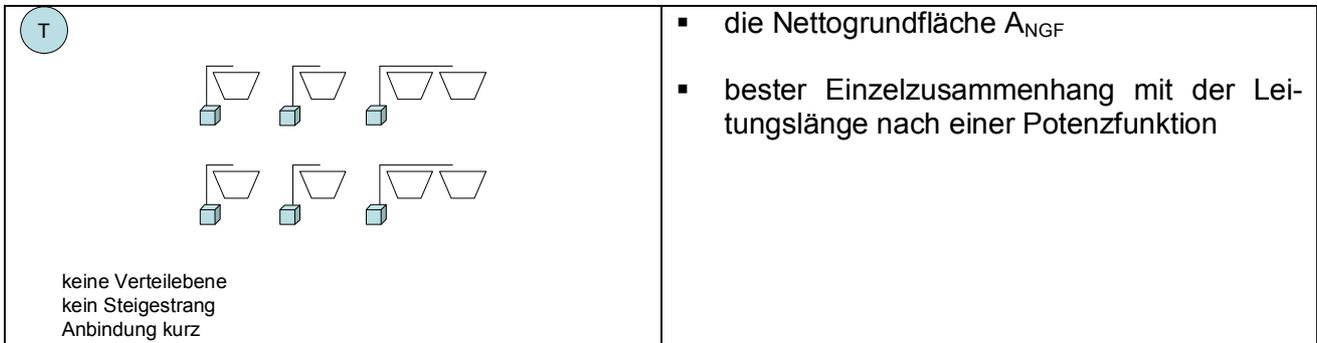


Bild 63 Einflussgrößen auf die Anbindeleitungen der T-Netze

Die Funktion wird ebenfalls abgeleitet als Potenzfunktion und alternativ als lineare Funktion allein auf Basis

- der Nettogrundfläche A_{NGF} des Gesamtgebäudes bzw.
- alternativ der Nettogrundfläche $A_{NGF,Sani}$ der Sanitärbereiches des Gebäudes.

Beide Flächen wurden alternativ zugrunde gelegt, so dass eine Schätzformel jeweils für die Berechnung von Einzonern dienen kann und die andere für ein zoniertes Gebäudes. Die einfache Formel, welche nur die Nettogrundfläche eines Geschosses als Eingangsparameter aufweist, folgt dem Zusammenhang:

$$L = a \cdot A_{NGF}^b$$

Die Formel, welche der bisherigen Abschätzung der DIN V 18599- nahe kommt, lautet allgemein:

$$L = a \cdot A_{NGF}$$

Die untersuchten Formeltypen bzw. die sich ergebenden Parameter, welche zu einem hohen Regressionsgrad geführt haben, zeigt nachfolgende Tabelle.

gebäudebezogen	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L _{real}	größter Wert L / L _{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF Potenz	0,0224 1,2076	94 %	25 %	251 %	
linear, 18599 ähnlich	0,0895	93 %	29 %	189 %	x
Gebäudegruppe 2d: Praxen					
NGF Potenz	0,1867 0,4761	30 %	7 %	457 %	
linear, 18599 ähnlich	0,0039	28 %	8 %	814 %	x
Gebäudegruppe 3d & 4d: Schulen, Werkstatt					
NGF Potenz	0,7116 0,2508	13 %	14 %	676 %	x
linear, 18599 ähnlich	0,0037	7 %	3 %	632 %	

Tabelle 62 Formeltypen und Regressionsgrade: Trinkwarmwasser, Anbindung, Netztyp T, Einzoner

bereichsbezogen	Parameter	Regressionsgrad	kleinster Wert L / L _{real}	größter Wert L / L _{real}	gewählt
Gebäudegruppe 1: Wohnen					
NGF Potenz	0,0908 1,3310	92 %	20 %	312 %	
linear, 18599 ähnlich	0,4851	90 %	27 %	222 %	x
Gebäudegruppe 2d: Praxen					
NGF Potenz	0,1347 0,8009	61 %	18 %	384 %	
linear, 18599 ähnlich	0,0501	60 %	19 %	290 %	x
Gebäudegruppe 3d & 4d: Schulen, Werkstatt					
NGF Potenz	0,6325 0,4422	39 %	17 %	723 %	
linear, 18599 ähnlich	0,0609	39 %	3 %	627 %	x

Tabelle 63 Formeltypen und Regressionsgrade: Trinkwarmwasser, Anbindung, Netztyp T, Mehrzoner

Bei der Gruppe der Schulgebäude und Werkstätten als Einzoner ist eine bessere Abschätzung anhand der Potenzfunktion zu erkennen. Für die anderen Gebäude als Einzoner und alle Gebäude als Mehrzoner wird die Linearfunktion weiterverfolgt. Insgesamt ergibt sich eine große Streuung bei der Gruppe der Nichtwohnbauten.

Die Parameter in den Formeln können ohne großen Genauigkeitsverlust gerundet werden, so dass sich folgende Formeln ergeben:

▪ Gruppe 1 Wohnen:	$L = 0,09 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{1,00}$
	$L = 0,50 \text{ m}^{-1} \cdot A_{\text{NGF,Sanitär}}$
▪ Gruppe 2d Praxen:	$L = 0,004 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{1,00}$
	$L = 0,05 \text{ m}^{-1} \cdot A_{\text{NGF,Sanitär}}$
▪ Gruppe 3d/4d Schule, Werkstatt:	$L = 0,75 \text{ m} \cdot [A_{\text{NGF}} / \text{m}^2]^{0,25}$
	$L = 0,06 \text{ m}^{-1} \cdot A_{\text{NGF,Sanitär}}$

Die verwendete Fläche A_{NGF} ist die gesamte Fläche des Gebäudes, in dem das zentrale Netz eingebaut ist, währenddessen die Fläche $A_{\text{NGF,Sanitär}}$ nur die Fläche des Sanitärbereiches des Gebäudes ist. Sind mehrere getrennte Kreise an einem Erzeuger bzw. Speicher angeschlossen, dann gilt die Gleichung für jeden Kreis.

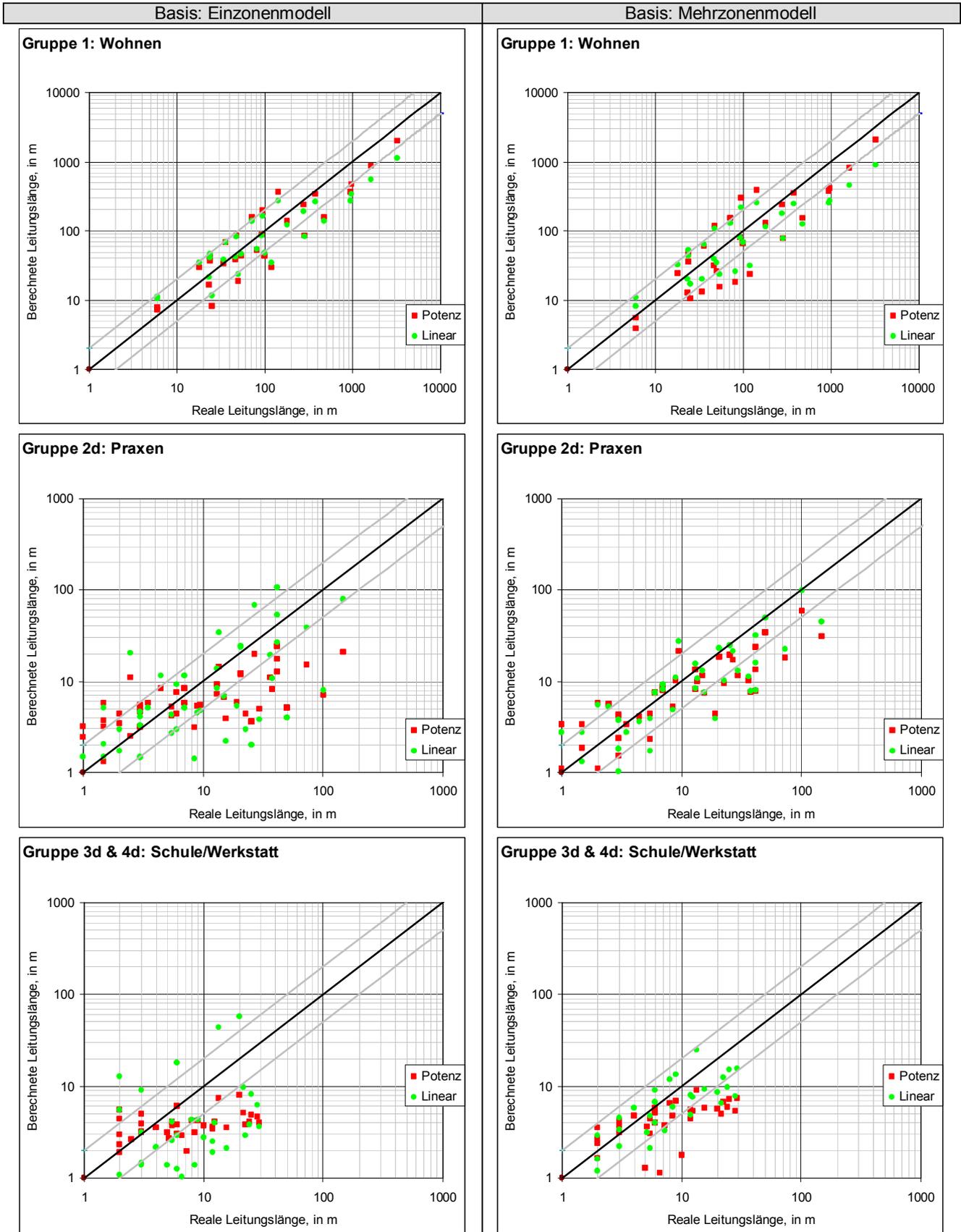


Bild 64 Grafische Auswertung verschiedener Formeltypen: Warmwasser, Anbindung, Netztyp T

7.7.2 Gesamtformel für die T-Netze

Aus den Kennwerten können die in den nachfolgenden Grafiken zusammengestellten Funktionen abgeleitet werden. Sie sind der Vollständigkeit halber auch für die dezentralen Netze angegeben.

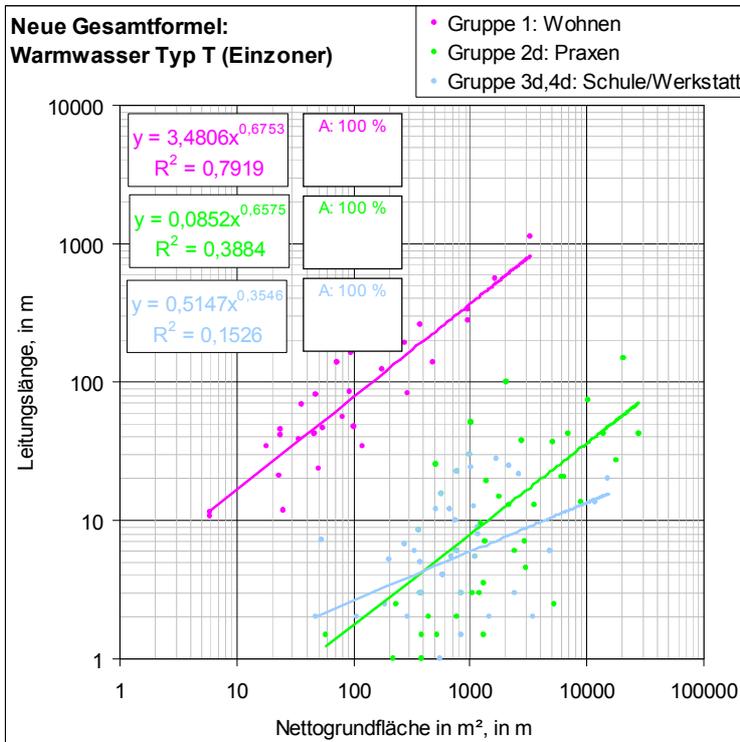


Bild 65 Vereinfachte Gesamtformeln: Trinkwarmwasser, Netztyp T, Einzoner

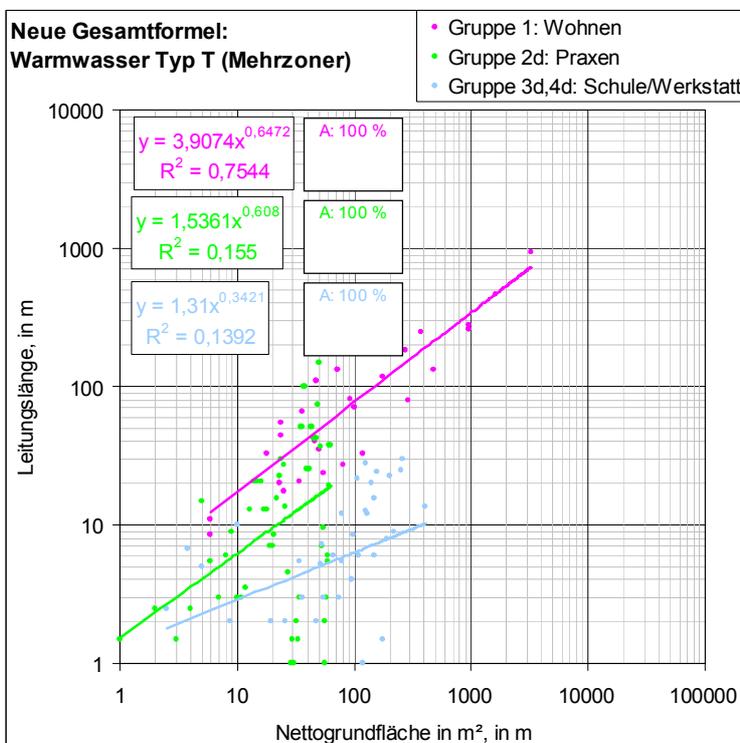


Bild 66 Vereinfachte Gesamtformeln: Trinkwarmwasser, Netztyp T, Mehrzoner

8 Datenauswertung RLT-Versorgung

Der nachfolgende Abschnitt beschreibt die Auswertung der erhobenen Daten zur Wärmeversorgung der raumluftechnischen Anlagen von der Aufbereitung der Grunddaten, der Verifizierung wichtiger Einflussgrößen auf die Leitungslänge bis zur eigentlichen Formelableitung. Es wird nicht in verschiedene Netzarten oder Gebäudetypen unterschieden.

8.1 Aufbereitung der Datensätze

Insgesamt stehen für die Auswertung der RLT-Wärmeversorgung nur wenige Datensätze zur Verfügung (falls dezentrale Lüftungsgeräte jeweils einen Raum versorgen, sind diese nicht in diesem Abschnitt zu finden, sondern unter "Heizung")

Im ersten Schritt wurden Datensätze ohne RLT-Wärmeversorgung sowie auch doppelte Datensätze gelöscht. Anschließend wurde der Kennwert "gesamte verlegte Leitungslänge je m² Nettogrundfläche" für alle Gebäude gebildet. Es zeigt sich ein Ausreißer, der entfernt wird (zu großer Kennwert).

Die Datenbereinigung ergibt insgesamt 38 auswertbare Datensätze.

8.2 Verifizierung von Einflussparametern

Folgende Parameter wurden als Einzeleinflussgrößen auf die Länge der insgesamt verlegten Leitungen sowie für die RLT-Beheizungs-Netztypen getestet:

- Entfernung der Heizungs- und RLT-Zentrale in Geschosszahlen, n_{Geschoss}
- Entfernung der Heizungs- und RLT-Zentrale in Metern, ΔE
- Nettogrundfläche A_{NGF}
- Zahl angeschlossener zentraler RLT-Anlagen, n_{Anlage}

Außerdem wurde eine abgeleitete Einflussgröße ausgewertet:

- Nettogrundfläche je Anlage $A_{\text{NGF}} / n_{\text{Anlage}}$
- Anlagenzahl je Nettogrundfläche $n_{\text{Anlage}} / A_{\text{NGF}}$

Es zeigen sich bei den 7 Auswertungen wenige Korrelationen, unabhängig vom gewählten Gleichungstyp. Lediglich zwei Auswertungen führen zu Ergebnissen mit sinnvoller Formelableitung und höherer Regression, siehe Bild 67.

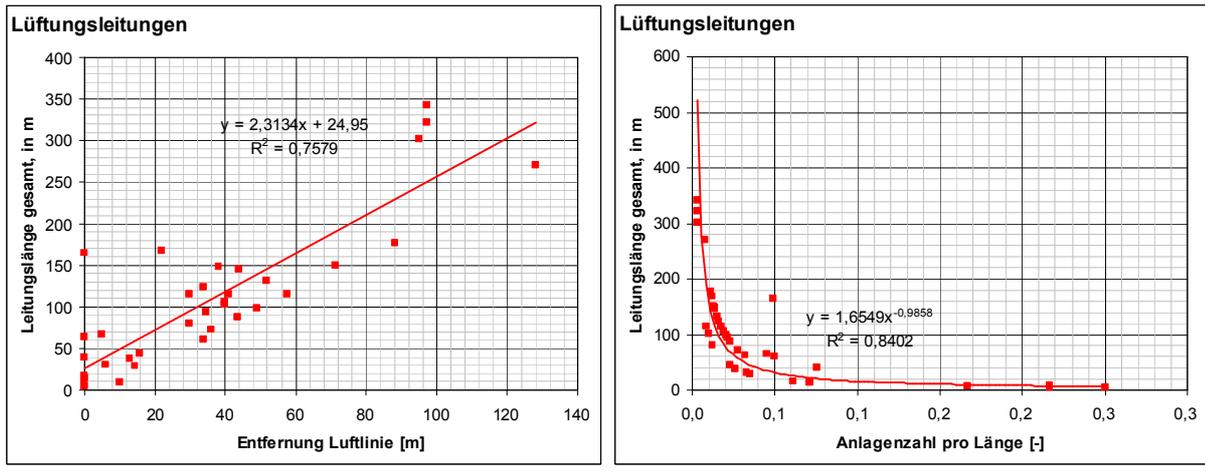


Bild 67 Haupteinflussparameter RLT-Anbindung

Fazit der Voruntersuchung: die Anlagenzahl und die Entfernung zwischen Heiz- und Lüftungszentrale spielen eine Rolle für die verlegte Leitungslänge. Diese beiden Größen werden für die Formelableitung herangezogen.

8.3 Ableitung von Formeln

Die Grunddaten zu den Lüftungsleitungen wurden hinsichtlich geeigneter mathematischer Funktionstypen untersucht, so dass sich aus den beiden Ausgangswerten:

- der Entfernung der beiden Zentralen ΔE und
- der Anzahl der an das Netz angeschlossenen Anlagen n_{Anlage}

die gesuchte Leitungslänge L ergibt. Die untersuchten Formeltypen, welche zu einem hohen Regressionsgrad geführt haben, zeigt Tabelle 64. Werden nach diesen Formeln Leitungslängen für die Testdatensätze berechnet, kann entschieden werden, welcher Typ sinnvoll einsetzbar ist.

	Formeltyp	Parameter a bis d	Regressionsgrad	kleinster Wert $L_{\text{berechnet}} / L_{\text{real}}$	größter Wert $L_{\text{berechnet}} / L_{\text{real}}$	Mittelwert $\Sigma L_{\text{berechnet}} / \Sigma L_{\text{real}}$
1	$L = a \cdot \Delta E + b \cdot n_{\text{Anlage}}$	2,348 13,683	0,80	47 %	550 %	101 %
2	$L = a \cdot \Delta E^b + c \cdot n_{\text{Anlage}}$	1,230 1,144 15,635	0,80	44 %	524 %	100 %
3	$L = a \cdot \Delta E^b + c \cdot n_{\text{Anlage}}^d$	3,856 0,915 0,266 3,078	0,82	10 %	367 %	97 %
4	$L = a \cdot \Delta E + b \cdot n_{\text{Anlage}} + c \cdot n_{\text{Anlage}} \cdot \Delta E$	4,247 19,136 -1,257	0,91	45 %	602 %	104 %
5	$L = a \cdot \Delta E^b + c \cdot n_{\text{Anlage}} + d \cdot n_{\text{Anlage}} \cdot \Delta E$	3,150 1,066 20,799 -1,249	0,91	43 %	577 %	102 %

Tabelle 64 Formeltypen und Regressionsgrade für Lüftungsleitungen

Der dritte Formelansatz bildet die Leitungslängen zwischen 10 und 100 m nicht gut ab, entfällt daher für weitere Betrachtungen.

Die beiden mathematisch einfachen Ansätze 1 und 2 weisen zwar einen geringeren Regressionsgrad als die Ansätze 4 und 5 auf, liefern jedoch insgesamt ein ähnliches Bild bei den Rechenwerten, siehe Bild 68. Insbesondere für die Testdatenpunkte unter 10 m realer Leitungslänge ergeben sich – unabhängig von der Komplexität der Formel – vergleichbare, hohe Abweichungen. Es wird daher der einfachste Formeltyp 1 empfohlen.

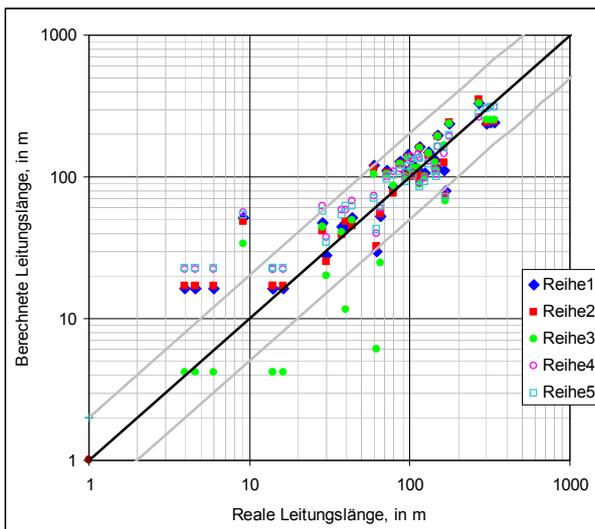


Bild 68 Übersicht der Formelergbnisse für RLT-Anschlussleitungen

Die originale Gleichung kann ohne wesentlichen Genauigkeitsverlust hinsichtlich der Parameter vereinfacht werden. Es wird zur Leitungslängenabschätzung empfohlen:

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

9 Vergleichende Auswertung der Leitungslängen

Dieser Abschnitt fasst die Erkenntnisse der Datenauswertung von Realprojekten im Vergleich mit den Leitungslängen der Normen zusammen. Dabei werden die Leitungslängen des Realgebäudes sowie der daraus abgeleiteten fiktiven Gebäude denen der Normausgaben der DIN V 18599 von 2007 und der Normkorrekturen von 2009 gegenübergestellt. Außerdem werden für Wohngebäude die Realwerte auch mit den Kennwerten der DIN V 4701-10 verglichen.

In allen nachfolgenden Grafiken werden die gemessenen und die nach verschiedenen Ansätzen berechneten Leitungslängen den realen Längen gegenübergestellt. Die in der Grafik eingetragene schwarze Diagonale markiert Gleichheit von Rechen- und Realwerten. Die grauen Diagonalen grenzen den Bereich ein, in dem der Rechenwert 2-mal bzw. 0,5-mal so groß ist wie der Realwert.

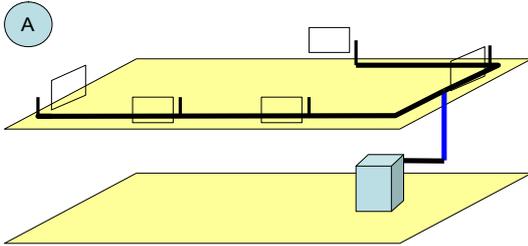
Ziel der neu entwickelten Formeln ist es, eine möglichst gute Einzelannäherung von Rechen- und Realwert. Diese wird ausgedrückt durch die Abweichung von Rechenwert zum Messwert als Faktor, dem mittleren Einzelfehler, siehe Kapitel 6.4.

Der Kennwert $L_{\text{berechnet}} / L_{\text{real}}$ wird dazu für jedes Gebäude zunächst berechnet und der (arithmetische) Mittelwert aller Einzelwerte der Stichprobe in der Grafik dargestellt.

9.1 Leitungslängen für Heizungsleitungsnetze

Die Ergebnisse der gefundenen neuen Formelansätze werden in den nachfolgenden Abschnitten getrennt nach Netzart und Rohrabschnitt und Gebäudegruppe den realen Daten und den Normkennwerten gegenüber gestellt. Die ersten vier Unterkapitel widmen sich dabei den Vergleichen mit der DIN V 18599, das letzte Unterkapitel stellt die neuen Ansätzen den Werten nach DIN V 4701-10 für den Wohnbau gegenüber.

9.1.1 A-Netz



lange Verteilebene
wenige Steigstränge
kurze Anbindeleitungen

Verteilung

Die Verteilleitungen fallen bei dem A-Netztyp in der Realität sehr lang aus, was von den neuen Formeln widerspiegelt wird. Die neu berechneten Kennwerte liegen wie die realen Leitungslängen bei den Gebäudegruppen 1 und 2 etwa um den Faktor 2 ... 4 bzw. 4 ... 6 über den derzeitigen Normwerten nach DIN V 18599-5 bzw. -100. Bei den Gruppen 3 bis 5 liegen die neuen Formeln um den Faktor 3 über den Kennwerten der DIN V 18599-100 bzw. ergeben sich etwa genauso lang wie in DIN V 18599-5.

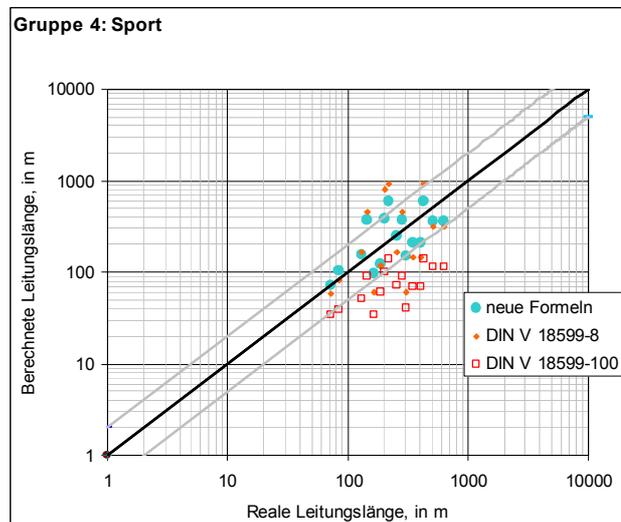
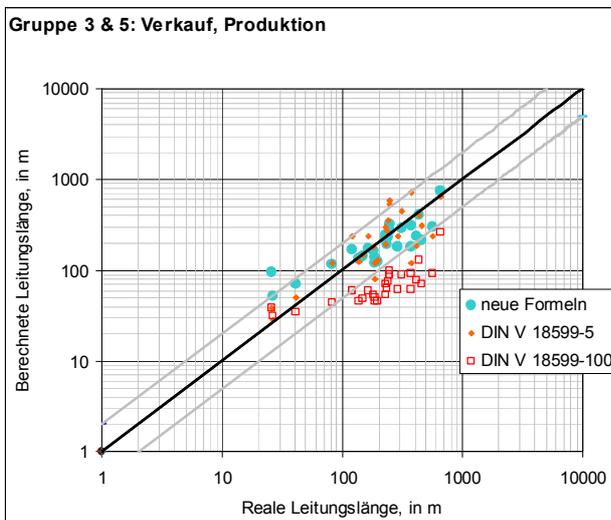
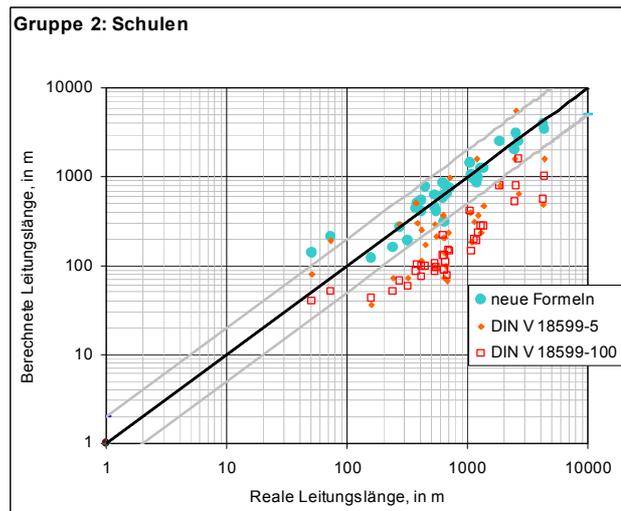
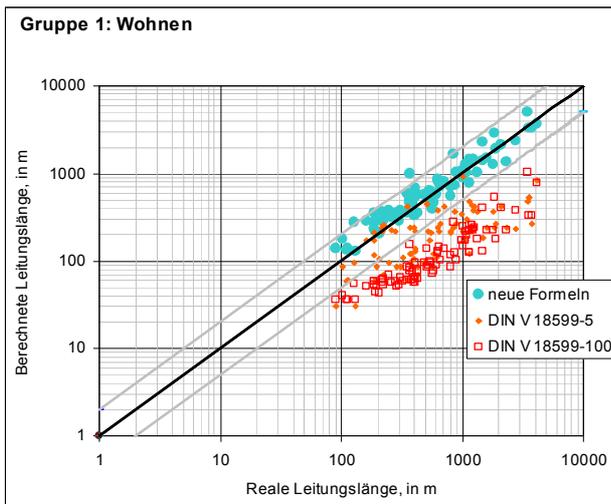


Bild 69 Gegenüberstellung der Ansätze, Heizung, Netz A, Verteilung

Steigestränge

Die Anzahl der Steigestränge ist bei dem Netztyp in der Realität sehr gering, was von den neuen Formeln wiedergegeben wird. Die neu berechneten Kennwerte liegen wie die realen Kennwerte bei allen Gebäudegruppen unter den derzeitigen Normwerten – bei etwa nur 6 ... 15 % der Werte nach heutigen Normen.

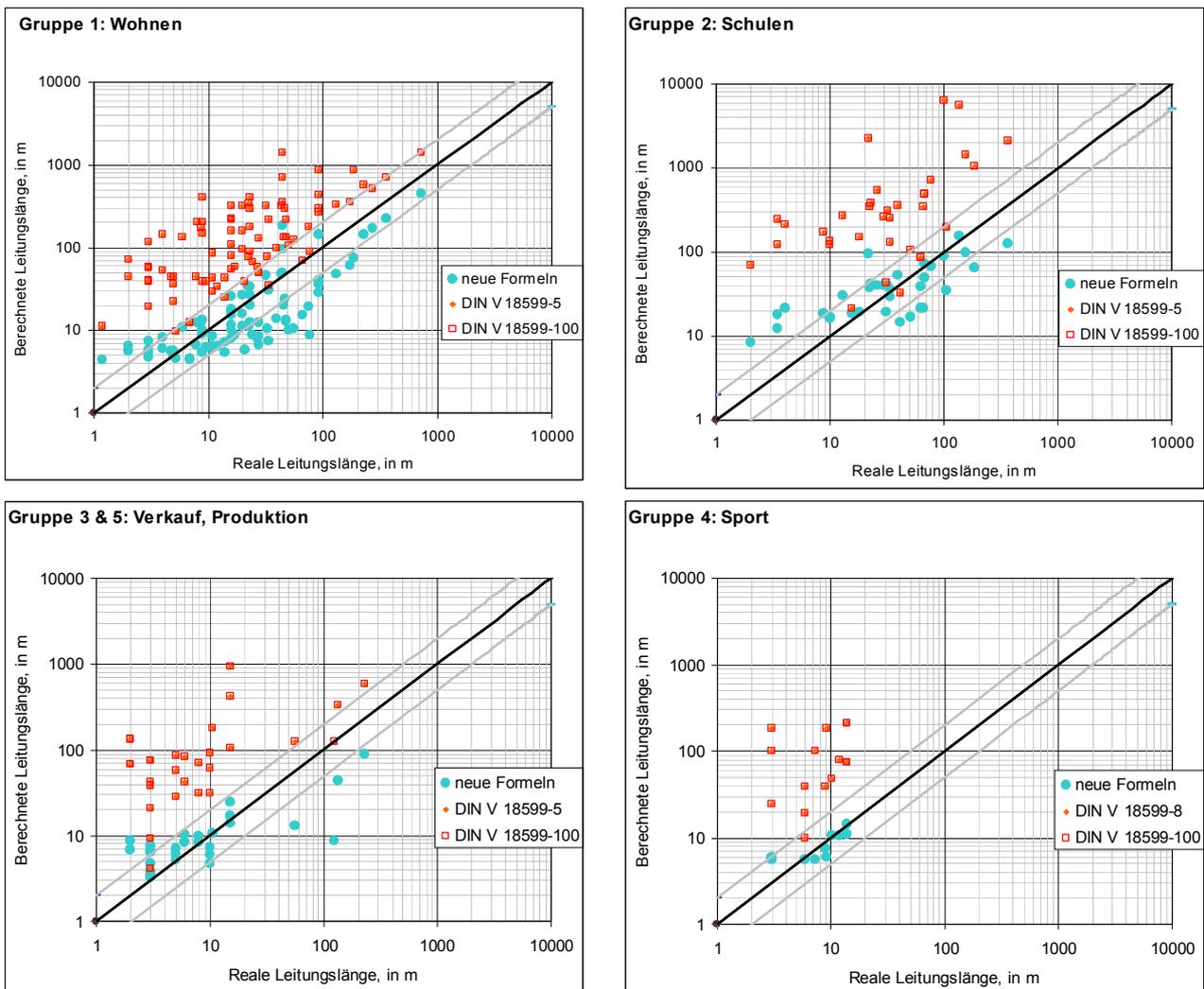


Bild 70 Gegenüberstellung der Ansätze, Heizung, Netz A, Steigestränge

Anbindeleitungen

Die Anbindeleitungen sind in der Realität ebenfalls sehr kurz, was von den geltenden Formeln der DIN V 18599-5 und -100 nicht widerspiegelt wird. Die neu berechneten Kennwerte und die Realwerte liegen bei allen Gebäudegruppen unter den derzeitigen Normwerten, bei etwa 6 ... 25 % der derzeitigen berechneten Werte. Die größte Abweichung gibt es in der Gebäudegruppe 2.

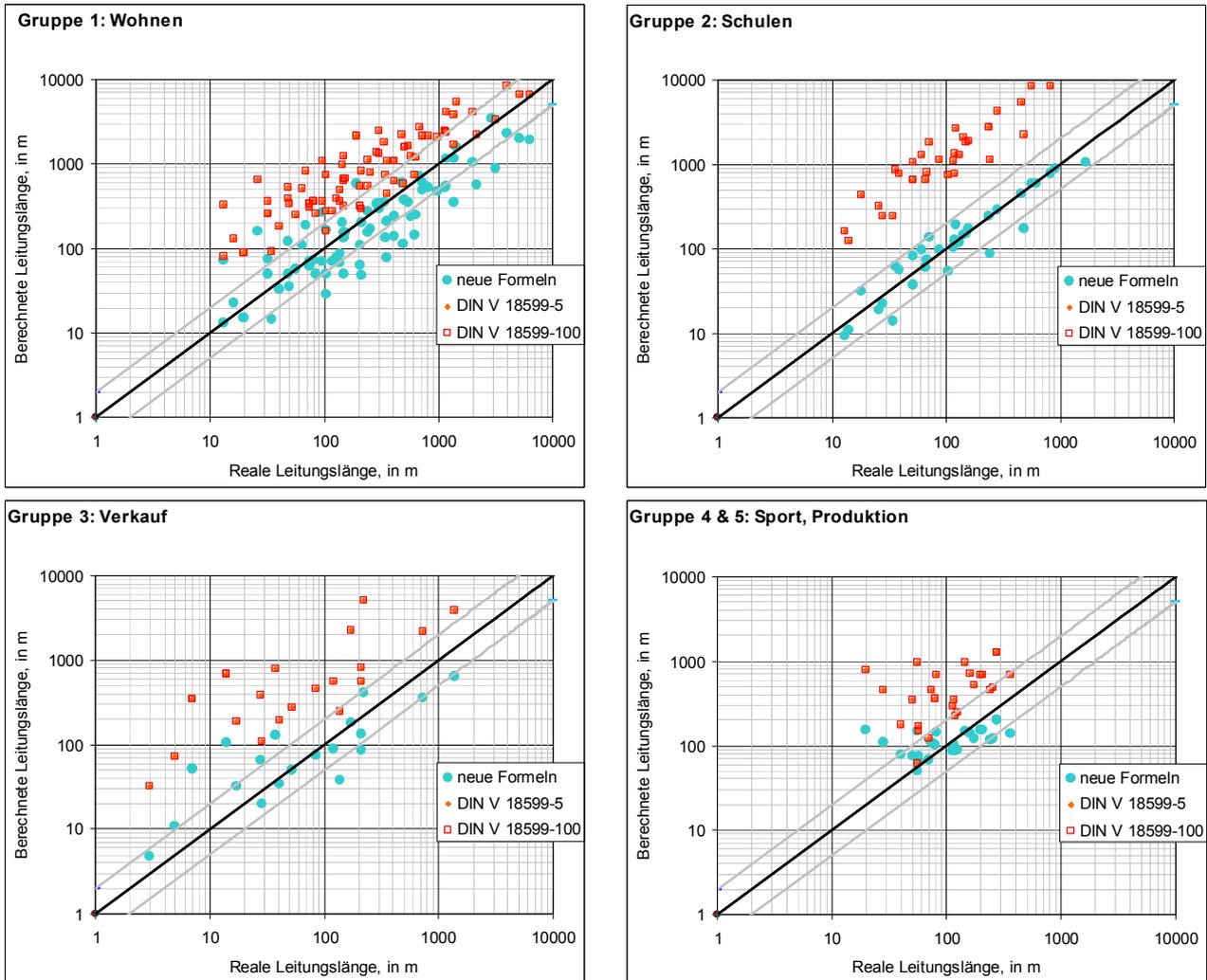
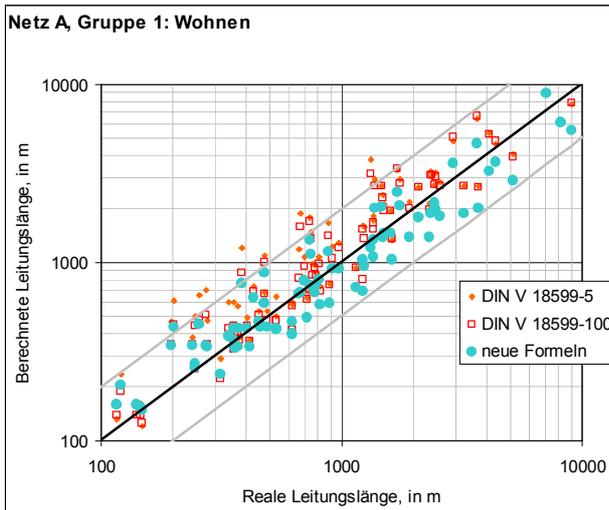


Bild 71 Gegenüberstellung der Ansätze, Heizung, Netz A, Anbindeleitung

Gesamtnetz

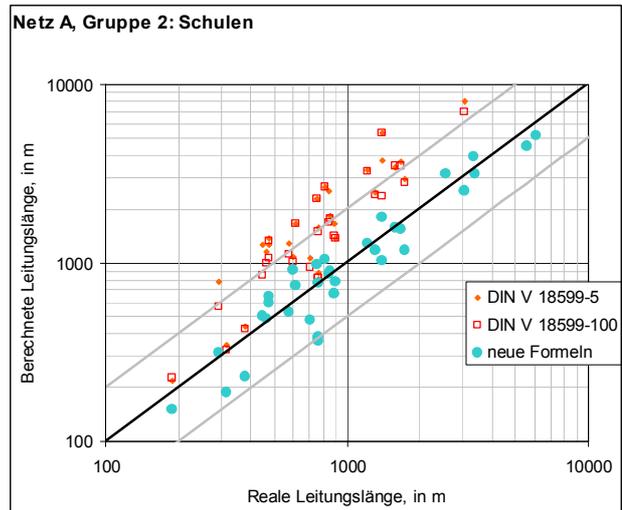
Das A-Netz wird mit den gefundenen Formeln erstmalig realitätsnah abgebildet, was sinnvoll ist, weil es im Nichtwohnbau oft installiert wird. Dieser Netztyp wurde von der bisherigen DIN V 18599 nicht erfasst. Die neuen Formeln führen im Wohnbau zu etwas geringeren Werten als die DIN V 18599-100. Die eigentliche Verbesserung in der Annäherung ist bei den typischen Nichtwohngebäuden der Gruppen 2 – 5 zu erkennen. Hier werden im Schnitt nur halb so große Gesamtlängen ermittelt wie nach der derzeit geltenden DIN V 18599.



$$L_{\text{DIN V 18599-5}} / L_{\text{real}} = 1,41$$

$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 1,26$$

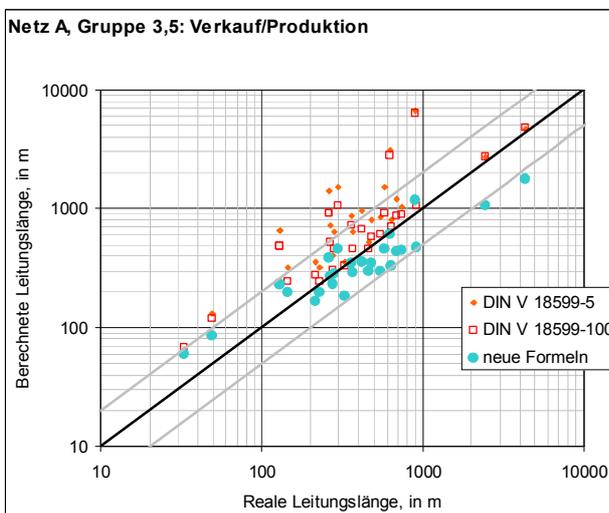
$$L_{\text{neue Formel}} / L_{\text{real}} = 1,02$$



$$L_{\text{DIN V 18599-5}} / L_{\text{real}} = 2,67$$

$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 2,45$$

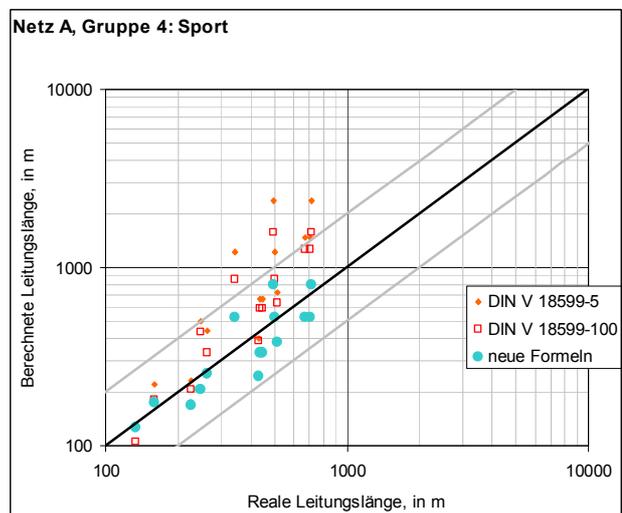
$$L_{\text{neue Formel}} / L_{\text{real}} = 0,96$$



$$L_{\text{DIN V 18599-5}} / L_{\text{real}} = 2,65$$

$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 2,07$$

$$L_{\text{neue Formel}} / L_{\text{real}} = 0,99$$



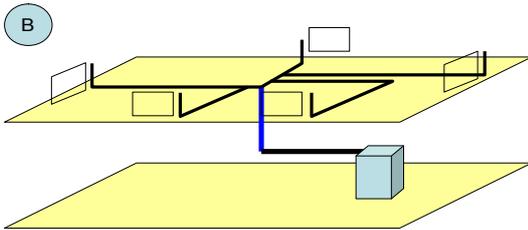
$$L_{\text{DIN V 18599-5}} / L_{\text{real}} = 2,05$$

$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 1,60$$

$$L_{\text{neue Formel}} / L_{\text{real}} = 0,95$$

Bild 72 Gegenüberstellung der Ansätze, Heizung, Netz A

9.1.2 B-Netz



kurze Verteilebene
wenige Steigestränge
lange Anbindeleitungen

Verteilung

Die Verteilleitungen fallen bei dem Netztyp in der Realität extrem kurz aus, was von den neuen und den bisherigen Formeln gut widerspiegelt wird – wobei die Werte der DIN V 18599-5 etwas zu hoch und der DIN V 18599-100 etwas zu gering (bezogen auf die vorgefundenen realen Längen) liegen. Die neuen Kennwerte für die Verteilnetze liegen etwa in der Mitte. Sie geben die Verhältnisse bei Nichtwohngebäude jedoch sicherer – mit etwas geringerer Streuung – wieder.

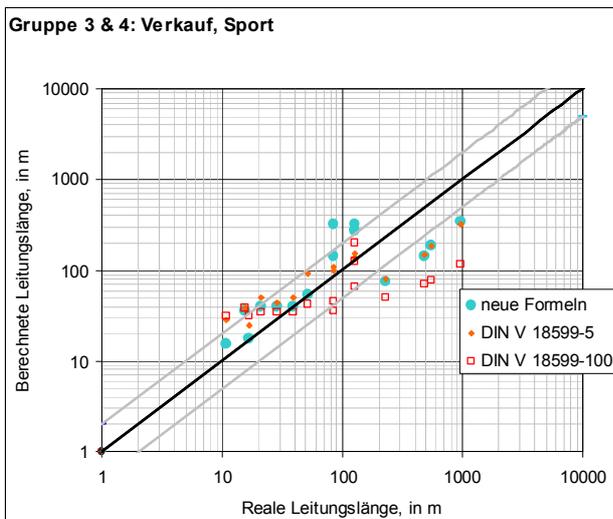
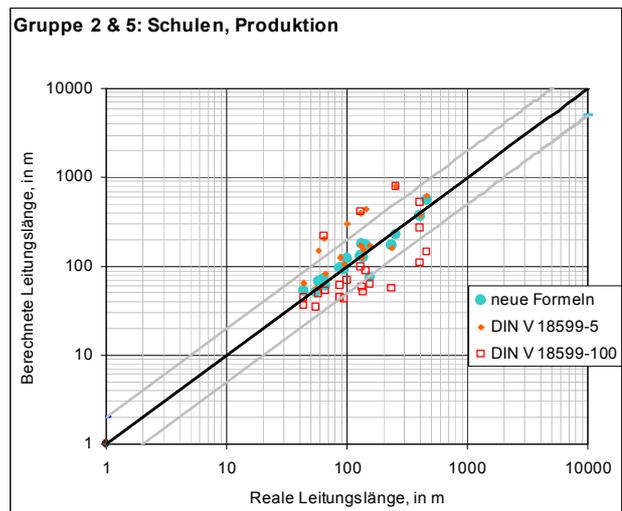
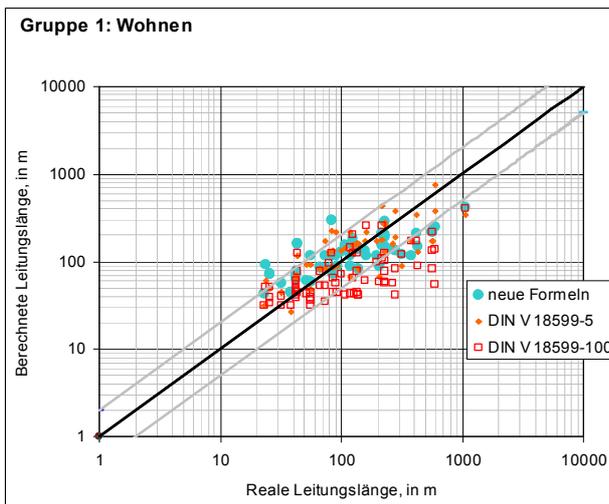


Bild 73 Gegenüberstellung der Ansätze, Heizung, Netz B, Verteilung

Steigestränge

In dem Netztyp sind sehr wenige Meter Steigeleitungen verlegt. Die neuen Formeln spiegeln dies wieder und führen zu etwa 1/3 bis 1/4 so hohen Kennwerten wie die derzeitigen Normen. In allen Fällen ist die Streuung der Rechenwerte – egal welches Rechenverfahren – extrem hoch. Offensichtlich lassen sich Steigleitungslängen schlecht mit einer verallgemeinerbaren Formel abschätzen.

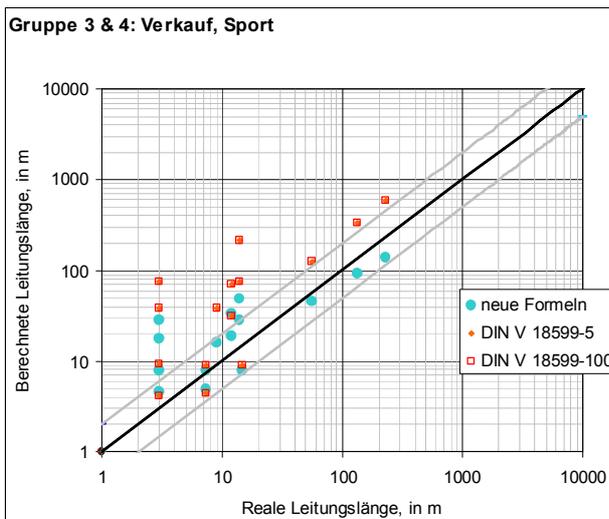
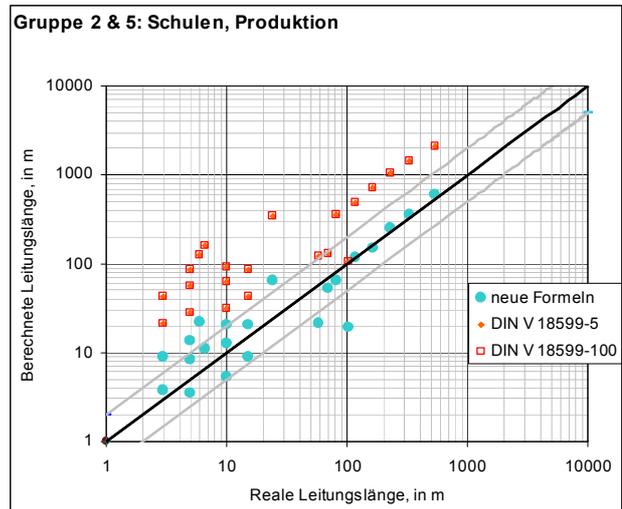
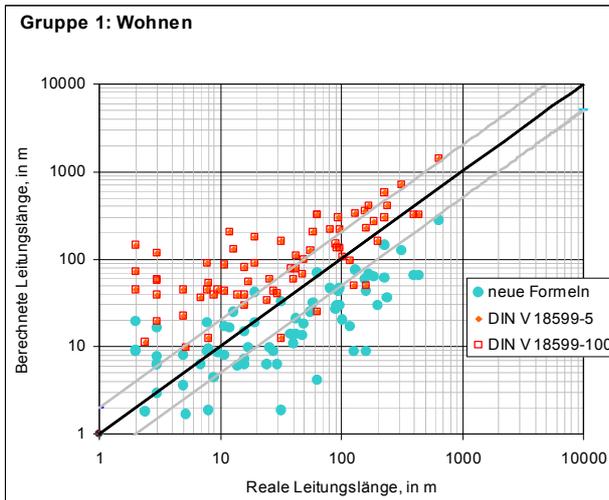


Bild 74 Gegenüberstellung der Ansätze, Heizung, Netz B, Steigestränge

Anbindeleitungen

Bei den Anbindeleitungen ergeben sich mit den neuen Formeln etwa genauso lange Leitungen wie nach den Ansätzen der DIN V 18599-5 und -100. Einzige Ausnahme bildet die Gruppe 2 Schulen, in welcher die neuen Werte unter denen der heutigen Normen liegen.

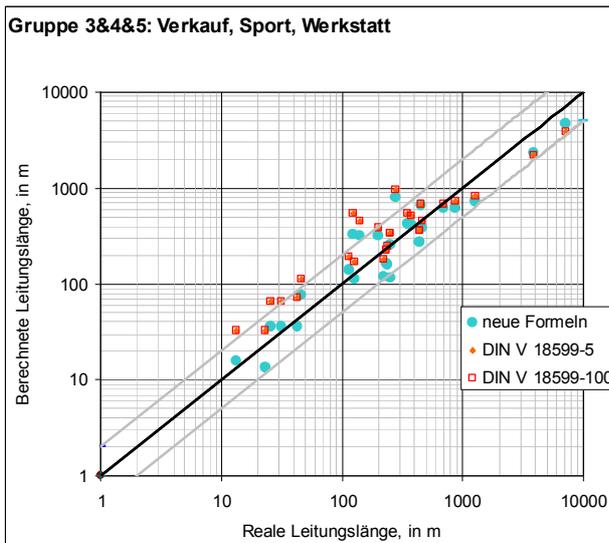
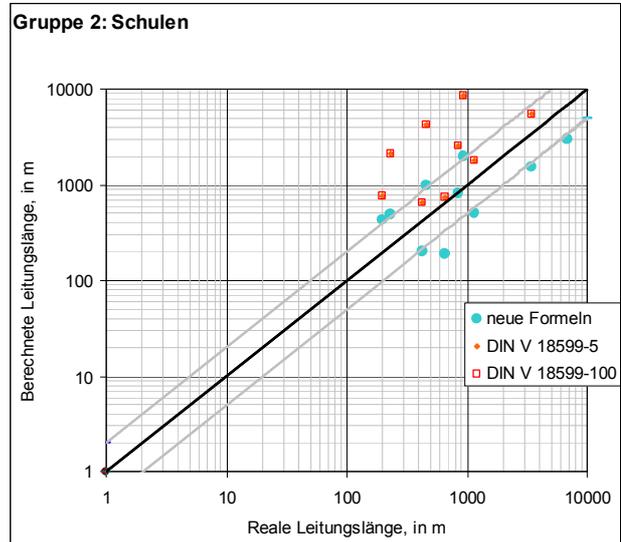
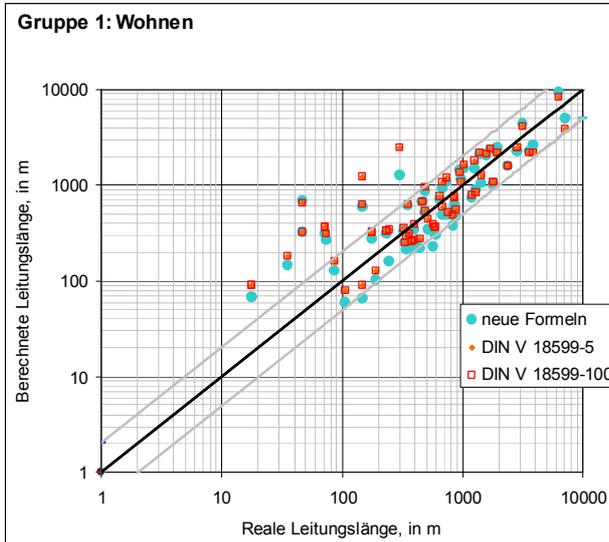
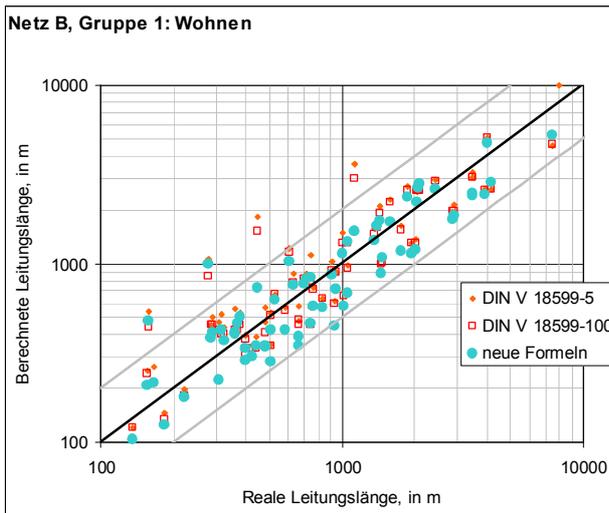


Bild 75 Gegenüberstellung der Ansätze, Heizung, Netz B, Anbindeleitung

Gesamtnetz

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

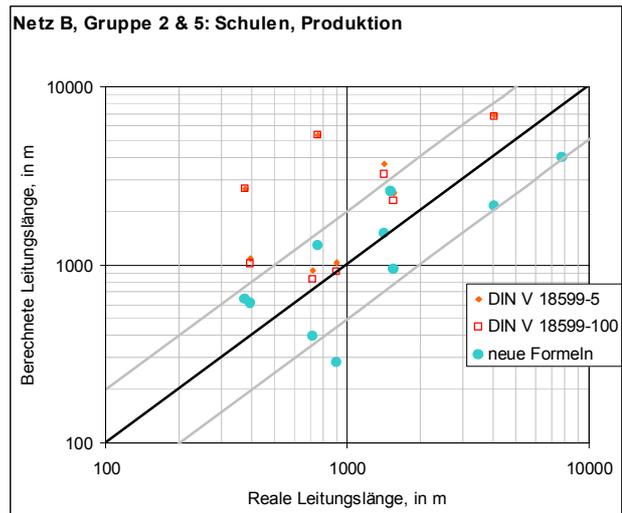
Die neuen Formeln führen im Wohnbau und bei Verkaufs- und Sportstätten zu etwas geringeren Werten als die DIN V 18599. Die eigentliche Verbesserung in der Annäherung ist bei Produktionsstätten und Schulen zu erkennen. Hier werden im Schnitt nur ein Drittel so große Gesamtlängen ermittelt wie nach der derzeit geltenden DIN V 18599.



$$L_{\text{DIN V 18599-5}} / L_{\text{real}} = 1,26$$

$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 1,14$$

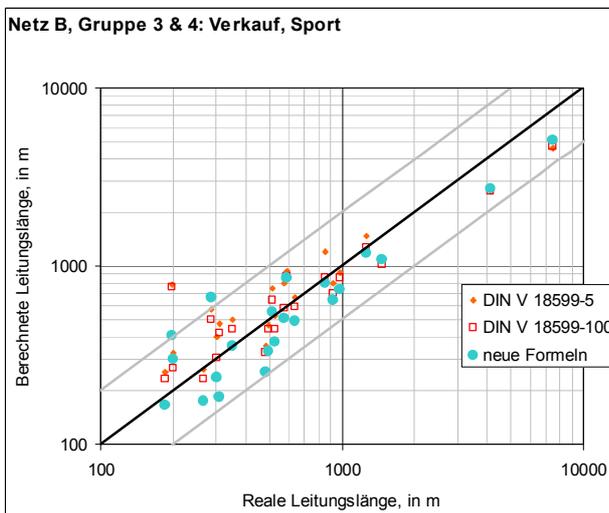
$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 1,02$$



$$L_{\text{DIN V 18599-5}} / L_{\text{real}} = 3,38$$

$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 3,29$$

$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 1,01$$



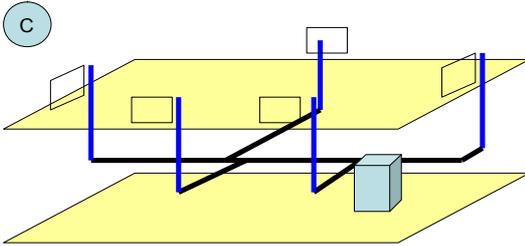
$$L_{\text{DIN V 18599-5}} / L_{\text{real}} = 1,39$$

$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 1,25$$

$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 0,99$$

Bild 76 Gegenüberstellung der Ansätze, Heizung, Netz B

9.1.3 C-Netz



lange Verteilebene
viele Steigestränge
kurze Anbindeleitungen

Verteilung

Die Verteilleitungen fallen bei dem Netztyp in der Realität eher lang aus, was von den neuen Formeln gut widergespiegelt wird. Die neuen Kennwerte und die Realwerte für die Verteilebene liegen 1,5-mal über den derzeitigen Normwerten nach DIN V 18599-5 bzw. ca. 2 ... 3 Mal über den Kennwerten nach DIN V 18599-100.

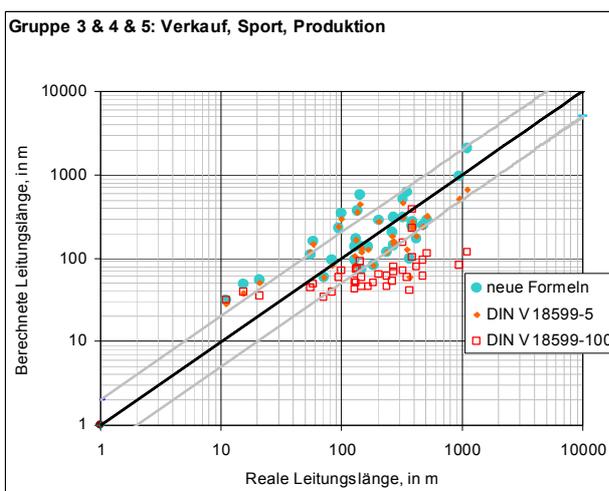
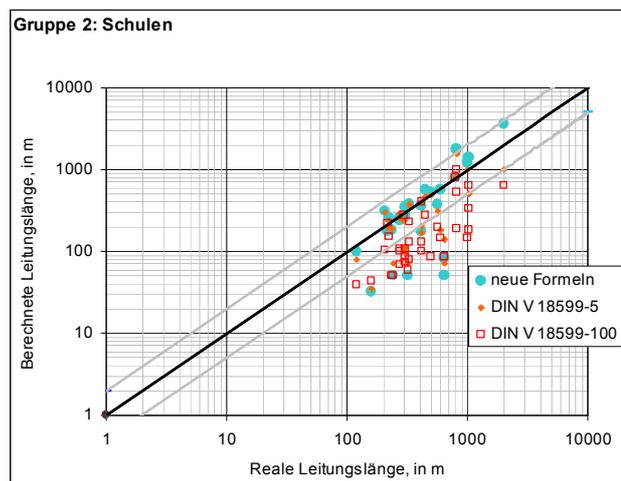
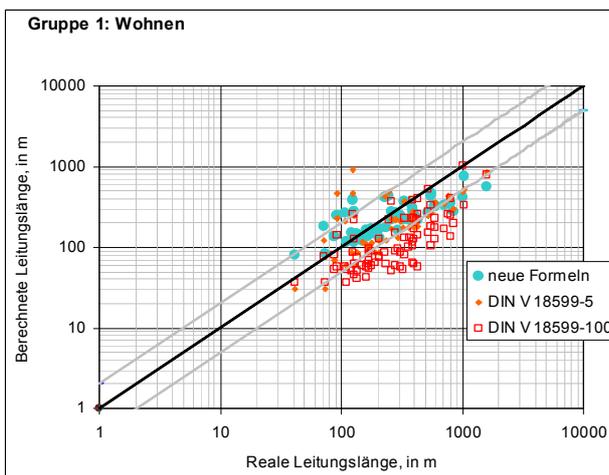


Bild 77 Gegenüberstellung der Ansätze, Heizung, Netz C, Verteilung

Steigestränge

Mit den neuen Formeln werden im Wohnbau (bzw. in Gebäudegruppe 1) etwa doppelt so lange Steigeleitungen berechnet als nach derzeit geltenden Normen. Bei Nichtwohnbauten (Gruppen 2 bis 5) lässt sich keine eindeutige Tendenz feststellen. Die neuen Kennwerte liegen leicht über oder unter den derzeitigen Normkennwerten. Die unten stehenden Grafiken illustrieren die Verhältnisse.

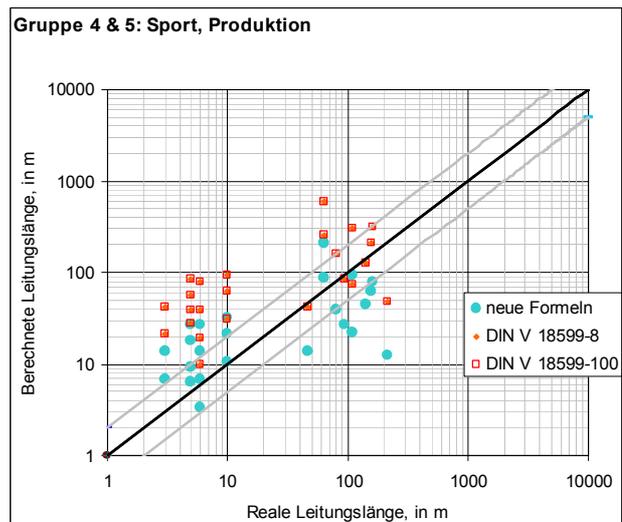
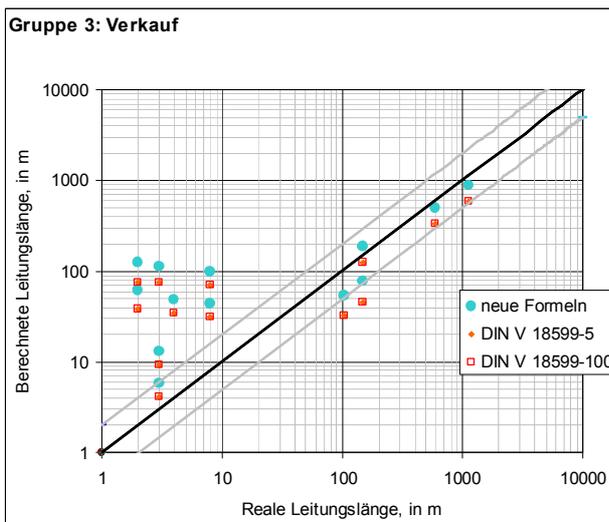
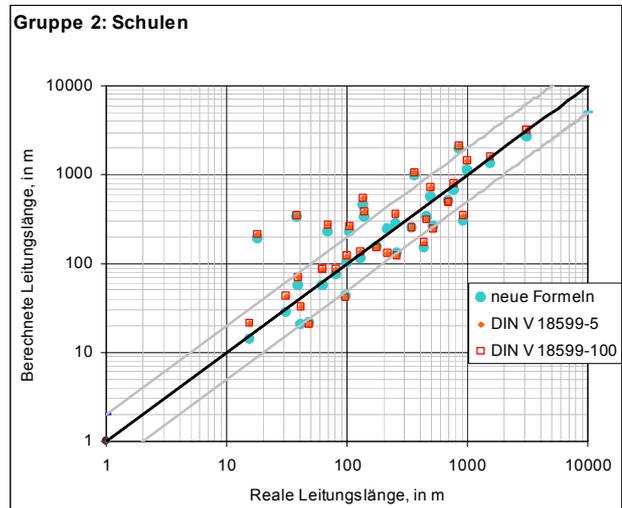
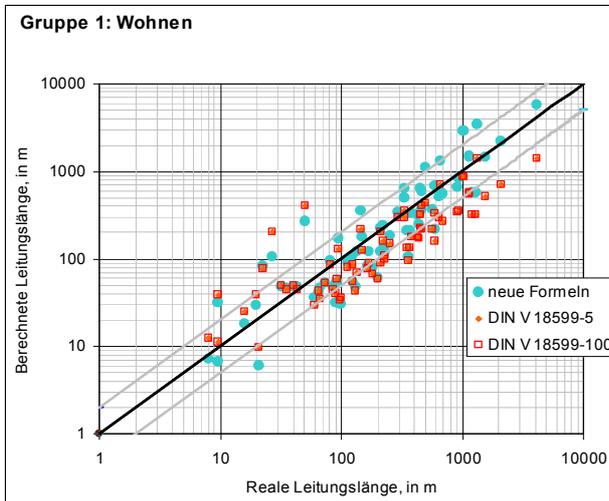


Bild 78 Gegenüberstellung der Ansätze, Heizung, Netz C, Steigestränge

Anbindeleitungen

Die Anbindeleitungen fallen bei diesem Netztyp in der Realität deutlich kürzer aus, als die Normen dies derzeit berechnen. Es ergeben sich im Mittel für die Gruppe 1 (Wohnbau) nur ca. 1/3 der Längen anhand der neuen Formeln. Für die Nichtwohnbauten sind die anhand der neuen Formel abgeschätzten Längen etwa 20 ... 30 % so lang wie nach DIN V 18599 derzeit berechnet. Deutlichste Abweichungen ergeben sich bei der Gruppe 2 (Schulen).

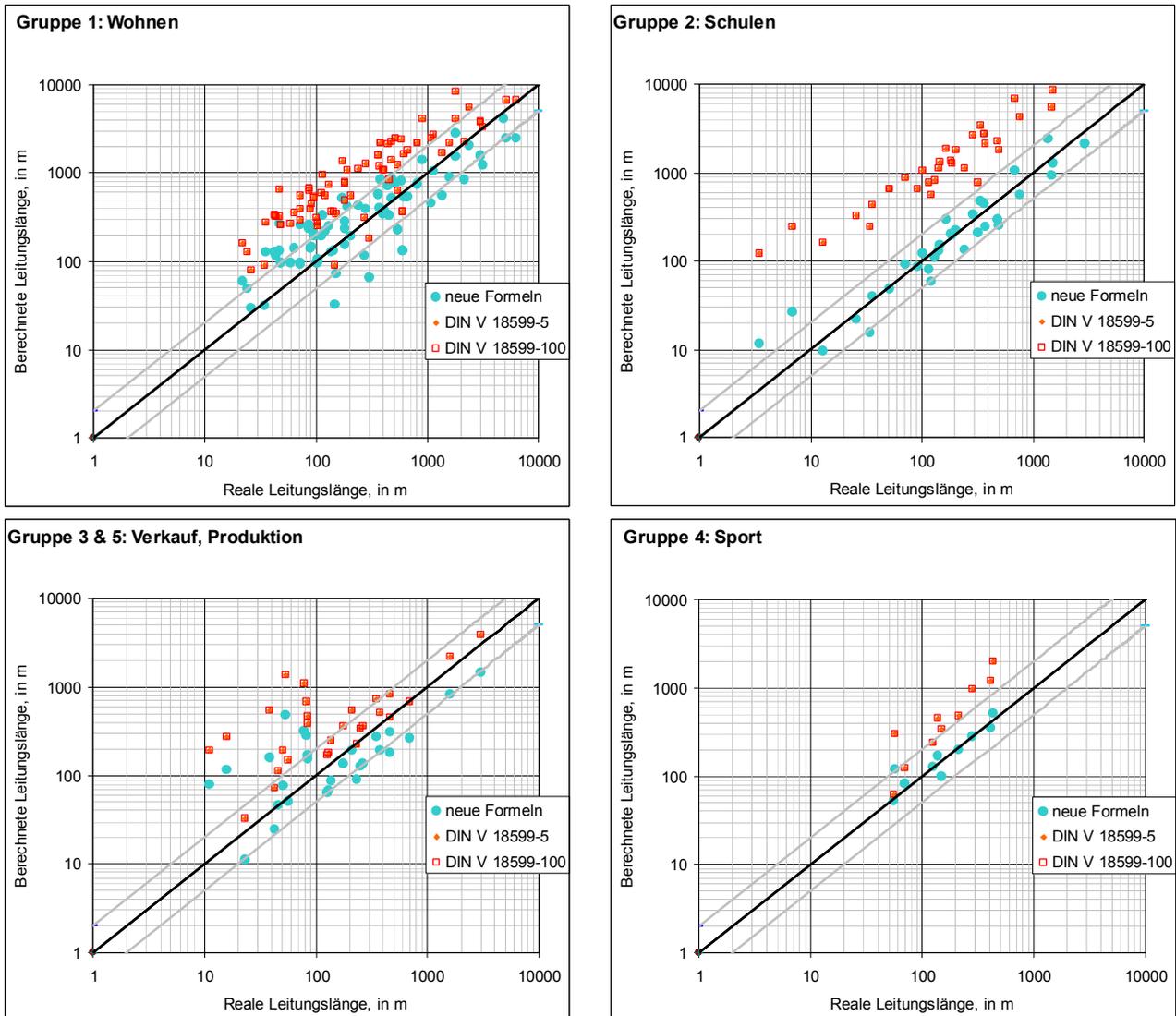
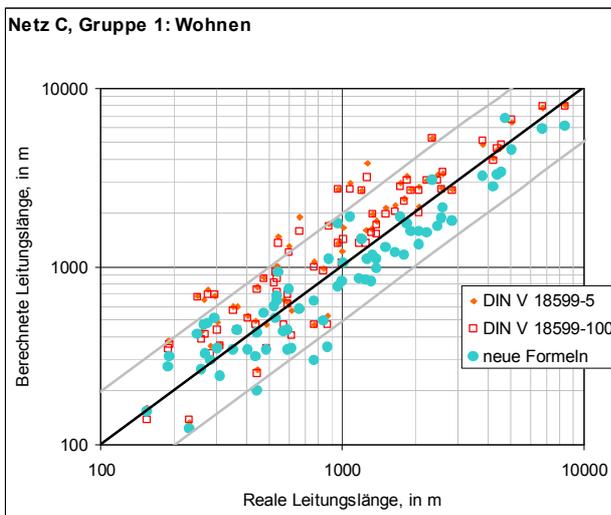


Bild 79 Gegenüberstellung der Ansätze, Heizung, Netz C, Anbindeleitung

Gesamtnetz

Das C-Netz wurde in der untersuchten Stichprobe am häufigsten vorgefunden. Die neuen Formeln bilden die Verteilungen 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 überschätzt. Es sind in der Realität kürzere Netze vorhanden. Beim Wohnbau (Gruppe 1) 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 große Werte. Am deutlichsten überschätzt werden die Netze in Schulen und ähnlichen Objekten (Gruppe 2).

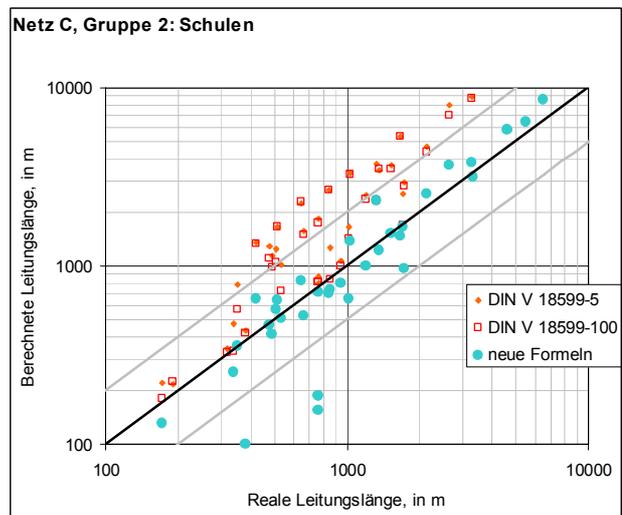
Die neuen Formelabsätze erreichen keine 100 %-ige Annäherung an die Realwerte, sondern liegen zwischen 92 und 105 %, dafür liefern die Einzelformeln für Verteilung, Steigestränge und Anbindung eine größere Näherung.



$$L_{\text{DIN V 18599-5}} / L_{\text{real}} = 1,53$$

$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 1,43$$

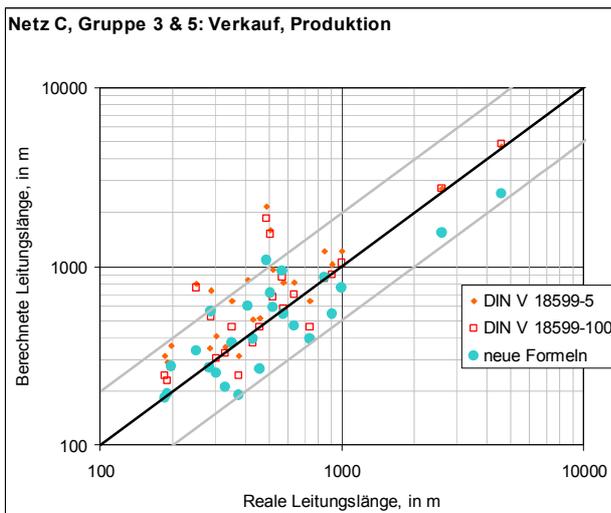
$$L_{\text{neue Formel}} / L_{\text{real}} = 0,96$$



$$L_{\text{DIN V 18599-5}} / L_{\text{real}} = 2,26$$

$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 2,08$$

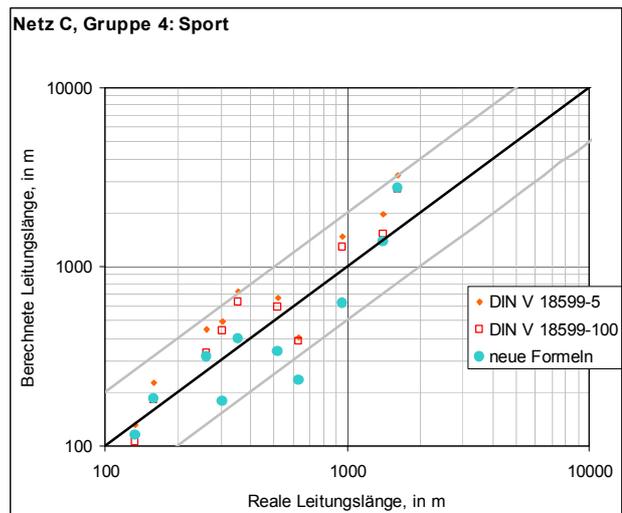
$$L_{\text{neue Formel}} / L_{\text{real}} = 0,93$$



$$L_{\text{DIN V 18599-5}} / L_{\text{real}} = 1,68$$

$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 1,41$$

$$L_{\text{neue Formel}} / L_{\text{real}} = 1,05$$



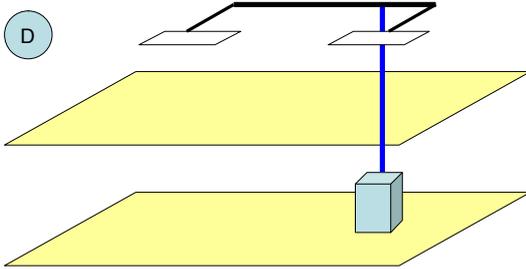
$$L_{\text{DIN V 18599-5}} / L_{\text{real}} = 1,46$$

$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 1,22$$

$$L_{\text{neue Formel}} / L_{\text{real}} = 0,92$$

Bild 80 Gegenüberstellung der Ansätze, Heizung, Netz C

9.1.4 D-Netz



kurze Verteilebene
kurze Steigestränge
kurze Anbindeleitungen

Verteilung

Die Leitungslängen dieses eher nichtwohnbautypischen Netztyps konnten mit den bisherigen Normen nicht realistisch geschätzt werden. Die Verteilleitungen werden mit den neuen Gleichungen deutlich länger eingeschätzt, sofern es sich um die Gebäudegruppe 1 (Wohnen) handelt (Faktor 3 ... 4 bezogen auf die heutigen Kennwerte). Bei den anderen Gebäudegruppen liegen die neuen Schätzwerte in etwa mittig zwischen denen aus DIN V 18599. DIN V 18599-5 lieferte im Mittel etwas zu hohe, DIN V 18599-100 deutlich zu niedrige Kennwerte.

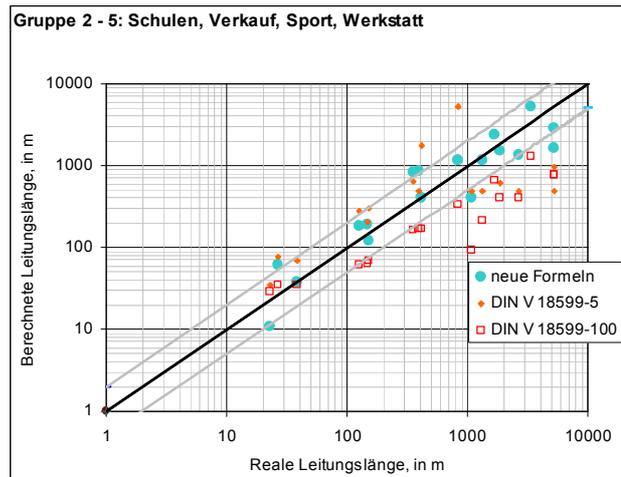
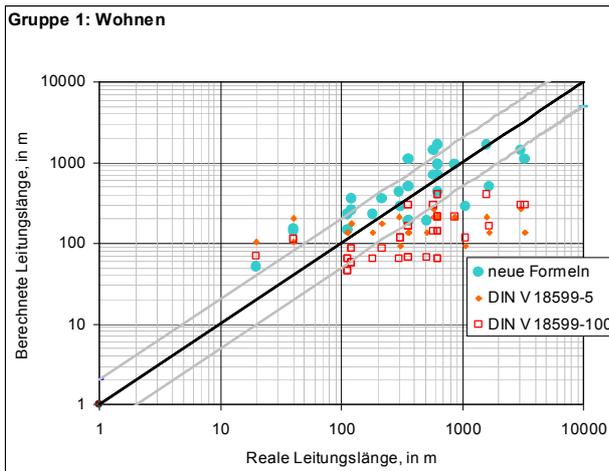


Bild 81 Gegenüberstellung der Ansätze, Heizung, Netz D, Verteilung

Steigestränge

Die Steigestränge werden anhand der neuen Formeln bei der Gebäudegruppe 1 (Wohnen) nur etwa ein Drittel so lang berechnet wie nach den derzeitigen Normen DIN V 18599-5 oder -100. Bei Nichtwohnbauten mit diesem Netztyp ergeben sich in der Realität und nach den neuen Formeln nur etwa 2 % (!) so lange Steigestränge wie derzeit berechnet.

Hier liefern die neuen Ansätze ein deutlich realistischeres Bild, wenngleich festzustellen ist, dass jeglicher Formelansatz – DIN V 18599 oder neue Formeln – die Länge der Steigestränge jeweils nur mittelmäßig wiedergibt. Es ist insgesamt jeweils eine große Streuung der Werte zu erkennen.

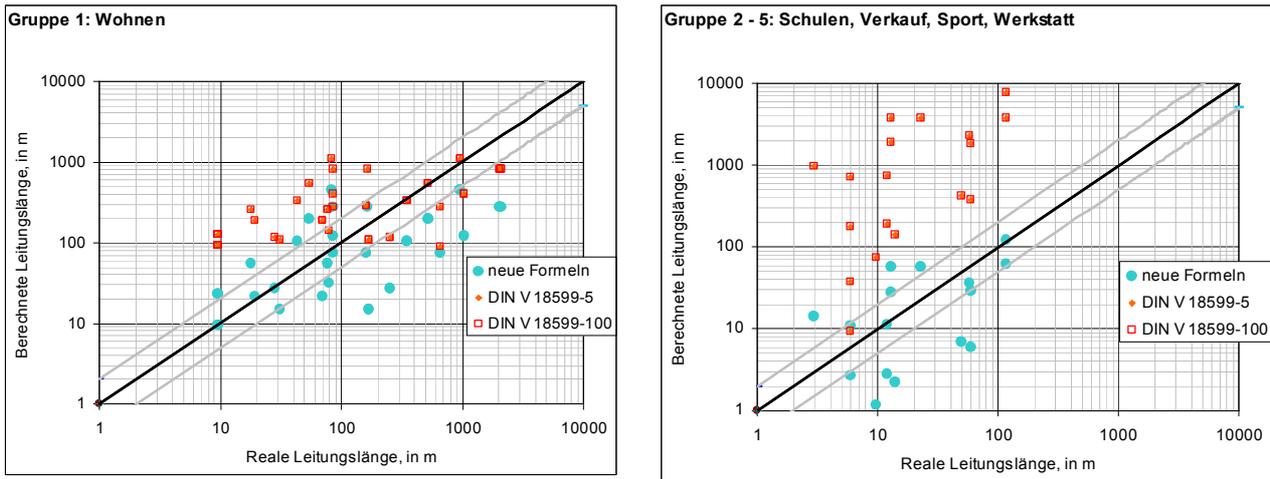


Bild 82 Gegenüberstellung der Ansätze, Heizung, Netz D, Steigestränge

Anbindeleitungen

Die Anbindeleitungen bei Wohnbauten und ähnlichen Objekten (Gruppe 1) werden mit den derzeit geltenden Normen etwa doppelt so lang berechnet wie in der Realität. Bei den Nichtwohnbautungen ist der Unterschied bedeutend ausgeprägter. Es sind in der Realität im Mittel nur etwa 3 % (!) so lange Anbindeleitungen vorhanden als nach DIN V 18599 geschätzt.

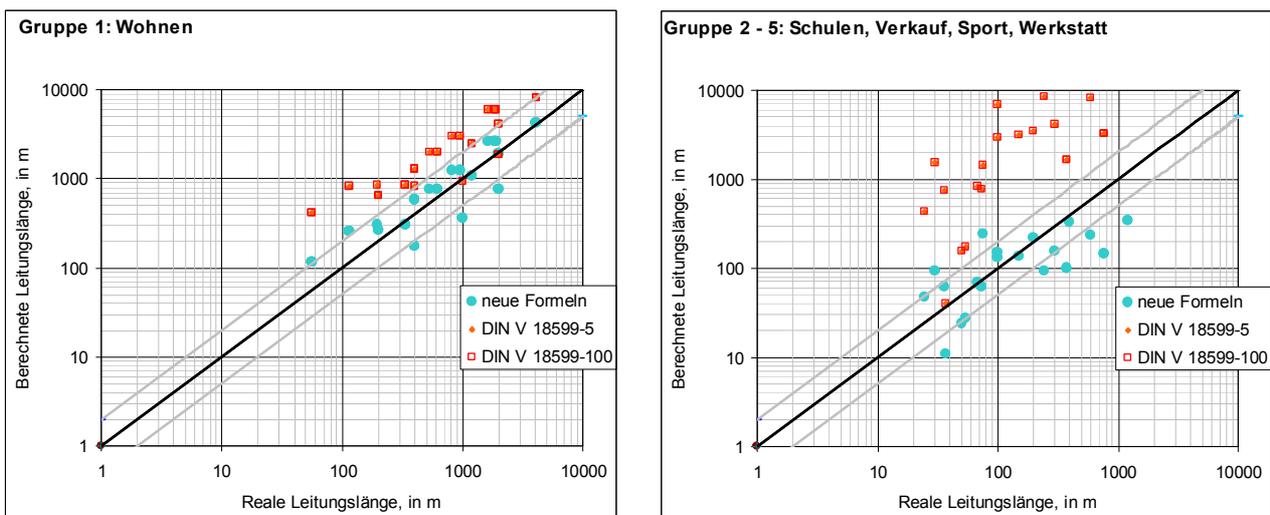
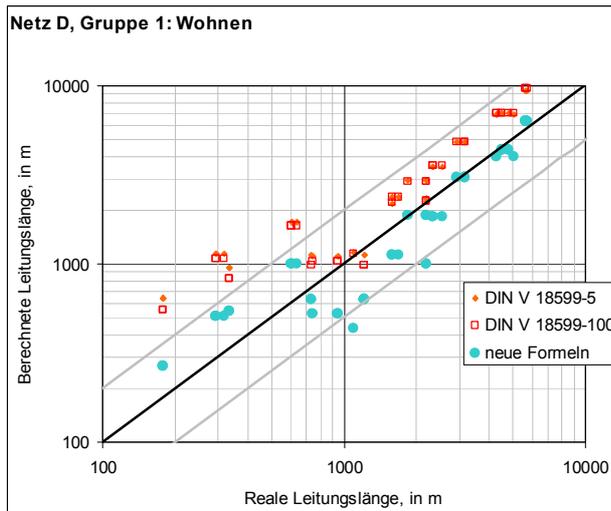


Bild 83 Gegenüberstellung der Ansätze, Heizung, Netz D, Anbindeleitung

Gesamtnetz

Das D-Netz, welches oft in Sporthallen oder Verkaufsstätten zu finden ist, 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.

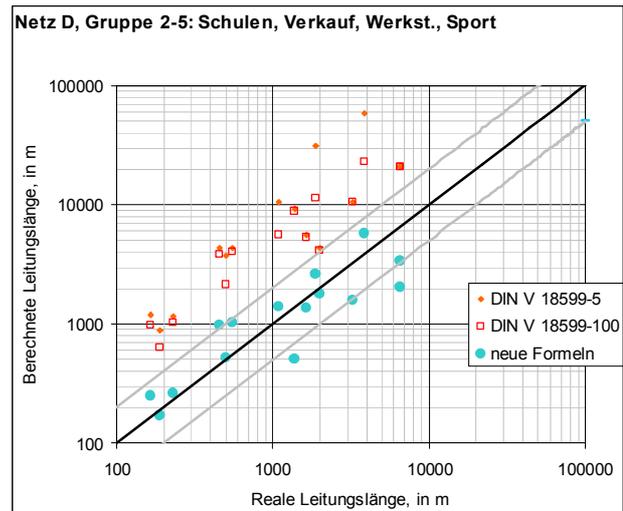
Die neuen Formeln führen im Wohnbau zu etwa halb so großen Werten als nach den bisherigen Ansätzen der DIN V 18599-5 oder -100. Bei den ausgeprägten Nichtwohnbaunetzen, liefern die neuen Formeln angelehnt an die Realwerte nur etwa 1/5 der Leitungslängen der DIN V 18599. Hier ist eine deutliche Verbesserung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



$$L_{\text{DIN V 18599-5}} / L_{\text{real}} = 1,93$$

$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 1,83$$

$$L_{\text{neue Formel}} / L_{\text{real}} = 1,03$$



$$L_{\text{DIN V 18599-5}} / L_{\text{real}} = 6,25$$

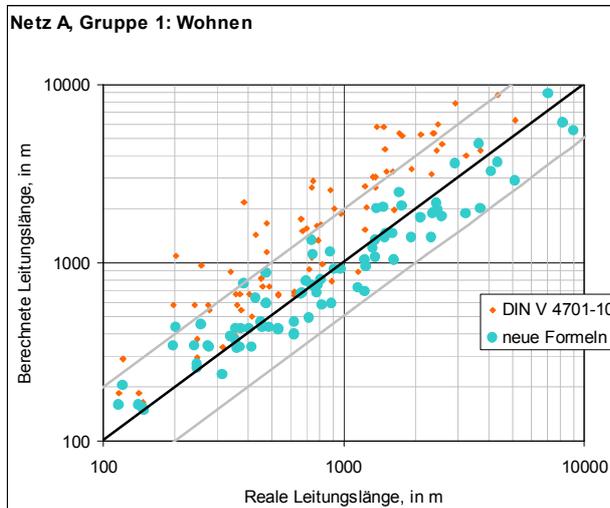
$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 4,83$$

$$L_{\text{neue Formel}} / L_{\text{real}} = 1,00$$

Bild 84 Gegenüberstellung der Ansätze, Heizung, Netz D

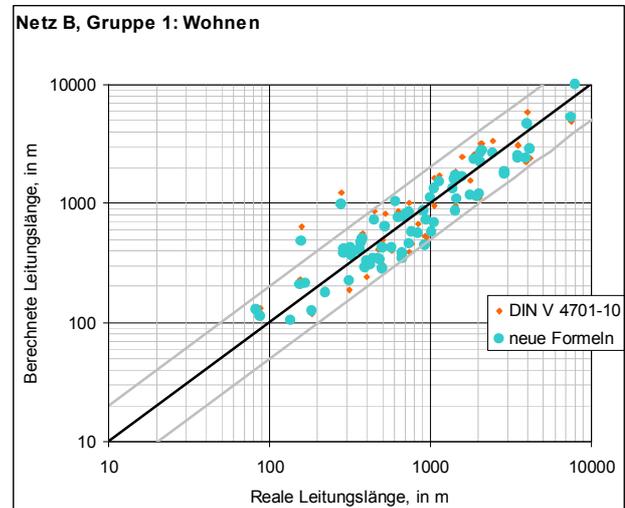
9.1.5 Vergleich mit der DIN V 4701-10

Die Werte nach den neuen Formeln werden in untenstehender Grafik den Gesamtkennwerten der DIN V 4701-10 gegenübergestellt. Dabei wird nur die Gebäudegruppe 1 "Wohnen" ausgewertet, welche die eigentlichen Wohngebäude sowie wohnähnliche Objekte enthält.



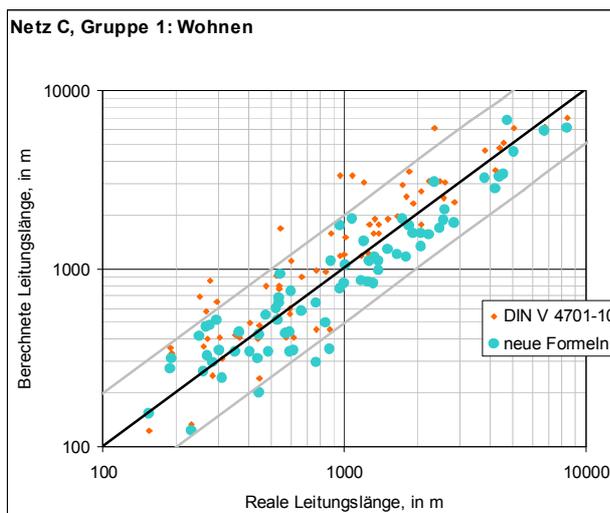
$$L_{\text{DIN V 4701-10}} / L_{\text{real}} = 2,08$$

$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 1,02$$



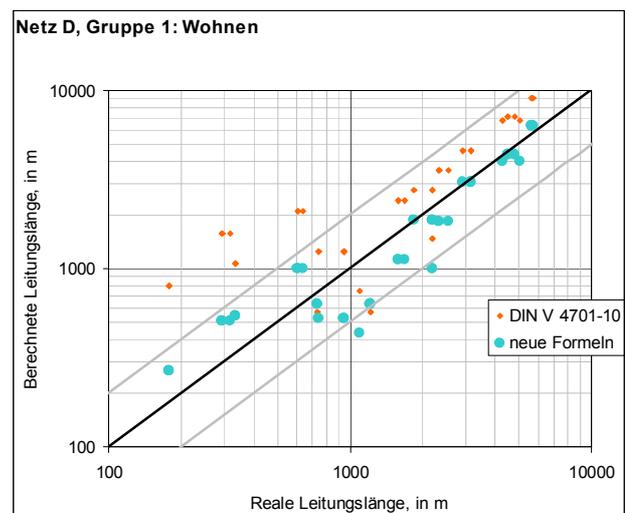
$$L_{\text{DIN V 4701-10}} / L_{\text{real}} = 1,13$$

$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 1,02$$



$$L_{\text{DIN V 4701-10}} / L_{\text{real}} = 1,39$$

$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 0,96$$



$$L_{\text{DIN V 4701-10}} / L_{\text{real}} = 2,11$$

$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 1,03$$

Bild 85 Vergleich mit DIN V 4701-10, Heizung, alle Netze, nur Gruppe 1 "Wohnen"

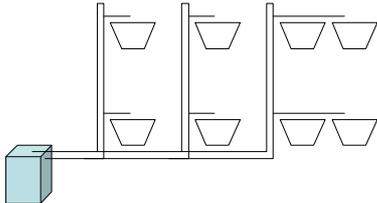
Die DIN V 4701-10 führt beim Netztyp B zu fast vergleichbaren Leitungslängen wie die neuen Formelansätze. Hier ergibt sich eine Überschätzung von etwa 13 % bezogen auf die realen verlegten Gesamtlängen. Der Netztyp C wird mit der DIN V 4701-10 etwa 40 % überschätzt. Die Netztypen A und D werden mit der DIN V 4701-10 bislang nicht korrekt abgebildet. Hier ergeben sich nach den Normen etwa doppelt so lange Leitungslängen als in der Realität vorhanden sind.

Insgesamt kann auch in Vergleich zur DIN V 4701-10 festgestellt werden, dass die neuen Formeln die realen Netze besser abbilden. Die Normwerte liegen im Schnitt höher als die Reallängen.

9.2 Leitungslängen für Trinkwarmwassernetze

Die Ergebnisse der gefundenen neuen Formelansätze werden in den nachfolgenden Abschnitten getrennt nach Netzart und Rohrabschnitt den realen Daten und den Normkennwerten gegenüber gestellt. Die ersten drei Unterkapitel widmen sich dabei den Vergleichen mit der DIN V 18599, das letzte Unterkapitel stellt die neuen Ansätze den Werten nach DIN V 4701-10 für den Wohnbau gegenüber.

9.2.1 R-Netz



eine Verteilebene waagrecht (mit Zirkulation)
mehrere Steigestränge (mit Zirkulation)
Anbindung vom Steigestrang kurz
typisch bei übereinander liegenden (gleichen) Einheiten

Verteilung

Diese Netzform weist vergleichsweise kurze Verteilleitungen auf.

Wohnnutzungen (Gruppe 1): Bei Wohngebäuden liefern die Formeln der geltenden DIN V 18599 zu kleine Leitungslängen für diesen Netztyp. Unabhängig, ob ein Ein- oder Mehrzoner zugrunde gelegt wird, in der Realität und anhand der neuen Formeln ergeben sich etwa 2 Mal längere Leitungen als nach DIN V 18599-8 oder -100.

Bei dieser Gebäudegruppe liefern Ein- oder Mehrzonenmodell vergleichbar gute Abschätzungen mit den neuen Formeln.

Nichtwohnnutzungen (Gruppen 2 – 4): Werden bei den Nichtwohnnutzungen die Geometriedaten des gesamten Gebäudes – und nicht nur der Sanitärbereiche – zugrunde gelegt, dann ergeben die geltenden DIN Normen in etwa realistische Leitungslängen. Ist die Basis jedoch nur der Sanitärbereich des Gebäudes, werden Leitungslängen wie im Wohnbau deutlich zu klein geschätzt.

Für die neuen Formeln ist zu festzustellen, dass die Wiedergabe der Realität auf Basis eines Ein- oder eines Mehrzonenmodells etwa gleich gut gelingt.

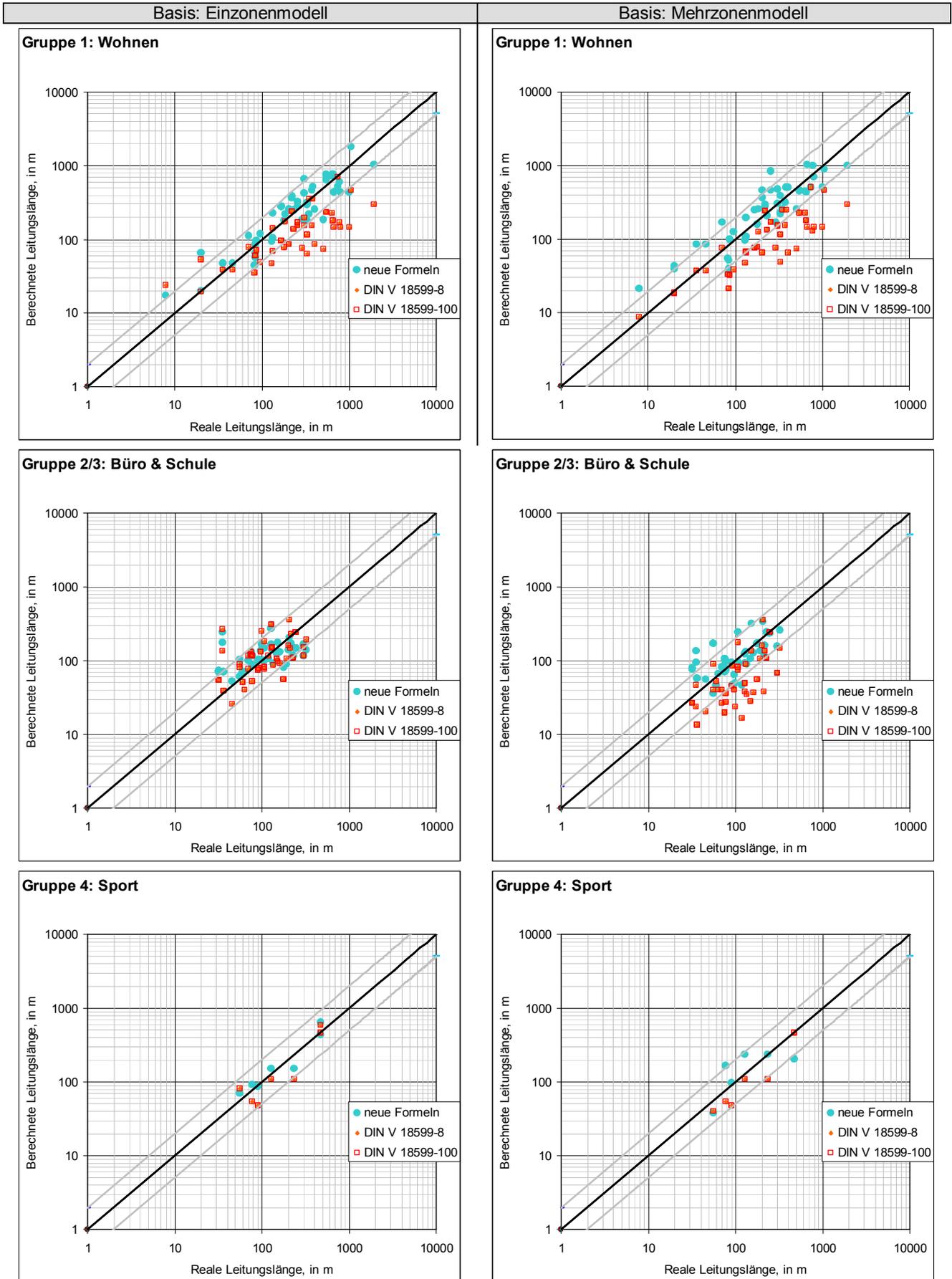


Bild 86 Gegenüberstellung der Ansätze, Trinkwarmwasser, R-Netz, Verteilung Steigestränge

Dieser Netztyp weist vergleichsweise lange Steigestränge auf.

Wohnnutzungen (Gruppe 1): unabhängig von der Wahl eines Ein- oder eines Mehrzonenmodells überschätzt die DIN V 18599-8 die realen Längen um durchschnittlich den Faktor 2. Die korrigierten Ansätze der DIN V 18599-100 liefern zu kleine Werte (ca. 1/3 bis 1/4).

Die neuen Formeln liefern im Mittel die Längen der verwendeten Stichprobengebäude, jedoch führt der Ansatz über ein Einzonenmodell zu insgesamt besserer Näherung.

Nichtwohnnutzungen (Gruppen 2 – 4): bei den Nichtwohnbaunutzungen werden die verlegten Steigleitungslängen anhand der geltenden Normformeln extrem überschätzt. Auf Basis eines Einzonenmodells ergeben sich anhand der DIN V 18599-8 etwa 15 bis 25-mal so lange Steigestränge als in realen Objekten gemessen. Die Korrekturen mit DIN V 18599-100 entschärfen das Problem nur geringfügig, die Leitungslängen werden 5 ... 7 Mal so lang berechnet. Liegen die Geometriedaten nur des Sanitärbereiches zugrunde, werden bessere Näherungen erreicht, jedoch ergeben sich auch hier 7 ... 10 (DIN V 18599-8) bzw. 2 ... 3 (DIN V 18599-100) mal so große Rechenwerte.

Die neuen Formeln führen zu einer besseren Wiedergabe der realen Verhältnisse, wenn ein Mehrzonenmodell und dessen Geometriedaten verwendet werden.

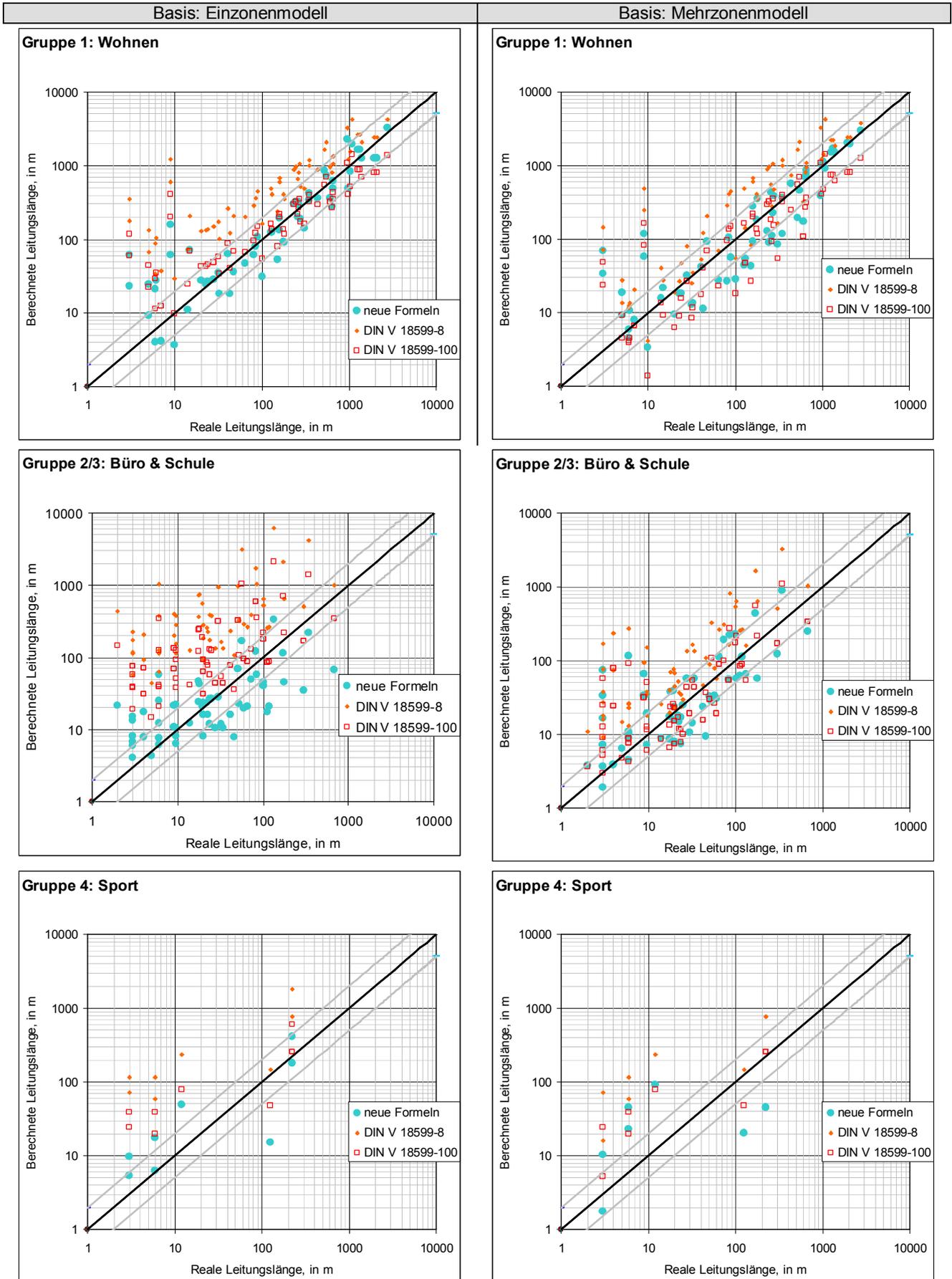


Bild 87 Gegenüberstellung der Ansätze, Trinkwarmwasser, R-Netz, Steigestränge Anbindeleitungen

Wohnnutzungen (Gruppe 1): Sofern ein Einzonenmodell verwendet wird, um Leitungslängen abzuschätzen, ergeben sowohl die neuen als auch die bisherigen Ansätze nach DIN V 18599 vergleichbar gute, realistische Abschätzungen. Auf Basis zonierter Wohnbauten passen die Formeln der DIN V 18599 jedoch nicht. Sie führen dann zu etwa 40 % zu kurzen Anbindeleitungen.

Die neu abgeleiteten Formeln führen zu genaueren Schätzwerten, wenn ein Einzonenmodell verwendet wird.

Nichtwohnnutzungen (Gruppen 2 – 4): Werden die Anbindeleitungen auf Grundlage des Gesamtgebäudes abgeschätzt, führt dies zu etwa 4 bis 5 mal so großen Leitungslängen nach DIN V 18599 als in der Realität vorhanden. Der Mehrzoner als Basis führt dagegen zu einer guten Näherung mit einer leichten Überschätzung der Reallängen.

Die neuen Formeln liefern ebenfalls eine bessere Näherung, wenn das Mehrzonenmodell und seine Geometrien verwendet werden.

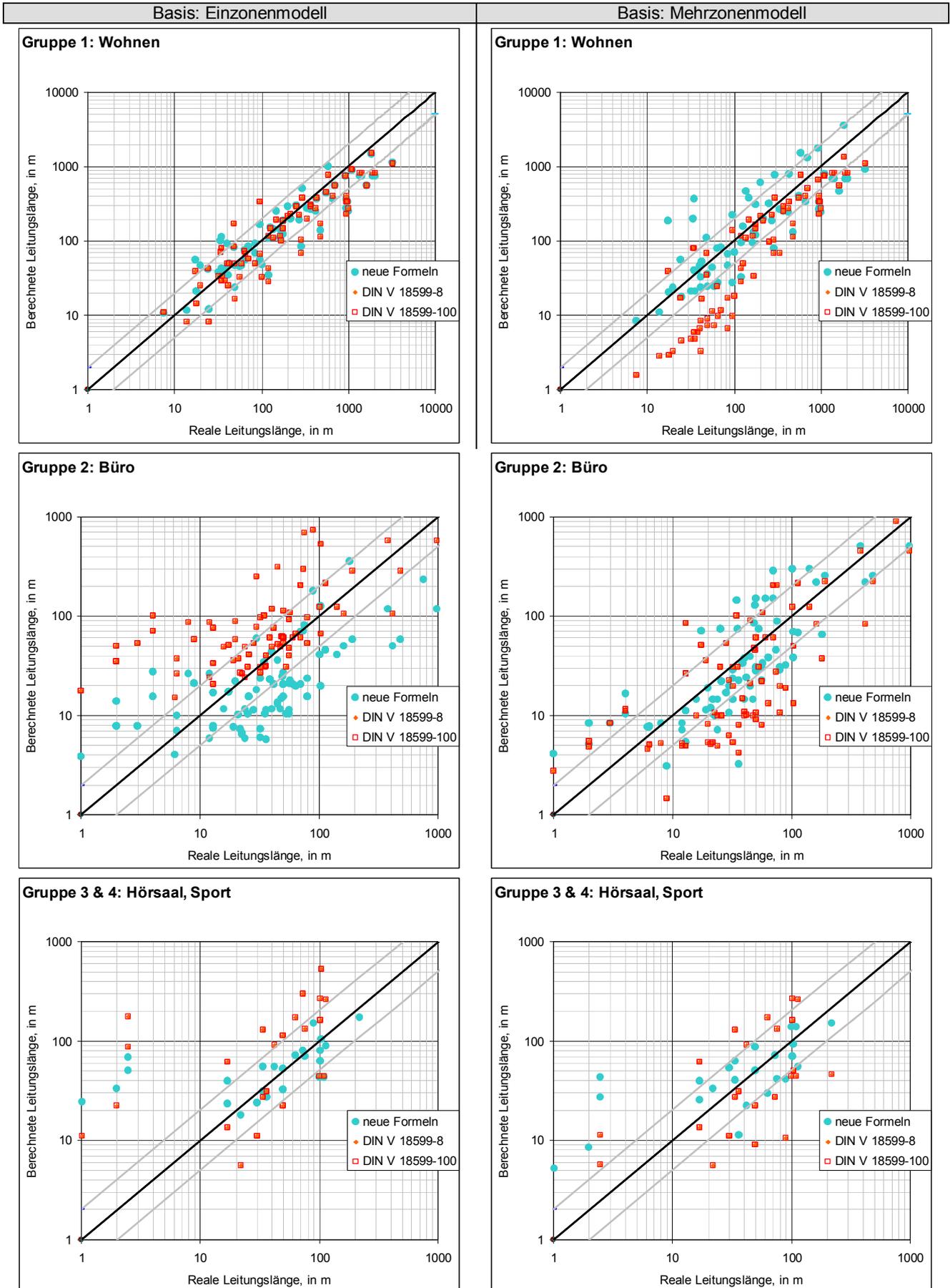
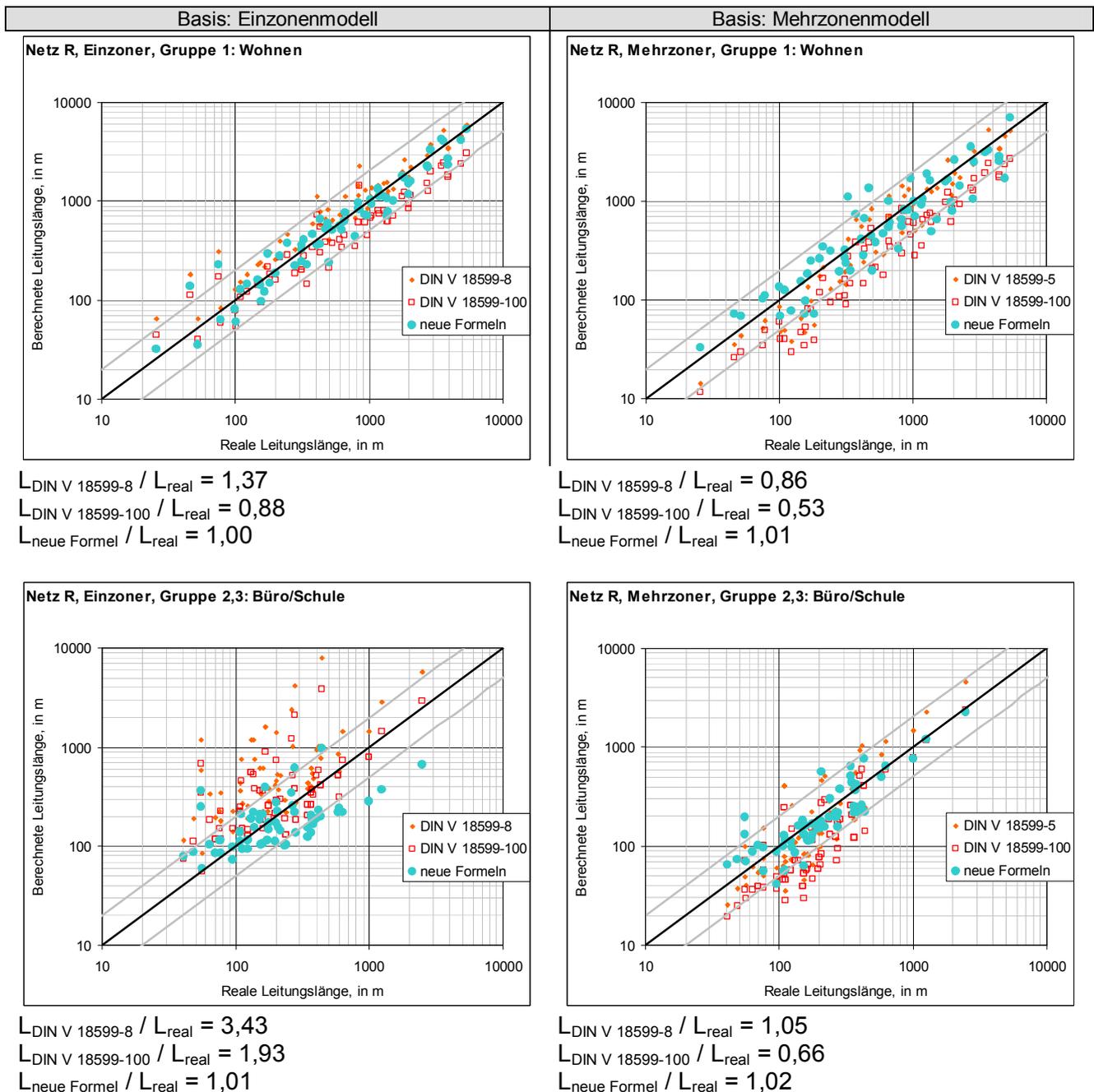
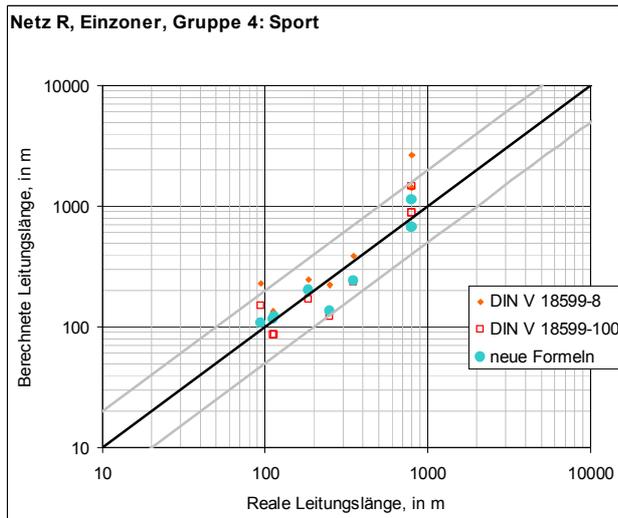


Bild 88 Gegenüberstellung der Ansätze, Trinkwarmwasser, R-Netz, Anbindung Gesamtkennwerte

Die R-Netze werden in der derzeitigen DIN V 18599 für Wohnbauten (bzw. Gruppe 1) bereits verhältnismäßig realistisch abgebildet, sofern das Gesamtgebäude mit seiner Geometrie die Schätzgrundlage bildet. Die neuen Formeln führen zu vergleichbaren Ergebnissen, wobei insgesamt das Einzonenmodell zu einer geringeren Streuung der Schätzwerte führt.

In Nichtwohnbauten (bzw. Gruppen 2 – 4) ist jeweils 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 stark streuende Ergebnisse.

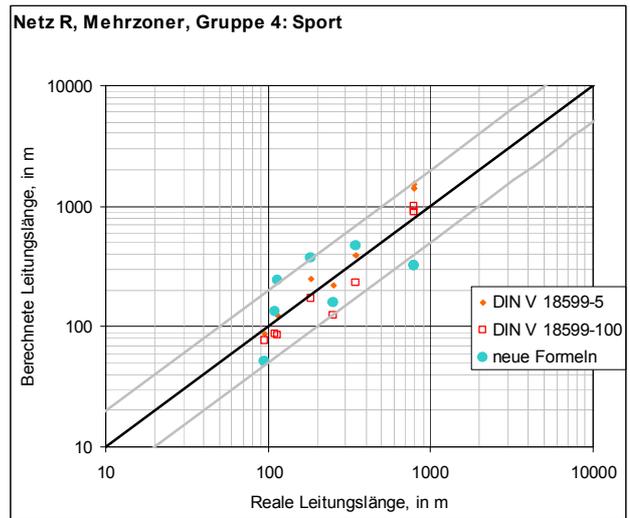




$$L_{\text{DIN V 18599-8}} / L_{\text{real}} = 1,65$$

$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 1,03$$

$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 0,96$$



$$L_{\text{DIN V 18599-8}} / L_{\text{real}} = 1,33$$

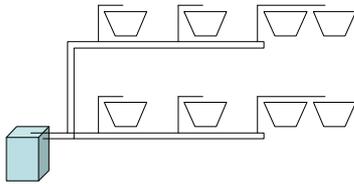
$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 0,88$$

$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 1,00$$

Bild 89 Gegenüberstellung der Ansätze, Trinkwarmwasser, R-Netz

9.2.2 S-Netz

S



mehrere Verteilebenen waagrecht (mit Zirkulation)
ein Steigestrang (mit Zirkulation)
Anbindung von der Verteilebene kurz
typisch bei versetzt liegenden (unterschiedlichen) Einheiten

Verteilung

Diese Netzform weist vergleichsweise lange Verteilleitungen auf.

Wohnnutzungen (Gruppe 1): Bei Wohngebäuden liefern die Formeln der geltenden DIN V 18599 zu kleine Leitungslängen für diesen Netztyp. Unabhängig ob ein Ein- oder Mehrzoner zugrunde gelegt wird, in der Realität und anhand der neuen Formeln ergeben sich etwa 2 bis 3 Mal längere Leitungen als nach DIN V 18599-8 oder -100 berechnet.

Bei dieser Gebäudegruppe liefert das Mehrzonenmodell ein besseres Abbild der Realität als das Einzonenmodell, wenn mit den neuen Formeln gerechnet wird.

Nichtwohnnutzungen (Gruppen 2 – 4): Werden bei den Nichtwohnnutzungen die Geometriedaten des gesamten Gebäudes – und nicht nur der Sanitärbereiche – zugrunde gelegt, dann ergeben die geltenden DIN Normen in etwa realistische Leitungslängen. Ist die Basis jedoch nur der Sanitärbereich des Gebäudes, werden Leitungslängen wie im Wohnbau zu kurz geschätzt (ca. 50 %).

Für die neuen Formeln ist zu festzustellen, dass die Wiedergabe der Realität auf Basis eines Ein- oder eines Mehrzonenmodells etwa gleich gut gelingt.

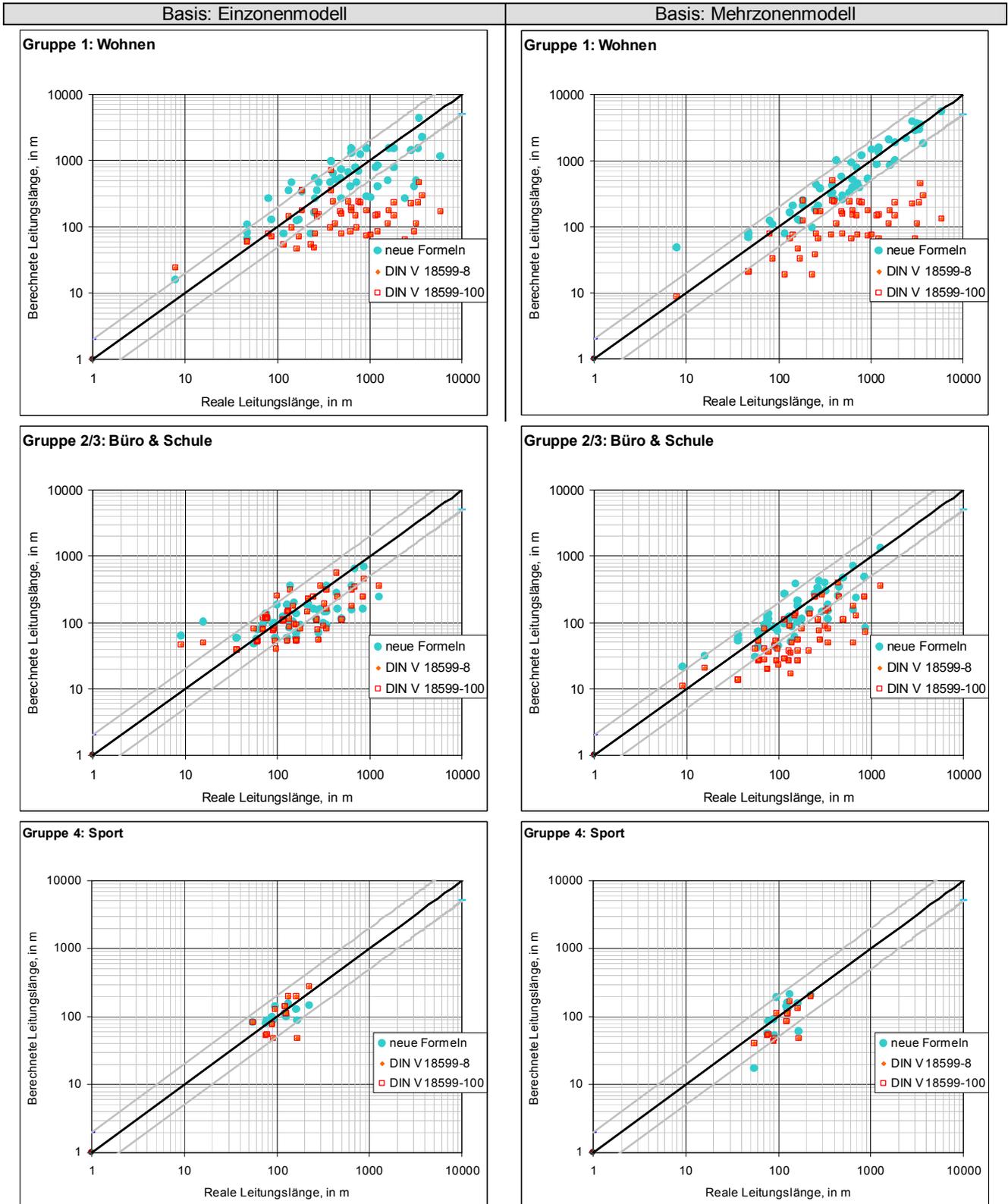


Bild 90 Gegenüberstellung der Ansätze, Trinkwarmwasser, S-Netz, Verteilung

Steigestränge

Dieser Netztyp weist vergleichsweise kurze Steigestränge auf.

Wohnnutzungen (Gruppe 1): unabhängig von der Wahl eines Ein- oder eines Mehrzonenmodells überschätzt die DIN V 18599-8 die realen Längen um durchschnittlich den Faktor 30 (!). Die korrigierten Ansätze der DIN V 18599-100 liefern immer noch zu große Längen (ca. Faktor 10).

Die neuen Formeln liefern im Mittel die Längen der verwendeten Stichprobengebäude, dabei spielt es kaum eine Rolle, ob ein Ein- oder Mehrzoner zugrunde gelegt wird.

Nichtwohnnutzungen (Gruppen 2 – 4): bei den Nichtwohnbaunutzungen werden die verlegten Steigleitungslängen anhand der geltenden Normformeln extrem überschätzt. Auf Basis eines Einzonenmodells ergeben sich anhand der DIN V 18599-8 etwa 50 bis 70-mal so lange Steigestränge wie in realen Objekten gemessen. Die Korrekturen mit DIN V 18599-100 entschärfen das Problem nur geringfügig, die Leitungslängen werden ca. 20-mal so lang berechnet. Liegen die Geometriedaten nur des Sanitärbereiches zugrunde, werden bessere Näherungen erreicht, jedoch ergeben sich auch hier 14 ... 27 (DIN V 18599-8) bzw. 5 ... 9 (DIN V 18599-100) mal so große Rechenwerte.

Die neuen Formeln führen zu einer besseren Wiedergabe der realen Verhältnisse, wenn ein Mehrzonenmodell und dessen Geometriedaten verwendet werden.

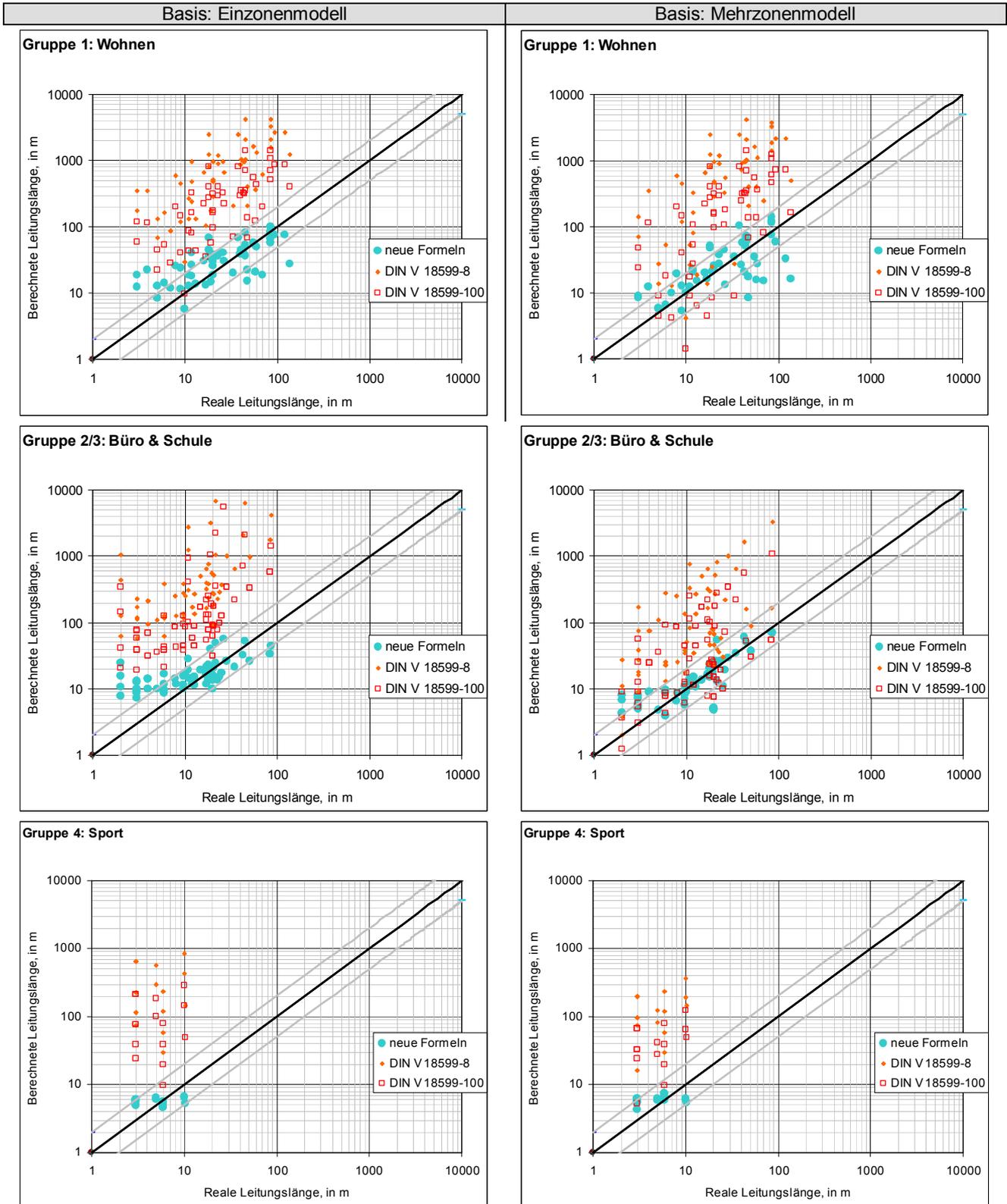


Bild 91 Gegenüberstellung der Ansätze, Trinkwarmwasser, S-Netz, Steigestränge

Anbindeleitungen

Wohnnutzungen (Gruppe 1): Sofern ein Einzonenmodell verwendet wird, um Leitungslängen abzuschätzen, ergeben sowohl die neuen als auch die bisherigen Ansätze nach DIN V 18599 vergleichbar gute, realistische Abschätzungen. Auf Basis zonierter Wohnbauten passen die Formeln der DIN V 18599 jedoch nicht. Sie führen dann zu etwa 40 % zu kurzen Anbindeleitungen.

Die neu abgeleiteten Formeln führen zu genaueren Schätzwerten, wenn ein Einzonenmodell verwendet wird.

Nichtwohnnutzungen (Gruppen 2 – 4): Werden die Anbindeleitungen auf Grundlage des Gesamtgebäudes abgeschätzt, führt dies zu etwa 4 bis 5 mal so großen Leitungslängen nach DIN V 18599 als in der Realität vorhanden. Der Mehrzoner als Basis führt dagegen zu einer guten Näherung mit einer leichten Überschätzung der Reallängen.

Die neuen Formeln liefern ebenfalls eine bessere Näherung, wenn das Mehrzonenmodell und seine Geometrien verwendet werden.

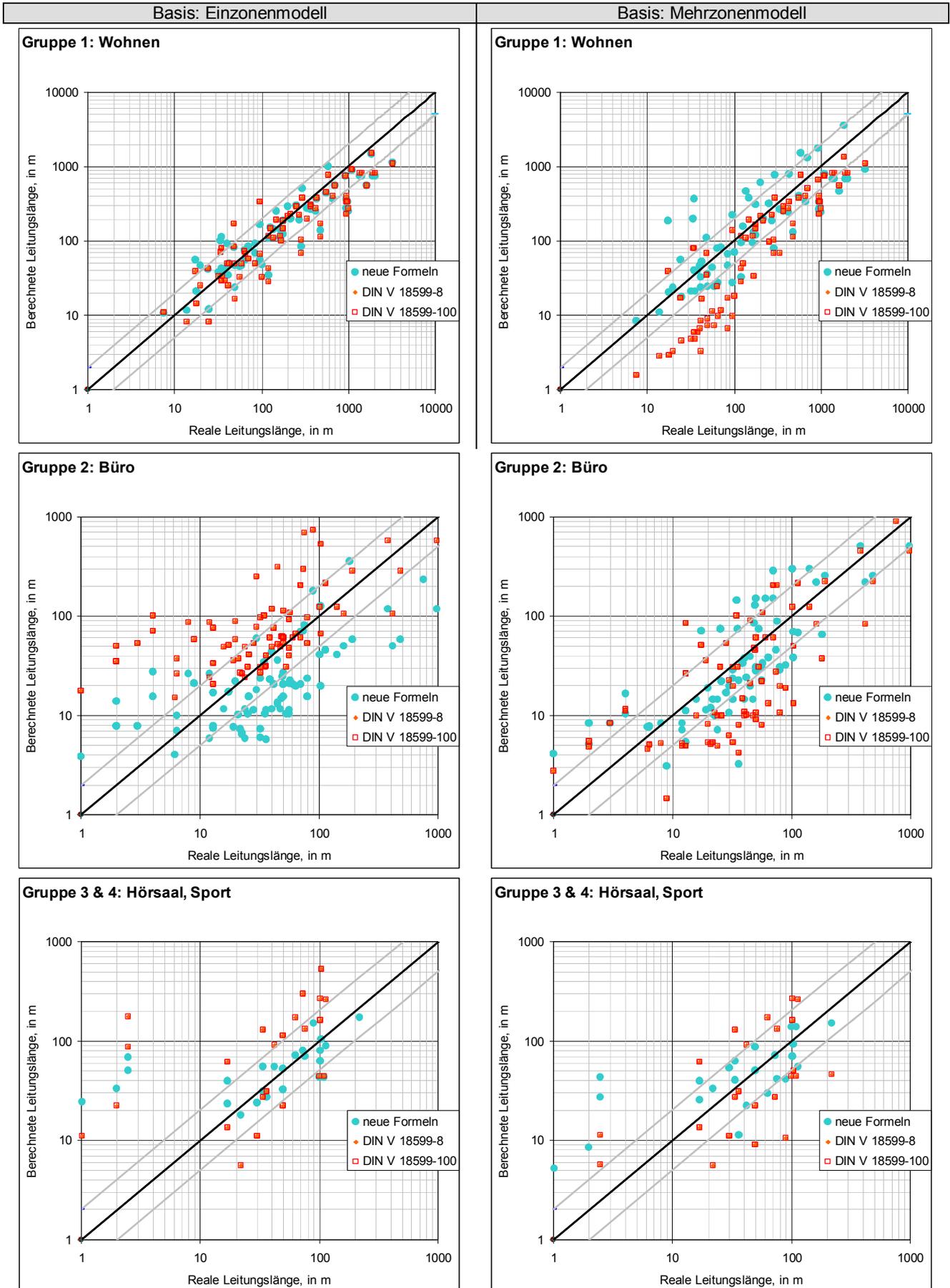
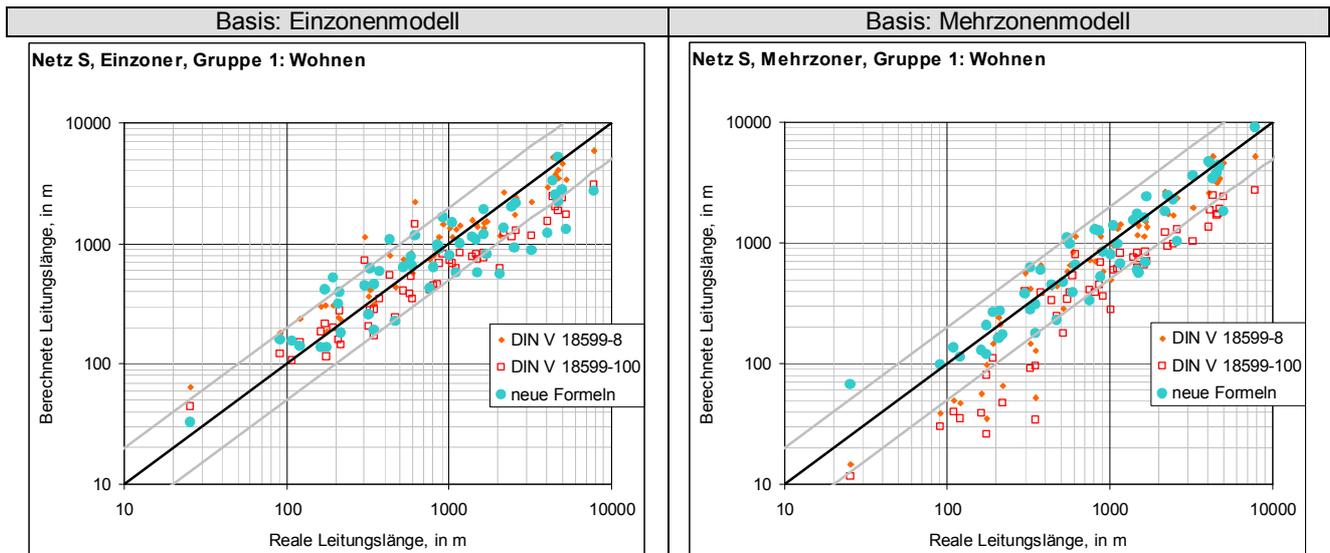


Bild 92 Gegenüberstellung der Ansätze, Trinkwarmwasser, S-Netz, Anbindung Gesamtkennwerte

Die S-Netze werden in der derzeitigen DIN V 18599 für Wohnbauten bereits verhältnismäßig realistisch 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 Mehrzoner als Grundlage der Geometriedaten keinen erkennbaren Effekt hat, also als gleich gut einzustufen ist.

Bei Nichtwohnbauten ist jeweils das Mehrzonenmodell die realistischere Grundlage für eine Formel. 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.



$$L_{\text{DIN V 18599-8}} / L_{\text{real}} = 1,26$$

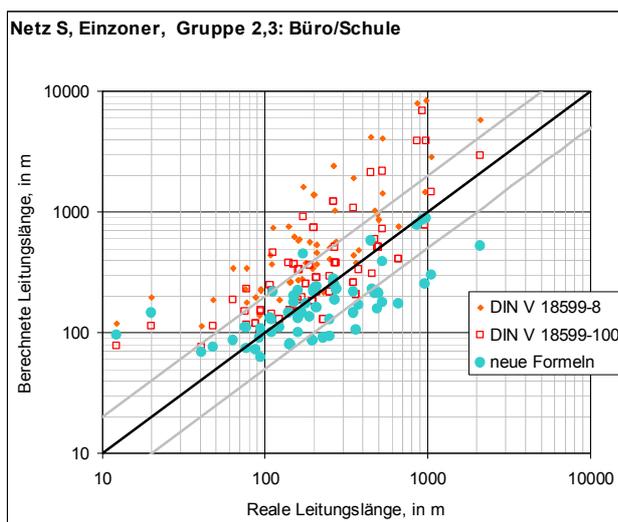
$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 0,76$$

$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 1,02$$

$$L_{\text{DIN V 18599-8}} / L_{\text{real}} = 0,85$$

$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 0,51$$

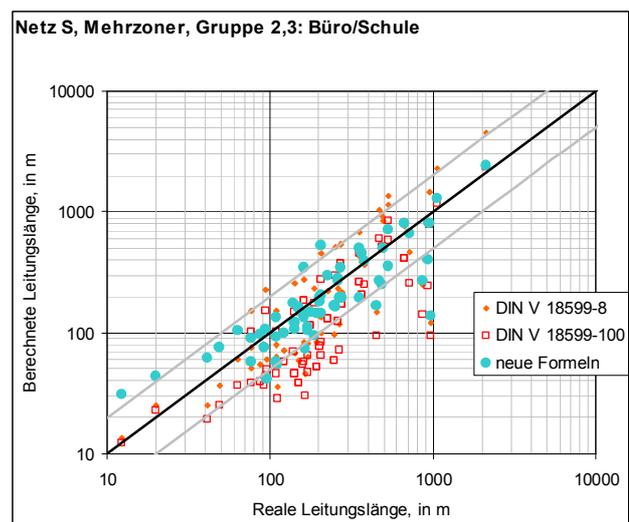
$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 1,01$$



$$L_{\text{DIN V 18599-8}} / L_{\text{real}} = 3,50$$

$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 1,95$$

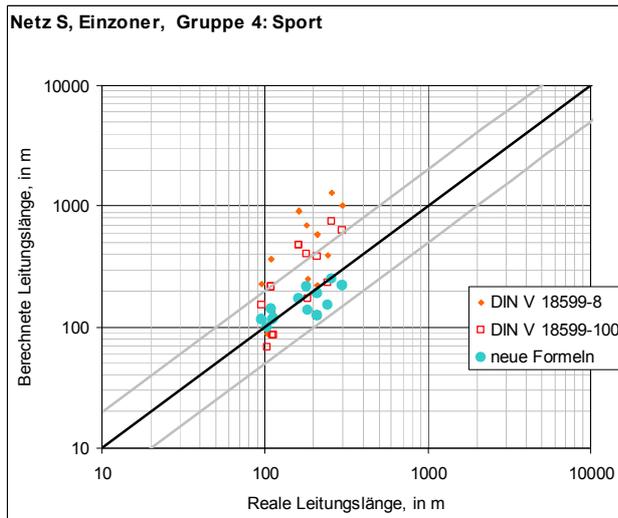
$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 0,99$$



$$L_{\text{DIN V 18599-8}} / L_{\text{real}} = 1,05$$

$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 0,67$$

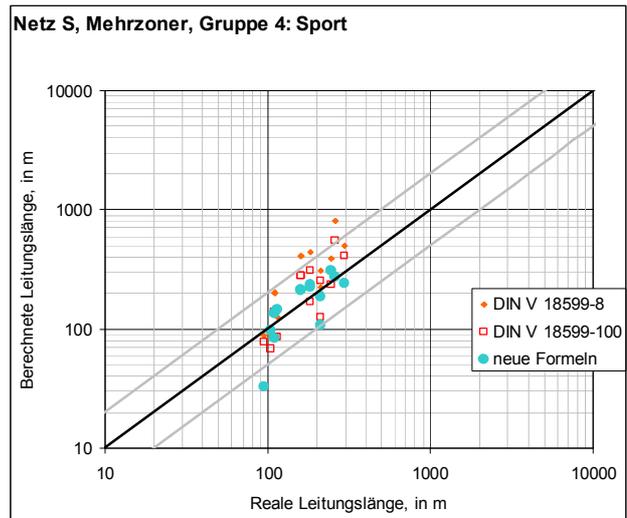
$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 0,99$$



$$L_{\text{DIN V 18599-8}} / L_{\text{real}} = 2,82$$

$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 1,67$$

$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 0,98$$



$$L_{\text{DIN V 18599-8}} / L_{\text{real}} = 1,69$$

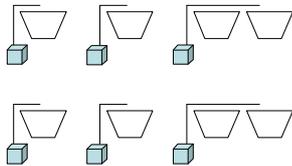
$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 1,19$$

$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 1,02$$

Bild 93 Gegenüberstellung der Ansätze, Trinkwarmwasser, S-Netz

9.2.3 T-Netz

T

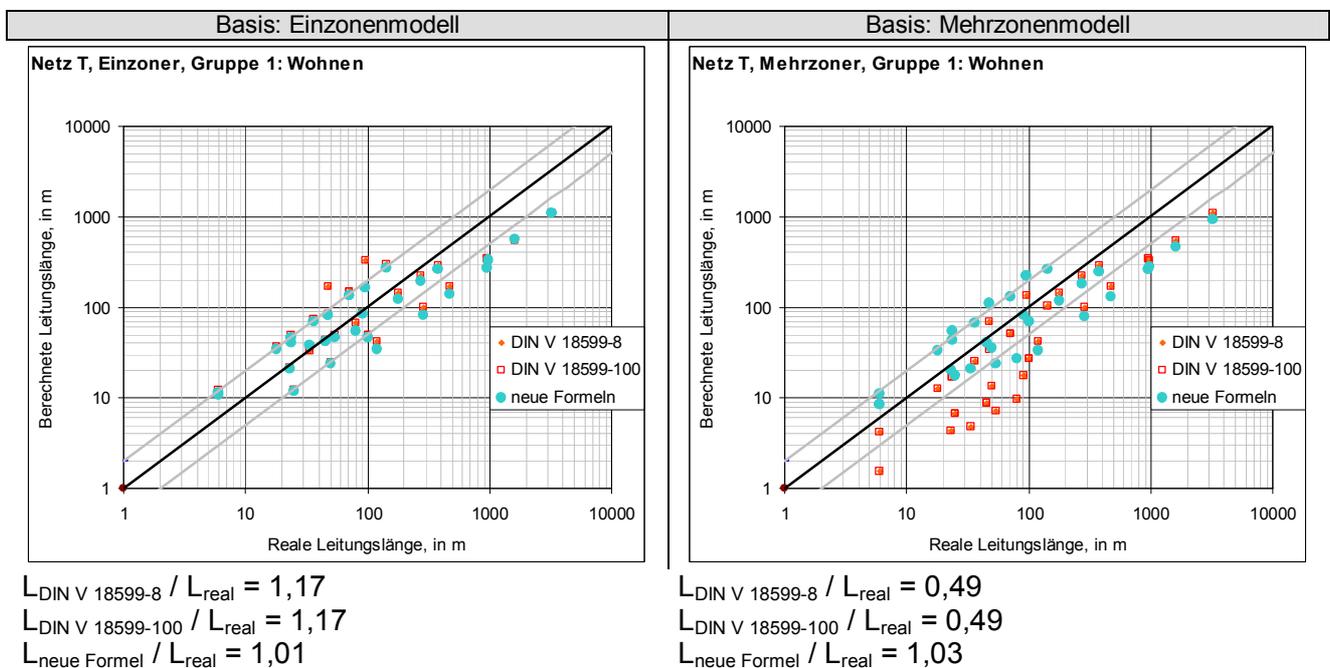


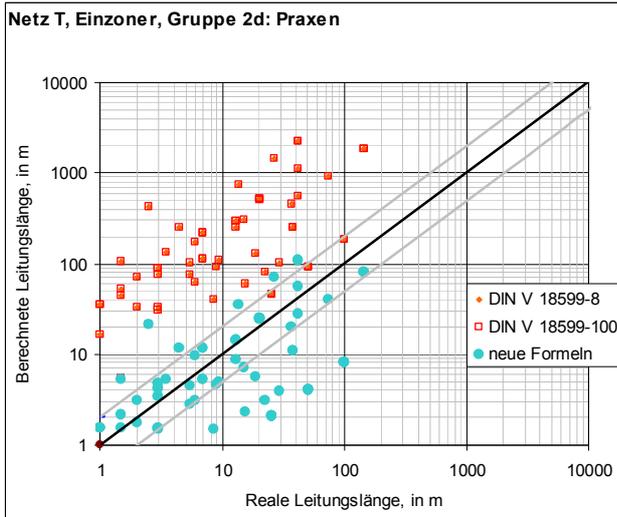
keine Verteilebene
kein Steigestrang
Anbindung kurz

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 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 vorgefundene Länge 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.

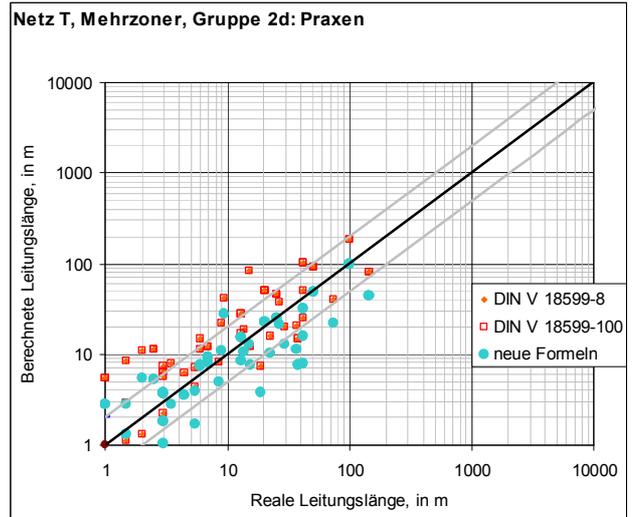




$$L_{\text{DIN V 18599-8}} / L_{\text{real}} = 22,2$$

$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 22,2$$

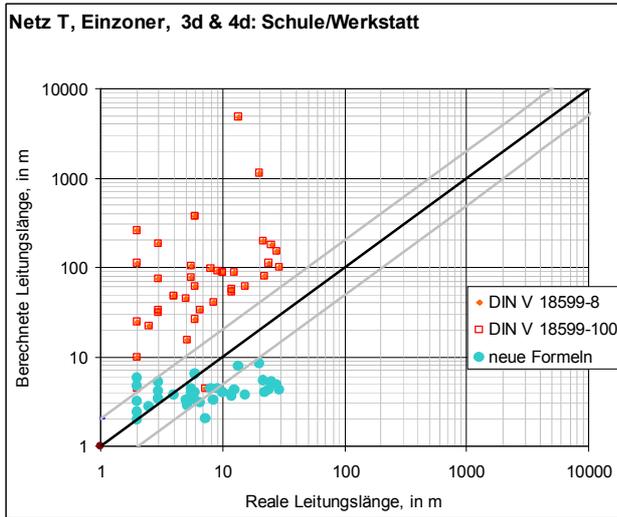
$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 1,04$$



$$L_{\text{DIN V 18599-8}} / L_{\text{real}} = 2,02$$

$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 2,02$$

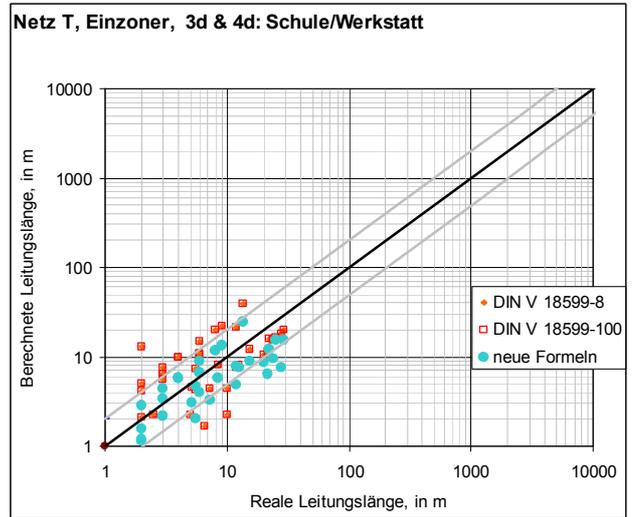
$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 1,00$$



$$L_{\text{DIN V 18599-8}} / L_{\text{real}} = 28,3$$

$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 28,3$$

$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 1,05$$



$$L_{\text{DIN V 18599-8}} / L_{\text{real}} = 1,88$$

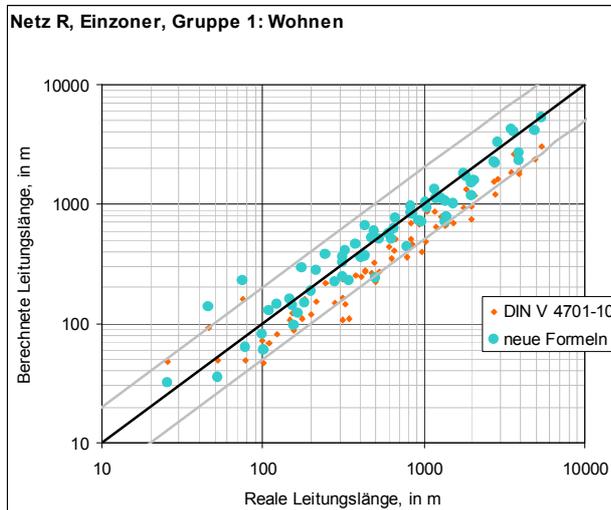
$$L_{\text{DIN V 18599-100}} / L_{\text{real}} = 1,88$$

$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 0,99$$

Bild 94 Gegenüberstellung der Ansätze, Trinkwarmwasser, T-Netz

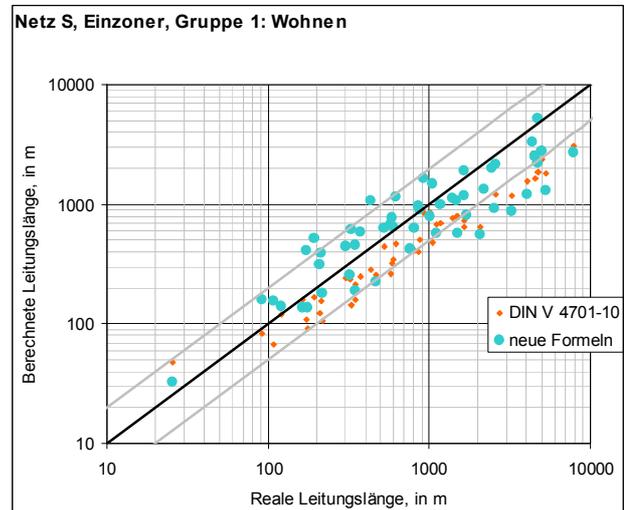
9.2.4 Vergleich mit der DIN V 4701-10

Die Werte nach den neuen Formeln werden in untenstehender Grafik den Gesamtkennwerten der DIN V 4701-10 gegenübergestellt. Dabei wird nur die Gebäudegruppe 1 "Wohnen" ausgewertet, welche die eigentlichen Wohngebäude sowie wohnähnliche Objekte enthält. Außerdem wird nur der Bezug zum Einzoner gewählt, da die DIN V 4701-10 keine Zonierung vorsieht.



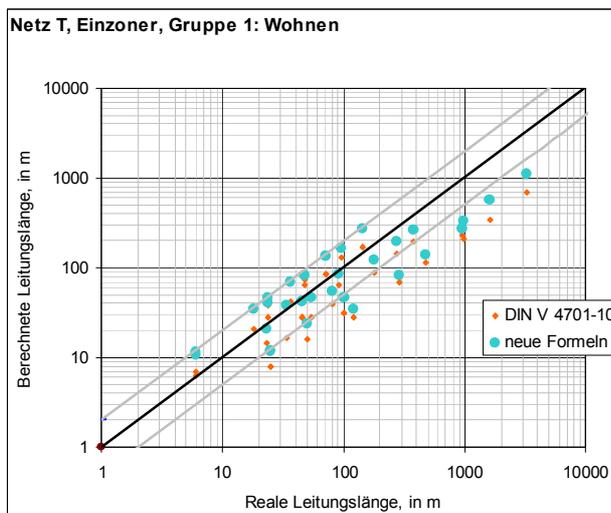
$$L_{\text{DIN V 4701-10}} / L_{\text{real}} = 0,66$$

$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 1,00$$



$$L_{\text{DIN V 4701-10}} / L_{\text{real}} = 0,60$$

$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 1,02$$



$$L_{\text{DIN V 4701-10}} / L_{\text{real}} = 0,69$$

$$L_{\text{neue Formeln}} / L_{\text{real}} = 1,01$$

Bild 95 Vergleich mit DIN V 4701-10, Trinkwarmwasser, alle Netze, nur Gruppe 1 "Wohnen"

Die DIN V 4701-10 führt bei allen drei Netztypen zu geringeren berechneten Leitungslängen als in der Realität installiert. Die Norm-Längen liegen zwischen 31 und 40 % unter den Realwerten. Die neuen Formeln bilden die Längen demzufolge besser, d.h. in diesem Fall länger ab.

9.3 Leitungslängen für RLT-Versorgung

Eine vergleichende Untersuchung zwischen realen Leitungslängen, den bisherigen DIN V 18599-Werten und den neuen Schätzwerten ist nicht möglich, da die bisherigen Normen keine Standardwerte liefern. Es können die Abschätzungen nach den neuen Formeln nur mit den Realwerten der Testgebäude verglichen werden. Dort zeigt sich das folgende Bild:

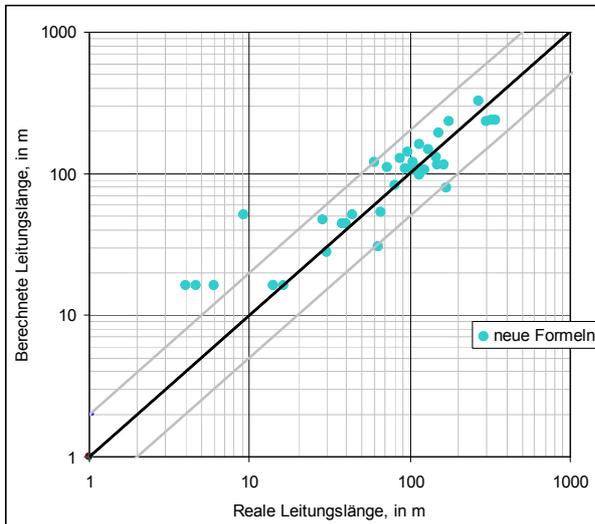


Bild 96 Vergleich der Rechenwerte mit Realwerten – RLT-Versorgung

Der kleinste Rechenwert beträgt nur 47 % des Realwertes. Der größte Rechenwert ist 5,5-mal größer als der Realwert. Insgesamt liegen nur wenige Werte außerhalb des Faktor-2-Korridors.

10 Konsequenzen für den Primärenergiebedarf

Dieses Kapitel umreißt an ausgewählten Beispielen, welche Konsequenzen die Verwendung der neuen Formeln auf die Rechenergebnisse der Primärenergie hat. Dabei werden unterschiedliche Gebäudetypen unterschieden.

10.1 Wohnbauten

Basis sollen die in nachfolgenden Tabellen grob hinsichtlich ihrer Geometrie und Anlagentechnik beschriebenen Projekte sein. Es wurden Gebäude mit verschiedener Größe und verschiedenen Heizungs- und Warmwassertypen gewählt.

Nr		Art	Nettogrundfläche	Volumen außen	Anzahl beheizter Räume	Anzahl Zapfstellen TWW
			m ²	m ³	Stück	Stück
27	1	Wohnen	118	391	12	3
27	2	Wohnen	118	391	12	3
27	3	Wohnen	118	391	12	3
28	0	Wohnen	262	982	26	12
28	5	Wohnen	262	982	26	12
28	10	Wohnen	262	982	26	12
29	16	Wohnen	3047	10533	276	144
29	2	Wohnen	3047	10533	276	144
76	8	Wohnheim	16342	56318	1094	1638

Tabelle 65 Beispielwohngebäude – Geometrie und Grunddaten

Nr		Heiznetz			Trinkwassernetz			
		Versorgungsart	Netztyp	Lage der Verteilung	Versorgungsart	Netzart	Netztyp	Lage der Verteilung
27	1	zentral	A: Etagenring	im Beheizten	zentral	mit Zirkulation	R: Steigestrang	im Beheizten
27	2	zentral	B: Estrich	im Beheizten	dezentral	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
27	3	zentral	C: Steigleitungen	im Beheizten	zentral	mit Zirkulation	S: Ebenenverteilung	im Beheizten
28	0	zentral	A: Etagenring	im Unbeheizten	zentral	mit Zirkulation	R: Steigestrang	im Unbeheizten
28	5	zentral	B: Estrich	im Unbeheizten	dezentral	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
28	10	zentral	C: Steigleitungen	im Unbeheizten	dezentral	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
29	16	zentral	B: Estrich	im Unbeheizten	dezentral	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
29	2	zentral	C: Steigleitungen	im Unbeheizten	zentral	mit Zirkulation	R: Steigestrang	im Unbeheizten
76	8	zentral	A: Etagenring	im Beheizten	zentral	mit Zirkulation	R: Steigestrang	im Beheizten

Tabelle 66 Beispielwohngebäude – Heizungs- und Warmwassernetze

Leitungslängen und Verteilverluste Heizung

Für diese Gebäude zeigt Tabelle 67 die Leitungslängen aus dem Bestandsaufmaß, nach den drei Normansätzen sowie den neuen Formeln. Außerdem erfolgt eine Abschätzung von effektiven jährlichen Verteilverlusten nach folgenden an die Normen angelehnten Ansätzen:

$$\text{jährlicher längenbezogener Verteilverlust: } q_d = (1 - \eta_F) \cdot [U \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a) \cdot t_{HP}]$$

Dabei wird die Heizzeit t_{HP} vereinfacht wie in der DIN V 4701-10 mit 185 Tagen pro Jahr (4440 h/a) angesetzt. Der Fremdwärmenutzungsgrad η_F für Verteilverluste wird abweichend von den Normen geringer angesetzt, d.h. mit 80 % für Leitungen im beheizten Bereich (0 % im unbeheizten Bereich). Dies erfolgt, weil die Ausnutzbarkeit von Fremdwärme in besser gedämmten Gebäuden geringer ist.

Hinsichtlich der mittleren Temperaturen im Netz werden analog DIN V 4701-10 für die Jahresbilanz $\vartheta_i=38^\circ\text{C}$ verwendet. Das entspricht einer witterungsabhängig geregelten Anlage mit Auslegung 55/45°C. Die Umgebungstemperaturen liegen bei $\vartheta_a=13^\circ\text{C}$ für den unbeheizten Bereich und $\vartheta_a=20^\circ\text{C}$ für den beheizten Bereich.

Der längenbezogene U-Wert der Leitungen wird mit 0,2 W/(mK) im unbeheizten und 0,255 W/(mK) im beheizten Bereich nach DIN V 18599-5 angesetzt. Es ergeben sich daher folgende längenbezogene Verlustkennwerte:

beheizter Bereich: $q_d = 4,1 \text{ kWh}/(m \cdot a)$
 unbeheizter Bereich: $q_d = 22,2 \text{ kWh}/(m \cdot a)$

Nr	Bestand			DIN V 4701-10			DIN V 18599-5			DIN V 18599-100			neue Formeln			
	Länge, in m	davon Verteilung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	
27	1	149	88%	608	113	31%	461	120	25%	489	125	29%	510	148	88%	601
27	2	135	17%	551	109	28%	444	121	26%	492	121	26%	492	104	41%	424
27	3	88	47%	358	113	31%	461	120	25%	489	125	29%	510	120	70%	489
28	0	248	78%	4527	241	18%	1782	265	23%	2172	249	18%	1830	255	85%	4978
28	5	156	36%	1651	232	15%	1585	252	19%	1892	240	15%	1626	208	28%	1906
28	10	444	29%	4130	241	18%	1782	265	23%	2172	249	18%	1830	211	60%	3170
29	16	3910	3%	18400	2218	5%	11067	2599	6%	13448	2568	5%	12754	2421	6%	12547
29	2	1920	21%	15003	2304	9%	12960	2680	9%	15240	2668	8%	14966	1606	18%	11761
76	8	7107	49%	28966	12193	8%	49698	12825	4%	52275	13367	8%	54482	8837	56%	36021

Tabelle 67 Beispielwohngebäude – Leitungslängen Heizung und Verlustabschätzung

Leitungslängen und Verteilverluste Trinkwarmwasser

In analoger Weise werden die längenbezogenen Verluste für Trinkwasserleitungen abgeschätzt.

längenbezogener jährlicher Verteilverlust: $q_d = [(1 - \eta_F) \cdot t_{HP} + (t_{Jahr} - t_{HP})] \cdot [U \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a)]$

Für alle Leitungen gilt der U-Wert 0,2 W/(mK). Hinsichtlich der Umgebungstemperaturen und des Fremdwärmenutzungsgrades gelten die für die Heizung getätigten Aussagen. Für die Temperaturen im Netz werden in Anlehnung an die DIN V 4701-10 festgelegt: die Temperatur für zirkulierende Leitungsabschnitte beträgt $\vartheta_i=55^\circ\text{C}$. Ansonsten ergeben sich 32°C .

Im Falle einer Zirkulation wird davon ausgegangen, dass die tägliche Zirkulationsdauer 18 h/d beträgt. In der restlichen Zeit geben die Rohre Wärme ab, als wenn keine Zirkulation vorhanden wäre. Das Sommerhalbjahr beträgt 180 d/a, weil die Heizzeit $t_{HP} = 185 \text{ d/a}$ umfasst.

Mit diesen Ansätzen ergeben sich folgende längenbezogene Verlustkennwerte:

beheizter Bereich, nicht zirkulierend: $q_d = 12,5 \text{ kWh}/(m \cdot a)$
 beheizter Bereich, zirkulierend: $q_d = 28,9 \text{ kWh}/(m \cdot a)$
 unbeheizter Bereich, zirkulierend: $q_d = 59,3 \text{ kWh}/(m \cdot a)$

Nr	Bestand			DIN V 4701-10			DIN V 18599-8			DIN V 18599-100			neue Formeln			
	Länge, in m	davon Anbindung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Anbindung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Anbindung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Anbindung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Anbindung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	
27	1	26	29%	614	47	20%	1213	12	13%	391	12	13%	310	32	34%	739
27	2	6	100%	75	6	100%	78	2	100%	19	2	100%	19	11	100%	133
27	3	26	29%	614	47	20%	1213	12	13%	391	12	13%	310	32	33%	759
28	0	100	50%	3166	72	22%	2793	60	15%	3508	60	15%	2727	81	29%	3368
28	5	16	100%	200	16	100%	196	13	100%	169	13	100%	169	24	100%	295
28	10	50	100%	625	16	100%	196	13	100%	169	13	100%	169	24	100%	295
29	16	336	100%	4200	169	100%	2106	102	100%	1271	102	100%	1271	274	100%	3427
29	2	830	40%	25553	515	33%	14957	294	23%	16816	294	23%	11428	844	32%	27496
76	8	5400	34%	125562	3090	44%	67132	2713	49%	128596	2713	49%	56512	5324	28%	129768

Tabelle 68 Beispielwohngebäude – Leitungslängen Trinkwarmwasser und Verlustabschätzung

Für die Tabellenwerte gilt: die Verteilverluste Q_d sind – trotz Angabe auf eine Kilowattstunde genau – nur Schätzwerte. Die Anzeigegenauigkeit ergibt sich aus der Excelberechnung.

Primärenergieabschätzung

Anhand der näherungsweise Verteilverluste Q_d (Summe Heizung und Trinkwarmwasser) kann eine Primärenergie menge abgeschätzt werden, welche auf den Bilanzposten "Verteilung" entfällt. Es gilt:

$$\text{jährlicher Primärenergie für Verteilung: } q_{P,d} = (f_P \cdot e_g) \cdot \frac{Q_d}{A_{NGF}}$$

Für das Produkt aus Primärenergiefaktor f_P und Erzeugeraufwandszahl e_g wird in Analogie zur Bewertung nach DIN V 4701-10 der Kennwert 1,1 eingesetzt. Dieser ergäbe sich bei Einsatz eines Gasbrennwertkessels ($f_P = 1,1$ und $e_g = \text{ca. } 1,0$). Auch bei Verwendung einer Elektrowärmepumpe läge der Wert in einer vergleichbaren Größenordnung.

Nr.	Bestand	DIN V 4701-10	DIN V 18599-5/8	DIN V 18599-100	neue Formeln
27	1	11	16	8	12
27	2	6	5	5	5
27	3	9	16	8	12
28	0	32	19	24	35
28	5	8	7	9	9
28	10	20	8	10	15
29	16	8	5	5	6
29	2	15	10	12	14
76	8	10	8	12	7
					11

Tabelle 69 Beispielwohngebäude – Abschätzung der Primärenergie für Verteilung

Im Schnitt ergeben die Kennwerte der DIN V 4701-10 oder DIN V 18599-100 etwa 3 kWh/(m²a) weniger Primärenergie als die Verwendung der realen Längen bzw. der neuen Formeln. Nach DIN V 18599-100 sogar 4 kWh/(m²a) weniger.

Das bedeutet, dass momentan bei geltenden Normen die Verwendung der realen Werte nicht lohnen würde, weil die Standardwerte zu kleineren Primärenergien führen würde.

Die Verwendung der neuen Formeln würde im Gegenzug zu einem um etwa 3 ... 4 kWh/(m²a) höheren Wert für die Primärenergie des Referenzgebäudes, aber auch des Ist-Gebäudes bei Verwendung der Standardwerte führen.

Beim Heizungsnetz B (Etagenverteiler) sowie bei Anlagen mit dezentralen Verteilnetzen (Netz T) ergibt sich insgesamt die beste Übereinstimmung aller Verfahren untereinander und der geringste Einfluss der neuen Formeln auf die Primärenergie.

10.2 Büros, Kindergärten, Praxen und ähnliche Objekte

Nach der gleichen Vorgehensweise wird der mögliche Unterschied bei der Ermittlung der Primärenergie auch für ausgewählte Büros, Kindergärten und ähnliche Objekte dargestellt. Wiederum werden Gebäude unterschiedlicher Größe, Netztypen und Nutzung ausgesucht.

Nr		Art	Nettogrundfläche	Volumen außen	Anzahl beheizter Räume	Anzahl Zapfstellen TWW
			m ²	m ³	Stück	Stück
12	0	Büro	1314	4970	41	7
12	2	Büro	1314	4970	41	7
13	0	Büro	2150	11567	108	21
15	0	Kindergarten	234	893	15	12
15	11	Kindergarten	938	4071	60	48
21	2	Praxen und Seminar	778	2091	62	27
21	4	Praxen und Seminar	368	1543	26	11
21	9	Praxen und Seminar	573	1817	44	19
32	14	Büro	771	3069	44	4
66	2	Büro	2779	6924	74	20
71	13	Hotel	8254	34052	364	686

Tabelle 70 Beispielbürogebäude und ähnliche – Geometrie und Grunddaten

Nr		Heiznetz			Trinkwassernetz		
		Versorgungsart	Netztyp	Lage der Verteilung	Netzart	Netztyp	Lage der Verteilung
12	0	zentral	A: Etagenring	im Beheizten	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
12	2	zentral	C: Steigleitungen	im Beheizten	mit Zirkulation	S: Ebenenverteilung	im Beheizten
13	0	zentral	C: Steigleitungen	im Unbeheizten	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
15	0	zentral	A: Etagenring	im Beheizten	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
15	11	zentral	C: Steigleitungen	im Beheizten	mit Zirkulation	S: Ebenenverteilung	im Beheizten
21	2	zentral	A: Etagenring	im Beheizten	mit Zirkulation	S: Ebenenverteilung	im Beheizten
21	4	zentral	B: Estrich	im Beheizten	mit Zirkulation	R: Steigstrang	im Beheizten
21	9	zentral	C: Steigleitungen	im Beheizten	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
32	14	zentral	C: Steigleitungen	im Beheizten	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
66	2	zentral	B: Estrich	im Beheizten	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
71	13	zentral	C: Steigleitungen	im Beheizten	mit Zirkulation	S: Ebenenverteilung	im Beheizten

Tabelle 71 Beispielbürogebäude und ähnliche – Heizungs- und Warmwassernetze

Leitungslängen und Verteilverluste

Bei der Ermittlung der Leitungsverluste wird auf den Vergleich mit der DIN V 4701-10 verzichtet, weil diese Norm zur Bilanzierung der betreffenden Objekte keine Verwendung findet.

Nr		Bestand			DIN V 18599-5			DIN V 18599-100			neue Formeln		
		Länge, in m	davon Verteilung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	Q _d , in kWh/a ca.
12	0	979	82%	3990	1298	16%	5292	1204	10%	4909	912	77%	3716
12	2	600	65%	2446	1298	16%	5292	1204	10%	4909	764	34%	3113
13	0	1805	47%	22726	2405	12%	15191	2301	8%	12883	1217	28%	11065
15	0	316	66%	1288	287	37%	1172	223	19%	910	235	86%	957
15	11	527	60%	2148	933	23%	3804	805	11%	3282	640	46%	2609
21	2	890	41%	3628	762	13%	3107	748	11%	3048	593	80%	2418
21	4	397	11%	1618	397	16%	1620	374	11%	1524	288	25%	1173
21	9	353	48%	1439	596	16%	2429	568	12%	2315	344	43%	1402
32	14	253	53%	1030	677	13%	2758	667	11%	2717	431	36%	1757
66	2	2200	2%	8967	2342	9%	9545	2248	5%	9164	1002	15%	4082
71	13	4531	13%	18469	7024	4%	28630	7060	4%	28776	4341	32%	17695

Tabelle 72 Beispielbürogebäude und ähnliche – Leitungslängen Heizung und Verlustabschätzung

Nr	Bestand				DIN V 18599-8				DIN V 18599-100				neue Formeln				
	Länge, in m	davon Verteilung, in %	davon Anbindung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	davon Anbindung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	davon Anbindung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	davon Anbindung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	
12	0	4	0%	100%	44	8	0%	100%	99	8	0%	100%	99	3	0%	100%	35
12	2	163	82%	7%	4515	46	36%	12%	1231	30	56%	18%	775	77	69%	11%	2094
13	0	13	0%	100%	162	17	0%	100%	209	17	0%	100%	209	8	0%	100%	105
15	0	23	0%	100%	287	4	0%	100%	55	4	0%	100%	55	20	0%	100%	254
15	11	349	77%	20%	8939	130	50%	9%	3559	94	69%	12%	2534	338	68%	28%	8235
21	2	196	65%	26%	4845	83	32%	13%	2230	52	50%	20%	1339	151	66%	20%	3856
21	4	70	46%	46%	1498	55	48%	10%	1495	39	67%	14%	1050	101	75%	14%	2673
21	9	16	0%	100%	194	12	0%	100%	150	12	0%	100%	150	8	0%	100%	94
32	14	2	0%	100%	25	11	0%	100%	138	11	0%	100%	138	6	0%	100%	69
66	2	38	0%	100%	475	15	0%	100%	184	15	0%	100%	184	8	0%	100%	96
71	13	4721	60%	40%	105475	3478	6%	23%	87221	1850	12%	44%	40174	4526	79%	20%	115741

Tabelle 73 Beispielbüro. und ähnliche – Leitungslängen Trinkwarmwasser und Verlustabschätzung

Für die Tabellenwerte gilt: die Verteilverluste Q_d sind – trotz Angabe auf eine Kilowattstunde genau – nur Schätzwerte. Die Anzeigegenauigkeit ergibt sich aus der Excelberechnung.

Primärenergieabschätzung

Die Primärenergiekennwerte welche sich allein aus der Verteilung ergeben, sind sich im Mittel sehr ähnlich – unabhängig welches Verfahren verwendet wird. Im Einzelfall beträgt die Abweichung in die eine oder andere Richtung etwa 2 ... 4 kWh/(m²a).

Nr	Bestand	DIN V 18599-5/8	DIN V 18599-100	neue Formeln
12	0	3	5	3
12	2	6	5	4
13	0	12	8	6
15	0	7	6	6
15	11	13	9	13
21	2	12	8	9
21	4	9	9	12
21	9	3	5	3
32	14	2	4	3
66	2	4	4	2
71	13	17	15	18

Tabelle 74 Beispielbürogebäude und ähnliche – Abschätzung der Primärenergie für Verteilung

Es kann keine Tendenz erkannt werden, ob es günstiger ist, mit den neuen oder alten Formeln oder Realwerten zu rechnen bzw. dass sich unter Verwendung der neuen Formeln generell in die eine oder andere Richtung das Primärenergielevel des Referenzgebäudes verschieben könnte.

10.3 Schulen, Labore, Archive und ähnliche Objekte

Nach der gleichen Vorgehensweise wird der mögliche Unterschied bei der Ermittlung der Primärenergie auch für ausgewählte Schulen, Laborgebäude, Veranstaltungshallen und ähnliche Objekte dargestellt. Wiederum werden Gebäude unterschiedlicher Größe, Netztypen und Nutzung aus- gesucht.

Nr		Art	Nettogrundfläche	Volumen	Anzahl beheizter	Anzahl Zapf-
			m ²	m ³	Räume	stellen TWW
					Stück	Stück
26	2	Labor	2972	13956	128	9
26	4	Labor	8915	41869	384	27
43	5	Laborgebäude und Praxen	3450	13595	198	140
45	6	Bibliothek und Archiv	20239	125542	360	98
54	0	Hörsaal	1191	7406	20	k.A.
54	3	Hörsaal	2382	14812	40	12
54	3	Hörsaal	4764	29624	40	12
58	0	Schule	2437	9797	39	6
64	1	Flughafen	15242	117366	247	56
65	0	Veranstaltungshalle	20919	192831	260	147
67	8	Museum	742	1928	30	6
69	6	Laborgebäude	11698	55656	376	254
74	0	Rechenzentrum	1920	11739	16	k.A.

Tabelle 75 Beispielschulen, Labore und ähnliche – Geometrie und Grunddaten

Nr		Heiznetz			Trinkwassernetz		
		Versorgungsart	Netztyp	Lage der Verteilung	Netzart	Netztyp	Lage der Verteilung
26	2	zentral	A: Etagenring	im Unbeheizten	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
26	4	zentral	B: Estrich	im Unbeheizten	mit Zirkulation	R: Steigestrang	im Beheizten
43	5	zentral	C: Steigleitungen	im Unbeheizten	mit Zirkulation	S: Ebenenverteilung	im Beheizten
45	6	zentral	C: Steigleitungen	im Beheizten	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
54	0	zentral	C: Steigleitungen	im Unbeheizten	k.A.	k.A.	k.A.
54	3	zentral	A: Etagenring	im Unbeheizten	mit Zirkulation	R: Steigestrang	im Unbeheizten
54	3	zentral	B: Estrich	im Unbeheizten	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
58	0	zentral	C: Steigleitungen	im Unbeheizten	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
64	1	zentral	A: Etagenring	im Beheizten	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
65	0	zentral	A: Etagenring	im Beheizten	mit Zirkulation	S: Ebenenverteilung	im Beheizten
67	8	zentral	C: Steigleitungen	im Beheizten	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
69	6	zentral	A: Etagenring	im Beheizten	mit Zirkulation	R: Steigestrang	im Beheizten
74	0	zentral	C: Steigleitungen	im Beheizten	k.A.	k.A.	k.A.

Tabelle 76 Beispielschulen, Labore und ähnliche – Heizungs- und Warmwassernetze

Leitungslängen und Verteilverluste

Bei der Ermittlung der Leitungsverluste wird auf den Vergleich mit der DIN V 4701-10 verzichtet, weil diese Norm zur Bilanzierung der betreffenden Objekte keine Verwendung findet.

Nr		Bestand			DIN V 18599-5			DIN V 18599-100			neue Formeln		
		Länge, in m	davon Verteilung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	Q _d , in kWh/a ca.
26	2	1409	84%	27309	3732	42%	43793	2348	8%	13063	1031	84%	19813
26	4	4048	10%	23749	6847	6%	34802	6740	4%	32434	2140	17%	15465
43	5	1736	19%	13095	2945	13%	18789	2803	8%	15616	971	38%	10701
45	6	5526	19%	22523	17189	3%	70060	17319	4%	70592	6476	21%	26394
54	0	850	58%	12469	1258	39%	14073	851	10%	5045	734	71%	12403
54	3	845	84%	16294	2521	39%	28206	1677	9%	9471	865	84%	16722
54	3	1428	32%	14215	3693	17%	26488	3207	5%	15690	1480	37%	16054
58	0	760	30%	7173	1841	13%	11819	1755	9%	9904	711	36%	7580
64	1	1985	93%	8092	11259	5%	45890	11056	4%	45063	3911	78%	15941
65	0	6089	70%	24818	17487	3%	71277	17555	3%	71551	5112	77%	20837
67	8	758	85%	3090	873	16%	3559	819	11%	3338	155	32%	631
69	6	2581	72%	10519	10632	8%	43334	10624	7%	43304	3166	78%	12904
74	0	515	58%	2099	1664	6%	6784	1656	5%	6751	646	42%	2633

Tabelle 77 Beispielschulen, Labore und ähnliche – Leitungslängen Heizung und Verlustabschätzung

Nr	Bestand				DIN V 18599-8				DIN V 18599-100				neue Formeln				
	Länge, in m	davon Verteilung, in %	davon Anbindung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	davon Anbindung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	davon Anbindung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	davon Anbindung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	
26	2	5	0%	100%	56	6	0%	100%	79	6	0%	100%	79	4	0%	100%	45
26	4	277	47%	32%	6530	148	33%	13%	3966	94	52%	20%	2422	157	59%	20%	4020
43	5	957	90%	7%	26525	1462	16%	14%	38925	782	31%	26%	19282	824	62%	35%	19137
45	6	147	0%	100%	1837	81	0%	100%	1017	81	0%	100%	1017	45	0%	100%	558
54	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0
54	3	55	64%	5%	2631	98	48%	12%	4086	72	66%	16%	3320	222	60%	32%	9351
54	3	6	0%	100%	75	11	0%	100%	142	11	0%	100%	142	8	0%	100%	95
58	0	3	0%	100%	37	6	0%	100%	69	6	0%	100%	69	3	0%	100%	42
64	1	25	20%	80%	395	11	0%	100%	132	11	0%	100%	132	23	0%	100%	286
65	0	935	74%	23%	23438	390	32%	12%	10530	244	51%	19%	6311	305	79%	14%	8105
67	8	10	0%	100%	125	2	0%	100%	28	2	0%	100%	28	5	0%	100%	61
69	6	2506	8%	78%	40352	4545	8%	20%	116629	2348	15%	38%	53128	2239	15%	45%	48046
74	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0

Tabelle 78 Beispielschulen u. ähnliche – Leitungslängen Trinkwarmwasser und Verlustabschätzung

Für die Tabellenwerte gilt: die Verteilverluste Q_d sind – trotz Angabe auf eine Kilowattstunde genau – nur Schätzwerte. Die Anzeigegenauigkeit ergibt sich aus der Excelberechnung.

Primärenergieabschätzung

Die Primärenergiekennwerte welche sich allein aus der Verteilung ergeben, liegen bei Werten um 5 kWh/(m²a) auf Basis der Realwerte, der Werte nach den neuen Formeln und den Werten nach DIN V 18599-100. Würde mit DIN V 19588-5 und -8 gerechnet, läge der Wert bei etwa 9 kWh/(m²a).

Nr.	Bestand	DIN V 18599-5/8	DIN V 18599-100	neue Formeln
26	2	10	5	7
26	4	4	4	2
43	5	13	11	10
45	6	1	4	1
54	0	12	5	11
54	3	9	6	12
54	3	3	4	4
58	0	3	5	3
64	1	1	3	1
65	0	3	4	2
67	8	5	5	1
69	6	5	9	6
74	0	1	4	2

Tabelle 79 Beispielschulen, Labore und ähnliche – Abschätzung der Primärenergie für Verteilung

Sofern mit den neuen Formeln oder Realwerten gerechnet würde, ergäben sich im Mittel geringere Werte als nach den heutigen Normen DIN V 18599-5 und 8. Die Endergebnisse fallen bei Verwendung von Realwerten gegenüber Standardwerten im Mittel 4 ... 5 kWh/(m²a) geringer aus. Einzelfälle können jedoch weit ober- und unterhalb liegen. Der größte Unterschied ergibt sich beim Laborgebäude 69.6. Die derzeitigen Normwerte liegen bis 10 kWh/(m²a) über den Realwerten.

10.4 Restaurants, Verkaufsstätten und ähnliche Objekte

Wie vor wird der mögliche Unterschied bei der Ermittlung der Primärenergie auch für ausgewählte Einkaufsmärkte, Restaurants, Kantinen und ähnliche Objekte dargestellt. Wiederum werden Gebäude unterschiedlicher Größe, Netztypen und Nutzung ausgesucht.

Nr		Art	Nettogrundfläche	Volumen außen	Anzahl beheizter Räume	Anzahl Zapfstellen TWW
			m ²	m ³	Stück	Stück
3	0	Einkaufmarkt	1321	7482	8	3
4	1	Einkaufmarkt	4040	18613	45	25
4	3	Einkaufmarkt	1796	8272	28	15
6	0	Restaurant	48	166	2	1
6	1	Restaurant	108	374	2	1
9	0	Restaurant und Verkauf	376	1246	12	6
14	9	Büro und Kantine	3531	11316	121	27
62	2	Restaurant und Küche	347	1276	7	2

Tabelle 80 Beispielrestaurants, Verkaufsstätten und ähnliche – Geometrie und Grunddaten

Nr		Heiznetz			Trinkwassernetz		
		Versorgungsart	Netztyp	Lage der Verteilung	Netzart	Netztyp	Lage der Verteilung
3	0	zentral	D: Lüftung	im Beheizten	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
4	1	zentral	A: Etagenring	im Beheizten	mit Zirkulation	S: Ebenenverteilung	im Beheizten
4	3	zentral	A: Etagenring	im Beheizten	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
6	0	zentral	A: Etagenring	im Beheizten	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
6	1	zentral	C: Steigleitungen	im Beheizten	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
9	0	zentral	C: Steigleitungen	im Beheizten	mit Zirkulation	S: Ebenenverteilung	im Beheizten
14	9	zentral	B: Estrich	im Unbeheizten	mit Zirkulation	S: Ebenenverteilung	im Beheizten
62	2	zentral	C: Steigleitungen	im Beheizten	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten

Tabelle 81 Beispielrestaurants, Verkaufsstätten und ähnliche – Heizungs- und Warmwassernetze

Leitungslängen und Verteilverluste

Bei der Ermittlung der Leitungsverluste wird auf den Vergleich mit der DIN V 4701-10 verzichtet, weil diese Norm zur Bilanzierung der betreffenden Objekte keine Verwendung findet.

Nr		Bestand			DIN V 18599-5			DIN V 18599-100			neue Formeln		
		Länge, in m	davon Verteilung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	Q _d , in kWh/a ca.
3	0	233	63%	950	1168	17%	4762	1029	6%	4196	258	75%	1053
4	1	891	73%	3632	6677	10%	27215	6275	4%	25578	1165	63%	4748
4	3	627	70%	2556	3083	13%	12566	2804	5%	11430	599	67%	2440
6	0	33	82%	135	64	43%	262	68	46%	277	59	86%	242
6	1	67	31%	273	133	38%	541	117	30%	477	91	59%	372
9	0	330	56%	1345	357	23%	1456	326	16%	1330	211	38%	862
14	9	4150	3%	19197	2630	5%	13213	2618	5%	12953	4063	9%	22945
62	2	283	59%	1154	348	36%	1418	268	17%	1094	272	51%	1109

Tabelle 82 Beispielrestaurants und ähnliche – Leitungslängen Heizung und Verlustabschätzung

Nr		Bestand				DIN V 18599-8				DIN V 18599-100				neue Formeln			
		Länge, in m	davon Verteilung, in %	davon Anbindung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	davon Anbindung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	davon Anbindung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	davon Anbindung, in %	Q _d , in kWh/a ca.
3	0	2	0%	100%	19	3	0%	100%	36	3	0%	100%	36	1	0%	100%	6
4	1	530	84%	14%	14089	1348	29%	15%	35640	846	46%	24%	21119	364	72%	24%	9074
4	3	15	0%	100%	187	83	0%	100%	1039	83	0%	100%	1039	13	0%	100%	162
6	0	2	0%	100%	25	1	0%	100%	11	1	0%	100%	11	3	0%	100%	36
6	1	2	0%	100%	25	2	0%	100%	26	2	0%	100%	26	1	0%	100%	6
9	0	77	78%	17%	2012	152	34%	17%	3961	103	51%	26%	2545	60	76%	9%	1657
14	9	201	38%	37%	4596	136	14%	20%	3478	77	26%	36%	1764	186	55%	25%	4613
62	2	1	0%	100%	6	5	0%	100%	63	5	0%	100%	63	1	0%	100%	9

Tabelle 83 Beispielrest. u. ähnliche – Leitungslängen Trinkwarmwasser und Verlustabschätzung

Für die Tabellenwerte gilt: die Verteilverluste Q_d sind – trotz Angabe auf eine Kilowattstunde genau – nur Schätzwerte. Die Anzeigegenauigkeit ergibt sich aus der Excelberechnung.

Primärenergieabschätzung

Die Primärenergiekennwerte welche sich allein aus der Verteilung ergeben, liegen bei Werten um 4 ... 5 kWh/(m²a) auf Basis der Realwerte und der Werte nach den neuen Formeln. Würde mit DIN V 19588 gerechnet ergäben sich Werte um 7 ... 8 kWh/(m²a).

Nr.	Bestand	DIN V 18599-5/8	DIN V 18599-100	neue Formeln
3	0	1	4	1
4	1	5	17	4
4	3	2	8	2
6	0	4	6	6
6	1	3	6	4
9	0	10	16	7
14	9	7	5	9
62	2	4	5	4

Tabelle 84 Beispielrest., Verkaufsst. und ähnliche – Abschätzung der Primärenergie für Verteilung

Die Differenz von 2 ... 4 kWh/(m²a) ist der derzeitige mittlere Spielraum, welcher sich ergibt, wenn Realwerte statt Standardwerten eingesetzt werden. Die Zahlen sind im Einzelfall auch größer oder kleiner. Der größte Unterschied ergibt sich beim Einkaufsmarkt 4.1. Dort ergibt das Rechnen mit Standardwerten etwa 12 kWh/(m²a) mehr Primärenergie als das Rechnen mit Realwerten.

10.5 Werkstätten, Produktion und ähnliche Objekte

Wie vor wird der mögliche Unterschied bei der Ermittlung der Primärenergie auch für ausgewählte Werkstätten, Produktionseinrichtungen und ähnliche Objekte dargestellt. Auch eine Schwimmhalle wird ausgewertet. Wiederum werden Gebäude unterschiedlicher Größe, Netztypen und Nutzung ausgesucht.

Nr		Art	Nettogrundfläche	Volumen außen	Anzahl beheizter Räume	Anzahl Zapfstellen TWW
			m ²	m ³	Stück	Stück
48	0	Schwimmbad	3523	24052	82	85
8	1	Werkstätten mit Büro	772	2485	26	12
8	3	Werkstätten mit Büro	386	1242	13	6
8	8	Werkstätten mit Büro	1158	3727	39	18
16	0	Produktion	25400	307063	1	0
19	1	Werkstätten	553	2260	8	2
19	2	Werkstätten	830	3391	12	3
56	0	Werkstätten mit Büro	692	4248	13	7

Tabelle 85 Beispielwerkstätten, Produktion und ähnliche – Geometrie und Grunddaten

Nr		Heiznetz			Trinkwassernetz		
		Versorgungsart	Netztyp	Lage der Verteilung	Netzart	Netztyp	Lage der Verteilung
48	0	zentral	C: Steigleitungen	im Unbeheizten	mit Zirkulation	R: Steigstrang	im Unbeheizten
8	1	zentral	A: Etagenring	im Beheizten	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
8	3	zentral	B: Estrich	im Beheizten	mit Zirkulation	R: Steigstrang	im Beheizten
8	8	zentral	C: Steigleitungen	im Beheizten	mit Zirkulation	S: Ebenenverteilung	im Beheizten
16	0	zentral	C: Steigleitungen	im Beheizten	k.A.	k.A.	k.A.
19	1	zentral	C: Steigleitungen	im Beheizten	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
19	2	zentral	A: Etagenring	im Beheizten	ohne Zirkulation	T: Dezentral	im Beheizten
56	0	zentral	C: Steigleitungen	im Beheizten	ohne Zirkulation	R: Steigstrang	im Beheizten

Tabelle 86 Beispielwerkstätten, Produktion und ähnliche – Heizungs- und Warmwassernetze

Leitungslängen und Verteilverluste

Bei der Ermittlung der Leitungsverluste wird auf den Vergleich mit der DIN V 4701-10 verzichtet, weil diese Norm zur Bilanzierung der betreffenden Objekte keine Verwendung findet.

Nr		Bestand			DIN V 18599-5			DIN V 18599-100			neue Formeln		
		Länge, in m	davon Verteilung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	Q _d , in kWh/a ca.
48	0	1611	69%	26684	3241	20%	25205	2697	4%	13119	2753	74%	48124
8	1	482	48%	1965	806	37%	3287	581	12%	2368	343	64%	1398
8	3	302	19%	1231	403	37%	1643	305	16%	1242	326	21%	1330
8	8	854	17%	3481	1210	37%	4930	857	10%	3493	867	66%	3535
16	0	3858	87%	15725	58716	63%	239321	23004	6%	93761	5797	92%	23629
19	1	352	27%	1435	634	37%	2586	457	13%	1863	375	61%	1527
19	2	422	58%	1720	952	37%	3879	671	11%	2736	359	65%	1463
56	0	249	52%	1016	792	10%	3229	763	7%	3110	338	41%	1376

Tabelle 87 Beispielwerkstätten und ähnliche – Leitungslängen Heizung und Verlustabschätzung

Nr		Bestand				DIN V 18599-8				DIN V 18599-100				neue Formeln			
		Länge, in m	davon Verteilung, in %	davon Anbindung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	davon Anbindung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	davon Anbindung, in %	Q _d , in kWh/a ca.	Länge, in m	davon Verteilung, in %	davon Anbindung, in %	Q _d , in kWh/a ca.
48	0	799	60%	13%	35913	1407	33%	11%	52293	889	53%	18%	37347	318	64%	22%	14222
8	1	6	0%	100%	75	15	0%	100%	186	15	0%	100%	186	7	0%	100%	83
8	3	123	73%	11%	3342	72	62%	7%	2014	57	78%	9%	1579	112	83%	10%	3069
8	8	275	79%	14%	7309	217	62%	7%	6042	172	78%	9%	4737	203	81%	16%	5325
16	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%	0
19	1	1	0%	100%	12	9	0%	100%	117	9	0%	100%	117	1	0%	100%	15
19	2	2	0%	100%	19	14	0%	100%	175	14	0%	100%	175	3	0%	100%	39
56	0	40	58%	5%	1135	7	0%	100%	90	7	0%	100%	90	65	88%	6%	1811

Tabelle 88 Beispielwerkst. u. ähnliche – Leitungslängen Trinkwarmwasser und Verlustabschätzung

Für die Tabellenwerte gilt: die Verteilverluste Q_d sind – trotz Angabe auf eine Kilowattstunde genau – nur Schätzwerte. Die Anzeigegenauigkeit ergibt sich aus der Excelberechnung.

Primärenergieabschätzung

Die Primärenergiekennwerte welche sich allein aus der Verteilung ergeben, liegen bei Werten um 7 kWh/(m²a) auf Basis der Realwerte, der Werte nach den neuen Formeln und den Werten nach DIN V 18599-100. Würde mit DIN V 19588-5 und -8 gerechnet, läge der Wert bei etwa 9 kWh/(m²a).

Nr.	Bestand	DIN V 18599-5/8	DIN V 18599-100	neue Formeln	
48	0	20	24	16	19
8	1	3	5	4	2
8	3	13	10	8	13
8	8	10	10	8	8
16	0	1	10	4	1
19	1	3	5	4	3
19	2	2	5	4	2
56	0	3	5	5	5

Tabelle 89 Beispielwerkst., Produktion und ähnliche – Abschätzung der Primärenergie für Verteilung

Die Differenz von 2 kWh/(m²a) ist der derzeitige mittlere Spielraum, welcher sich ergibt, wenn Realwerte statt Standardwerten eingesetzt werden. Die Zahlen sind im Einzelfall auch größer oder kleiner. Der deutlichste Unterschied ergibt sich bei der Produktionseinrichtung (Datensatz 16.0).

11 Empfehlungen für die Normung

Dieser Abschnitt nennt Empfehlungen für die Normung und stellt Hinweise zusammen, welche über die Formelansätze der Kapitel 6.4 (Heizung), 7.4 (Trinkwarmwasser) und 8.3 (RLT-Wärme) hinausgehen.

11.1 Heizung

Es wird empfohlen, die Formeln für die Netze A bis D des Kapitels 6.4 in die Norm zu übernehmen. Dabei sollte folgende Tabelle zu den Nutzungen ergänzt werden:

Gruppe	Nutzungen
1: Wohnen	Wohnen, Bürogebäude, Praxen, Hotels, Seminargebäude, Bettzimmer, Wohnheim, Kindergarten, 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 90 Gruppenzugehörigkeiten bei Heizungsnetzen

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 Netztyp B ausgeführt werden.

Einrohrheizungen

Auch Einrohrheizungen wurden nicht untersucht, da dieser Netztyp in der frei gewählten Stichprobe von Gebäuden nicht vorkam. Zur Abschätzung der Leitungslängen werden auf Grundlage von Netzuntersuchungen anderer Projekte daher nur folgende Empfehlungen ausgesprochen: sollten Längen bei Einrohrheizungen abgeschätzt werden, dann 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

Leitungsanteile im beheizten und unbeheizten Bereich

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

- Typ A: maximal eine Ebene bei einem mehrgeschossigen Gebäude kann außerhalb des beheizten Bereiches liegen (i. d. R. die Keller- oder in die Dachebene); 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
- Typ B, C und D: entweder werden die Leitungen komplett als im beheizten Bereich liegend oder komplett im unbeheizten Bereich bilanziert

Eine komprimierte Form der Ergebnisse ist in der Zusammenfassung, im Kapitel 2.4 abgedruckt.

11.2 Trinkwarmwasser

Es wird empfohlen, die Formeln für die Netze R bis T des Kapitels 7.4 in die Norm zu übernehmen. Dabei sollte folgende Tabelle zu den Nutzungen ergänzt werden:

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 91 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 92 Gruppenzugehörigkeiten bei dezentralen Trinkwassernetzen

Zirkulation

Alle im Kapitel 7.4 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.

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

Eine komprimierte Form der Ergebnisse ist in der Zusammenfassung, im Kapitel 2.5 zu finden.

11.3 RLT-Versorgung

Es wird empfohlen, die Formel des Kapitels 9.3 in die Norm zu übernehmen. Eine normgerechte Kurzfassung der Empfehlungen findet sich in der Zusammenfassung im Kapitel 2.6.

12 Empfehlungen für die Gesetzgebung

Dieser Abschnitt stellt Hinweise für die Gesetzgebung, d.h. das Zusammenspiel der gewonnenen Erkenntnisse und der EnEV zusammen. Dabei beziehen sich die Empfehlungen darauf, dass es entweder ein Referenzgebäude oder Einzelnachweise zu Leitungsnetzen gibt.

12.1 Heizung

Sofern ein Referenzgebäude berechnet wird oder Einzelnachweise zu Leitungsnetzen 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), kann keine Gruppenzuordnung getroffen werden, gilt für Nichtwohnbauten "Gruppe 3: Verkauf"
- für das reale und das Referenzgebäude gilt der gleiche Netztyp (oder die gleichen Netztypen, falls es mehrere Netze gibt), kann keine Zuordnung des Netztyps erfolgen, gilt der Netztyp C

Die gefundenen Leitungslängen, welche sich in den Formelansätzen des Kapitels **6.4** widerspiegeln, 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 Gruppe 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.

12.2 Trinkwarmwasser

Sofern ein Referenzgebäude berechnet wird oder Einzelnachweise zu Leitungsnetzen 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, kann der zentrale Netztyp nicht eindeutig zugeordnet werden, gilt Netztyp R (Steigestrangtyp)
- 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
- kann die Zuordnung zu einer Gebäudegruppe nicht erfolgen, gilt "Gruppe 2d: Praxen"

Bei anderen Gebäudegruppen mit zentralen Netzen wird vorgeschlagen:

- für das reale und das Referenzgebäude gilt der gleiche Netztyp, kann keine eindeutige Zuordnung getroffen werden, gilt Netztyp S (Ebenentyp)
- das reale und das Referenzgebäude werden der gleichen Gebäudegruppe zugeordnet, kann die Zuordnung zu einer Gebäudegruppe nicht erfolgen, gilt "Gruppe 2: Büro"
- 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 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.

12.3 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 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.

13 Anhang

13.1 Gebäudeklassifizierung

13.1.1 Nutzungsprofile nach DIN V 18599-10 und -100

Auszüge aus der Normausgabe 2007 mit Ergänzungen von 2009.

0	Wohnen
1	Einzelbüro
2	Gruppenbüro
3	Großraumbüro
4	Besprechung, Sitzung, Seminar
5	Schalterhalle
6	Einzelhandel/Kaufhaus
7	Einzelhandel/Kaufhaus Lebensmittel mit Kühlprodukten
8	Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)
9	Hörsaal, Auditorium
10	Bettzimmer
11	Hotelzimmer
12	Kantine
13	Restaurant
14	Küchen in Nichtwohngebäuden
15	Küche, Vorbereitung, Lager
16	WC und Sanitärräume in Nichtwohnbauten
17	Sonstige Aufenthaltsräume
18	Nebenflächen ohne Aufenthaltsräume
19	Verkehrsflächen
20	Lager, Technik, Archiv
21	Serverraum, Rechenzentrum
22	Werkstatt, Montage, Fertigung
22.1	Gewerbliche und industrielle Hallen, grobe Arbeit
22.2	Gewerbliche und industrielle Hallen, feine Arbeit
23	Zuschauerbereich (Theater und Veranstaltungsbauten)
24	Foyer (Theater und Veranstaltungsbauten)
25	Bühne (Theater und Veranstaltungsbauten)
26	Messe, Kongress
27	Ausstellungsräume und Museum
28	Bibliothek Lesesaal
29	Bibliothek Freihandbereich
30	Bibliothek Magazin und Depot
31	Turnhalle ohne Zuschauerbereich
32	Parkhäuser (Büro / Privatnutzung)
33	Parkhäuser (öff. Nutzung)
34	Saunabereich
35	Fitnessraum
36	Labor
37	Untersuchungs- und Behandlungsräume
38	Spezialpflegebereiche
39	Flure des allgemeinen Pflegebereiches
40	Arztpraxen und therapeutische Praxen
41	Lagerhallen, Logistikhallen

13.1.2 Gebäudetypen gemäß Bundesrichtlinie

Tabelle 2.1: Mittelwerte EnEV 2007 und Vergleichswerte EnEV 2009 für den Heizenergieverbrauchskennwert und den Stromverbrauchskennwert für Gebäude, die nach dem Bauwerkszuordnungskatalog kategorisiert sind

Ziffer nach BWZK	Gebäudekategorie	Gebäudegröße (Nettogrundfläche) [m ²]	Mittelwerte = Vergleichswerte nach EnEV 2007		Vergleichswerte nach EnEV 2009	
			Heizung und Warmwasser [kWh/(m ² _{NGF} ·a)]	Strom	Heizung und Warmwasser [kWh/(m ² _{NGF} ·a)]	Strom
1	2	3	4	5	6	7
1100	Parlamentsgebäude	beliebig	100	55	70	40
1200	Gerichtsgebäude	≤ 3.500	125	25	90	20
		> 3.500	100	35	70	25
1300	Verwaltungsgebäude, normale technische Ausstattung (ohne BWZK Nr. 1311, 1320, 1340 und 1350)	≤ 3.500	115	30	80	20
		> 3.500	120	45	85	30

Ziffer nach BWZK	Gebäudekategorie	Gebäudegröße (Nettogrundfläche) [m ²]	Mittelwerte = Vergleichswerte nach EnEV 2007		Vergleichswerte nach EnEV 2009	
			Heizung und Warmwasser	Strom	Heizung und Warmwasser	Strom
			[kWh/(m ² _{NGF} ·a)]		[kWh/(m ² _{NGF} ·a)]	
1	2	3	4	5	6	7
1311	Ministerien	beliebig	100	45	70	30
1320	Verwaltungsgebäude mit höherer techn. Ausstattung ⁹	beliebig	120	60	85	40
1340	Polizeidienstgebäude	beliebig	125	40	90	30
1350	Rechenzentren	beliebig	125	220	90	155
2100	Hörsaalgebäude	beliebig	115	55	90	40
2200	Institutsgebäude für Lehre und Forschung (ohne BWZK Nr. 2210 bis 2250)	beliebig	150	95	105	65
2210	Institutsgebäude I ¹⁰	≤ 3.500	125	35	90	25
		> 3.500	120	50	85	35
2220	Institutsgebäude II ¹⁰	beliebig	160	75	110	55
2230	Institutsgebäude III ¹⁰	beliebig	135	95	95	65
2240	Institutsgebäude IV ¹⁰	beliebig	195	110	135	75
2250	Institutsgebäude V ¹⁰	beliebig	200	135	140	95
2300	Institutsgebäude für Forschung und Untersuchung	beliebig	190	90	135	65
2400	Fachhochschulen	beliebig	115	40	80	30
3000	Gebäude des Gesundheitswesens (ohne BWZK Nr. 3200)	beliebig	190	70	135	50
3200	Krankenhäuser und Unikliniken für Akutkranke	beliebig	360	180	250	125
4100	Allgemeinbildende Schulen	≤ 3.500	150	15	105	10
		> 3.500	125	15	90	10
4200	Berufsbildende Schulen	beliebig	115	25	80	20
4300	Sonderschulen	beliebig	150	20	105	15
4400	Kindertagesstätten	beliebig	160	25	110	20
4500	Weiterbildungseinrichtungen	beliebig	130	30	90	20

Ziffer nach BWZK	Gebäudekategorie	Gebäude- größe (Netto- grundflä- che) [m ²]	Mittelwerte = Vergleichswerte nach EnEV 2007		Vergleichswerte nach EnEV 2009	
			Heizung und Warmwasser	Strom	Heizung und Warmwasser	Strom
			[kWh/(m ² _{NGF} ·a)]		[kWh/(m ² _{NGF} ·a)]	
1	2	3	4	5	6	7
5000	Sportbauten (ohne BWZK Nr. 5100, 5200 und 5300) und Sondersportanlagen (Kegelbahnen, Schießanlagen, Reithallen, Eissporthallen, Tennishallen)	beliebig	170	40	120	30
5100	Hallen (ohne Schwimmhallen)	beliebig	155	35	110	25
5200	Schwimmhallen	beliebig	775	220	425	155
5300	Gebäude für Sportplatz- und Freibadeanlagen (Umkleidegebäude, Tribünengebäude, Sporthäuser, Platzwartgebäude, Sportbetriebsgebäude)	beliebig	195	40	135	30
6300 bis 6600	Gemeinschaftsunterkünfte, Betreuungseinrichtungen, Verpflegungseinrichtungen, Beherbergungsstätten	beliebig	150	30	105	20
7000	Gebäude für Produktion, Werkstätten, Lagergebäude (ohne BWZK Nr. 7700)	≤ 3.500	160	30	110	20
		> 3.500	160	90	110	65
7700	Gebäude für öffentliche Bereitschaftsdienste	beliebig	145	25	100	20
8000	Bauwerke für technische Zwecke	beliebig	155	60	110	40
9100	Gebäude für kulturelle und musische Zwecke (ohne BWZK Nr. 9120 bis 9150)	beliebig	90	30	65	20
9120	Ausstellungsgebäude	beliebig	110	60	75	40
9130	Bibliotheksgebäude	beliebig	80	55	55	40
9140	Veranstaltungsgebäude	beliebig	155	60	110	40
9150	Gemeinschaftshäuser	beliebig	195	45	135	30
9600	Justizvollzugsanstalten	beliebig	260	60	180	40

Tabelle 2.2: Mittelwerte EnEV 2007 und Vergleichswerte EnEV 2009 für den Heizenergieverbrauchs-kennwert und den Stromverbrauchs-kennwert für Gebäude, die nicht nach dem Bauwerkszuordnungskatalog kategorisiert sind

Lfd. Nr	Nutzungsgruppe	Nutzung	Mittelwerte = Vergleichswerte nach EnEV 2007		Vergleichswerte nach EnEV 2009	
			Heizung und Warmwasser	Strom	Heizung und Warmwasser	Strom
1	2	3	[kWh/(m ² _{NGF} ·a)]		[kWh/(m ² _{NGF} ·a)]	
			4	5	6	7
1.1	Hotel, Beherbergung	Hotels ohne Stern, Pensionen, Gasthäuser, Hotels garni	215	70	150	50
1.2		Hotels mit 1 und 2 Ster- nen	120	75	85	55
1.3		Hotels mit 3 Sterne	135	85	95	60
1.4		Hotels mit 4 und 5 Ster- nen	150	95	105	65
1.5		Jugendherberge, Gäste- häuser, Ferien-, Schul- land-, Vereinsheime	125	25	90	20
2.1	Gaststätten	Ausschankwirtschaft	340	100	240	70
2.2		Speisegaststät- te/Restaurant	290	135	205	95
2.3		Kantinen/Mensen	170	105	120	75
3.1	Veranstaltungs- gebäude	Kino	80	115	55	80
3.2		Opernhäuser, Theater-	155	60	110	40

Lfd. Nr	Nutzungsgruppe	Nutzung	Mittelwerte = Vergleichswerte nach EnEV 2007		Vergleichswerte nach EnEV 2009	
			Heizung und Warmwasser	Strom	Heizung und Warmwasser	Strom
			[kWh/(m ² _{NGF} ·a)]		[kWh/(m ² _{NGF} ·a)]	
1	2	3	4	5	6	7
		gebäude				
3.3		Saalbauten, Stadthallen	155	60	110	40
3.4		Freizeitzentren, Jugendhäuser, Gemeindehäuser	150	30	105	20
4	Laborgebäude		Ermittlung der Vergleichswerte: Mittelwerte nach Nr. 7.4		Ermittlung der Vergleichswerte: 85% des Mittelwertes nach Nr. 7.4	
5.1	Sportanlagen	Sporthallen	170	50	120	35
5.2		Mehrzweckhallen	345	55	240	40
5.3		Schwimmbhallen, Hallenbäder	550	150	385	105
5.4		Sportheim (Vereinsheim)	115	25	80	20
5.5		Fitnessstudios	140	170	100	120
6.1	Handel/ Dienstleistung	Handel Non-Food, sonstige persönliche Dienstleistungen bis 300 m ²	195	65	135	45
6.2		Handel Non-Food über 300 m ²	105	85	75	60
6.3		Handel Food bis 300 m ²	180	105	125	75
6.4		Handel Food über 300 m ² sowie Metzgerei mit Produktion	135	375	95	265
6.5		Kaufhäuser, Warenhäuser, Einkaufszentren (Food und Non-Food)	100	120	70	85
6.6		Geschlossene Lagerhäuser, Speditionen	45	50	30	35
6.7		Kosmetik/Friseur	220	90	155	65
7.1	Gesundheitswesen	Krankenhäuser bis 250 Betten	205	120	145	84
7.2		Krankenhäuser von 251 bis 1000 Betten	250	115	175	80
7.3		Krankenhäuser mit über 1000 Betten	285	115	200	80
7.4		Freiberufliches Gesundheitswesen, Praxen	285	50	200	35
8.1	Verkehrsinfrastruktur	Flughafen, Terminal	190	290	135	205
8.2		Flughafen, Frachthallen	170	100	120	70
8.3		Flughafen, Wartung/Hangar	385	90	270	65
8.4		Flughafen, Werkstätten	220	210	155	150

Lfd. Nr	Nutzungsgruppe	Nutzung	Mittelwerte = Vergleichswerte nach EnEV 2007		Vergleichswerte nach EnEV 2009	
			Heizung und Warmwasser	Strom	Heizung und Warmwasser	Strom
			[kWh/(m ² _{NGF} ·a)]		[kWh/(m ² _{NGF} ·a)]	
1	2	3	4	5	6	7
8.5		Bahnhof (inkl. Vermarktungsbereich) < 5000 m ²	170	45	120	30
8.6		Bahnhof (inkl. Vermarktungsbereich) ≥ 5000 m ²	165	140	115	100
9.1	Bürogebäude	Bürogebäude, nur beheizt	150	50	105	35
9.2		Bürogebäude, temperiert und belüftet	160	120	110	85
9.3		Bürogebäude mit Vollklimaanlage, Konditionierung unabhängig von der Außentemperatur	190	150	135	105

13.2 Vorhandene Formelansätze der DIN V 18599

13.2.1 Ansätze DIN V 18599-5

Auszüge aus der Normausgabe 2007.

Leitungslänge für Warmwasserheizungs-Rohrnetze (siehe Bild 4)

- L_V Leitungslänge zwischen Wärmeerzeuger und vertikalen Steigleitungen. Diese (horizontalen) Leitungen können im unbeheizten Bereich (Keller, Dachgeschoss) oder im beheizten Bereich (im Estrich) liegen;
- L_S Strangleitungen (vertikal und gegebenenfalls auch horizontal). Diese Leitungen liegen im beheizten Bereich, entweder an den Außenwänden (Außenverteilung) oder überwiegend im Innern des Gebäudes (Innenverteilung). Durchgängige Zirkulation des Heizmediums;
- L_A Anbindeleitungen. Absperrbare Leitungen im beheizten Bereich. Verbindung zwischen den zirkulierenden Leitungsabschnitten und den Heizkörpern.

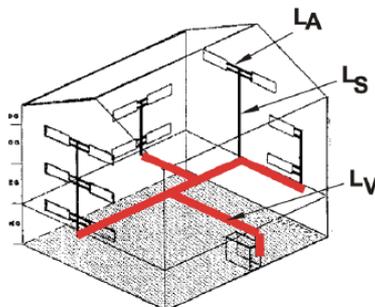


Bild 4 — Bezeichnung der Leitungen für Warmwasserheizungs-Rohrnetze

Tabelle 15 — Standardwerte

Kenngröße	Zeichen	Einheit	Bereich V	Bereich S	Bereich A
Zweirohrheizung					
Leitungslänge bei außen liegenden Strängen	L	m	$2 \cdot L_G + 0,01625 \cdot L_G \cdot B_G^2$	$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$	$0,55 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$
Leitungslänge bei innen liegenden Strängen	L	m	$2 \cdot L_G + 0,0325 \cdot L_G \cdot B_G + 6$	$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$	$0,55 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$
Einrohrheizung					
Leitungslänge bei innen liegenden Strängen	L	m	$2 \cdot L_G + 0,0325 \cdot L_G \cdot B_G + 6$	$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G + 2 \cdot (L_G + B_G) \cdot n_G$	$0,1 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$

Mit Gebäude-/Zonendaten aus DIN V 18599-2.

Dabei ist

- L_G die größte gestreckte Länge des Gebäudes (siehe 4.1), in m;
- B_G die größte gestreckte Breite des Gebäudes (siehe 4.1), in m;
- n_G die Anzahl der beheizten Geschosse (siehe 4.1);
- h_G die Höhe der Geschosse, in m (siehe 4.1).

Weicht die Geometrie eines Gebäudes von einem Quader ab, so ist das Gebäude zur Ermittlung der anzusetzenden Leitungslängen in Quader zu zerlegen, wobei die Längen der einzelnen Quader zu addieren und die Breiten zu mitteln sind. Die so errechneten Werte sind in die Formeln in Tabelle 15 einzusetzen.

Wärmeversorgungsleitungen bei RLT-Geräten

Leitungslängen für die Beheizung von dezentralen RLT-Geräten sind wie für Warmwasserheizungsanlagen zu berechnen. Bei zentralen RLT-Geräten ist die Länge entsprechend ihrer Platzierung vorzugeben.

Vorgehen zur Festlegung der anzusetzenden Leitungslängen bei mehreren Zonen in einem Gebäude

Besteht ein Gebäude aus mehreren Zonen (siehe DIN V 18599-2), so wird vereinfachend die Länge der Anbinde- und Strangleitungen aus den geometrischen Abmessungen der jeweiligen Zone bestimmt. Die Längen der Verteilleitungen werden mit den geometrischen Abmessungen des gesamten Gebäudes ermittelt.

Alternativ kann die Verteilung für das gesamte Gebäude gemeinsam berechnet werden; die Wärmeverluste werden dann den Zonen entsprechend ihren Flächenanteilen zugeordnet.

13.2.2 Ansätze DIN V 18599-8

Auszüge aus der Normausgabe 2007.

Leitungslänge für Trinkwarmwasser-Rohrnetze (siehe Bild 5)

L_V Leitungslänge zwischen Wärmeerzeuger und vertikalen Steigleitungen. Diese (horizontalen) Leitungen können im unbeheizten Bereich (Keller, Dachgeschoss) oder innerhalb der beheizten Zone (z. B. im Estrich) liegen;

L_S Strangleitungen (vertikal und gegebenenfalls auch horizontal). Diese Leitungen liegen in der beheizten Zone;

L_{SL} Stichleitungen (Anbindeleitungen). Verbindung zwischen Strangleitung und Zapfstelle. Keine Zirkulation.

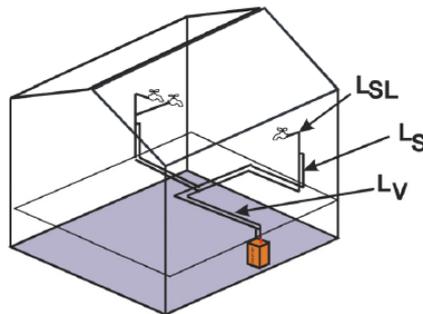


Bild 5 — Bezeichnung der Leitungen für Trinkwarmwasser-Rohrnetze

Tabelle 6 — Allgemeine Randbedingungen

Kennwerte	Zeichen	Einheit	Bereich V	Bereich S	Bereich SL
Leitungslänge mit Zirkulation	L	m	$2 \cdot L_G + 0,0125 \cdot L_G \cdot B_G$	$0,075 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G \cdot h_G$	—
Leitungslänge ohne Zirkulation	L	m	$L_G + 0,0625 \cdot L_G \cdot B_G$	$0,038 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G \cdot h_G$	—
Stichleitungslänge nur bei Übergabe in angrenzenden Räumen mit gemeinsamer Installationswand	L	m	—	—	$0,05 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$
Stichleitungslänge im Standardfall	L	m	—	—	$0,075 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$

Dabei ist

L_G die größte gestreckte Länge des Gebäudes (siehe 4.1), in m;

B_G die größte gestreckte Breite des Gebäudes (siehe 4.1), in m;

n_G die Anzahl der beheizten Geschosse (siehe 4.1);

h_G die Höhe der Geschosse (siehe 4.1), in m.

6.2.2 Dezentrale und wohnungszentrale Trinkwassererwärmung

Dezentrale Trinkwassererwärmungs-Systeme versorgen einzelne Räume mit warmem Wasser. Sie haben daher keine zentralen Verteilungen bzw. Zirkulationsleitungen. Es werden nur die Verluste der Stichleitungen berücksichtigt. Bei einer wohnungszentralen Versorgung befindet sich der Wärmeerzeuger (z. B. ein Elektrospeicher oder ein Gas-Durchlauferhitzer) an einer zentralen Stelle in der Wohnung mit möglichst kurzen Stichleitungen zu den einzelnen Zapfstellen.

Leitungslänge für eine Zapfstelle in einem Raum (z. B. Untertischspeicher) je Gerät	L	m	1
Leitungslänge für mehrere Zapfstellen in einem Raum (z. B. Badezimmer) je Gerät	L	m	3
Leitungslänge für mehrere Zapfstellen in angrenzenden Räumen mit gemeinsamer Installationswand je Gerät	L	m	4
Leitungslänge für wohnungszentrale Versorgung je Gerät	L	m	6

Sofern die Anzahl der installierten Geräte nicht bekannt ist, ist je 80 m^2 mit jeweils einem Gerät zu rechnen.

13.2.3 Ansätze DIN V 18599-100

Auszüge aus den Ergänzungen zur Norm von 2009.

Heizung

Tabelle 15 — Standardwerte

Kenngröße	Zeichen	Einheit	Bereich V	Bereich S	Bereich A
Zweirohrheizung					
Leitungslänge bei außen liegenden Strängen	L	m	$28,5 + 0,05 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$	$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$	$0,55 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$
Leitungslänge bei innen liegenden Strängen	L	m	$27,5 + 0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$	$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$	$0,55 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$
Einrohrheizung					
Leitungslänge bei innen liegenden Strängen	L	m	$27,5 + 0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$	$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G + 2 \cdot (L_G \cdot B_G) \cdot n_G$	$0,1 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$

Warmwasser

Tabelle 6 — Allgemeine Randbedingungen

Kennwerte	Zeichen	Einheit	Bereich V	Bereich S	Bereich SL
-----------	---------	---------	-----------	-----------	------------

Leitungslänge mit Zirkulation	L	m	$2 \cdot L_G + 0,0125 \cdot L_G \cdot B_G$	$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G \cdot h_G$	—
Leitungslänge ohne Zirkulation	L	m	$L_G + 0,00625 \cdot L_G \cdot B_G$	$0,013 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G \cdot h_G$	—
Stichleitungslänge nur bei Übergabe in angrenzenden Räumen mit gemeinsamer Installationswand	L	m	—	—	$0,05 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$
Stichleitungslänge im Standardfall	L	m	—	—	$0,075 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$

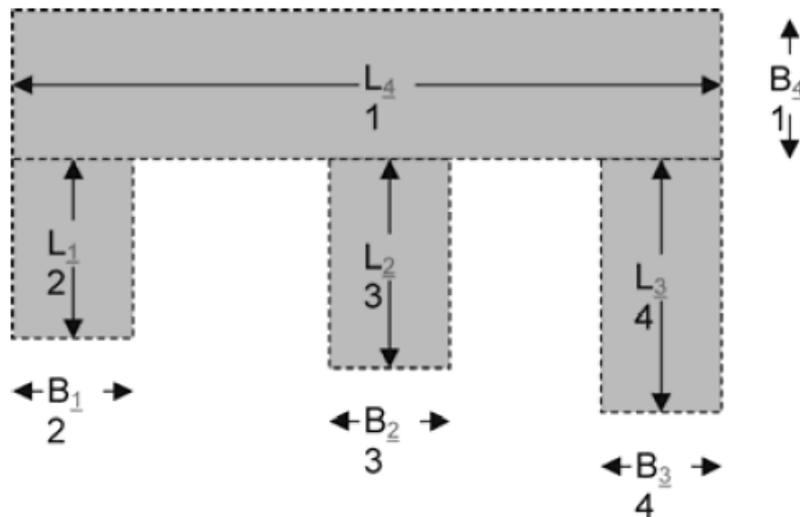
C.1 Allgemeines

Die Dimensionierung von Gebäuden wird durch die Länge, die Breite sowie Anzahl und Höhe der Stockwerke beschrieben. Dabei wird für die Abmessungen jeweils die Außenmasse genommen. Bei Gebäuden, die von einem Quader abweichen, wird hier beispielhaft eine Zuordnung von Dimensionierungsgrößen dargestellt.

Dabei summieren sich die Einzelmaße zu einem Gesamtmaß Gebäudelänge L_G und Gebäudebreite B_G .

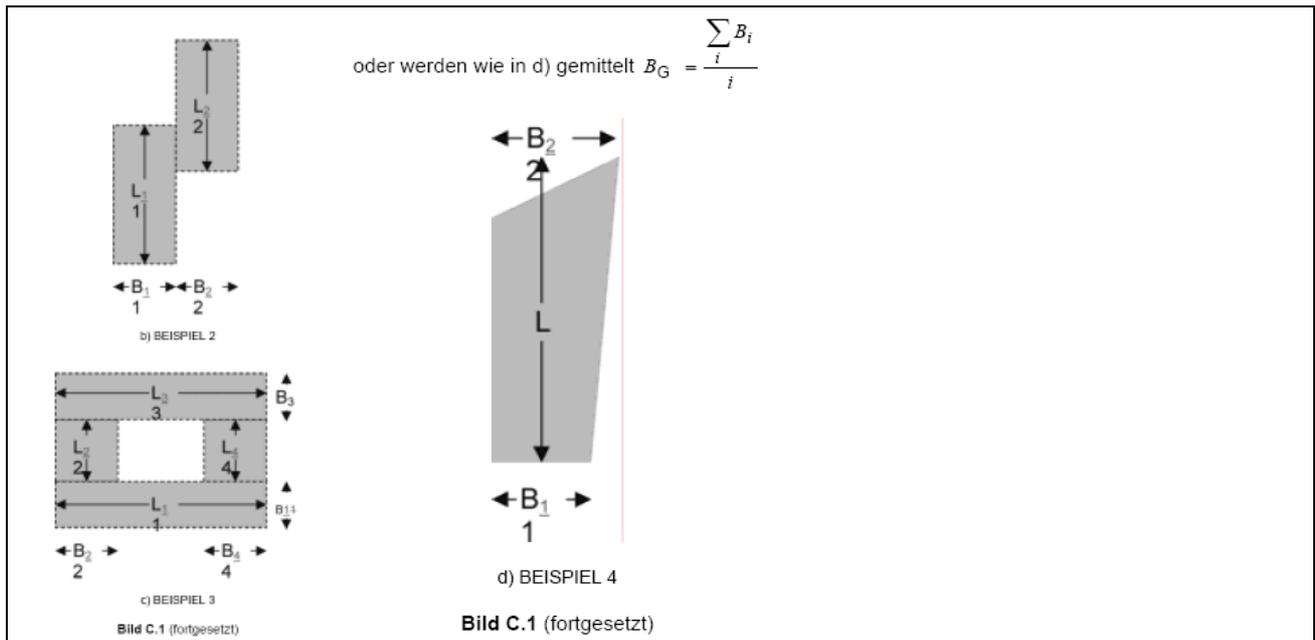
$$L_G = \sum_i L_i \quad \text{und} \quad B_G = \frac{\sum_i L_i \cdot B_i}{L_G} \quad (\text{C.1})$$

Im Bild C.1 wird die Gebäudegeometrie dargestellt mit den Beispielen 1 bis 4.



a) BEISPIEL 1

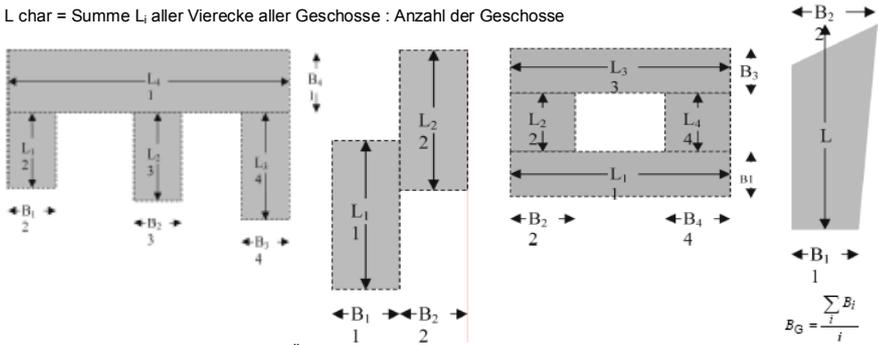
Bild C.1 — Gebäudegeometrie



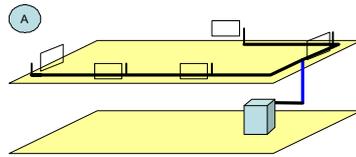
13.3 Literaturstellen für Leitungsnetzkenwerte

- GERD HAUSER, GERHARD HAUSLADEN (1998): Energiebilanzierung von Gebäuden, Karl Krämer Verlag Stuttgart + Zürich,
- HEINZ BACH (1999): Bewertung von Verteilnetzen in Heizungsanlagen, HLH Bd. 50, Nr. 11 – November
- Hirschberg, Rainer; Vereinfachte Berechnung von Wärmeabgabe und Stromaufwand; HLH; Nr. 2/2002; VDI; Düsseldorf; 2002.
- Kolmetz, S. / Ostermeier, U. und Rouvel, L.; Endenergiebedarf der Privaten Haushalte für Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung in der Bundesrepublik Deutschland; IKARUS 5-25; TU München; KFA; Jülich; 1994.
- Loga, T. et al; Energiebilanz-Toolbox, Arbeitshilfe und Ergänzungen zum Energiepass Heizung/Warmwasser; Institut Wohnen und Umwelt; Darmstadt; 2001.
- Schüßler, Kathrin; Kennwerte für Wärmeverteilnetze in Wohngebäuden; Diplomarbeit an der Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel (unveröffentlicht); Wolfenbüttel; 2001.
- SIA 380/1; Energie im Hochbau; Zürich; 1993.
- IWU; Projekt: „Entwicklung eines vereinfachten, statistisch abgesicherten Verfahrens zur Erhebung von Gebäudedaten für die Erstellung des Energieprofils von Gebäuden“; Teil III: Pauschalwerte Anlagentechnik; BBR Projekt; 2004.
- Theorie zur Verteilung; Strauß, Kruppa; zu DIN V 4701-10; 2003.

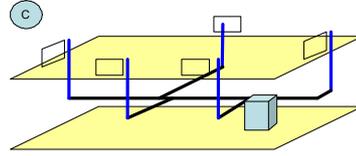
13.4 Erfassungsbogen für die Datenaufnahme

	<p>1 Laufende Nummer eingeben, jedes Gebäude eine Nummer 2 Buchstaben für Untervarianten, 0) ist das reale Objekt, der Rest sind fiktive Ableitungen 3 Kurzbeschreibung der Variante ob real oder fiktive Ableitung 4 Hinweis zu der fiktiven Variante Ziel: ca. 5 - 10 Varianten eingeschossig mehrgeschossig doppelt so lang halb so lang (Breite wird i.d.R. nicht verändert, weil Raumtiefen dann nicht sinnvoll werden) anderer Netztyp Heizung/Warmwasser</p>
	<p>5 Gebäudeadresse, Name, Standort (nur intern) 6 Gebäudenutzungsart 7 Ansprechpartner für Rückfragen 8 Bearbeiter für Rückfragen</p>
	<p>9 - 13 Nettogrundfläche, ggf. auch sicher geschätzt für den beheizten Bereich (gesamte Fläche mit Übergabeeinrichtungen) mittlere Räume/Hallen: Räume zwischen 4 und 10 m Raumhöhe oder Räume mit mind. 150 m² Nettogrundfläche große Hallen: Räume ab 10 m Raumhöhe oder Räume mit mind. 1000 m² für die Flächen mit WW-Zapfstellen</p>
	<p>14 - 18 Geschosshöhe (OK Rohdecke - OK Rohdecke), ggf. auch sicher geschätzt Mittelwert der Geschosse für den beheizten Bereich (gesamte Fläche mit Übergabeeinrichtungen) mittlere Räume/Hallen: Räume zwischen 4 und 10 m Raumhöhe oder Räume mit mind. 150 m² Nettogrundfläche große Hallen: Räume ab 10 m Raumhöhe oder Räume mit mind. 1000 m² für die Flächen mit WW-Zapfstellen</p>
	<p>19, 20 Volumen in Außenmaßen, ggf. auch sicher geschätzt für den beheizten Bereich (Fläche mit Übergabeeinrichtungen) für die Flächen mit WW-Zapfstellen</p>
	<p>21, 22 Charakteristische Länge, gestreckte Länge Vorgehen: Zerlegen des Grundrisses in Rechtecke, deren längere Seite jeweils L_i ist $L \text{ char} = \text{Summe } L_i \text{ aller Vierecke aller Geschosse} : \text{Anzahl der Geschosse}$</p>  <p>Ziel: für den beheizten Bereich (Fläche mit Übergabeeinrichtungen) für die Flächen mit WW-Zapfstellen bei zentraler WW-Bereitung: die Vierecke sollen zusammenhängend sein und das System komplett abdecken</p>
	<p>23, 24 Charakteristische Breite Vorgehen: Zerlegen des Grundrisses in Rechtecke, deren Fläche A_i ist $B \text{ char} = \text{Summe der Fläche aller Vierecke aller Geschosse } A_i : L \text{ char}$ Ziel: für den beheizten Bereich (Fläche mit Übergabeeinrichtungen) für die Flächen mit WW-Zapfstellen bei zentraler WW-Bereitung: die Vierecke sollen zusammenhängend sein und das System komplett abdecken</p>
	<p>25 Umfang, unabhängig ob an Außenluft oder andere Gebäude, Summe der Umfänge aller Geschosse</p>
	<p>26 Anzahl der beheizten Geschosse eintragen (ohne unbeheizten Keller oder unbeheiztes Dach)</p>
	<p>27 Charakteristische Länge nur für die Ebene, in der die Heizungsverteilung liegt</p>
	<p>28 Charakteristische Breite nur für die Ebene, in der die Heizungsverteilung liegt</p>
	<p>29 Nettogrundfläche der Ebene, in der die Heizungsverteilung liegt</p>
	<p>30 Konstruktion des Baukörpers als Massivbau oder Skelettbau</p>
	<p>31 Hüllfläche im Sinne der EnEV, d.h. nur die Flächen, bei denen ein \angle vorhanden ist</p>

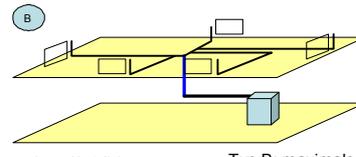
- 32 Versorgungsart, überwiegend
- 33 Netzart, überwiegend
- 34 Netztyp, überwiegend



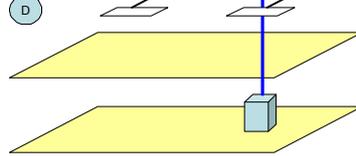
lange Verteilebene
wenige Steigstränge
kurze Anbindeleitungen



lange Verteilebene
viele Steigstränge
kurze Anbindeleitungen



kurze Verteilebene
wenige Steigstränge
lange Anbindeleitungen



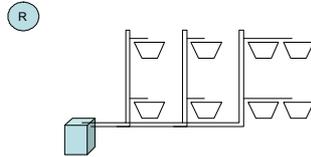
kurze Verteilebene
kurze Steigstränge
kurze Anbindeleitungen

jeweils auch mit oberer Verteilung
bzw. Wärmeerzeuger oben

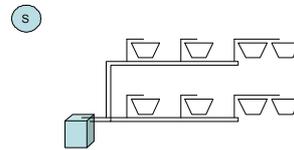
Typ B: maximale Ausdehnung im Estrich
vom Steigstrang liegt bei ca. 8 m

- 35 Art der Verteilung von oben oder unten
- 36 Lage der waagerechten Verteilebene im unbeheizten oder beheizten Bereich
- 37 Lage der Steigstränge, überwiegend, an Außenwänden oder im Geschädeinneren (dort z.B. Schacht)
- 38 Lage und Art der Übergabeeinrichtungen, überwiegend
- 39, 40 Länge der zentralen Verteilleitungen, Summe Vor- und Rücklauf
Ziel: jeweils einmal Summe und einmal innerhalb von Hallen
Angabe auf 10 % genau
gemessen wird vom Erzeuger bis zu Steigsträngen
bei Typ A incl. der Etagenringe
bei Typ B ggf. ohne waagerechte Meter im Estrich
bei oberer Verteilung incl. Weg von unten nach oben
- 41, 42 Länge der Steigstränge, Summe Vor- und Rücklauf
Ziel: jeweils einmal Summe und einmal innerhalb von Hallen
Angabe auf 10 % genau
gemessen werden nur die senkrechten Leitungen
- 43, 44 Länge der Anbindeleitungen, Summe Vor- und Rücklauf
Ziel: jeweils einmal Summe und einmal innerhalb von Hallen
Angabe auf 10 % genau
gemessen werden bei Typ A alle Anschlüsse an den Ring
gemessen werden bei Typ B alle Leitungen im Estrich
gemessen werden bei Typ C die Leitungen ab Steigstrang
- 45 Längste Entfernung vom Erzeuger bis zum entferntesten Heizkörper, einfacher Weg

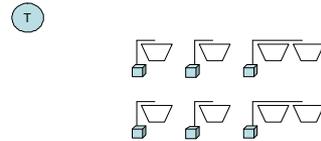
- 46 Versorgungsart, überwiegend
- 47 Netzart mit oder ohne Zirkulation
- 48 Netztyp, überwiegend



eine Verteilebene waagrecht (mit Zirkulation)
mehrere Steigstränge (mit Zirkulation)
Anbindung vom Steigstrang kurz
typisch bei übereinander liegenden (gleichen) Einheiten



mehrere Verteilebenen waagrecht (mit Zirkulation)
ein Steigstrang (mit Zirkulation)
Anbindung von der Verteilebene kurz
typisch bei versetzt liegenden (unterschiedlichen) Einheiten



keine Verteilebene
kein Steigstrang
Anbindung kurz

- 49 Lage der waagerechten Verteilebene im unbeheizten oder beheizten Bereich
- 50 Lage der Steigstränge, überwiegend, an Außenwänden oder im Geschädeinneren (dort z.B. Schacht)
- 51 Art der Übergabe, überwiegend mit oder ohne gemeinsame Installationswände
- 52 Länge der zentralen Verteilleitungen, Summe Vor- und Rücklauf
Ziel: Angabe auf 10 % genau
gemessen wird vom Erzeuger bis zu Steigsträngen
bei Typ E incl. der Etagenebenen

<p>56 Anzahl der RLT-Anschlüsse, z.B. Heizregister 57 Länge der Leitungen vom zentralen Verteiler und Sammler zur RLT-Anlage, Summe Gebäude 58 Länge Entfernung vom Verteiler/Sammler zur entferntesten RLT-Komponente, einfacher Weg 59 Entfernung der Heiz- und der RLT-Zentrale auf kürzestem Wege, ggf. Mittelwert 60 Anzahl von Geschossen, die im Mittel die RLT- und die Heizzentrale trennen</p>																																					
<p>61 Anzahl der versorgten Räume mit Übergabeeinrichtungen (Flur, Treppenhaus = jeweils ein Raum, wenn Türen fehlen) 62 Anzahl von Räumen, die nicht unter die Rubrik "Halle" fallen 63 Anzahl von Räumen, deren Raumhöhe 4 bis 10 m beträgt 64 Anzahl von Räumen mit Raumhöhe über 10 m 65 Anzahl von Räumen mit einer/mehreren Warmwasserzapfstellen 66 Anzahl von Warmwasserzapfstellen in der Summe aller Räume</p>																																					
<p>67 Längen nach 68 DIN V 18599 69 Teil 5 Heizung</p>	<p style="text-align: center;">Tabelle 15 — Standardwerte</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kenngröße</th> <th>Zeichen</th> <th>Einheit</th> <th>Bereich V</th> <th>Bereich S</th> <th>Bereich A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">Zweirohrheizung</td> </tr> <tr> <td>Leitungslänge bei außen liegenden Strängen</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>$2 \cdot L_G + 0,01625 \cdot L_G \cdot B_G^3$</td> <td>$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$</td> <td>$0,55 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$</td> </tr> <tr> <td>Leitungslänge bei innen liegenden Strängen</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>$2 \cdot L_G + 0,0325 \cdot L_G \cdot B_G + 6$</td> <td>$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$</td> <td>$0,55 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">Einrohrheizung</td> </tr> <tr> <td>Leitungslänge bei innen liegenden Strängen</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>$2 \cdot L_G + 0,0325 \cdot L_G \cdot B_G + 6$</td> <td>$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G + 2 \cdot (L_G + B_G) \cdot n_G$</td> <td>$0,1 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$</td> </tr> </tbody> </table>	Kenngröße	Zeichen	Einheit	Bereich V	Bereich S	Bereich A	Zweirohrheizung						Leitungslänge bei außen liegenden Strängen	L	m	$2 \cdot L_G + 0,01625 \cdot L_G \cdot B_G^3$	$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$	$0,55 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$	Leitungslänge bei innen liegenden Strängen	L	m	$2 \cdot L_G + 0,0325 \cdot L_G \cdot B_G + 6$	$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$	$0,55 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$	Einrohrheizung						Leitungslänge bei innen liegenden Strängen	L	m	$2 \cdot L_G + 0,0325 \cdot L_G \cdot B_G + 6$	$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G + 2 \cdot (L_G + B_G) \cdot n_G$	$0,1 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$
Kenngröße	Zeichen	Einheit	Bereich V	Bereich S	Bereich A																																
Zweirohrheizung																																					
Leitungslänge bei außen liegenden Strängen	L	m	$2 \cdot L_G + 0,01625 \cdot L_G \cdot B_G^3$	$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$	$0,55 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$																																
Leitungslänge bei innen liegenden Strängen	L	m	$2 \cdot L_G + 0,0325 \cdot L_G \cdot B_G + 6$	$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$	$0,55 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$																																
Einrohrheizung																																					
Leitungslänge bei innen liegenden Strängen	L	m	$2 \cdot L_G + 0,0325 \cdot L_G \cdot B_G + 6$	$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G + 2 \cdot (L_G + B_G) \cdot n_G$	$0,1 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$																																
<p>70 Längen nach 71 DIN V 18599 72 Teil 8 Warmwasser</p>	<p style="text-align: center;">Tabelle 6 — Allgemeine Randbedingungen</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kennwerte</th> <th>Zeichen</th> <th>Einheit</th> <th>Bereich V</th> <th>Bereich S</th> <th>Bereich SL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Leitungslänge mit Zirkulation</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>$2 \cdot L_G + 0,0125 \cdot L_G \cdot B_G$</td> <td>$0,075 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Leitungslänge ohne Zirkulation</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>$L_G + 0,0625 \cdot L_G \cdot B_G$</td> <td>$0,038 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Stichleitungslänge nur bei Übergabe in angrenzenden Räumen mit gemeinsamer Installationswand</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>$0,05 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$</td> </tr> <tr> <td>Stichleitungslänge im Standardfall</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>$0,075 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$</td> </tr> </tbody> </table>	Kennwerte	Zeichen	Einheit	Bereich V	Bereich S	Bereich SL	Leitungslänge mit Zirkulation	L	m	$2 \cdot L_G + 0,0125 \cdot L_G \cdot B_G$	$0,075 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$	—	Leitungslänge ohne Zirkulation	L	m	$L_G + 0,0625 \cdot L_G \cdot B_G$	$0,038 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$	—	Stichleitungslänge nur bei Übergabe in angrenzenden Räumen mit gemeinsamer Installationswand	L	m	—	—	$0,05 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$	Stichleitungslänge im Standardfall	L	m	—	—	$0,075 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$						
Kennwerte	Zeichen	Einheit	Bereich V	Bereich S	Bereich SL																																
Leitungslänge mit Zirkulation	L	m	$2 \cdot L_G + 0,0125 \cdot L_G \cdot B_G$	$0,075 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$	—																																
Leitungslänge ohne Zirkulation	L	m	$L_G + 0,0625 \cdot L_G \cdot B_G$	$0,038 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$	—																																
Stichleitungslänge nur bei Übergabe in angrenzenden Räumen mit gemeinsamer Installationswand	L	m	—	—	$0,05 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$																																
Stichleitungslänge im Standardfall	L	m	—	—	$0,075 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$																																
<p>73 Längen nach 74 DIN V 18599 75 Teil 100 Heizung</p>	<p style="text-align: center;">Tabelle 15 — Standardwerte</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kenngröße</th> <th>Zeichen</th> <th>Einheit</th> <th>Bereich V</th> <th>Bereich S</th> <th>Bereich A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">Zweirohrheizung</td> </tr> <tr> <td>Leitungslänge bei außen liegenden Strängen</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>$28,5 + 0,05 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$</td> <td>$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$</td> <td>$0,55 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$</td> </tr> <tr> <td>Leitungslänge bei innen liegenden Strängen</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>$27,5 + 0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$</td> <td>$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$</td> <td>$0,55 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">Einrohrheizung</td> </tr> <tr> <td>Leitungslänge bei innen liegenden Strängen</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>$27,5 + 0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$</td> <td>$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G + 2 \cdot (L_G + B_G) \cdot n_G$</td> <td>$0,1 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$</td> </tr> </tbody> </table>	Kenngröße	Zeichen	Einheit	Bereich V	Bereich S	Bereich A	Zweirohrheizung						Leitungslänge bei außen liegenden Strängen	L	m	$28,5 + 0,05 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$	$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$	$0,55 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$	Leitungslänge bei innen liegenden Strängen	L	m	$27,5 + 0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$	$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$	$0,55 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$	Einrohrheizung						Leitungslänge bei innen liegenden Strängen	L	m	$27,5 + 0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$	$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G + 2 \cdot (L_G + B_G) \cdot n_G$	$0,1 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$
Kenngröße	Zeichen	Einheit	Bereich V	Bereich S	Bereich A																																
Zweirohrheizung																																					
Leitungslänge bei außen liegenden Strängen	L	m	$28,5 + 0,05 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$	$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$	$0,55 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$																																
Leitungslänge bei innen liegenden Strängen	L	m	$27,5 + 0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$	$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$	$0,55 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$																																
Einrohrheizung																																					
Leitungslänge bei innen liegenden Strängen	L	m	$27,5 + 0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$	$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G + 2 \cdot (L_G + B_G) \cdot n_G$	$0,1 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$																																
<p>76 Längen nach 77 DIN V 18599 78 Teil 100 Warmwasser</p>	<p style="text-align: center;">Tabelle 6 — Allgemeine Randbedingungen</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kennwerte</th> <th>Zeichen</th> <th>Einheit</th> <th>Bereich V</th> <th>Bereich S</th> <th>Bereich SL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Leitungslänge mit Zirkulation</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>$2 \cdot L_G + 0,0125 \cdot L_G \cdot B_G$</td> <td>$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Leitungslänge ohne Zirkulation</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>$L_G + 0,00625 \cdot L_G \cdot B_G$</td> <td>$0,013 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Stichleitungslänge nur bei Übergabe in angrenzenden Räumen mit gemeinsamer Installationswand</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>$0,05 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$</td> </tr> <tr> <td>Stichleitungslänge im Standardfall</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>$0,075 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$</td> </tr> </tbody> </table>	Kennwerte	Zeichen	Einheit	Bereich V	Bereich S	Bereich SL	Leitungslänge mit Zirkulation	L	m	$2 \cdot L_G + 0,0125 \cdot L_G \cdot B_G$	$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$	—	Leitungslänge ohne Zirkulation	L	m	$L_G + 0,00625 \cdot L_G \cdot B_G$	$0,013 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$	—	Stichleitungslänge nur bei Übergabe in angrenzenden Räumen mit gemeinsamer Installationswand	L	m	—	—	$0,05 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$	Stichleitungslänge im Standardfall	L	m	—	—	$0,075 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$						
Kennwerte	Zeichen	Einheit	Bereich V	Bereich S	Bereich SL																																
Leitungslänge mit Zirkulation	L	m	$2 \cdot L_G + 0,0125 \cdot L_G \cdot B_G$	$0,025 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$	—																																
Leitungslänge ohne Zirkulation	L	m	$L_G + 0,00625 \cdot L_G \cdot B_G$	$0,013 \cdot L_G \cdot B_G \cdot h_G \cdot n_G$	—																																
Stichleitungslänge nur bei Übergabe in angrenzenden Räumen mit gemeinsamer Installationswand	L	m	—	—	$0,05 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$																																
Stichleitungslänge im Standardfall	L	m	—	—	$0,075 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$																																

79	Fläche AN nach EnEV aus dem umbauten Volumen mit $0,32 \times V_e$																																																																																	
80	Längen nach	<p>Tabelle 5.3-2: Annahmen für das Tabellenverfahren nach Anhang C</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kenngröße</th> <th>Zeichen</th> <th>Einheit</th> <th>Bereich V</th> <th>Bereich S</th> <th>Bereich A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Wärmedurchgangskoeffizient</td> <td>U</td> <td>W/mK</td> <td>0,2 bzw. 0,255</td> <td>0,255</td> <td>0,255</td> </tr> <tr> <td>mittlere Umgebungstemperatur</td> <td>ϑ_{um}</td> <td>°C</td> <td>13 bzw. 20</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Wärmeverlustfaktor</td> <td>f_v</td> <td>-</td> <td>1 bzw. 0,15</td> <td>0,15</td> <td>0,10</td> </tr> <tr> <td>Korrekturfaktor</td> <td>f_{cs}</td> <td>-</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>Laufzeit der Pumpe</td> <td>z</td> <td>hid</td> <td>24</td> <td>24</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>Leitungslänge bei außenliegenden Strängen</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>$28,5 + 0,05 A_H$</td> <td>$0,075 A_H$</td> <td>$0,55 A_H$</td> </tr> <tr> <td>Leitungslänge bei innenliegenden Strängen</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>$27,5 + 0,025 A_H$</td> <td>$0,075 A_H$</td> <td>$0,55 A_H$</td> </tr> </tbody> </table>	Kenngröße	Zeichen	Einheit	Bereich V	Bereich S	Bereich A	Wärmedurchgangskoeffizient	U	W/mK	0,2 bzw. 0,255	0,255	0,255	mittlere Umgebungstemperatur	ϑ_{um}	°C	13 bzw. 20	20	20	Wärmeverlustfaktor	f_v	-	1 bzw. 0,15	0,15	0,10	Korrekturfaktor	f_{cs}	-	1	1	0,8	Laufzeit der Pumpe	z	hid	24	24	24	Leitungslänge bei außenliegenden Strängen	L	m	$28,5 + 0,05 A_H$	$0,075 A_H$	$0,55 A_H$	Leitungslänge bei innenliegenden Strängen	L	m	$27,5 + 0,025 A_H$	$0,075 A_H$	$0,55 A_H$																																
Kenngröße	Zeichen		Einheit	Bereich V	Bereich S	Bereich A																																																																												
Wärmedurchgangskoeffizient	U		W/mK	0,2 bzw. 0,255	0,255	0,255																																																																												
mittlere Umgebungstemperatur	ϑ_{um}	°C	13 bzw. 20	20	20																																																																													
Wärmeverlustfaktor	f_v	-	1 bzw. 0,15	0,15	0,10																																																																													
Korrekturfaktor	f_{cs}	-	1	1	0,8																																																																													
Laufzeit der Pumpe	z	hid	24	24	24																																																																													
Leitungslänge bei außenliegenden Strängen	L	m	$28,5 + 0,05 A_H$	$0,075 A_H$	$0,55 A_H$																																																																													
Leitungslänge bei innenliegenden Strängen	L	m	$27,5 + 0,025 A_H$	$0,075 A_H$	$0,55 A_H$																																																																													
81	DIN V 4701																																																																																	
82	Teil 10 Heizung																																																																																	
83	Längen nach	<p>Tabelle 5.1-2: Annahmen für das Tabellenverfahren nach Anhang C</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kenngröße e</th> <th>Zeichen</th> <th>Einheit</th> <th>Bereich V</th> <th>Bereich S</th> <th>Bereich SL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Wärmedurchgangskoeffizient</td> <td>U</td> <td>W/mK</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>Mittlere Umgebungstemp.</td> <td>ϑ_{um}</td> <td>°C</td> <td>13 bzw. 20</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Wärmeverlustfaktor</td> <td>f_v</td> <td>-</td> <td>1 bzw. 0,15</td> <td>0,15</td> <td>0,15</td> </tr> <tr> <td>Leitungslänge mit Zirkulation</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>$26 + 0,02 A_H$</td> <td>$0,075 A_H$</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Leitungslänge ohne Zirkulation</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>$13 + 0,01 A_H$</td> <td>$0,038 A_H$</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Stichelungslänge nur bei Übergabe in angrenzenden Räumen mit gemeinsamer Installationswand</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>$4 \left(\frac{A_H}{80} \right)$</td> </tr> <tr> <td>Stichelungslänge im Standardfall</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>$6 \left(\frac{A_H}{80} \right)$</td> </tr> </tbody> </table> <p>Tabelle 5.1-3: Annahmen für das Tabellenverfahren nach Anhang C</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kenngröße e</th> <th>Zeichen</th> <th>Einheit</th> <th>Bereich SL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Wärmedurchgangskoeffizient</td> <td>U</td> <td>W/mK</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>Mittlere Umgebungstemp.</td> <td>ϑ_{um}</td> <td>°C</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Wärmeverlustfaktor</td> <td>f_v</td> <td>-</td> <td>0,15</td> </tr> <tr> <td>Leitungslänge für eine Zapfstelle in einem Raum (z.B. Untertischspeicher)</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>$1 \left(\frac{A_H}{80} \right)$</td> </tr> <tr> <td>Leitungslänge für mehrere Zapfstellen in einem Raum (z.B. Badezimmer)</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>$3 \left(\frac{A_H}{80} \right)$</td> </tr> <tr> <td>Leitungslänge für mehrere Zapfstellen in angrenzenden Räumen mit gemeinsamer Installationswand</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>$4 \left(\frac{A_H}{80} \right)$</td> </tr> <tr> <td>Leitungslänge für wohnungszentrale Versorgung</td> <td>L</td> <td>m</td> <td>$6 \left(\frac{A_H}{80} \right)$</td> </tr> </tbody> </table>	Kenngröße e	Zeichen	Einheit	Bereich V	Bereich S	Bereich SL	Wärmedurchgangskoeffizient	U	W/mK	0,2	0,2	0,2	Mittlere Umgebungstemp.	ϑ_{um}	°C	13 bzw. 20	20	20	Wärmeverlustfaktor	f_v	-	1 bzw. 0,15	0,15	0,15	Leitungslänge mit Zirkulation	L	m	$26 + 0,02 A_H$	$0,075 A_H$	---	Leitungslänge ohne Zirkulation	L	m	$13 + 0,01 A_H$	$0,038 A_H$	---	Stichelungslänge nur bei Übergabe in angrenzenden Räumen mit gemeinsamer Installationswand	L	m	---	---	$4 \left(\frac{A_H}{80} \right)$	Stichelungslänge im Standardfall	L	m	---	---	$6 \left(\frac{A_H}{80} \right)$	Kenngröße e	Zeichen	Einheit	Bereich SL	Wärmedurchgangskoeffizient	U	W/mK	0,2	Mittlere Umgebungstemp.	ϑ_{um}	°C	20	Wärmeverlustfaktor	f_v	-	0,15	Leitungslänge für eine Zapfstelle in einem Raum (z.B. Untertischspeicher)	L	m	$1 \left(\frac{A_H}{80} \right)$	Leitungslänge für mehrere Zapfstellen in einem Raum (z.B. Badezimmer)	L	m	$3 \left(\frac{A_H}{80} \right)$	Leitungslänge für mehrere Zapfstellen in angrenzenden Räumen mit gemeinsamer Installationswand	L	m	$4 \left(\frac{A_H}{80} \right)$	Leitungslänge für wohnungszentrale Versorgung	L	m	$6 \left(\frac{A_H}{80} \right)$
Kenngröße e	Zeichen		Einheit	Bereich V	Bereich S	Bereich SL																																																																												
Wärmedurchgangskoeffizient	U		W/mK	0,2	0,2	0,2																																																																												
Mittlere Umgebungstemp.	ϑ_{um}	°C	13 bzw. 20	20	20																																																																													
Wärmeverlustfaktor	f_v	-	1 bzw. 0,15	0,15	0,15																																																																													
Leitungslänge mit Zirkulation	L	m	$26 + 0,02 A_H$	$0,075 A_H$	---																																																																													
Leitungslänge ohne Zirkulation	L	m	$13 + 0,01 A_H$	$0,038 A_H$	---																																																																													
Stichelungslänge nur bei Übergabe in angrenzenden Räumen mit gemeinsamer Installationswand	L	m	---	---	$4 \left(\frac{A_H}{80} \right)$																																																																													
Stichelungslänge im Standardfall	L	m	---	---	$6 \left(\frac{A_H}{80} \right)$																																																																													
Kenngröße e	Zeichen	Einheit	Bereich SL																																																																															
Wärmedurchgangskoeffizient	U	W/mK	0,2																																																																															
Mittlere Umgebungstemp.	ϑ_{um}	°C	20																																																																															
Wärmeverlustfaktor	f_v	-	0,15																																																																															
Leitungslänge für eine Zapfstelle in einem Raum (z.B. Untertischspeicher)	L	m	$1 \left(\frac{A_H}{80} \right)$																																																																															
Leitungslänge für mehrere Zapfstellen in einem Raum (z.B. Badezimmer)	L	m	$3 \left(\frac{A_H}{80} \right)$																																																																															
Leitungslänge für mehrere Zapfstellen in angrenzenden Räumen mit gemeinsamer Installationswand	L	m	$4 \left(\frac{A_H}{80} \right)$																																																																															
Leitungslänge für wohnungszentrale Versorgung	L	m	$6 \left(\frac{A_H}{80} \right)$																																																																															
84	DIN V 4701																																																																																	
85	Teil 10 für Warmwasser																																																																																	

13.5 Quellen

- [1] Die Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 24. Juli 2007 zusammen mit der Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 29. April 2009
- [2] DIN V 18599 Teil 1 bis Teil 10; Energetische Bewertung von Gebäuden, Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung; Beuth; Berlin; 2007.
- [3] DIN V 18599 Teil 100; Energetische Bewertung von Gebäuden, Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung; Ergänzungen; Beuth; Berlin; 2009.