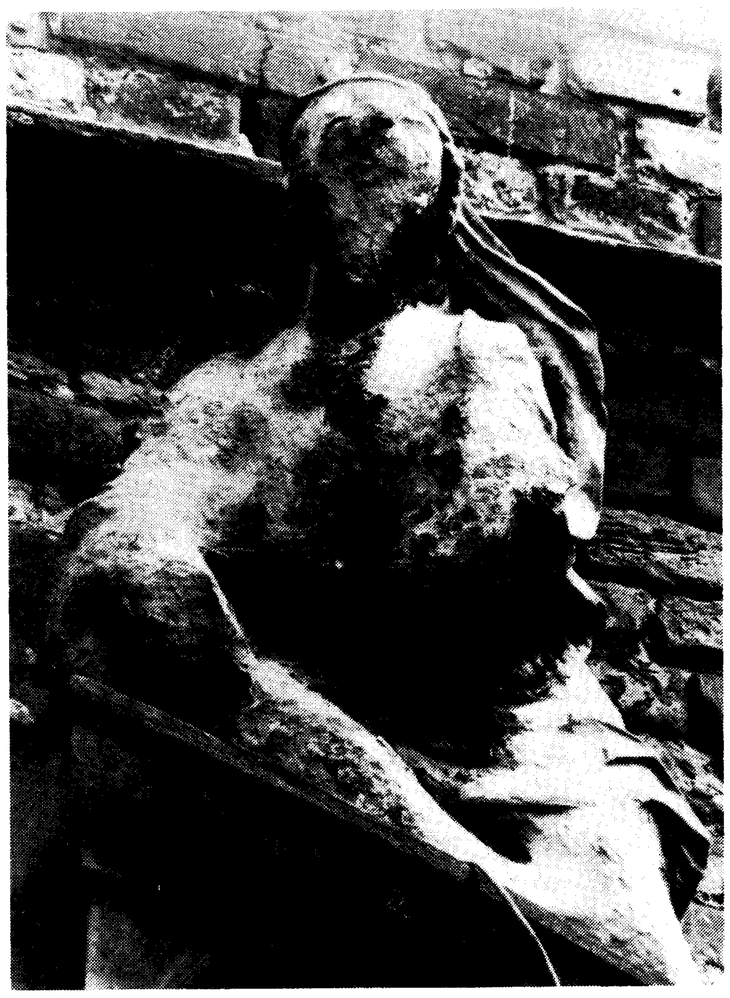
Bild 13a und b. Wirkung der Luftschadstoffe auf Baudenkmäler (insbesondere SO_2), dargestellt an einer im Jahr 1702 fertiggestellten Portalfigur vor dem Schloß Herten. Das Bild links (*Bild 13a*) zeigt eine Aufnahme aus dem Jahr 1908. Das Bild rechts (*Bild 13b*) wurde 60 Jahre später aufgenommen.

a



b

Konzentration im Gewächshaus wird somit auf etwa 1000 ppm angehoben. Dies beschleunigt die Assimilation und fördert das Wachstum der Pflanzen. Für die CO_2-Düngung kommen nur drei Energien in Frage: Erdgas, Flüssiggas und Petroleum. Feste und flüssige Brennstoffe sind aufgrund ihrer Abgaszusammensetzung dafür ungeeignet.

Simulation des Abnahmeverhaltens und der Stellgliedbelastungen von fernwärmeversorgten Hausstationen

Bernd GLÜCK

Wärmeübergabestationen waren bisher mit mehreren kompletten Regelkreisen bestückt, die jeweils aus Meßwertfühler, Regler und Stellglied bestanden und aufgabengemäß die Einhaltung der Temperaturen und Drücke gewährleisteten sowie die Masseströme begrenzten. Diese technisch aufwendigen Lösungen können in vielen Fällen durch einfache Systeme mit nur einem Stellventil und einem Mikrorechner, der eine Vielzahl von Informationen gemäß vorgegebener Algorithmen verarbeitet und den Signalfluß zum Stellorgan liefert, ersetzt werden. Zur Bemessung der Stellventile und zur Ermittlung der zulässigen Einsatzbedingungen für bereits ausgewählte Armaturen sind umfangreiche Betrachtungen des vorgeschalteten Fernwärmenetzes und der nachgeschalteten Gebäudeheizungsanlage notwendig.

Im nachfolgenden Beitrag wird mit Hilfe eines Kleinstcomputerprogramms das Abnahmeverhalten und die Stellgliedbeanspruchung einer direkt angeschlossenen Hausstation in Abhängigkeit der Anlagenbetriebsweise simuliert.

Die Ergebnisse der Beispielrechnungen zeigen den unterschiedlichen Einfluß spezieller Auslegungsdaten sehr deutlich und geben Hinweise für ein rationelles Betriebsregime.

Im VEB Kombinat Technische Gebäudeausrüstung werden seit über einem Jahrzehnt Forschungsthemen zur optimalen Fernwärmeversorgung bearbeitet, die zur Großproduktion von typisierten Hausanschluß- und Wärmeübertragerstationen führten. Die nachfolgenden Überlegungen bilden eine Grundlage für eine mögliche Weiterentwicklung dieser Stationen.

Dr. sc. techn. Bernd Glück, c/o VEB Forschung und Rationalisierung, Techn. Gebäudeausrüstung, Weststraße 58, DDR-9900 Plauen.

1. Ableitung von Grundschaltungen

Die Hausstation – häufig auch als Hausanschlußstation bezeichnet – stellt das Bindeglied zwischen Fernwärmenetz und Gebäudeheizungsanlage dar. *Bild 1* zeigt die Einordnung. Die Hausstation nimmt die Parameteranpassung hinsichtlich Temperatur und Druck an die Gebäudeheizungsanlage vor, begrenzt den aus dem Fernheiznetz entnehmbaren Masse- oder sogar Wärmestrom, stellt bei differenzdrucklosem Anschluß den Umtriebsdruck sicher und enthält nötigenfalls zur Gewährleistung der maximal zulässigen Anlagenparameter Sicherheitsvor- und -einrichtungen.

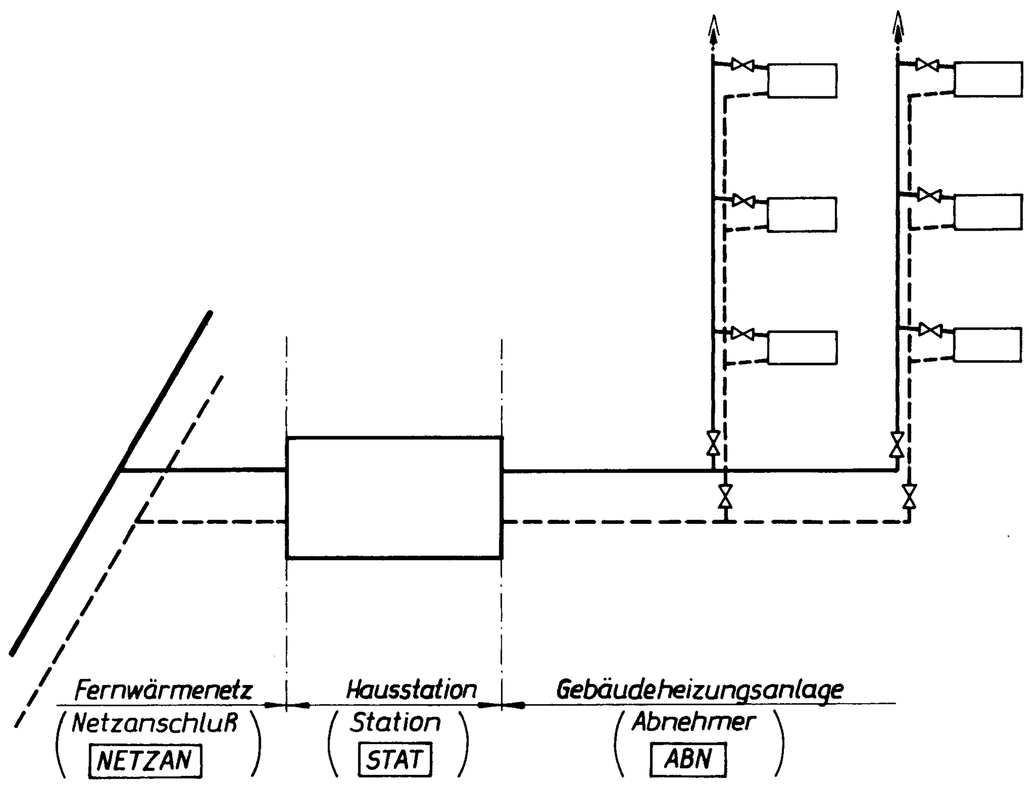


Bild 1. Systemteile einer fernwärmeversorgten Heizungsanlage. In Klammern stehen die Namen der Unterprogramme sowie deren Abkürzungen, die das wärmetechnische und hydraulische Verhalten der zugehörigen Systemteile nachbilden.

Übliche Schaltungen sind im *Bild 2* dargestellt. Die Bildunterschriften weisen auf die speziellen Besonderheiten hin. Eine Grundschaltung, die die gezeigten Schaltungen prinzipiell ersetzen kann, zeigt *Bild 3*. Das Stellventil wird vom Mikrorechner angesteuert. Auf diesen sind beispielsweise die Gebäudevorlauftemperatur t_V, die Rücklauftemperatur t_R, der Vorlaufdruck der Gebäudeanlage p_V und der Massestrom aus dem Fernheiznetz $\dot{m}_N$ aufgeschaltet. Über die entsprechende Software sind eine Vorlauftemperaturregelung, eine Rücklauftemperatur-, eine Vorlaufdruck- sowie eine Masse- bzw. Wärmestrombegrenzung mit nur einem Stellventil realisierbar. Falls die Temperaturen oder Drücke des Fernwärmenetzes $t_{VN,max}$ oder $p_{VN,max}$ die zulässigen Parameter der Gebäudeheizung $t_{V,zul}$ bzw. $p_{V,zul}$ überschreiten, müßten noch ein Temperaturbegrenzer und ein Sicherheitsventil bzw. ein Überströmventil installiert werden. Im Falle extremer Anschlußbedingungen ist die Minderung des Vorlaufdruckes und ein garantierter Rücklaufdruck erforderlich. Mit der Schaltung nach *Bild 4* kann dies verwirklicht werden. Eine Vereinfachung zeigt *Bild 5*.

Damit werden der weiteren Betrachtung die *Bilder 3* und *5* zugrunde gelegt. Spezielle Abnahmebedingungen sind in der Regel leicht einarbeitbar. Dies betrifft auch die Warmwasserbereitung, die wegen ihrer Variantenvielfalt zunächst unbeachtet bleibt.

2. Aufgabenstellung

Die technisch-physikalischen Vorgänge, die in den Hausstationen ablaufen, sind grundsätzlich unabhängig von der Regelungsart. Zur Erstellung der Software für den Mikrorechner der Station sind diese aber genauer zu ermitteln und mathematisch klar zu formulieren. Entsprechen die programmierten Regelungskurven nicht der Realität, so kann nachträglich innerhalb der sicherheitstechnischen Grenzen sowohl von außen als auch bei sogenannten

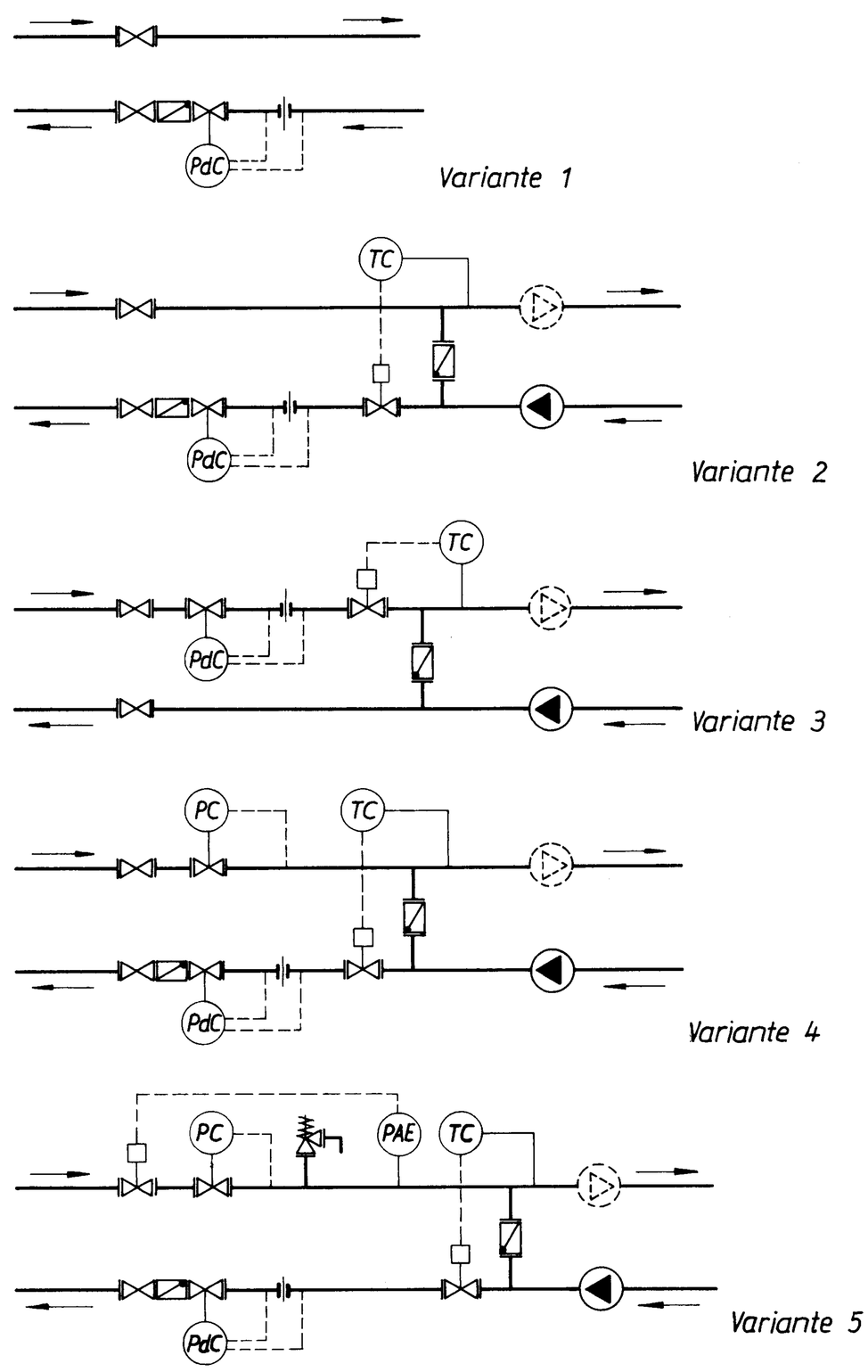


Bild 2. Varianten üblicher Ausführungen von Hausstationen mit direktem Anschluß.

Variante 1: Einfachste Form eines Abnehmeranschlusses mit Mengenbegrenzung. Druckauflastung erfolgt über den Vorlauf
Variante 2: Abnehmeranschluß mit Mengenbegrenzung und Temperaturregelung. Druckauflastung erfolgt über den Vorlauf
Variante 3: Wie Variante 2, jedoch mit Druckauflastung über den Rücklauf
Variante 4: Abnehmeranschluß mit Mengenbegrenzung sowie Temperatur- und Vorlaufdruckregelung. Druckauflastung erfolgt über den Vorlauf
Variante 5: Wie Variante 4, jedoch mit zusätzlicher Druckbegrenzung durch Absperr- und Sicherheitsventil

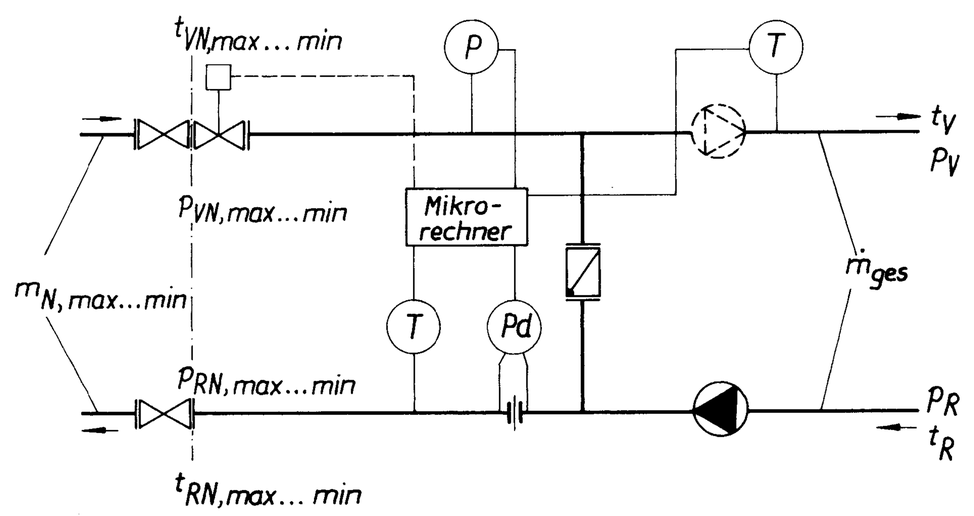


Bild 3. Abnehmerschaltung, die durch den Mikrorechnereinsatz eine Mengen-, eine Vorlaufdruck- und eine Rücklauftemperaturbegrenzung sowie die übliche Temperaturregelung mit nur einem Stellventil realisiert. Der Druck in der Station ist über den Rücklauf eindeutigg determiniert. Die für die Berechnung erforderlichen Größen sind vermerkt.

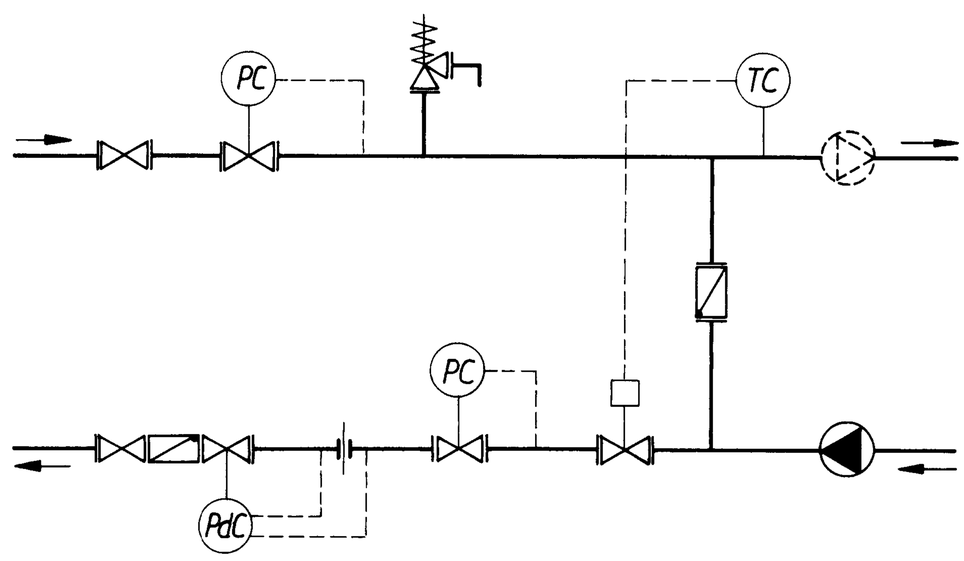


Bild 4. Abnehmeranschluß mit Mengenbegrenzung sowie Temperatur-, Rücklaufvordruck- und Vorlaufnachdruckregelung einschließlich Sicherheitsventil. Die Druckauflastung erfolgt über den Vorlauf.

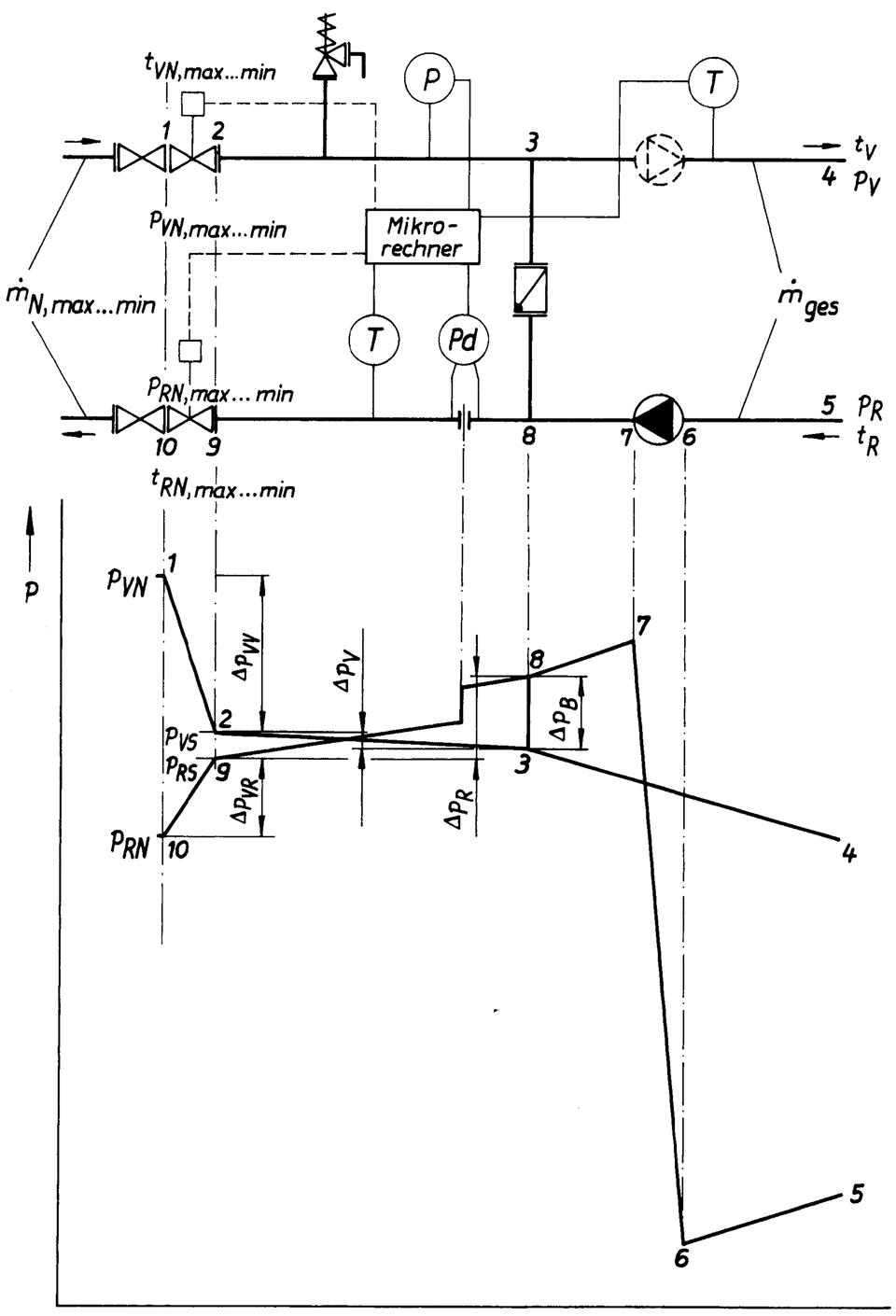


Bild 5. Abnehmeranschluß analog *Bild 3*, jedoch mit zusätzlichem Vordruckregler im Rücklauf. Der Druckverlauf innerhalb der Station kann entsprechend der Zahlen, die im Schaltbild eingetragen sind, in der zugeordneten Grafik verfolgt werden.

„selbstlernenden Reglern" eine interne Änderung der approximierten Zuordnungen – z. B. der Gebäudevorlauftemperatur in Abhängigkeit der Außentemperatur $t_V = f(t_a)$ – vorgenommen werden. Unbenommen von möglichen, späteren Korrekturen der speziellen Regelungsfunktionen sind die nachfolgenden zwei Aufgaben bei der *Entwicklung* von Hausstationen zu lösen:

1. Ermittlung der ungünstigsten Belastungen der Stellorgane ($k_{v,max}$; $k_{v,min}$) bei gegebener regelungstechnischer Aufgabe und fixierten Betriebsparametern, einschließlich deren Grenzwerten.
2. Bestimmung zulässiger Kennfelder bezogen auf die Fernwärmenetz- oder Gebäudeheizungsparameter für ein ausgewähltes Stellorgan mit bekannter hydraulischer Charakteristik.

Während im Ergebnis der ersten Untersuchung das Stellventil bemessen wird, erhält man im zweiten Fall die zulässigen Einsatzbedingungen für eine typisierte Station bzw. die Erfordernisse, die an ein vor- und nachgeschaltetes Netz gestellt werden.

Kennzeichnend für das Fernwärmenetz und das Gebäudesystem sei, daß die jeweiligen Vorlauftemperaturen und die Anschlußdrücke des Wärmenetzes funktionelle Abhängigkeiten des Belastungsgrades darstellen. Weiterhin seien die Heizflächen der Gebäudeheizungen mit örtlichen Regelungen – beispielsweise mit Thermostatventilen – ausgerüstet. Die systembezogenen Annahmen sollen möglichst allgemeingültig sein, so daß die objektspezifischen Besonderheiten nur durch die Wahl der Parameter berücksichtigt werden können.

Es sollen nur stationäre und quasistationäre Betriebsweisen betrachtet werden.

Die Lösung der beiden Hauptaufgaben benötigt Algorithmen, die über weite Strecken ähnlich sind. Um den Wiederholgrad stark zu reduzieren, liegt es nahe, den Algorithmus zunächst in mehrere Unterprogramme aufzulösen. Die Moduldarstellung ist auch deshalb vorteilhaft, da sie den einfachen Austausch der Unterprogramme bei veränderter Aufgabenstellung jederzeit gestattet.

Im weiteren wird die gesamte Wärmeversorgungsstrecke gemäß *Bild 1* in die drei gekennzeichneten Abschnitte zerlegt und segmentweise thermodynamisch und hydraulisch untersucht.

(wird fortgesetzt)

Literatur

[1] *Glück, B.:* Bausteine zur rationellen Projektierung von Wasserheizungssystemen. Leipzig: VEB Kombinat Technische Gebäudeausrüstung, Institut (1975).

[2] *Glück, B.:* Strahlungsheizung – Theorie und Praxis. Berlin: VEB Verlag für Bauwesen und Karlsruhe: C. F. Müller-Verlag (1982).

[3] *Glück, B.:* Heizwassernetze für Wohn- und Industriegebiete. Berlin: VEB Verlag für Bauwesen und Frankfurt/M.: Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke mbH (1985).

[4] *Glück, B.:* Ein Vorschlag zur k_v-Wert-Darstellung unter Beachtung des internationalen Maßsystems. Stadt- und Gebäudetechnik, (1977), H. 5, S. 156.