

Heizkurve einfacher einstellen

Im Beitrag von Jürg Tödtli, Peter Gruber und Benedikt Steinle wird ein Verfahren vorgestellt, das die Einstellung der Heizkurve stark vereinfacht.

■ Vielleicht gehören Sie zu jenen Hausbesitzern oder Betriebswarten, die mit der Aufgabe konfrontiert sind, in der begonnenen Heizperiode die Heizkurve eines Heizungsreglers einzustellen. Dass Sie sich dabei mit einer Einstellung zufrieden geben, bei der es im Gebäude zeitweise zu kalt ist, ist unwahrscheinlich. Die Gefahr ist jedoch gross, dass Sie es mit einer Einstellung bewenden lassen, bei der das Gebäude zeitweise oder während der ganzen Heizsaison zu warm ist und Sie auf diese Weise Energie verschwenden, bedeutet doch in unserem Klima jeder °C, welcher das Gebäude zu warm ist, einen jährlichen Mehrverbrauch an Energie von 6–7%. Ist die Heizkurve gar so eingestellt, dass sich die Hausbewohner durch Öffnen der Fenster oder mit Hilfe dauernd geöffneter Kippfenster vor unangenehm hohen Raumtemperaturen schützen, ist die Energieverschwendung noch grösser. Auch wenn die meisten Räume mit thermostatischen Heizkörperventilen ausgerüstet sind, kann – entgegen einer verbreiteten Meinung – mit einer korrekt eingestellten Heizkurve Energie gespart werden. Wird zum Beispiel durch Öffnen der Fenster gelüftet, ohne dass das Thermostatventil auf die Stellung 0 gedreht wird (und wer

tut das schon!), dann öffnet das Ventil automatisch. Die Wärme, die der Heizkörper dabei abgibt, ist weitgehend verloren. Bei einer richtig eingestellten Heizkurve ist dieser Verlust wegen der tieferen

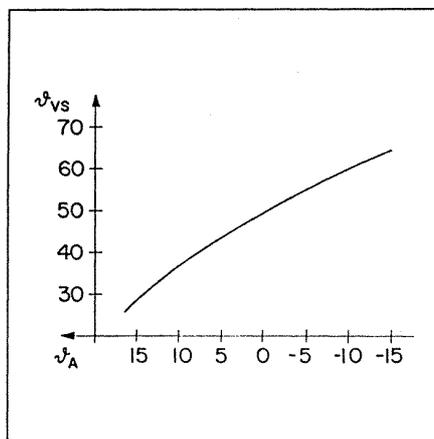
Vorlauftemperatur kleiner als bei einer zu hoch eingestellten.

In diesem Aufsatz wird ein Verfahren vorgestellt, das Ihnen das Einstellen der Heizkurve wesentlich erleichtert. Es erlaubt Ihnen, auf einfache Weise die Grösse der einzelnen Korrekturschritte zu bestimmen. Das Verfahren wurde zu Beginn dieses Jahres das erste Mal publiziert [1]. Inzwischen ist noch eine anschauliche Begründung gefunden worden, die hier das erste Mal veröffentlicht wird.

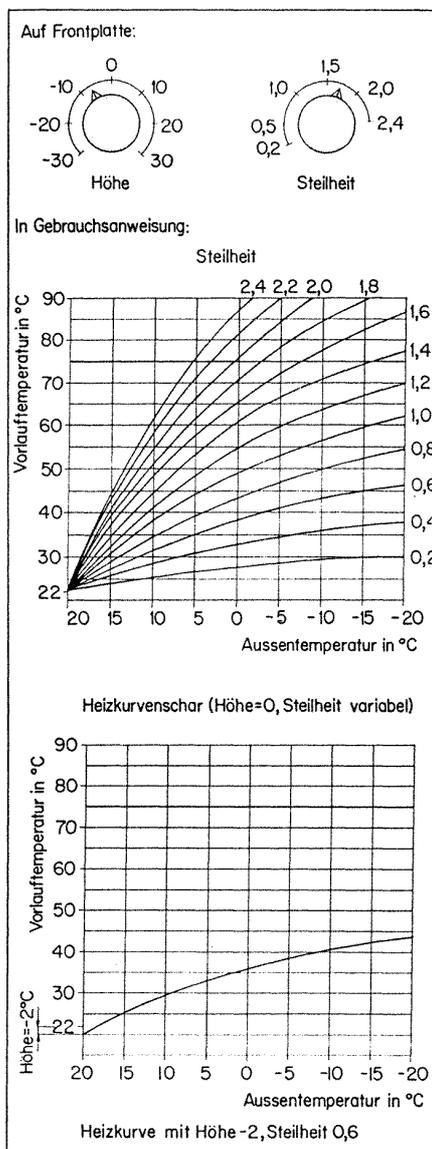
Die Heizkurve

■ Die Heizkurve gibt bei der witterungsgeführten Vorlauftemperaturregelung einer zentralen Warmwasserheizung den Zusammenhang zwischen Aussentemperatur und Vorlauftemperatur (Fig. 1). Der Heizungsregler wird die Vorlauftemperatur ϑ_v – zum Beispiel durch Betätigen eines Mischventils – auf denjenigen Vorlauftemperatursollwert ϑ_{vs} regeln, welcher der automatisch erfassten Aussentemperatur ϑ_A durch die Heizkurve zugeordnet ist.

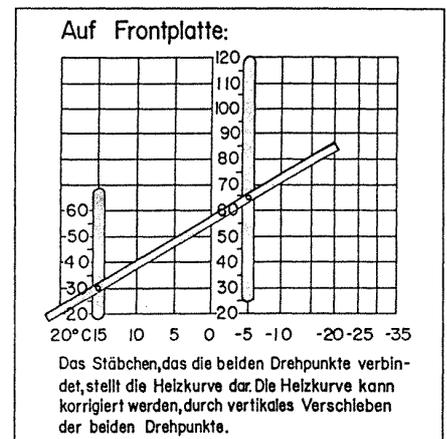
Die Heizkurve muss bei jeder Anlage individuell eingestellt werden. Gewöhnlich stehen dazu auf der Frontplatte des Heizungsreglers zwei Drehknöpfe oder



Figur 1: Beispiel einer Heizkurve.



Figur 2: Beispiel einer Heizkurveneinstellung mittels Höhe und Steilheit.



Figur 3: Beispiel einer Heizkurveneinstellung mittels zweier Vorlauftemperaturwerte.

Ni trop chaud ni trop froid

■ Dans cet article, nous présentons une nouvelle méthode qui permet d'optimiser le réglage des chauffages. Chaque degré de trop se traduit dans notre climat par une augmentation de la consommation de 6-7%. Une solution intéressante pour tout propriétaire ou gérant.

Schieber zur Verfügung, mit denen entweder die Steilheit und die Höhe der Kurve (ein Beispiel dazu in Fig. 2) oder die Vorlauftemperaturwerte bei zwei verschiedenen fixen Aussentemperaturwerten eingegeben werden können (ein Beispiel dazu in Fig. 3). Das in diesem Aufsatz beschriebene Einstellverfahren ist für beide Fälle anwendbar.

Da die richtige Einstellung der Heizkurve nicht nur von der Heizanlage, sondern auch von den thermischen Eigenschaften des Gebäudes abhängig ist, sollte die Heizkurve nicht nur nach der ersten Inbetriebnahme der Heizanlage, sondern auch nach energetischen Sanierungen am Gebäude oder nachdem in einem Neubau die Baufeuchtigkeit entwichen ist, neu eingestellt werden.

Den nachstehenden Ausführungen wird das folgende Ziel für die Heizkurveneinstellung zugrunde gelegt: Zu Zeiten ohne starken Windeinfluss soll in einem Raum, in welchem die Heizkörperventile geöffnet sind, und in welchem der Wärmestrom, der durch die internen Wärmequellen (elektrische Apparate, Menschen) und die absorbierte Sonnenstrahlung verursacht wird, gleich seinem dauernd vorhandenen konstanten Anteil ist, die Raumtemperatur ϑ_R in einem stationären Zustand gleich dem vorgegebenen Sollwert ϑ_{RS} sein.

Das Einstellverfahren

■ Das Einstellverfahren wird im folgenden anhand eines Beispiels erklärt. Begründet wird es erst im übernächsten Abschnitt. Der Raumtemperatursollwert ϑ_{RS} sei 21°C . Die Voreinstellung der

Heizkurve sei gleich der Kurve in Fig. 4a.

Einmal, wenn das System ungefähr in einem stationären Zustand ist, wird eine erste Messung gemacht. Sie ergebe $\vartheta_A = -5^\circ\text{C}$, $\vartheta_R = 18^\circ\text{C}$.

In einer Gebrauchsanweisung finden wir zum Beispiel folgende in diesem Fall anwendbare Regel. Ist die Raumtemperatur bei tiefer Aussentemperatur zu tief, so soll die Heizkurve auf der rechten Seite angehoben werden, und es wird vielleicht noch ergänzt, dass ein solcher Korrekturschritt höchstens 5°C betragen soll. Doch wieviel wir die Heizkurve in einem solchen Fall wirklich korrigieren sollen, sagt uns die Gebrauchsanweisung nicht. Auf diese Frage gibt uns das neue Einstellverfahren eine Antwort.

Man gehe wie folgt vor:

■ Berechne $\Delta_1 = \vartheta_{RS} - \vartheta_R = 21^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C} = 3^\circ\text{C}$

■ Man bestimme den Punkt Q_1 (= Punkt auf Heizkurve, der der gemessenen Aussentemperatur zugeordnet ist, Fig. 4a).

■ Vom Punkt Q_1 ausgehend, bestimme man den Punkt P_1 , indem man zu beiden Koordinaten von Q_1 je Δ_1 hinzuaddiert. In unserem Beispiel findet man also den Punkt P_1 , indem man vom Punkt Q_1 aus 3°C nach links und 3°C nach oben fährt.

■ Jetzt verstelle man die Heizkurve so, dass sie durch den Punkt P_1 geht. Von den vielen möglichen Kurven durch den Punkt P_1 wähle man eine, bei der sie im Bereich hoher Aussentemperaturen, wo noch keine Messung vorliegt, nicht stark von der Voreinstellung abweicht (Fig. 4b). Bei dem in Fig. 2 dargestellten Reglertyp könnte man dies zum Beispiel dadurch erreichen, dass man nur die Steilheit, nicht aber die Höhe verstellt, und beim Typ in Fig. 3 so, dass man nur den rechten, nicht aber den linken Drehpunkt verschiebt.

■ Da man die Kenntnis des Punktes P_1 bei der nächsten Korrektur wieder braucht, soll man ihn im Heizkurvendiagramm der Gebrauchsanweisung eintragen oder seine Koordinaten aufschreiben.

Später, wenn der thermische Zustand des Gebäudes und der Anlage wieder

einmal ungefähr stationär ist, die Aussentemperatur jedoch in einem andern Bereich liegt, wird eine zweite Messung vorgenommen. Sie ergebe

$\vartheta_A = 12^\circ\text{C}$, $\vartheta_R = 25^\circ\text{C}$.

Für die 2. Korrektur gehe man wie folgt vor:

■ Berechne $\Delta_2 = \vartheta_{RS} - \vartheta_R = 21^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = -4^\circ\text{C}$

■ Man bestimme den Punkt Q_2 (Fig. 4b)

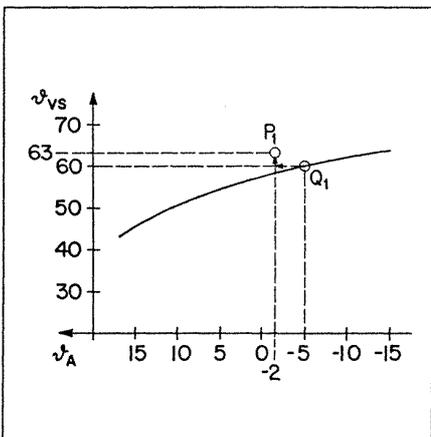
■ Vom Punkt Q_2 ausgehend, bestimme man den Punkt P_2 , indem man zu beiden Koordinaten von Q_2 je Δ_2 hinzuaddiert. Da Δ_2 diesmal negativ ist, muss man also von Punkt Q_2 aus 4°C nach rechts und 4°C nach unten fahren (Fig. 4b).

■ Jetzt stellt man die Heizkurve so ein, dass sie durch die Punkte P_2 und P_1 geht (Fig. 4c). Dazu müssen im allgemeinen beide Parameter verstellt werden. Im Beispiel, das in Fig. 2 gezeigt ist, heisst das, dass Höhe und Steilheit verstellt werden müssen, und im anderen Beispiel (Fig. 3), dass beide Drehpunkte verschoben werden müssen.

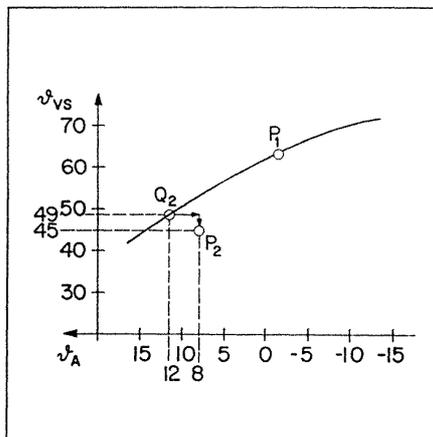
Bei beiden Messungen muss man darauf achten, dass im Raum, in dem die Raumtemperatur ϑ_R gemessen wird, die bei der Formulierung des Einstellzieles erwähnten Bedingungen wenigstens annähernd erfüllt sind: a) kein starker Windeinfluss; b) Heizkörperventil offen; c) Wärmestrom, der durch die internen Wärmequellen und die absorbierte Sonnenstrahlung verursacht wird (freie Wärme), gleich ihrem dauernd vorhandenen konstanten Anteil; d) thermischer Zustand stationär.

Jede Messung, bei der diese Bedingungen erfüllt sind, gibt einen Punkt P_i der korrekt eingestellten Heizkurve. Nach zwei Messungen sollte also die Heizkurve bereits richtig eingestellt sein.

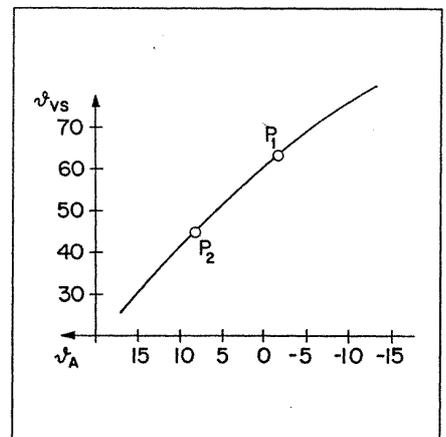
Um die zweite, dritte und vierte Bedingung zu erfüllen, wird vorgeschlagen, erstens für die Messung der Raumtemperatur ϑ_R einen Raum auf der Nordseite des Hauses (wenig Sonneneinstrahlung) zu wählen, der wenige interne Wärmequellen aufweist (Küche also eher ungeeignet) und der nicht mit thermostatischen Heizkörperventilen ausgerüstet



Figur 4a: Voreinstellung und Bestimmung von P_1 .



Figur 4b: 1. Korrektur und Bestimmung von P_2 .



Figur 4c: 2. Korrektur.

ist und zweitens, die Messung der Raumtemperatur kurz vor einer allfälligen Nachtabsenkung vorzunehmen (thermischer Zustand möglichst stationär, keine Sonneneinstrahlung mehr).

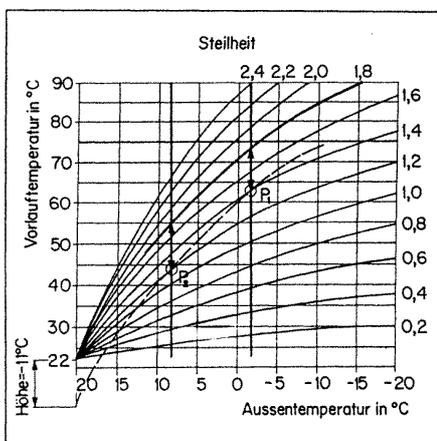
Ergänzungen

■ Es geht aus dem Konstruktionsprinzip hervor, dass für eine gute Einstellung die Werte ϑ_A der beiden Punkte P_1 und P_2 nicht zu nahe beieinander liegen dürfen. Es empfiehlt sich deshalb, eine Messung bei mildem und eine bei kaltem Wetter vorzunehmen.

Obwohl theoretisch zwei Messungen genügen, um die Heizkurve einzustellen, empfiehlt es sich, noch einige zusätzliche Messungen auszuführen und zu prüfen, ob die dazugehörigen Punkte tatsächlich auf der eingestellten Heizkurve liegen. Ist es nicht der Fall, kann das zwei Ursachen haben: Die oben genannten Bedingungen sind nicht bei allen Messungen erfüllt, oder die vom Gerätehersteller vorgegebene Krümmung der Heizkurve passt nicht gut. In einem solchen Fall wird man deshalb jene Punkte P_i , bei denen man vermutet, dass die oben genannten Bedingungen nicht alle erfüllt sind, streichen und die Heizkurve an die verbleibenden Punkte möglichst gut anpassen.

Falls bei einer Messung die Leistungsgrenze der Heizung überschritten ist (dies erkennt man daran, dass die Vorlauftemperatur ϑ_V dauernd unter dem Sollwert ϑ_{VS} liegt), wird man die Ordinate des Punktes Q_i nicht mit der Heizkurve bestimmen, sondern durch Messung. Q_i wird unter die Heizkurve zu liegen kommen.

Hat ein Gebäude, dessen Heizungsanlage intermittierend, jedoch ohne Schnellaufheizung betrieben wird (z.B. Absenkung des Vorlauftemperatursollwertes nachts zwischen 22.00 und 06.00 Uhr) eine grosse thermische Trägheit,

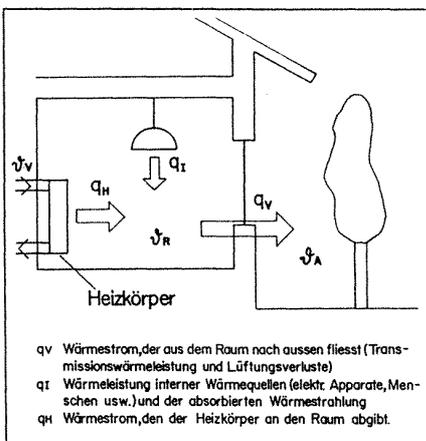


Figur 5: Bestimmung der Höhe und der Steilheit der Heizkurve, die durch die gegebenen Punkte P_1 und P_2 geht. Das Vorgehen bezieht sich auf das Beispiel in Figur 2.

dann wird nie ein thermischer Zustand erreicht, der stationär ist. In einem solchen Fall ist es sinnvoll, das Einstellziel zu modifizieren. Anstatt zu fordern, dass die gewünschte Raumtemperatur ϑ_{RS} in einem stationären Zustand erreicht werden soll, wird man fordern, dass die Raumtemperatur täglich zu einer festen Tageszeit (z. B. um 20.00 Uhr) den Wert ϑ_{RS} aufweisen soll. Da die Raumtemperatur zu diesem Zeitpunkt im allgemeinen im Steigen begriffen ist, wird sie vor diesem Zeitpunkt tiefere und nachher höhere Werte haben. Natürlich müsste man dann die Messungen, die man den Heizkurvenkorrekturen zugrunde legt, auch zu dieser festgelegten Tageszeit (20.00 Uhr) vornehmen. Im übrigen bleibt das Verfahren dasselbe.

Ist die Anlage nicht korrekt dimensioniert, hydraulisch schlecht abgeglichen, oder hat sich in einigen Heizkörpern Luft angesammelt, kann es sein, dass es in einigen Räumen zu kalt ist, obwohl nach den Messungen im Referenzraum (= Raum, in dem man die Messungen ϑ_R für die Heizkurveinstellung vornimmt) die Heizkurve als korrekt eingestellt erscheint. In einem solchen Fall kann man notfalls den kältesten Raum zum Referenzraum erklären und die Heizkurve ihm anpassen. Besser wäre es jedoch, die Mängel zu beheben.

Liegt der in Fig. 3 dargestellte Reglertyp vor, bei dem die Heizkurve mittels zweier Vorlauftemperaturwerte eingestellt wird, ist die Lösung der Teilaufgabe, bei der es darum geht, die Heizkurve so einzustellen, dass sie durch die beiden Punkte P_1 und P_2 geht, trivial. Beim ändern in Fig. 2 dargestellten Reglertyp hingegen, bei dem die Heizkurve mittels Höhe und Steilheit eingestellt wird, ist für diese Teilaufgabe eine Konstruktion nötig. Am besten führt man sie in jenem Diagramm der Gebrauchsanweisung durch, das dem oberen der



Figur 6: Schematische Darstellung der betrachteten Temperaturen und Wärmeleistungsflüsse.

beiden in Fig. 2 gezeigten Diagramm entspricht. Man trägt die beiden Punkte P_1 und P_2 im Diagramm ein (Fig. 5) und zeichnet durch jeden dieser Punkte eine vertikale Gerade. Dann sucht man in der gegebenen Kurvenschar jene Kurve aus, für die gilt, dass die vertikalen Abstände dieser Kurve von den Punkten P_1 und P_2 identisch sind. Die Steilheit dieser Kurve ergibt die Steilheit der gesuchten Heizkurve. Um zu erreichen, dass die beiden vertikalen Abstände gleich werden, ist es unter Umständen nötig, zwischen zwei der vorgedruckten Kurven noch eine weitere Kurve der Kurvenschar zu zeichnen. Die vertikalen Abstände, in $^{\circ}\text{C}$ ausgedrückt, ergeben gerade die einzustellende Höhe. Liegen die Punkte P_1 und P_2 oberhalb der Kurve, so bekommt die Höhe ein positives Vorzeichen und im anderen Fall ein negatives.

Begründung

■ Für die folgenden Überlegungen gehen wir wieder vom Einstellziel aus, das im Abschnitt über die Heizkurve formuliert wurde. Die Begründung wird am Beispiel der ersten Messung gegeben. Es wird gezeigt, dass der nach dem beschriebenen Verfahren ermittelte Punkt P_1 auf der korrekt eingestellten Heizkurve liegt.

Für die folgenden Überlegungen nehmen wir an (vgl. Fig. 6), dass der Wärmeleistungsfluss q_H nur von der Temperaturdifferenz $\vartheta_V - \vartheta_R$ und der Wärmeleistungsfluss q_V nur von der Temperaturdifferenz $\vartheta_R - \vartheta_A$ abhängt, nicht aber von den einzelnen Temperaturwerten selbst. Es wird jedoch zugelassen, dass der Zusammenhang nicht linear ist. Weiter wird angenommen, dass der Wärmeleistungsfluss q_I unabhängig von ϑ_R ist. Im stationären Zustand gilt natürlich

$$q_H + q_I = q_V \quad (1)$$

Nach der 1. Messung wissen wir:

■ Der Zustand $\vartheta_V = 60^{\circ}\text{C}$, $\vartheta_R = 18^{\circ}\text{C}$, $\vartheta_A = -5^{\circ}\text{C}$ ist ein stationärer Zustand.

Jetzt müssen wir uns folgende Frage stellen:

■ Können wir aufgrund dieser Kenntnisse einen möglichen stationären Zustand angeben, bei dem $\vartheta_R = \vartheta_{RS} = 21^{\circ}\text{C}$ ist?

Diese Fragestellung können wir durch folgendes Schema veranschaulichen:

	ϑ_V	ϑ_R	ϑ_A
Bekannter stationärer Zustand	60 °C	18 °C	-5 °C
Gesuchter stationärer Zustand	?	21 °C	?

Addieren wir zu jeder Temperatur des bekannten stationären Zustandes 3°C hinzu, so erhalten wir $\vartheta_V = 63^{\circ}\text{C}$, $\vartheta_R = 21^{\circ}\text{C}$, $\vartheta_A = -2^{\circ}\text{C}$.

Dies ist ebenfalls ein stationärer Zustand, denn die Temperaturdifferenzen $\vartheta_V - \vartheta_R$ und $\vartheta_R - \vartheta_A$ haben sich gegenüber dem bekannten stationären Zustand nicht verändert, was zur Folge hat, dass die Wärmeleistungsflüsse q_H und q_V unverändert bleiben und die Stationaritätsbedingung (1) immer noch erfüllt ist. Zudem gilt für diesen Zustand: $\vartheta_R = \vartheta_{RS}$. Mit diesem Zustand ist also eine Antwort auf die gestellte Frage gefunden worden.

Die Werte ϑ_A und ϑ_V dieses Zustandes hat man also erhalten, indem man zu den gemessenen Werten den Betrag $\Delta_1 = \vartheta_{RS} - \vartheta_R$ addierte. Sie stellen also die Koordinaten des Punktes P_1 dar. Da sie aber wie gezeigt zu einem stationären Zustand gehören, für den $\vartheta_R = \vartheta_{RS}$ gilt, ist auch nachgewiesen, dass der Punkt P_1 ein Punkt der korrekt eingestellten Heizkurve ist.

Zum Abschluss der Begründung noch einige Bemerkungen zu den Annahmen. Die Annahme, dass q_H und q_V nur von den erwähnten Temperaturdifferenzen abhängt, ist in der Heizungstechnik auch für genaue Rechnungen üblich, obwohl

sie für den Strahlungsanteil nicht ganz zutrifft. Der dadurch verursachte Fehler ist jedoch klein. Dass q_1 unabhängig von ϑ_R ist, gilt für die eingestrahlte Sonnenstrahlung und die meisten internen Wärmequellen. Eine Ausnahme bilden temperaturgeregelte Geräte. Aber auch hier sind die Fehler im allgemeinen klein, die entstehen, wenn man die Abhängigkeit von der Temperatur ϑ_R vernachlässigt.

Fixierung verhindert Lösung

■ Im nachhinein wird das Verfahren wohl manchem trivial erscheinen. Es ist deshalb erstaunlich, dass es offenbar – Literaturrecherchen und Gespräche mit vielen Fachleuten weisen ganz darauf hin – so lange nicht entdeckt wurde. Dies ist um so erstaunlicher, als man annehmen muss, dass viele Leute sich die Frage nach der Grösse der Korrekturschritte schon gestellt haben müssen. Der Grund dafür, dass das Verfahren nicht früher gefunden worden ist, wird darin liegen, dass jemand, der vor das Problem der Heizkurven-einstellung gestellt ist, dazu neigt, die folgende Frage zu stellen:

■ Wie gross müsste die Vorlauftemperatur jetzt – bei der gemessenen Aussen-temperatur – sein, damit die Raumtemperatur nicht den gemessenen Wert ϑ_R , sondern den geforderten Wert ϑ_{RS} erreicht?

Solange man die Frage so stellt, wird man das hier beschriebene Verfahren jedoch nicht finden, und man wird kaum mehr auf die Idee kommen, die Frage anders zu stellen, nämlich so, wie es in unserer Begründung der Fall ist. Dies ist ein typisches Beispiel dafür, wie die Fixierung auf eine einmal gestellte Frage, das Auffinden einer Lösung verhindern kann. Es wird zugegeben, dass die hier gegebene Lösung auch nur auf grossen Umwegen bei der gründlichen Auseinandersetzung mit automatischen Einstellverfahren [1] gefunden wurde. ■

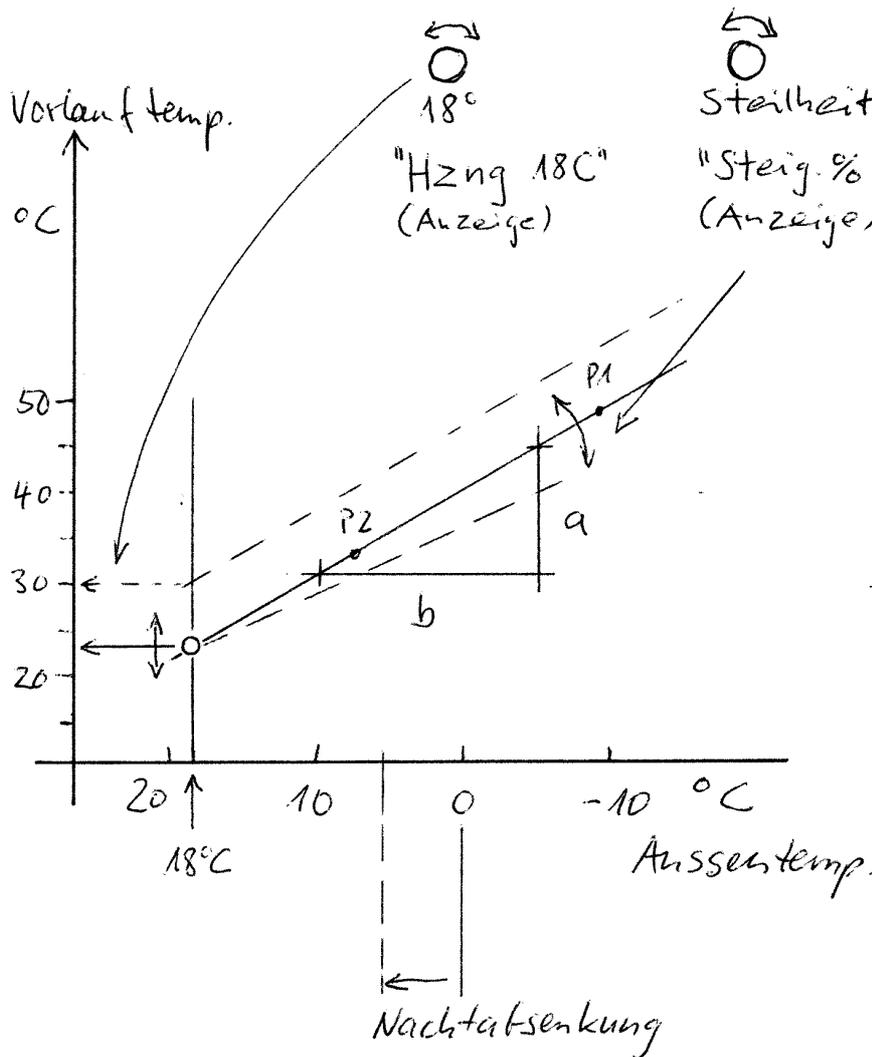
Jürg Tödli, Peter Gruber, Benedikt Steinle
LGZ LANDIS & GYR ZUG AG
Zentrallabor, 6301 Zug

Literatur

[1] J. Tödli, «Manuelle und automatische Einstellung eines Heizungsreglers», Bulletin SEV/VSE 78 (1987), S. 354-360.

Sonnenenergie 6/87

OSIRIS



$$\text{"Steig. \%:"} = \frac{a}{b} \cdot 100\%$$

Beispiel:

Einstellung laut Planung:
bei -9° : 55° Vorlauf
 $a = 55^\circ - 18^\circ = 37$
 $b = 18^\circ - (-9^\circ) = 27$
 $\Rightarrow \frac{37}{27} \cdot 100 = 137$

Einstellung nach P_1
u. P_2 (siehe Artikel)
 $P_1 (x_1/y_1) \quad P_1 -10^\circ/48^\circ$
 $P_2 (x_2/y_2) \quad P_2 \quad 8^\circ/33^\circ$
 $m = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} \Rightarrow \frac{48 - 33}{-10 - 8}$
 $= -0,833 \Rightarrow \underline{\underline{83\%}}$
 $y_{18} = m(18 - x_2) + y_2$

$y_{18} = -0,83(18 - 8) + 33 = \underline{\underline{25^\circ}}$
2.° einstellen Knopf links

P. 1. 8.1