

# Mehrkanalige Temperaturerfassung mit der SPS

T. Tyczynski, Thale

In der Gebäudeautomatisierung gehören Steuerung und Regelung von Temperaturen zu den Standardaufgaben. Die dazu eingesetzten Temperatursensoren sind jedoch für den Einsatz im privaten und im gewerblichen Sektor zu teuer. So erfordern die verwendeten Widerstandsthermometer, NTC- oder PTC-Fühler z. B. aufwendige Messumformer zur Anpassung an die Steuerung. Im Folgenden wird gezeigt, wie einfach integrierte Analogfühler für die Temperaturmessung und -regelung mit einer SPS eingesetzt werden können. Als besonders kostensparend erweist sich die Mehrfachnutzung der AD-Umsetzer der SPS zur Erfassung der Messwerte mehrerer Fühler.

## Integrierte analoge Temperaturfühler

Zur Übertragung von Messwerten von Sensoren werden häufig Standard-Stromsignale von 4 bis 20 mA eingesetzt. Dadurch wird der Einfluss des Spannungsfalls auf langen Fühlerleitungen vermieden. Gleichzeitig erfolgt die Energieversorgung des sog. Fühlerkopftransmitters, der z. B. das Widerstandssignal in ein temperaturproportionales Stromsignal umwandelt, über den „Live-Zero“ (4 mA am Ende des Messbereiches). Eine zusätzliche Stromversorgung entfällt damit. Fühler und Transmitter bilden eine Einheit, die Montage ist sehr einfach.

Ein ähnliches Verfahren wird bei integrierten analogen Temperaturfühlern, z. B. dem AD 592 (Bild 1a), genutzt. Allerdings erzeugt hier der Sensor selbst ein Stromsignal, das der absoluten Temperatur proportional ist. Unabhängig von der an den beiden Anschlüssen des Fühlers liegenden Spannung (2 ... 30 V) beträgt der Strom bei 0 °C 273  $\mu$ A, mit einem Fehler von  $\pm 1,5 \mu$ A. Je Kelvin Temperaturänderung beträgt die Stromänderung genau 1  $\mu$ A. Sieht man vom Linearitätsfehler in Höhe von 0,5 K ab, so verfügt man damit über einen Sensor, der praktisch ohne Abgleich im Messbereich von -20 °C bis +120 °C eingesetzt werden kann. Das ist genau der Bereich, der für die Heizung und Klimatisierung von Bedeutung ist, sieht man von bestimmten Messpunkten an den Aggregaten ab.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist der Preis der Sensoren von ca. DM 15,-. Da nach dem im Folgenden vorgestellten Wandlerprinzip nur geringe Kosten für den „Mess-

umformer“ (hier nur ein Operationsverstärker) anfallen, liegt der Gesamtaufwand je Messstelle mit etwa DM 30,- deutlich unter den Preisen anderer Temperaturmessenrichtungen. Die Kostenreduktion wird noch deutlicher, wenn mehrere Messstellen zu realisieren sind.

**Messfehler.** Mit einigem Aufwand kann der Fehler von  $\pm 1,5$  K beim Ersteinsatz eventuell kompensiert werden. Muss der Sensor jedoch ausgetauscht werden, könnte sich der vom Hersteller garantierte Maximalfehler wieder einstellen.

Allerdings stellt sich hier die Frage, ob eine Toleranz von  $\pm 1,5$  K nicht in vielen Fällen von vornherein vertretbar ist. Kennen Sie einen Heizungsbauer, der sich Gedanken darüber macht, wie genau die Verschiebung oder die Steilheit an seiner Kesselsteuerung einzustellen ist?

Selbst bei der Außentemperaturerfassung dürfte diese Abweichung kaum eine große Rolle spielen, denkt man z. B. an den Einfluss des Hauses auf den Temperaturmesswert. Eine Anwendung in Anlagen oder Prozessen mit hohen Genauigkeitsanforderungen scheidet natürlich aus.

Bild 1b zeigt einen anderen möglichen

Temperatursensor. Mit einem zusätzlichen Abgleichwiderstand kann der LM 334 SP auf die exakte Temperatur (bzw. den zugehörigen Strom) abgeglichen werden. Die Stromänderung von 1  $\mu$ A/K bleibt erhalten.

## Fühlerkonstruktion

Bei der Fühlerkonstruktion muss selbst Hand angelegt werden. Soweit bekannt, gibt es diese Sensoren nur im Transistorgehäuse. Gehäuse, Anschlüsse usw. müssen selbst beschafft werden.

**Gehäuse.** Für Außenfühler verwendet man am zweckmäßigsten ein entsprechendes wetterfestes Leergehäuse. Raumfühler lassen sich gut in Kleinverteiltern für Alarmanlagen unterbringen, die bereits die Schraubklemmen enthalten. Vergessen Sie nicht die Löcher für den Lufteintritt!

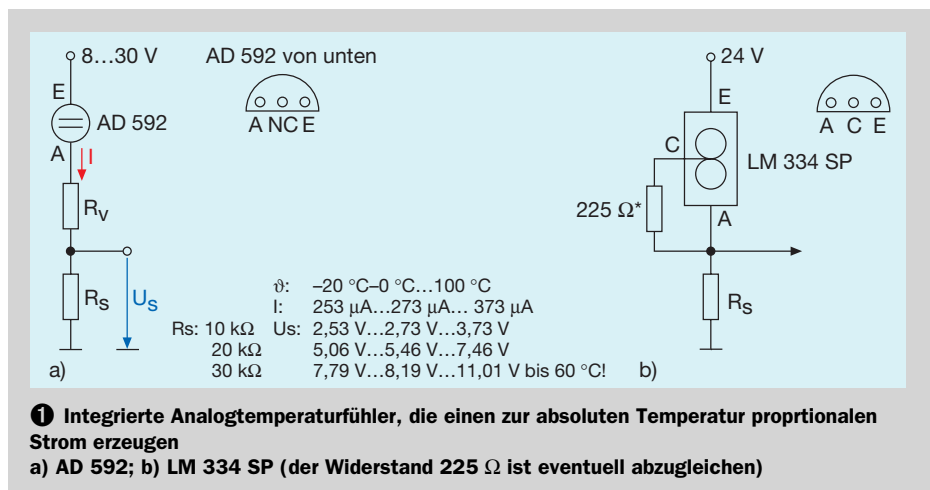
Fühler zur Ermittlung von Wassertemperaturen steckt man am besten mit dem angelöteten Kabel in einen Schrumpfschlauch und bringt sie anschließend in einem Tauchrohr unter. Ein bisschen Mut zum „Experiment“ gehört also dazu.

**Thermische Trägheit.** Die temperaturempfindlichen Chips stecken meistens in Kunststoffgehäusen. Den besten Kontakt zur thermischen Außenwelt haben sie über die Anschlüsse. Mit etwas Wärmeleitpaste kann hier leicht nachgeholfen werden.

## Temperaturerfassung mittels SPS

Die Fühler nach Bild 1 werden über eine Zweidrahtleitung mit praktisch beliebiger Länge über einen Shunt  $R_s$  an eine Spannungsquelle angeschlossen. Der Widerstand muss so bemessen sein, dass der Chip an der oberen Messgrenze wenigstens eine Versorgungsspannung von 2 V erhält.

Bei höheren Betriebsspannungen empfiehlt sich ein zusätzlicher Widerstand  $R_v$ , der den Spannungsfall und damit die Erwärmung des Sensors reduziert.



Autor

Dipl.-Ing. Thomas Tyczynski ist freiberuflicher Entwickler und Dozent.



Der Widerstand  $R_s$  bestimmt die abgreifbare Spannung. Er muss deshalb eng toleriert und weitgehend temperaturunabhängig sein. Im Bild 1 sind für drei Werte von  $R_s$  die sich ergebenden Spannungsbereiche angegeben. Mit zunehmendem Widerstandswert erhält man einen größeren Spannungsbereich und damit natürlich auch eine größere Empfindlichkeit. Beim Einsatz an einer SPS soll diese Möglichkeit genutzt werden. Das Analogsignal wird später mit einer bestimmten Auflösung digitalisiert. Nehmen wir an, der AD-Umsetzer habe einen Eingangsbereich von 0 ... 10 V bei einer Auflösung von 10 Bit (1024 Stufen), dann würde jede Stufe einer Spannungsdifferenz von fast 10 mV entsprechen, etwa genau dem Wert, den der Sensor bei einer Temperaturänderung von 1 K an 10 kΩ liefert. Somit entstünde ein Digitalisierungsfehler von 1 K. Es ist deshalb erforderlich, den Pegel und damit die Spannungsdifferenz durch einen größeren Shunt anzuheben.

Der Widerstandswert  $R_s = 30 \text{ k}\Omega$  schränkt den Messbereich ein, wenn die nachfolgende Messeinrichtung eine Eingangsspannung bis maximal 10 V zulässt. Hier würde der Messbereich bis etwa 60 °C reichen, allerdings mit höherer Empfindlichkeit.

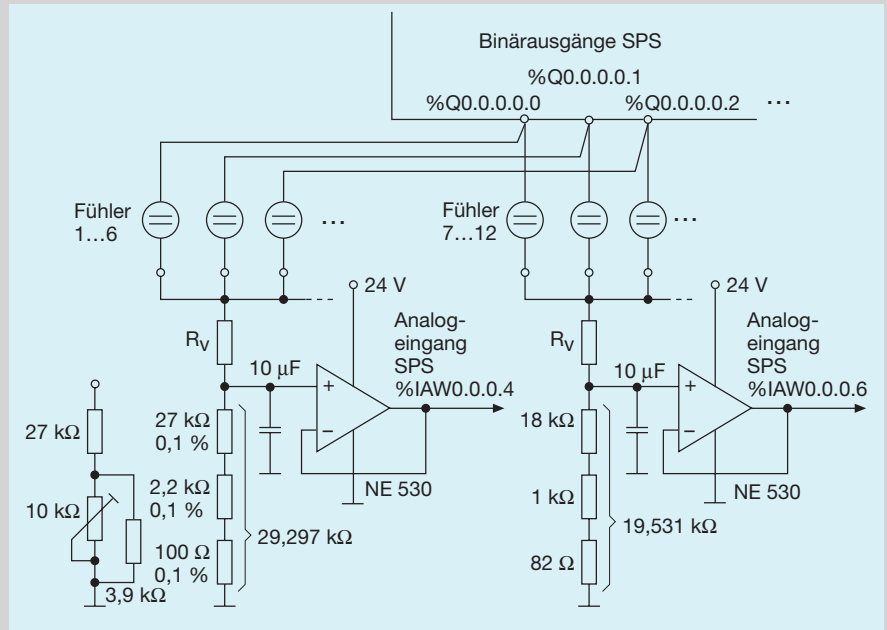
Durch die Wahl eines größeren Widerstandes für  $R_s$  wird aber auch der „natürliche“ Fehler des Sensors vergrößert. In vielen Anwendungsfällen sind aber eher Änderungen und Unterschiede der Temperatur als die genauen Werte von Bedeutung.

Die Umwandlung der zur absoluten Temperatur proportionalen Messspannung in eine °C-proportionale Spannung, also die Offsetunterdrückung, geschieht per SPS-Programm. Damit ist auch ein nachträglicher „digitaler Abgleich“ möglich. Zeigt der Fühler eine Abweichung vom exakten Messwert, kann der Fehler durch Addition oder Subtraktion eines entsprechenden Wertes leicht korrigiert werden.

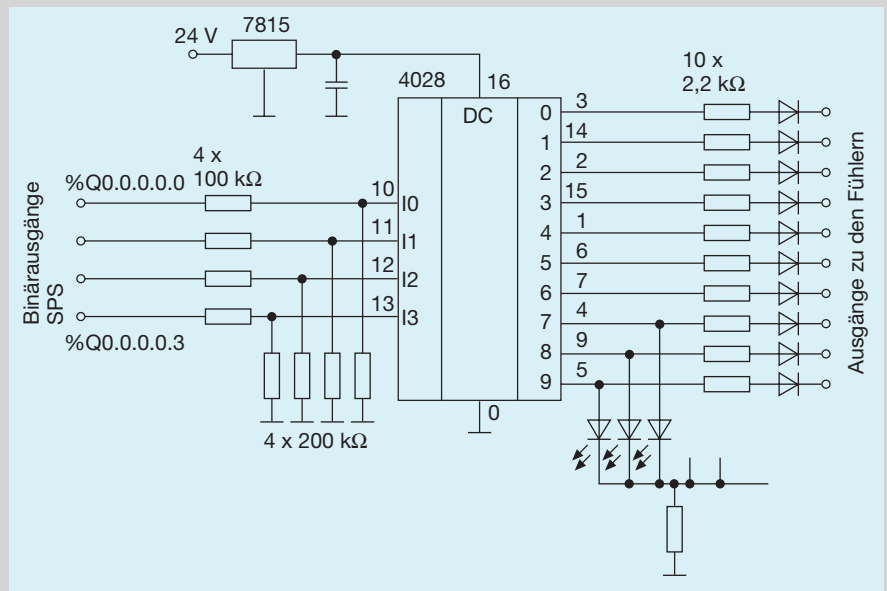
**Anpassung an die SPS**

Wie die Fühler an eine SPS, z. B. vom Typ PS4-201 (Moeller), angepasst werden können, zeigt Bild 2. Hier wird auch gleichzeitig demonstriert, wie einfach mehrere Messstellen zu realisieren sind.

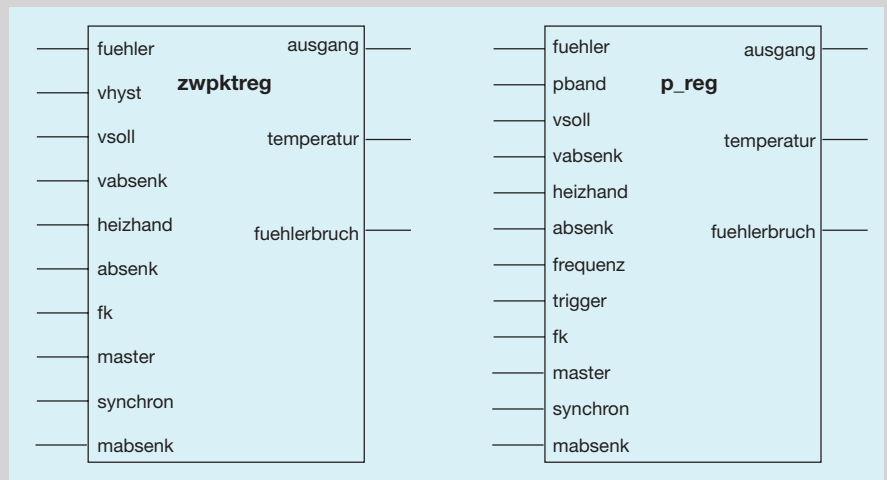
**Anpassung an den Eingangsbereich.** Die Steuerung verfügt über zwei Analogeingänge mit einer Auflösung von 10 Bit und einem Eingangsbereich von 0 ... 10 V. Das heißt, 10 V Eingangsspannung entsprechen dem internen Digitalwert 1024. Um im SPS-Programm nicht mit dem maximalen Wert 1024 rechnen zu müssen, wird der Wert bereits bei der Messung, also am Shunt umgerechnet. Dies geschieht per Division des vorgesehenen Widerstandswertes durch 1,024. Aus 30 kΩ entstehen so 29,297 kΩ. Dieser Wert kann durch Reihenschaltung von drei 0,1%-prozentigen Widerständen



2 Multiplexabfrage mit 12 Temperaturfühlern



3 Multiplexabfrage für 10 Temperaturfühler mit externem Dekoder



4 Blockschaltbilder des Zweipunkt- und des P-Reglers



hergestellt werden (Bild 2), wobei für den 100-Ω-Widerstand auch eine größere Toleranz zulässig wäre. Diese Widerstandswerte sind erhältlich (ca. 0,65 DM/Stück).

Beim Nachrechnen stellt man eine geringe Abweichung der Reihenschaltung gegenüber dem theoretischen Wert fest. Diese Abweichung ist aber gegenüber dem Grundfehler des Fühlers durchaus zu vernachlässigen. Der Widerstand kann auch mit einem entsprechenden Trimmer genau abgeglichen werden (Bild 2).

**Fühleransteuerung.** Die Fühler werden nicht direkt mit einer Spannungsquelle verbunden, sondern an die Ausgänge %Q0.0.0.0... der SPS gelegt. Per Programm steuern diese dann nacheinander die Fühler an, indem sie deren Betriebsspannung aktivieren. Eine Entkopplung über Dioden ist nicht notwendig, da die Ausgänge als Quelle arbeiten.

Mit ihren sechs Ausgängen und zwei Analogeingängen kann die SPS also 12 Fühler abgefragt. Selbstverständlich können auch die Ausgänge lokaler oder dezentraler Erweiterungen benutzt werden.

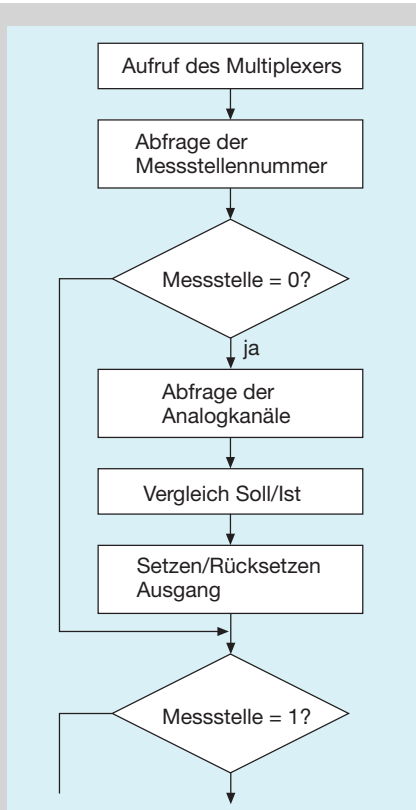
Stehen nicht genügend Ausgänge zur Verfügung – auch Ausgänge kosten Geld –, so ist die Schaltung nach Bild 3 in der Lage, diesem Mangel abzuhelfen. Da nur jeweils ein Sensor aktiviert wird, können aus vier Ausgängen der SPS 10 (theoretisch 16) weitere Ausgänge dekodiert werden. Hierfür wird ein Schaltkreis des Typs 4028 eingesetzt. Er benötigt eine Betriebsspannung von maximal 15 V und kann den Strom der Fühler direkt treiben. Die Ausgänge werden vorsichtshalber mit Dioden entkoppelt und über Widerstände gegen Potentiale von außen abgesichert. Eine Zeile von LED mit geringem Stromverbrauch zeigt den jeweiligen Schaltzustand an.

**Signalanpassung.** Das Spannungssignal wird mit dem Kondensator geglättet und über einen Operationsverstärker an den Eingangswiderstand des AD-Umsetzers der Steuerung angepasst. Da dieser relativ niedrig ist, würde sonst ein erheblicher Fehler entstehen. Anstelle des einfachen Operationsverstärkers kann an dieser Stelle ein Trennverstärker eingesetzt werden, wodurch eventuelle Potentialprobleme wirkungsvoll beseitigt werden.

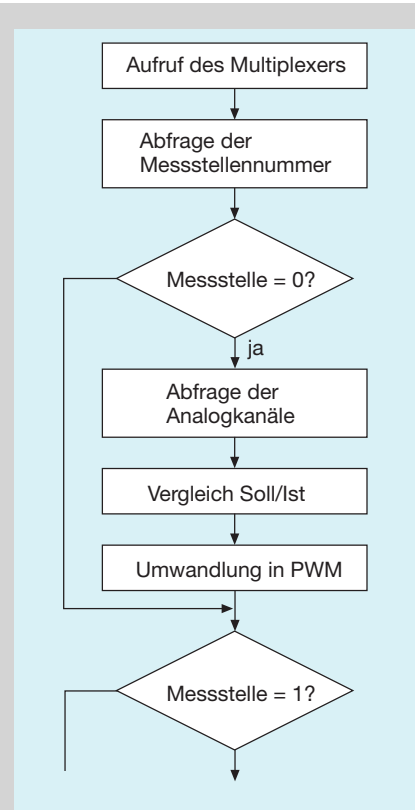
**Software**

**Multiplexer.** Die Software zur Ansteuerung und Abfrage der Fühler wurde nach IEC 1131 in Funktionsbausteine gelegt. Diese brauchen dann nur instanziiert und in jedes beliebige Programm eingebaut werden.

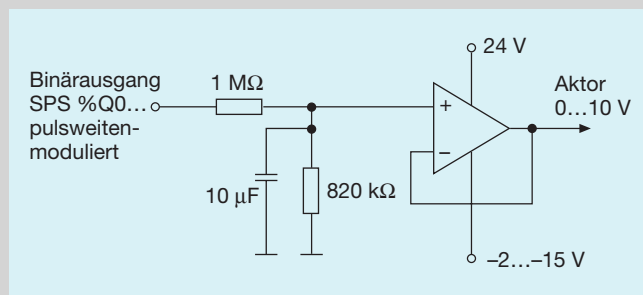
Der Baustein „muxer“ erzeugt eine Zählfolge, die auf die Ausgänge verteilt werden muss. Außerdem liefert er ein Synchronisationssignal „vsynch“, das zeitlich zwischen zwei Abfragen erzeugt wird. Mit einer



5 Programmablaufplan für die Analogabfrage



7 Programmablaufplan für die Analogwertausgabe



6 Analog-Digital-Umwandlung

Tafel 1 Kostenvergleich einer herkömmlichen SPS-Lösung zur Erfassung von 8 Temperaturmesswerten mit einer Lösung auf der Basis von integrierten analogen Temperaturfühlern

Konventionell ohne Steuerung, Netzteil usw. auf der Basis PS 4- 201			
Anzahl	Bauteil	Einzelkosten	Gesamtkosten
8	Pt 1000	22,95 DM	183,60 DM
2	Messumformer MU-PS3	567,00 DM	1.134,00 DM
2	Lokale Erweiterung LE 4-206	459,00 DM	918,00 DM
<b>Summe</b>			<b>2.235,60 DM</b>
Variante mit integrierten analogen Temperaturfühlern; für die Ansteuerung wird eine halbe Erweiterung LE 4-116-DD1 genutzt			
Anzahl	Bauteil	Einzelkosten	Gesamtkosten
8	AD 592	15,50 DM	124,00 DM
1	Lokale Erweiterung LE 4 -116-DD1	247,00 DM	247,00 DM
1	Operationsverstärker	10,00 DM	10,00 DM
<b>Summe</b>			<b>381,00 DM</b>

neuen Messstellennummer wird zwar der Sensor aktiviert, der Analogwert jedoch erst nach der halben Taktzeit abgefragt. Damit wird die Einschwingzeit des Sensors berücksichtigt.

Der Baustein „muxer“ hat zusätzliche Eingänge, mit denen die Zykluszeit „vtakt“ und die Zahl der Abfragen je Zyklus „vende“ festgelegt werden können. Ein Halteeingang „halt“ verhindert ein Durchlaufen und erleichtert die Fehlersuche.

**Regler.** Die eigentliche Analogabfrage ist in den Bausteinen Zweipunktregler „zwpktreg“ und P-Regler „p\_reg“ als Kern implementiert. Die Blockschaltbilder zeigt Bild 4. Die Regler sind im Hauptprogramm in eine Abfrageschleife eingebettet, die jeweils nur einen Regler aktiviert. Das bedeutet, dass jeder Regler erst nach dem kompletten Abfragezyklus seinen Schaltzustand ändern kann. Den Programmablaufplan zeigt Bild 5.

In den Bausteinen „zwpktreg“ und „p\_reg“ wird das Temperaturmesssignal zunächst in 32 internen Zyklen gemittelt. Man erzielt damit zusätzlich zur Glättung durch den Kondensator eine hohe Störunterdrückung. Aus dem ermittelten Messwert wird der Wert in °C berechnet, der aber nicht für die interne Schaltfunktion genutzt wird. Hier wird mit dem Digitalwert des AD-Umsetzers, also je nach Variante mit dem doppelten bzw. dreifachen Wert, weiter gearbeitet. Die Werte für die Hysterese, der Sollwert und die Absenkung werden demzufolge auch angehoben. Durch diesen Trick entsteht eine größere Hysterese als ursprünglich vorgegeben, wodurch der Regler auch bei kleinster Hysterese (1 K) nicht zu häufig aufgrund des Quantisierungsrauschens schaltet. Eine Überwachungsroutine kontrolliert die

Temperatur anhand der Messbereichsgrenzen auf Plausibilität. Der Ausgang „fuehlerbruch“ liefert ein entsprechendes Signal.

**Analogausgänge.** Viele Aktoren der Haustechnik benötigen ein Eingangssignal von 0 bis 10 V. Auch diese Signale werden bereitgestellt. Das verwendete Verfahren weicht vom Üblichen ab. Die Steuerung verfügt lediglich über einen Analogausgang, den man für diese Zwecke nutzen könnte. Mehrere Analogausgänge würden Erweiterungen erfordern. Deshalb werden hier die Digitalausgänge verwendet.

Abhängig von der mit der P-Verstärkung multiplizierten Regeldifferenz (Sollwert – Temperaturwert) wird ein pulsweitenmoduliertes Signal (PWM) generiert. Dieses Signal wird anschließend in einem Tiefpass mit Verstärker geglättet (Bild 6). Auf diese Weise wird für die Ansteuerung je Aktor nur ein Digitalausgang eingesetzt.

Die Einbettung in die Abfrage erfolgt etwas anders, weil berücksichtigt werden muss, dass die Ausgänge für die PWM in jedem SPS-Zyklus aktiviert werden müssen und nicht vom Zyklus der Analogabfrage abhängen können.

Die beschriebene Lösung wurde dazu benutzt, um mit einem Frequenzumrichter vom Typ „FREQROL U 100“ (Mitsubishi) einen Lüfter in der Drehzahl zu steuern. Die Einbindung des Bausteins „p\_reg“ in den Programmzyklus zeigt der Programmablaufplan Bild 7.

#### INFO

#### Programm-Download

Die vorgestellten Programm-Bausteine können Sie über das Internet unter [www.elektropraktiker.de](http://www.elektropraktiker.de) – Fachartikel herunterladen.

#### Kostenvergleich

Tafel 1 zeigt einen Vergleich der Kosten auf der Basis von 8 Messstellen. Es wird deutlich, dass mit dem vorgestellten System beträchtliche Kosteneinsparungen möglich sind. Gebäudeautomatisierung muss also nicht unbedingt teuer sein. Für die Zielgruppe „Normalverbraucher“ könnte ein derartiges preiswürdiges System, z. B. zur Einzelraumsteuerung und -regelung, schon interessant werden.

Das System eignet sich aber auch gut für andere Anwendungen in der Gebäudetechnik. Beispielsweise kann durch entgegengesetzt gerichtete Ströme von zwei Temperatursensoren, die durch einen gemeinsamen Shunt fließen, eine Temperaturdifferenzmessung erfolgen. Ein Differenzregler für eine Sonnenkollektoranlage ist damit leicht zu realisieren.

Wird der Temperatursensor in der vorgestellten Steuerung durch eine Reihenschaltung von Fotowiderstand und Diode ersetzt, so kann mit Hilfe dieses Lichtsensors die Beleuchtung gesteuert werden. Die Kennlinie sollte allerdings gesichert sein, da sonst der Sollwert im Programm bei jedem Fühler neu korrigiert werden muss. Die Auswertung erfolgt analog zur Temperaturmessung durch den Baustein „zwpktreg“. Sind unterschiedliche Schwellen auszuwerten, so wird dieser Baustein mehrmals verwendet.

#### Literatur

- [1] *Tyczynski, T.*: SPS-Einsatz in der Gebäudetechnik. Berlin: Verlag Technik 1999.
- [2] *Knabe, G.*: Gebäudeautomation. Berlin: Verlag für Bauwesen 1992. ■