

**Leseprobe aus Kapitel 8 ‚Regelungstechnik‘** des Buchs  
 ‚Strukturbildung und Simulation technischer Systeme‘

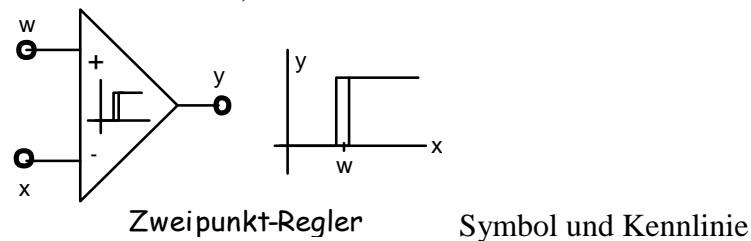
Weitere Informationen zum Buch finden Sie unter

[strukturbildung-simulation.de](http://strukturbildung-simulation.de)

Regler können stetig oder schaltend arbeiten. Stetige Regler sind die Genausten. Jedoch entstehen im Stellglied die größten Verluste. Kommt es nicht so sehr auf die Genauigkeit an, kann man auch schaltende Regler einsetzen. Dann entstehen im Stellglied – im Idealfall – überhaupt keine Verluste. Der einfachste Fall dafür ist die Zweipunkt-Regelung. Sie reicht immer dann aus, wenn sich die Regelgröße von allein immer in eine Richtung bewegt. Dann erzeugt das eingeschaltete Stellglied eine Bewegung in die entgegengesetzte Richtung. Bekanntestes Beispiel dafür ist die Temperatur-Regelung.

7.1.1 Die Zweipunkt-Regelung

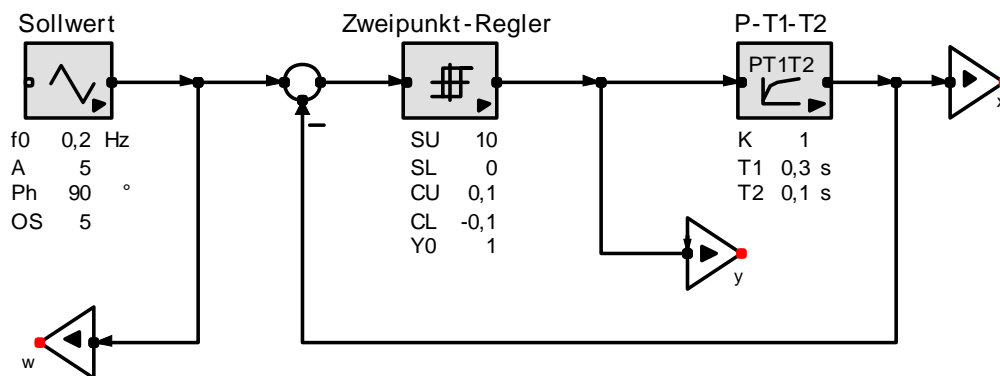
Ein Zweipunkt-Regler schaltet die Leistung der Regelstrecke ein, wenn der Istwert den Sollwert unterschreitet und schaltet sie wieder ab, wenn der Istwert den Sollwert überschreitet.



**Abb. 8-2** Zweipunkt-Regler sind immer dann angebracht, wenn die Regelgröße von selbst immer in eine Richtung tendiert und keine besondere Genauigkeit gefordert ist, z.B. bei Heizungen. Die Hysterese macht den Regler ungenauer, verhindert aber das Flackern, wenn sich der Istwert in der Nähe des Sollwerts befindet.

Häufig werden Zweipunkt-Regler zur Temperatur-Stabilisierung eingesetzt. Bedingung ist, dass der Temperatur-Sollwert größer als die Umgebungs-Temperatur ist. Dann muss die Regelstrecke nur beheizt werden. Abkühlen tut sie von allein. Einzelheiten dazu zeigt die Simulation.

**Das Führverhalten einer Zweipunkt-Regelung**



**Struktur 8-2** Zweipunkt-Regelung: Struktur einer Zweipunkt-Regelung. Zu klären ist, wie groß die Hysterese des Zweipunkt-Reglers einzustellen ist.

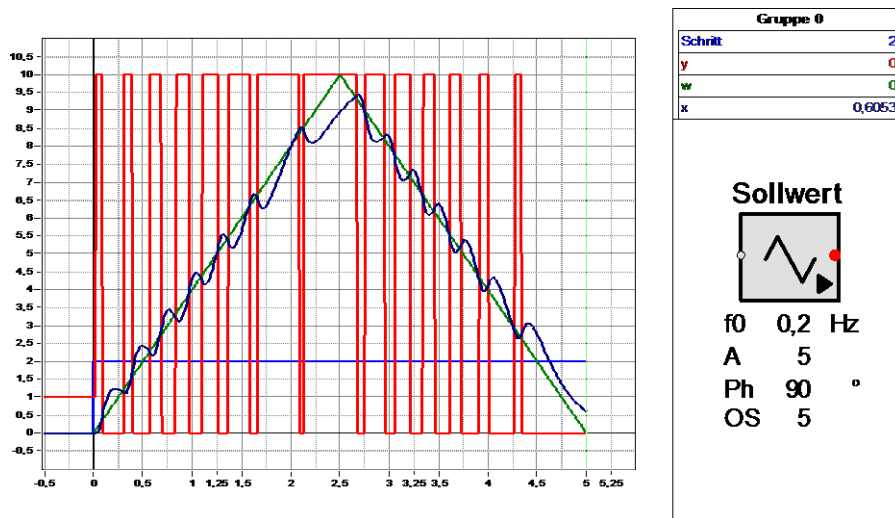


Abb. 8-3 Zweipunkt-Regelung: Die langsame, lineare Sollwert-Variation zeigt den Nachlauf der Regelgröße in der Simulation

Beispiel: Zweipunkt-Temperatur-Regelung

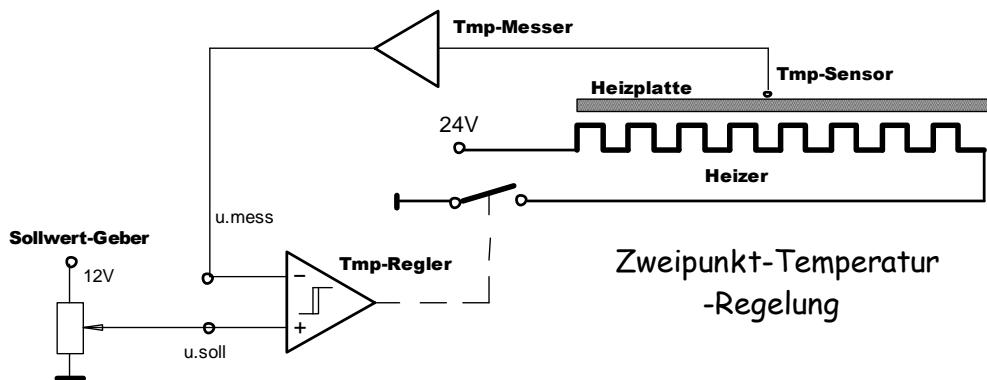
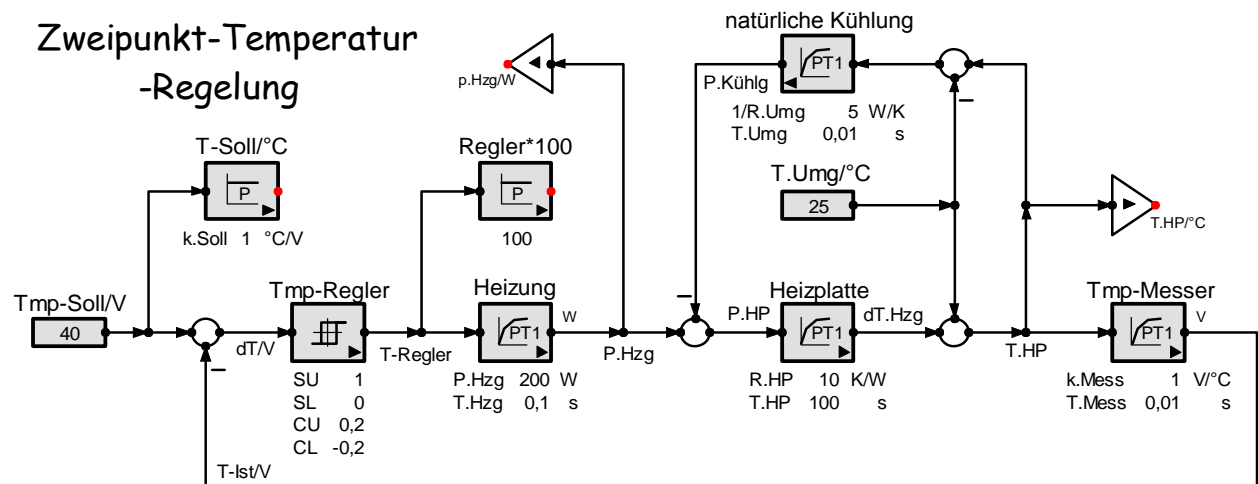


Abb. 8-4 Zweipunkt-Regelung der Temperatur einer Heizplatte



Struktur 8-3 Zweipunkt Temperatur-Regelung: Simulation der Zweipunkt-Temperatur-Regelung. Die vorher gezeigten Diagramme wurden hiermit erzeugt.

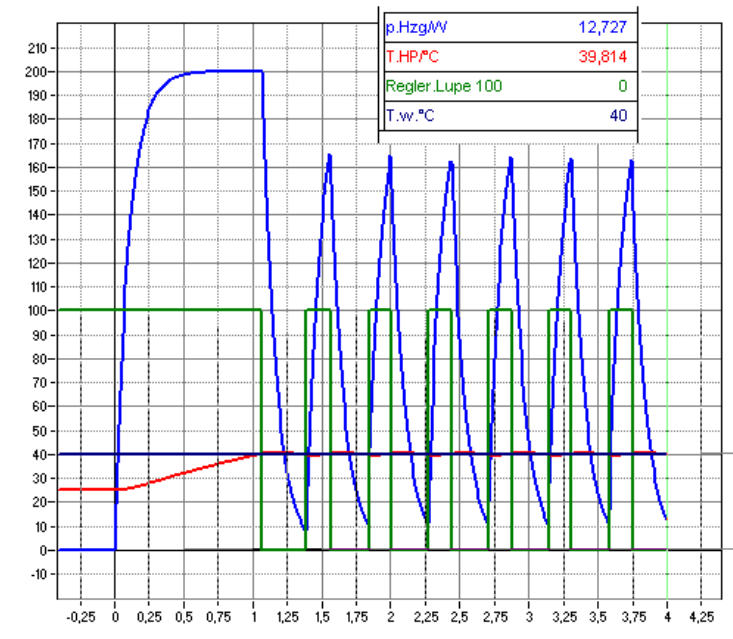


Abb. 8-5 Temperatur-Stabilisierung mittels Zweipunkt-Regler. Die Regelabweichung bestimmt das Tast-Verhältnis.

### Elektronischer Zweipunkt-Regler

## Zweipunkt-Regler mit einstellbarer Rückkopplung

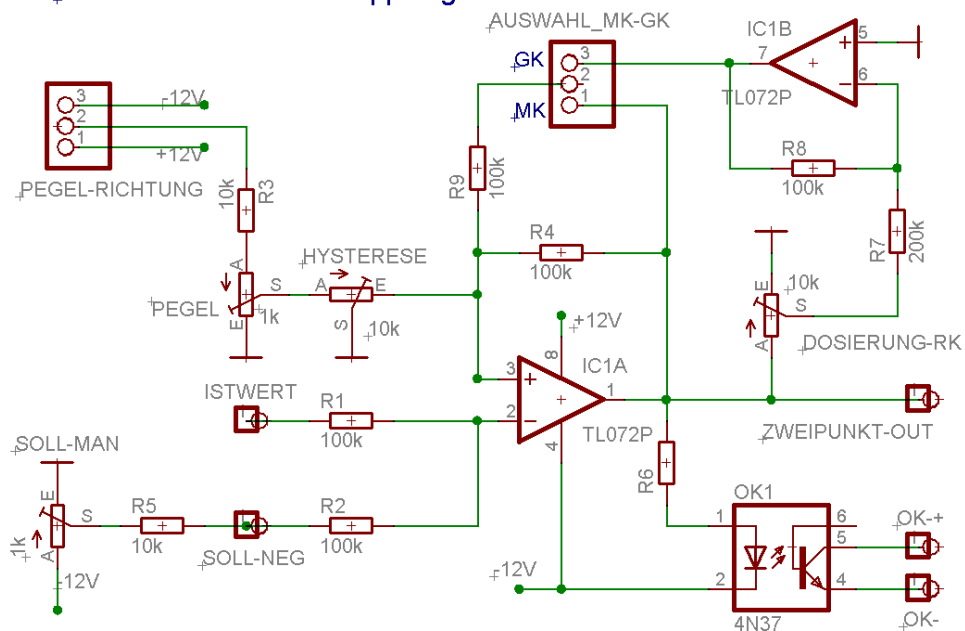
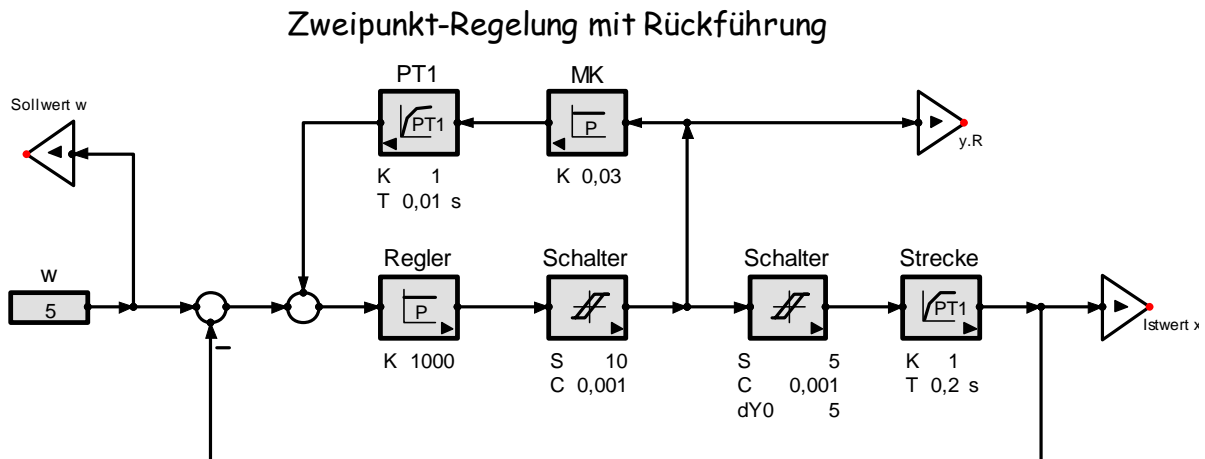


Abb. 8-6 Vielseitiger elektronischer Zweipunkt-Regler: Einsteller für Sollwert, Hysterese und Rückführung als Mit- oder Gegenkopplung

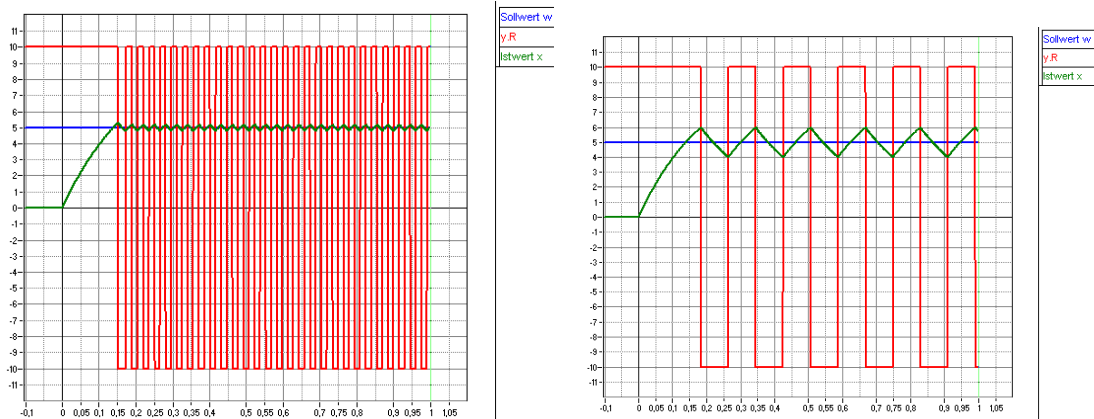
## 7.1.2 Zweipunkt-Regler mit Rückführung

Bei Zweipunkt-Regelungen bestimmen die Verzögerungen der Regelstrecke die Schaltfrequenz und damit die Genauigkeit. Beides möchte der projektierende Ingenieur jedoch selbst bestimmen – wie er es vom Pulsweiten-Modulator kennt. Das ist beim Zweipunkt-Regler ebenfalls möglich, wenn man ihm eine Rückkopplung gibt:

- Mitkopplung vermindert die Schaltfrequenz und vergrößert die Amplituden der Regelgröße.
- Bei Gegenkopplung ist es umgekehrt: die Schaltfrequenz wird größer und die Regelabweichung kleiner. Bei zu starker GK erlischt das Schaltverhalten.



**Struktur 8-4 Zweipunkt-Regelung mit Rückkopplung: Zweipunktregelung mit Mitkopplung. Je größer sie gemacht wird, desto langsamer schaltet der Regler.**



**Abb. 8-7 Das Schaltverhalten der Zweipunkt-Regelung: links schwache und rechts stärkere Mitkopplung.**

### 7.1.3 Die Dreipunkt-Regelung

Bei Dreipunkt-Regelungen kann der Regler das Verhalten der Strecke in zwei Richtungen beeinflussen. Das ist z.B. bei Temperatur-Regelungen dann erforderlich, wenn eine freie Abkühlung nicht stattfindet oder zu lange dauern würde.

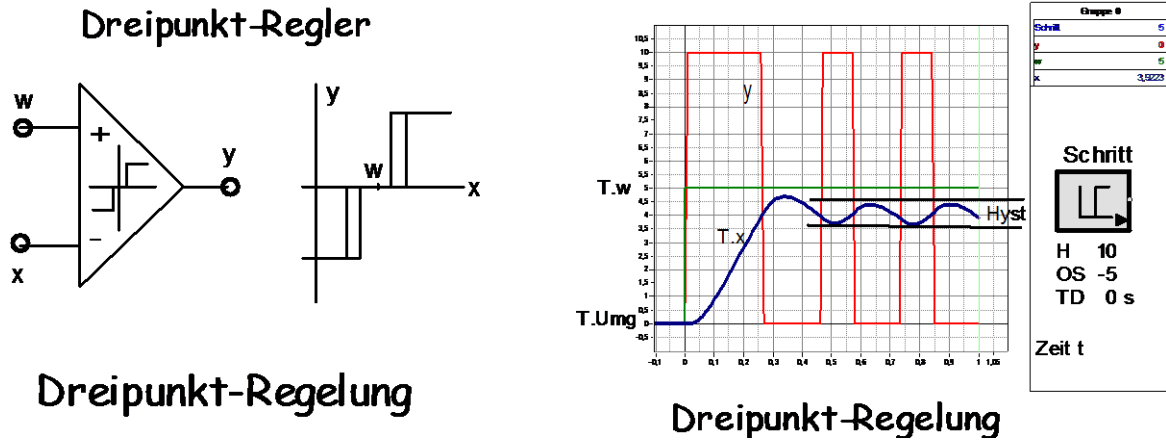
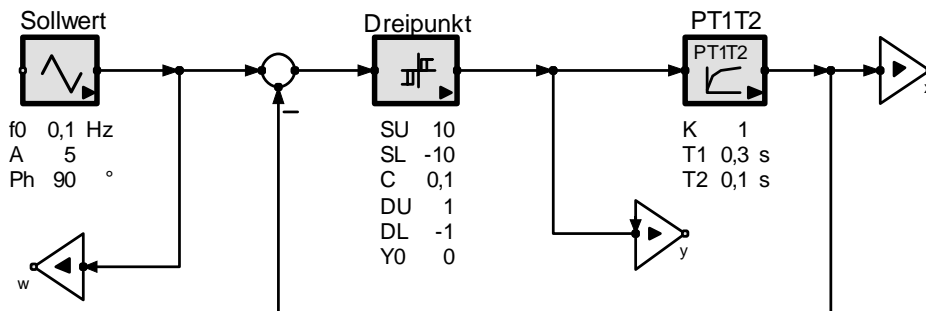


Abb. 8-8 Dreipunkt-Regler und Regel-Verhalten: Die Dreipunkt-Regelung oszilliert wie die Zweipunkt-Regelung um den Sollwert, nur schneller und darum genauer.

### Das Führverhalten einer Dreipunkt-Regelung



Struktur Fehler! Kein Text mit angegebener Formatvorlage im Dokument.-1  
 Dreipunkt-Regelung: Stetige Sollwert-Variation

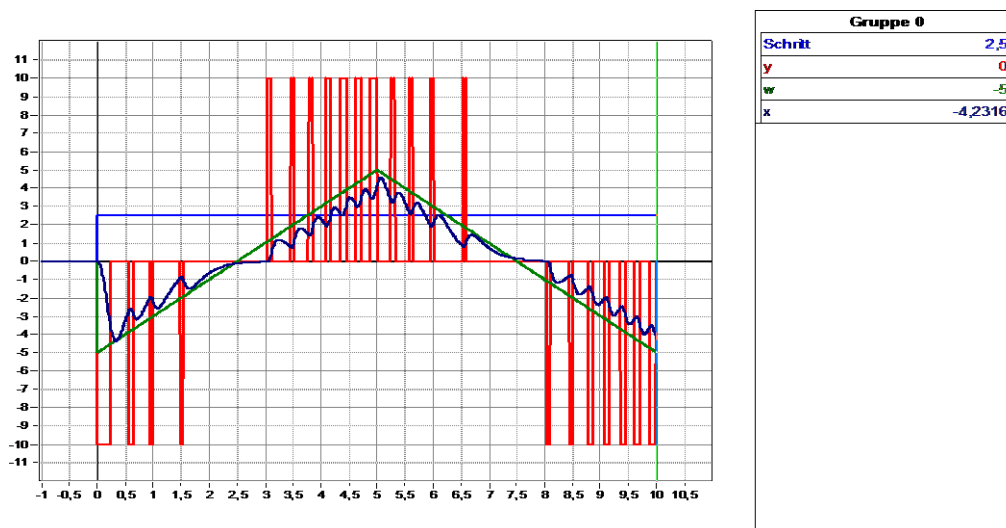


Abb. 8-9 Der Dreipunkt-Regler erzeugt eine Rampe durch Pulsbreiten-Modulation

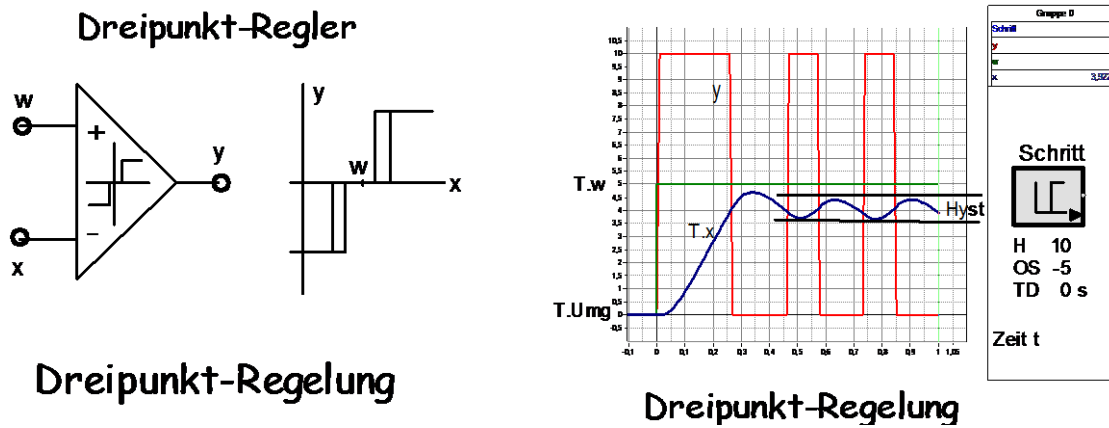


Abb. 8-10 Dreipunkt-Regler und -Regelung: Die Dreipunkt-Regelung oszilliert wie die Zweipunkt-Regelung um den Sollwert, nur schneller und darum genauer.

**Thermostat-Regler für Heizung und Kühlung**

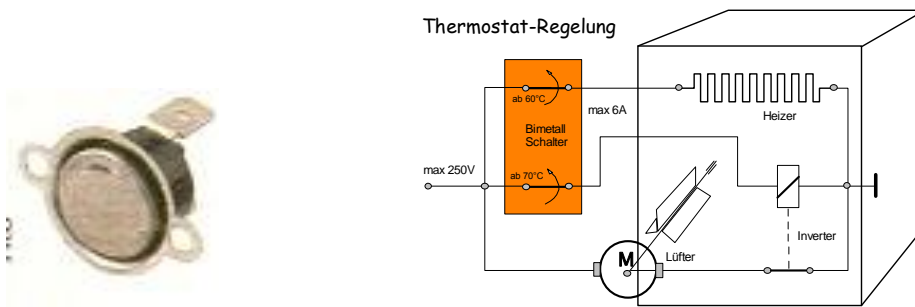
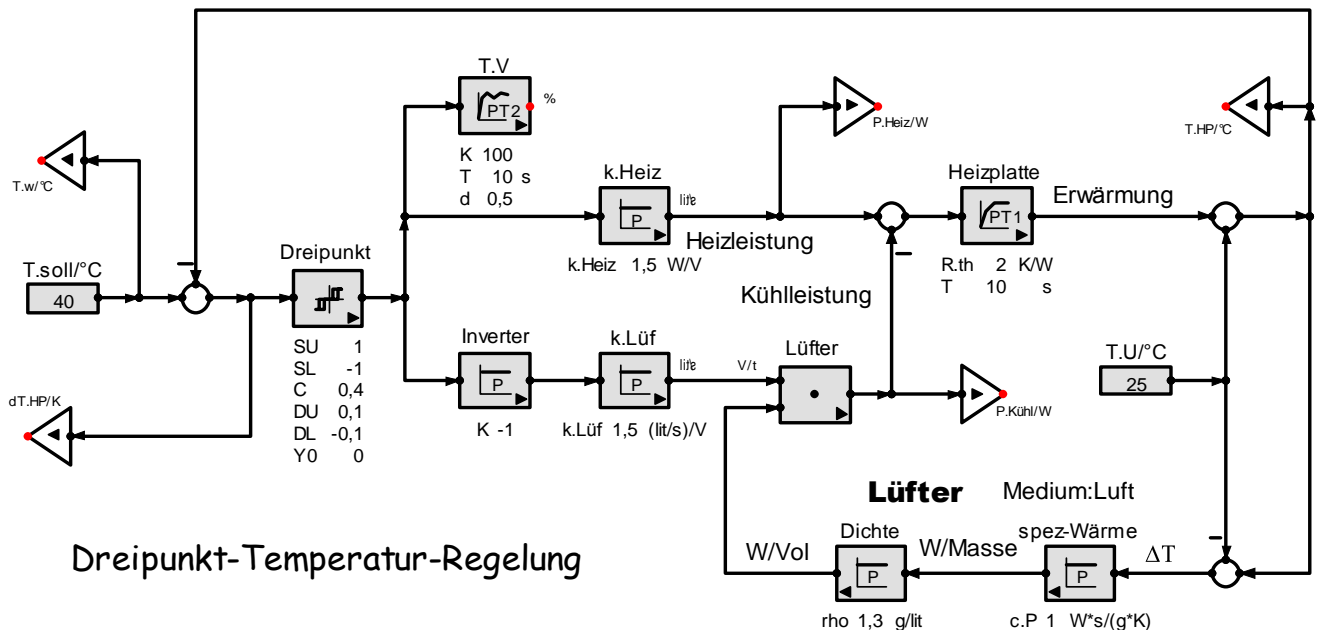


Abb. Fehler! Kein Text mit angegebener Formatvorlage im Dokument.-1 Dreipunkt-Regelung mit zwei Zweipunkt-Thermostat-Reglern. Diese besitzen fest voreingestellte Sollwerte.

Struktur einer Dreipunkt-Thermostat-Regelung



Dreipunkt-Temperatur-Regelung

Struktur 8-6 Dreipunkt-Temperatur-Regelung

Sprungantwort einer Dreipunkt-Thermostat-Regelung

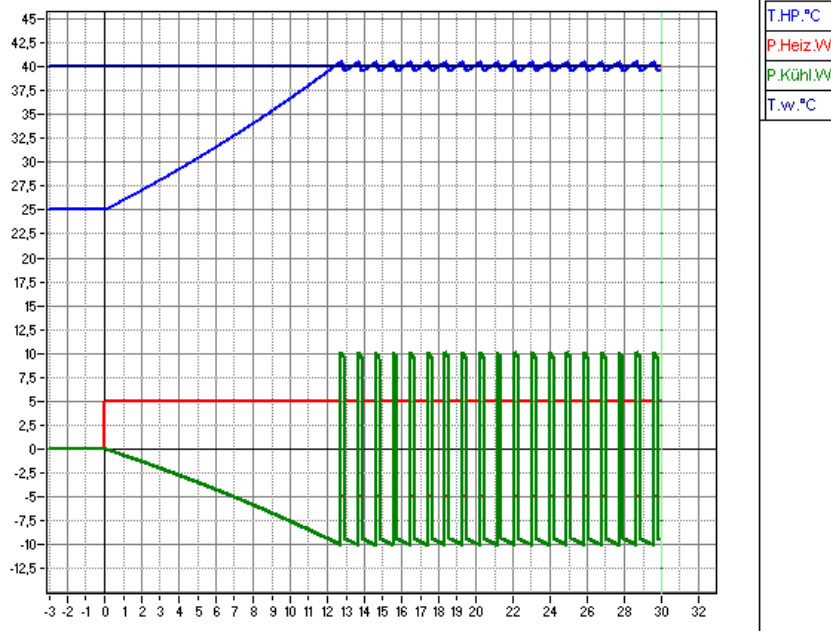


Abb. 8-12 Dreipunkt-Thermostat-Regelung:

Elektronischer Dreipunkt-Regler

Dreipunkt-Regler

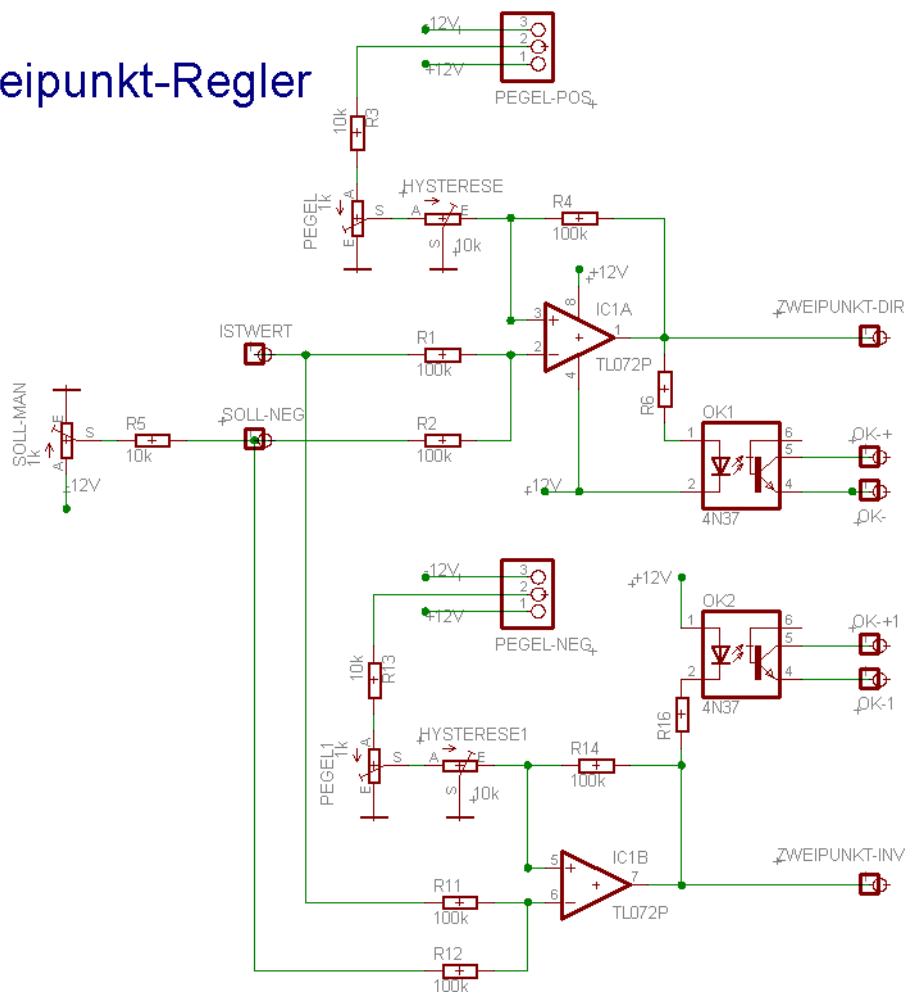


Abb. 8-13 Die Schaltung eines Dreipunkt-Reglers: Der elektronische Zweipunkt-Regler wurde einfach verdoppelt.

7.1.4 Dreipunkt-Positions-Regelung

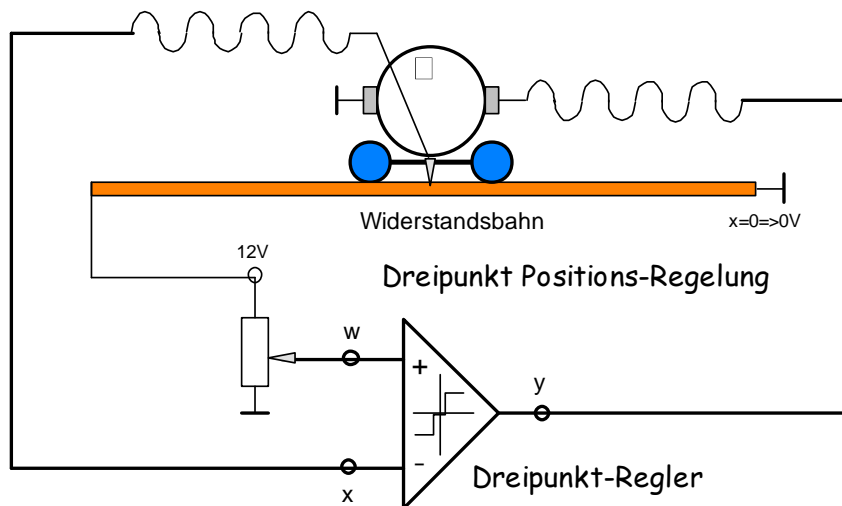
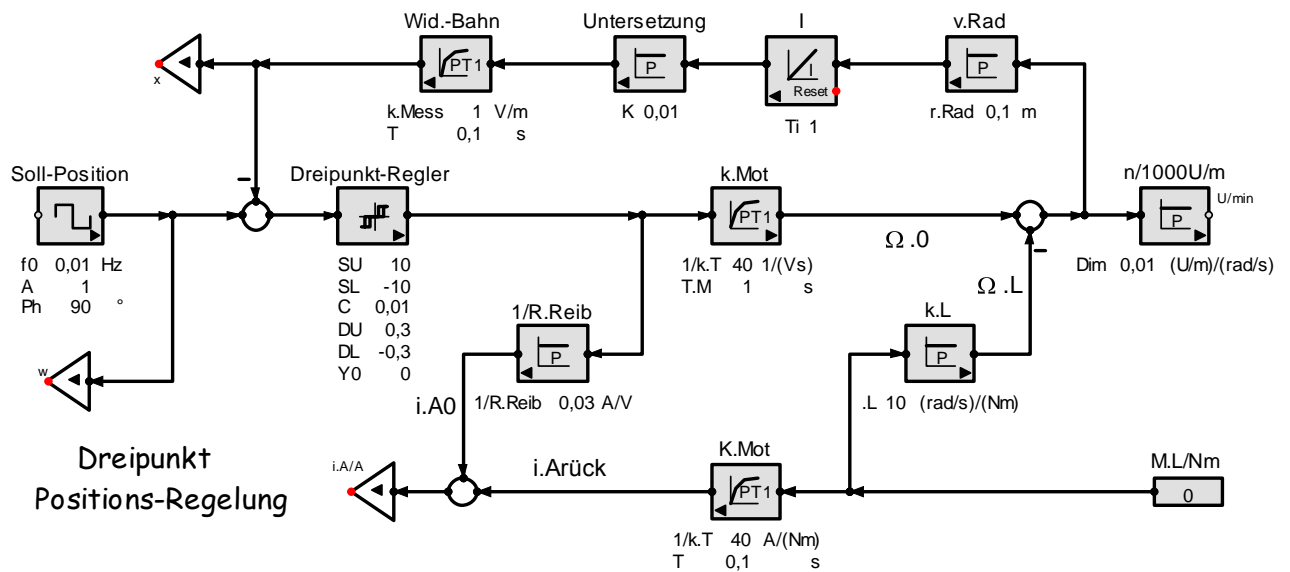


Abb. 8-14 Dreipunkt-Positions-Regelung mit analogem Motor

Die Struktur zur Dreipunkt-Positions-Regelung:



Struktur 8-7 Dreipunkt-Positions-Regelung

Die Sprungantwort der Dreipunkt-Positionsregelung zeigt ihre Schnelligkeit, die Anstiegsantwort ihre Linearität:

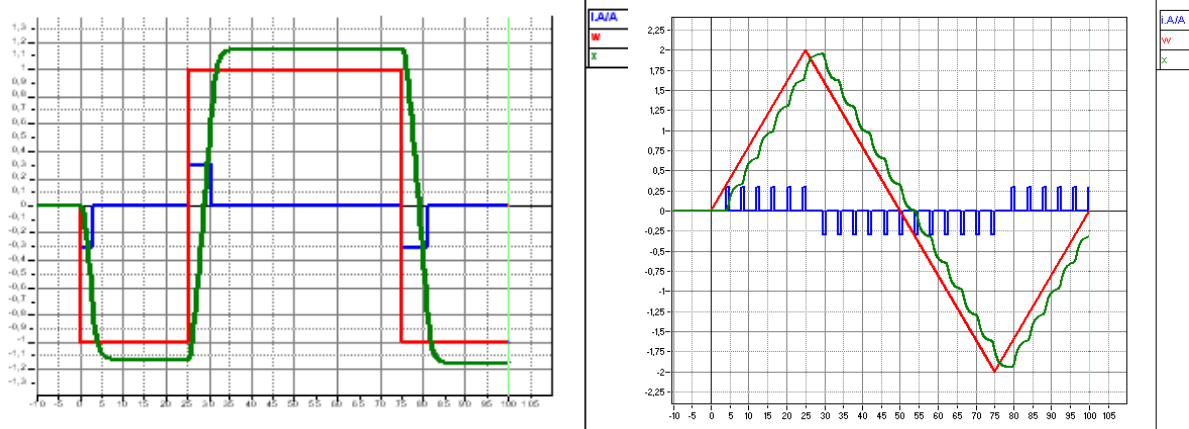


Abb. 8-15 Sprungantwort und Führverhalten der Dreipunkt-Positions-Regelung