

## **Ausbildungsunterlage für die durchgängige Automatisierungslösung Totally Integrated Automation (T I A)**

### ***MODUL B3***

### **Regelungstechnik mit STEP 7**

Diese Unterlage wurde von der Siemens AG, für das Projekt Siemens Automation Cooperates with Education (SCE) zu Ausbildungszwecken erstellt.

Die Siemens AG übernimmt bezüglich des Inhalts keine Gewähr.

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts ist innerhalb öffentlicher Aus- und Weiterbildungsstätten gestattet. Ausnahmen bedürfen der schriftlichen Genehmigung durch die Siemens AG (Herr Michael Knust michael.knust@siemens.com).

Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Alle Rechte auch der Übersetzung sind vorbehalten, insbesondere für den Fall der Patentierung oder GM-Eintragung.

Wir danken der Fa. Michael Dziallas Engineering und den Lehrkräften von beruflichen Schulen sowie weiteren Personen für die Unterstützung bei der Erstellung der Unterlage

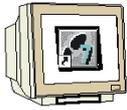
## Inhaltsverzeichnis:

	<b>SEITE:</b>
<b>1. VORWORT</b>	<b>5</b>
<b>2. Grundlagen der Regelungstechnik</b>	<b>7</b>
2.2 Komponenten eines Regelkreises	8
2.3. Kennlinienfelder	11
2.4 Sprungfunktion zur Untersuchung von Regelstrecken	12
2.5. Regelstrecken mit Ausgleich	13
2.5.1. Proportionale Regelstrecke ohne Zeitverzögerung	13
2.5.2. Proportionale Regelstrecke mit einer Zeitverzögerung	14
2.5.3 Proportionale Regelstrecke mit zwei Zeitverzögerungen	15
2.6 Regelstrecken ohne Ausgleich	17
2.7 Reglertypen	18
2.7.1 Zweipunktregler	18
2.7.2 Dreipunktregler	20
2.7.3 Grundtypen stetiger Regler	21
2.8 Zielsetzungen bei der Reglereinstellung	27
2.9 Digitale Regler	29
<b>3. Unstetiger Regler als Zweipunktregler</b>	<b>31</b>
3.1 Funktions- bzw. Problembeschreibung	31
3.2 Mögliche Lösung des SPS-Programms:	34
<b>4. Reglerbaustein (S)FB41 "CONT_C" als Software PID-Regler in STEP 7</b>	<b>37</b>
4.1 Aufgabenstellung zum PID- Standardregler	37
4.2 Der (S) FB 41 „CONT_C“	39
4.3 Übungsbeispiel	40
<b>5. Einstellung von Regelstrecken</b>	<b>54</b>
5.1 Allgemeines	54
5.2 Einstellung des PI-Reglers nach Ziegler- Nichols	55
5.3 Einstellung des PI-Reglers nach Chien, Hrones und Reswick	55
5.4 Übungsbeispiel	57
<b>6. Anhang:</b>	<b>60</b>

Die folgenden Symbole führen durch dieses Modul:



Information



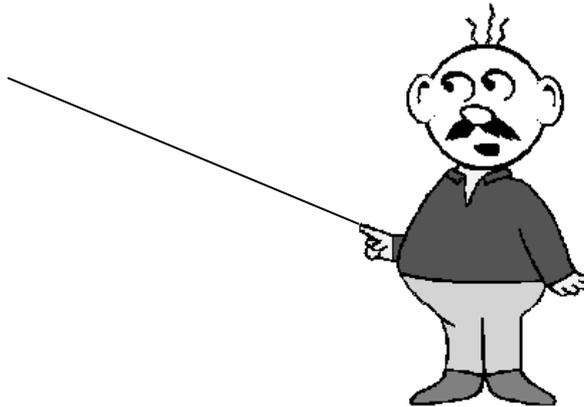
Programmierung



Beispielaufgabe



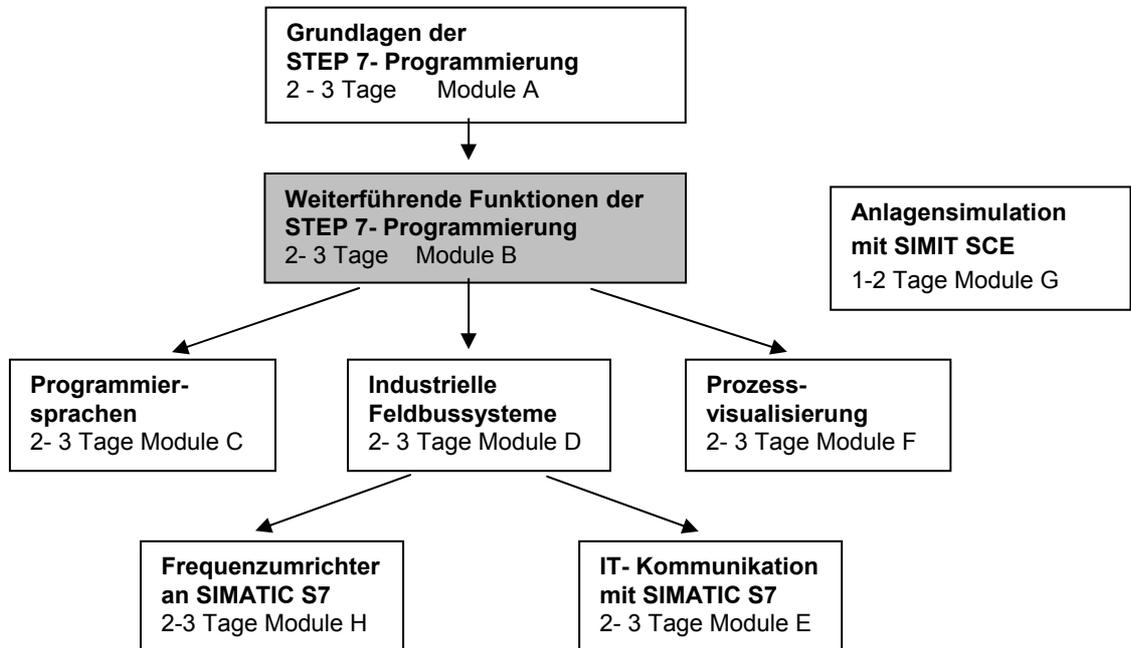
Hinweise



## 1. VORWORT



Das Modul B3 ist inhaltlich der Lehreinheit ‚**Weiterführende Funktionen der STEP 7-Programmierung**‘ zugeordnet.



### Lernziel:

Der Leser soll in den folgenden Schritten lernen wie ein PID- Regler in ein STEP 7- Programm eingebunden, mit analogen Prozessgrößen verschaltet und in Betrieb genommen wird.

- Programmbeispiel zu einem Zweipunktreglers
- PID- Regler in STEP 7- Programm aufrufen
- Verschaltung des PID- Reglers mit analogen Prozessgrößen
- Reglerparameter beim PID- Regler einstellen

### Voraussetzungen:

Für die erfolgreiche Bearbeitung dieses Moduls wird folgendes Wissen vorausgesetzt:

- Kenntnisse in der Handhabung von Windows
- Grundlagen der SPS- Programmierung mit STEP 7 (z.B. Modul A3 - ‚Startup‘ SPS- Programmierung mit STEP 7)
- Analogwertverarbeitung mit STEP 7 (z.B. Modul B2 - Analogwertverarbeitung)



## Benötigte Hardware und Software

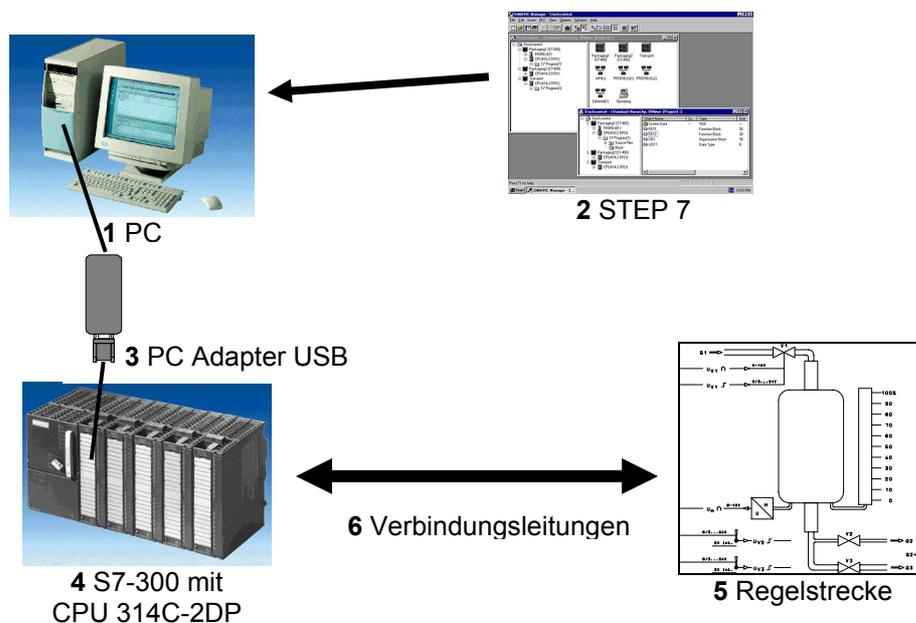
- 1 PC, Betriebssystem Windows XP Professional mit SP2 oder SP3 / Vista 32 Bit Ultimate und Business / Server 2003 SP2 mit 600MHz ( nur XP) / 1 GHz und 512MB ( nur XP) / 1 GB RAM, freier Plattenspeicher ca. 650 - 900 MB, MS-Internet-Explorer 6.0 und Netzwerkkarte
- 2 Software STEP7 V 5.4
- 3 MPI- Schnittstelle für den PC (z.B. PC Adapter USB)
- 4 SPS SIMATIC S7-300 mit mind. einer analogen Ein-/Ausgabebaugruppe, bei der an einem Analogwerteingang ein Potentiometer oder ein anderer analoger Signalgeber angeschlossen ist.

Außerdem muss an mindestens einem Analogausgang eine Analogwertanzeige angeschlossen sein.

Beispielkonfiguration:

- Netzteil: PS 307 2A
- CPU: CPU 314C-2DP

- 5 Regelstrecke
- 6 Verbindungsleitungen zum Anschluss der Regelstrecke an analoge Ein- und Ausgänge der SPS



## 2. GRUNDLAGEN DER REGELUNGSTECHNIK

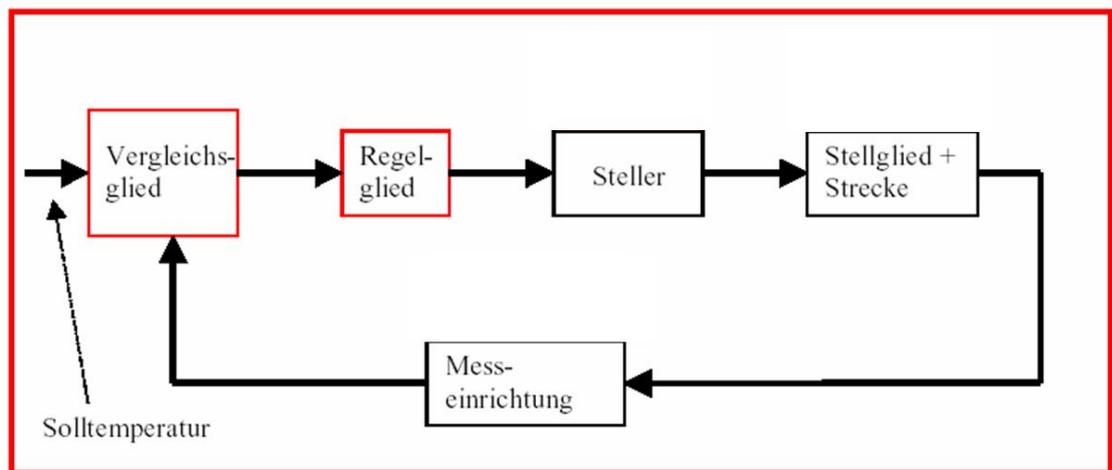
### 2.1 Aufgaben der Regelungstechnik

„Die Regelung ist ein Vorgang, bei dem der Wert einer Größe fortlaufend durch Eingriff aufgrund von Messungen dieser Größe hergestellt und aufrechterhalten wird.

Hierdurch entsteht ein Wirkungsablauf, der sich in einem geschlossenen Kreis, dem Regelkreis, vollzieht, denn der Vorgang läuft aufgrund von Messungen einer Größe ab, die durch sich selbst wieder beeinflusst wird.“

Die zu regelnde Größe wird fortlaufend gemessen und mit einer anderen, vorgegebenen Größe gleicher Art verglichen. Abhängig vom Ergebnis dieses Vergleichs wird durch den Regelvorgang eine Angleichung der zu regelnden Größe an den Wert der vorgegebenen Größe vorgenommen.

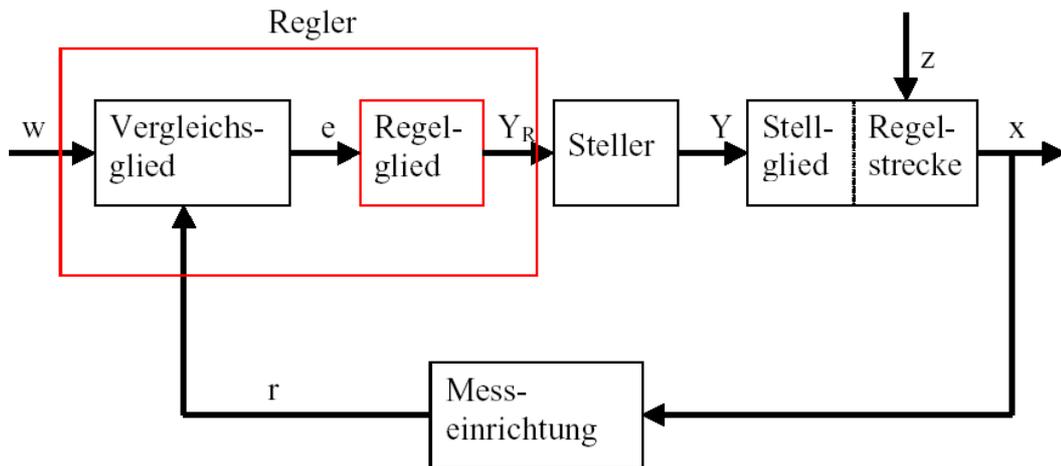
Schema einer Regelung



## 2.2 Komponenten eines Regelkreises

Im Folgenden werden die grundlegendsten Begriffe der Regelungstechnik im Einzelnen erklärt.

Hier zunächst eine Übersicht anhand eines Schemas:



### 1. Die Regelgröße $x$

Sie ist das eigentliche „Ziel“ der Regelung, nämlich die Größe, die zu beeinflussen bzw. konstant zuhalten Zweck des gesamten Systems ist. In unserem Beispiel wäre dies die Raumtemperatur. Der zu einem bestimmten Zeitpunkt bestehende Momentanwert der Regelgröße heißt „Istwert“ zu diesem Zeitpunkt.

### 2. Die Rückführgröße $r$

In einem Regelkreis wird die Regelgröße ständig überprüft, um auf ungewollte Änderungen reagieren zu können. Die der Regelgröße proportionale Messgröße heißt Rückführgröße. Sie entspräche im Beispiel „Heizung“ der Messspannung des Innenthermometers.

#### 4. Die Störgröße $z$

Die Störgröße ist diejenige Größe, die die Regelgröße ungewollt beeinflusst und vom aktuellen Sollwert entfernt. Im Falle einer Festwertregelung wird diese durch die Existenz der Störgröße überhaupt erst notwendig. Im betrachteten Heizungssystem wäre dies beispielsweise die Außentemperatur oder aber auch jede andere Größe, durch die sich die Raumtemperatur von ihrem Idealwert entfernt.

#### 5. Der Sollwert $w$

Der Sollwert zu einem Zeitpunkt ist der Wert, den die Regelgröße zu diesem Zeitpunkt idealerweise annehmen sollte. Zu beachten ist, dass sich der Sollwert bei einer Folgewertregelung unter Umständen ständig ändern kann. Der Messwert, der von der verwendeten Messeinrichtung ermittelt würde, wenn die Regelgröße exakt den Sollwert hätte, ist der Momentanwert der Führungsgröße. Im Beispiel wäre der Sollwert die zurzeit gewünschte Raumtemperatur.

#### 6. Das Vergleichsglied

Dies ist der Punkt, an dem der aktuelle Messwert der Regelgröße und der Momentanwert der Führungsgröße miteinander verglichen werden. In den meisten Fällen handelt es sich bei beiden Größen um Messspannungen. Die Differenz beider Größen ist die „Regeldifferenz“  $e$ . Diese wird an das Regelglied weitergegeben und dort ausgewertet (s.u.).

#### 7. Das Regelglied

Das Regelglied ist das eigentliche Herzstück einer Regelung. Es wertet die Regeldifferenz, also die Information darüber, ob, wie und wie weit die Regelgröße vom aktuellen Sollwert abweicht, als Eingangsgröße aus und leitet aus dieser die „**Reglerausgangsgröße**“  $Y_R$  ab, durch die in letzter Konsequenz die Regelgröße beeinflusst wird. Die Reglerausgangsgröße wäre im Beispiel des Heizungssystems die Spannung für den Mischermotor.

Die Art und Weise wie das Regelglied aus der Regeldifferenz die Reglerausgangsgröße bestimmt, ist das hauptsächliche Kriterium der Regelung. Teil II beschäftigt sich näher mit diesem Thema.

## 8. Der Steller

Der Steller ist sozusagen das „ausführende Organ“ der Regelung. Er erhält vom Regelglied in Form der Reglerausgangsgröße Information darüber, wie die Regelgröße beeinflusst werden soll, und setzt diese in eine Änderung der „Stellgröße“ um. In unserem Beispiel wäre der Steller der Mischermotor. Je nach der vom Regelglied gelieferten Spannung (also der Reglerausgangsgröße), beeinflusst er die Stellung des Mischers (die hier die Stellgröße repräsentiert).

## 9. Das Stellglied

Dieses ist das Glied des Regelkreises, das in Abhängigkeit der **Stellgröße Y** die Regelgröße (mehr oder weniger direkt) beeinflusst. Im Beispiel wäre dies die Kombination aus Mischer, Heizungsleitungen und Heizkörper. Die Einstellung des Mischers (die Stellgröße) wird durch den Mischermotor (Steller) vorgenommen und beeinflusst über die Wassertemperatur die Raumtemperatur.

## 10. Die Regelstrecke

Die Regelstrecke ist das System, in dem sich die zu regelnde Größe befindet, im Beispiel der Heizung also der Wohnraum.

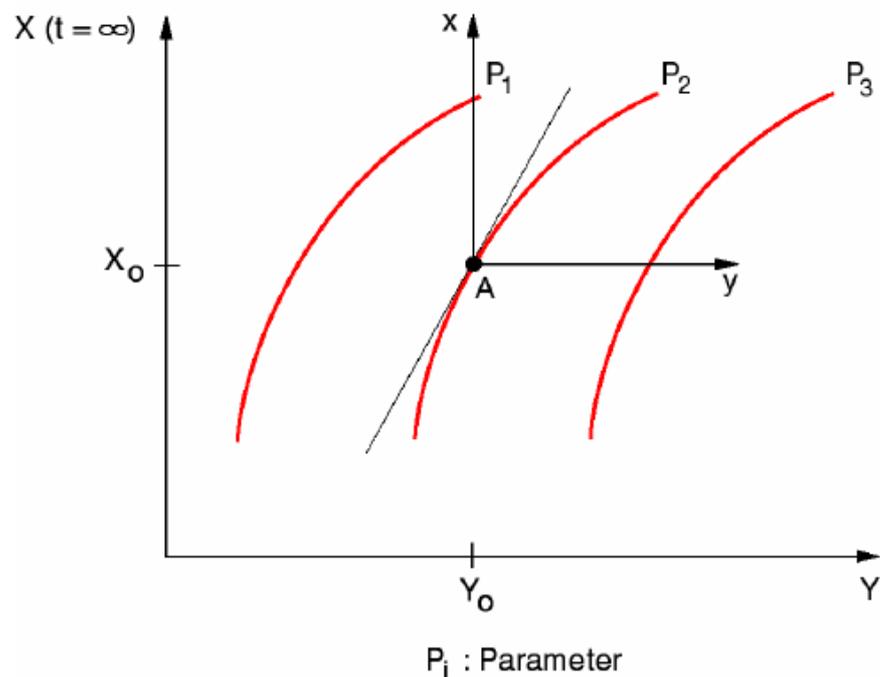
## 11. Die Totzeit

Unter der Totzeit versteht man die Zeit, die von einer Änderung der Reglerausgangsgröße bis zu einer messbaren Reaktion der Regelstrecke vergeht. Im Beispiel wäre dies also die Zeit zwischen einer Änderung der Spannung für den Mischermotor und einer hierdurch bedingten messbaren Änderung der Raumtemperatur.

## 2.3. Kennlinienfelder

Regelstrecken, bei denen sich nach Ablauf einer gewissen Zeit ein neuer konstanter Ausgangswert einstellt, heißen Regelstrecken mit Ausgleich.

Der Zusammenhang der Ausgangsgrößen mit den Eingangsgrößen im Beharrungszustand ergibt ein Kennlinienfeld.



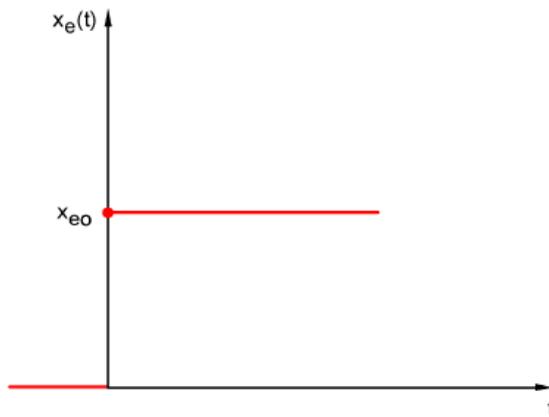
Die Kennlinie wird in der Umgebung eines Arbeitspunktes durch eine Tangente ersetzt.

Das Problem wird in der Umgebung des Arbeitspunktes als lineares Problem behandelt. Der Nullpunkt der Größen  $x(t)$ ,  $y(t)$  und  $z(t)$  wird auf den Arbeitspunkt  $A$  bezogen:

$$x = X - X_0 \quad y = Y - Y_0 \quad z = Z - Z_0$$

## 2.4 Sprungfunktion zur Untersuchung von Regelstrecken

Um das Verhalten von Regelstrecken, Reglern und Regelkreisen zu untersuchen, wird eine einheitliche Funktion für das Eingangssignal benutzt, die Sprungfunktion. Abhängig davon, ob ein Regelkreisglied oder der ganze Regelkreis untersucht wird, kann die Regelgröße  $x(t)$ , die Stellgröße  $y(t)$ , die Führungsgröße  $w(t)$  oder die Störgröße  $z(t)$  mit der Sprungfunktion belegt sein. Oft wird deshalb das Eingangssignal, die Sprungfunktion, mit  $x_e(t)$  und das Ausgangssignal mit  $x_a(t)$  bezeichnet.

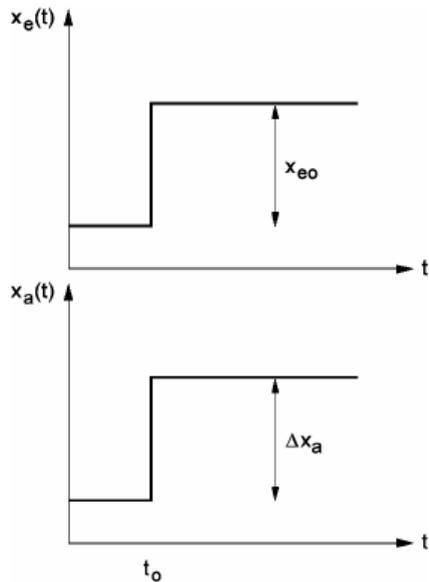


$$x_e(t) = \begin{cases} 0 & \text{für } t < 0 \\ x_{eo} & \text{für } t \geq 0 \end{cases}$$

## 2.5. Regelstrecken mit Ausgleich

### 2.5.1. Proportionale Regelstrecke ohne Zeitverzögerung

Die Regelstrecke wird kurz als P-Strecke bezeichnet.



sprunghafte Änderung der Eingangsgröße bei  $t_0$

Regelgröße / Stellgröße :

$$x = K_{ss} \cdot y$$

$K_{ss}$ : Proportionalbeiwert für eine Stellgrößenänderung

$$K_{ss} = \frac{\Delta x}{\Delta y} = \tan \alpha$$

Regelgröße / Störgröße:

$$x = K_{sz} \cdot z$$

$K_{sz}$ : Proportionalwert für eine Störgrößenänderung

Stellbereich:

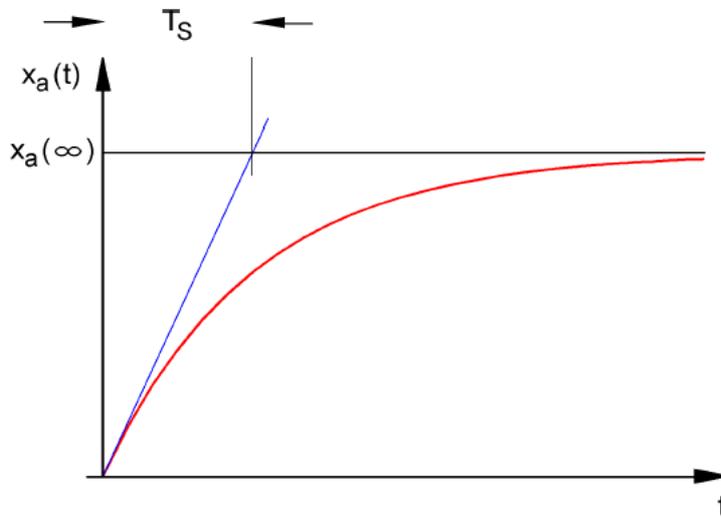
$$y_h = y_{\max} - y_{\min}$$

Regelbereich:

$$x_h = x_{\max} - x_{\min}$$

## 2.5.2. Proportionale Regelstrecke mit einer Zeitverzögerung

Die Regelstrecke wird kurz als P-T1-Strecke bezeichnet.



Differentialgleichung für eine allgemeines Eingangssignal  $x_e(t)$ :

$$T_S \cdot \dot{x}_a(t) + x_a(t) = K_{PS} \cdot x_e(t)$$

Lösung der Differentialgleichung für eine Sprungfunktion am Eingang (Sprungantwort):

$$x_a(t) = K_{PS} (1 - e^{-t/T_S}) \cdot x_{e0}$$

$$x_a(t = \infty) = K_{PS} \cdot x_{e0}$$

$T_S$ : Zeitkonstante

## 2.5.3 Proportionale Regelstrecke mit zwei Zeitverzögerungen

Die Regelstrecke wird kurz als P-T2-Strecke bezeichnet.

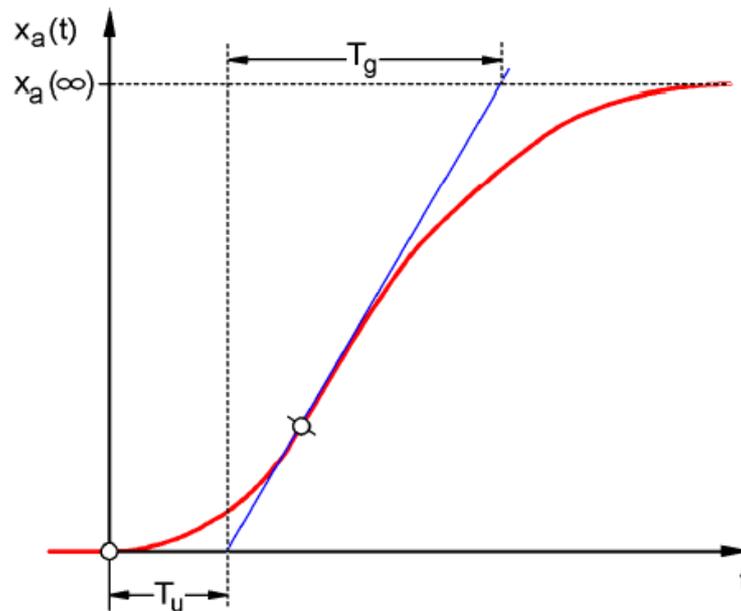


Abb.: Sprungantwort der P-T2-Strecke

**T<sub>u</sub>: Verzugszeit T<sub>g</sub>: Ausgleichszeit**

Die Strecke wird durch rückwirkungsfreie Reihenschaltung von zwei P-T1-Strecken gebildet, die die Zeitkonstanten T<sub>S1</sub> und T<sub>S2</sub> haben.

**Regelbarkeit von P-T<sub>n</sub>-Strecken:**

$$\frac{T_u}{T_g} < \frac{1}{10} \rightarrow \text{gut regelbar} \quad \frac{T_u}{T_g} \approx \frac{1}{6} \rightarrow \text{noch regelbar} \quad \frac{T_u}{T_g} > \frac{1}{3} \rightarrow \text{schwer regelbar}$$

Mit steigendem Verhältnis T<sub>u</sub> / T<sub>g</sub> wird die Strecke immer schlechter regelbar.

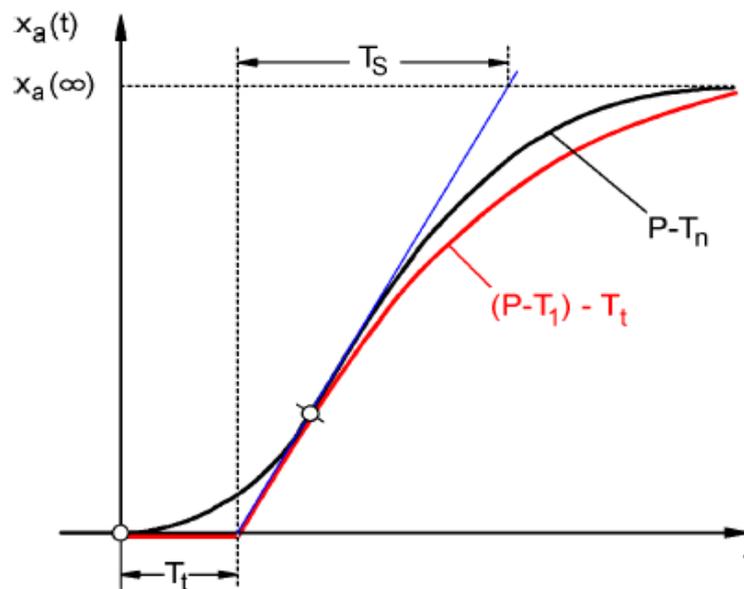
## 2.5.4 Proportionale Regelstrecke mit n Zeitverzögerungen

Die Regelstrecke wird kurz als P-Tn-Strecke bezeichnet.

Die Beschreibung des Zeitverhaltens erfolgt durch eine Differentialgleichung n - ter Ordnung. Der Verlauf der Sprungantwort ist ähnlich wie bei der P-T2-Strecke. Das Zeitverhalten wird durch  $T_u$  und  $T_g$  beschrieben.

Ersatz: Die Regelstrecke mit vielen Verzögerungen kann näherungsweise ersetzt werden durch die Reihenschaltung einer P-T1-Strecke mit einer Totzeitstrecke.

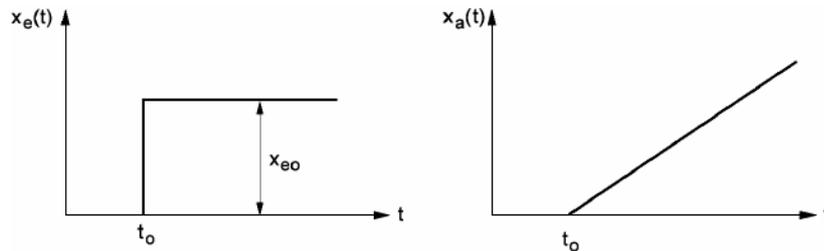
Es gilt:  $T_t \gg T_u$  und  $T_S \gg T_g$ .



Ersatzsprungantwort für die P-Tn-Strecke

## 2.6 Regelstrecken ohne Ausgleich

Die Regelgröße wächst nach einer Störung stetig weiter an, ohne einem festen Endwert zuzustreben.



Beispiel: Füllstandsregelung

Bei einem Behälter mit Abfluss, dessen Zu- und Ablaufvolumenstrom gleich groß sind, stellt sich eine konstante Füllhöhe ein. Verändert sich der Durchfluss des Zu- oder Ablaufs, steigt oder fällt der Flüssigkeitsspiegel. Dabei verändert sich der Pegel umso schneller, je größer die Differenz zwischen Zu und Ablauf ist.

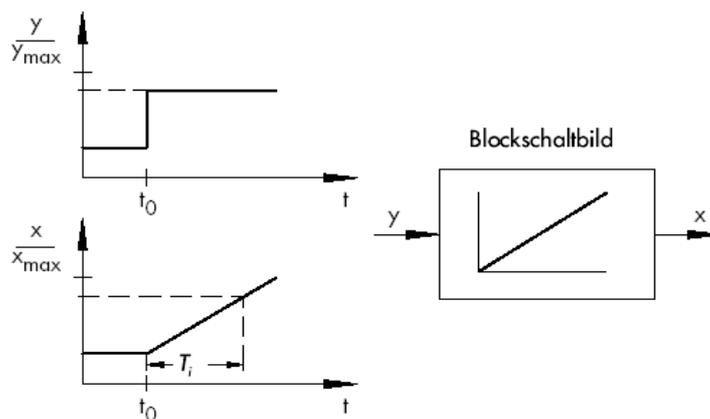
Das Beispiel lässt erkennen, dass das Integralverhalten in der Praxis zumeist eine Begrenzung hat.

Die Regelgröße steigt oder fällt nur so lange, bis sie einen systembedingten Grenzwert erreicht:

Behälter läuft über oder leer, Druck erreicht Anlagenmaximum oder Minimum etc.

Die Abb. zeigt das zeitliche Verhalten einer I-Strecke bei einer sprunghaften Änderung der

Eingangsgröße sowie das daraus abgeleitete Blockschaltbild:



Wenn die Sprungfunktion am Eingang übergeht in eine beliebige Funktion  $x_e(t)$ , wird

$$x_a(t) = K_{IS} \int x_e(t) dt \Rightarrow \text{integrierende Regelstrecke}$$

$K_{IS}$ : Integralbeiwert der Regelstrecke

\* Abbildung aus SAMSON Technische Information - L102 - Regler und Regelstrecken, Ausgabe: August 2000 ([http://www.samson.de/pdf\\_de/l102de.pdf](http://www.samson.de/pdf_de/l102de.pdf))

## 2.7 Reglertypen

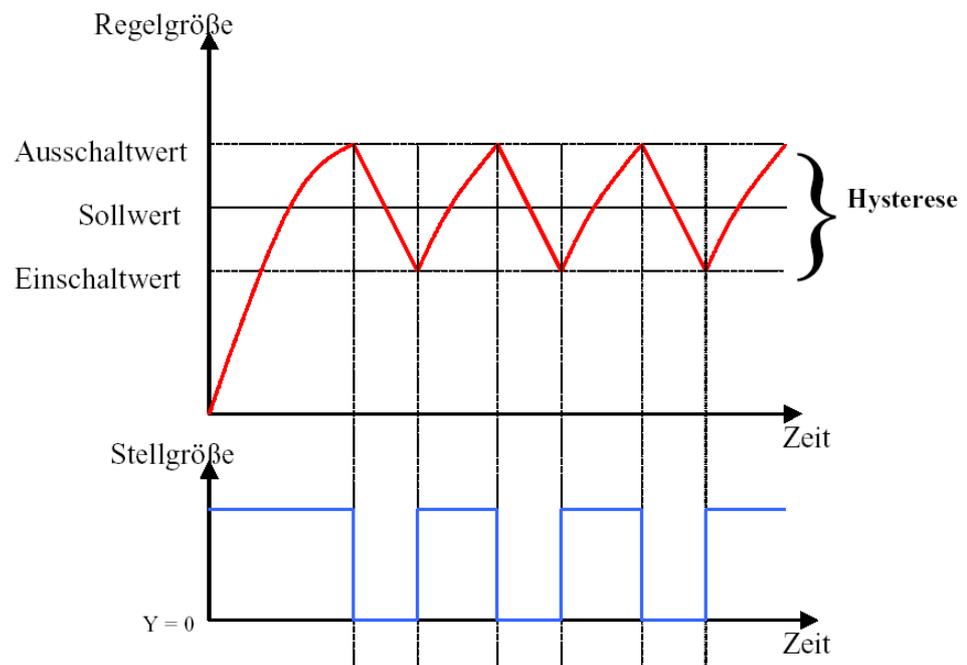
### 2.7.1 Zweipunktregler

Die wesentliche Eigenschaft von Zweipunktreglern besteht darin, dass sie nur zwei Zustände kennen: „An“ und „Aus“. Sie dürften damit den einfachsten Reglertyp bilden. Zweipunktregler werden vor allem dann benutzt, wenn es weniger um eine absolut präzise Einhaltung des Sollwertes geht als darum, die Regelung möglichst einfach zu halten, oder auch, wenn der Steller bzw. das Stellglied keine stetige Regelung zulässt. Bei der schon häufig bemühten Heizungsanlage handelt es sich beim Regelkreis mit Raumthermometer und Mischer um eine stetige Regelung. Um die Wassertemperatur im Kesselkreis konstant zu halten, setzt man aber typischerweise eine Zweipunktregelung ein, da diese einerseits durchaus um einige Grad schwanken darf und es andererseits deutlich einfacher ist den Brenner nur ein und wieder auszuschalten als eine genaue Dosierung der Brennstoffzufuhr zu vorzunehmen.

Da man um den Sollwert exakt einzuhalten theoretisch unendlich schnell hintereinander ein- und ausschalten müsste, besitzt der Zweipunktregler eine so genannte „Hysterese“. Diese stellt eine Art „Umgebung“ um den Sollwert dar, innerhalb der der Istwert schwanken darf. Das heißt man legt einen Minimalwert fest, der geringer als der Sollwert ist, und einen Maximalwert, der etwas höher liegt als er Sollwert. Erst wenn der Istwert den Maximalwert über- oder den Minimalwert unterschreitet, reagiert die Regelung. In den meisten Fällen sind Minimal- und Maximalwert gleich weit vom Sollwert entfernt, die Hysterese bildet also eine symmetrische Umgebung um den Sollwert.

Im Falle der Kesselwassertemperatur würde beispielsweise der Brenner eingeschaltet, wenn die Wassertemperatur den festgelegten Sollwert um mehr als einen bestimmten Wert unterschreitet. Der Brenner läuft dann solange weiter, bis ein bestimmter Wert, der über dem Sollwert liegt, überschritten wird. Erst dann wird der Brenner abgeschaltet. Ein weiteres typisches Beispiel ist eine Kühlung. Das Kühlaggregat unterstützt für gewöhnlich ebenfalls keine stetige Regelung, sondern kennt nur die Zustände „An“ und „Aus“. Es wird also eingeschaltet, wenn die Ist - Temperatur die Solltemperatur bereits um einige Grad übersteigt, und wieder ausgeschaltet, wenn die Ist - Temperatur um einige Grad zu niedrig ist. Typisch für den Zweipunktregler ist also ein periodisches Schwanken um den Sollwert, dessen Amplitude in etwa gleich der Hysterese ist. Die Wahl der

Hysterese hängt davon ab, wie genau der Sollwert eingehalten werden muss. Wählt man eine große Hysterese, so kann der Istwert stärker vom Sollwert abweichen. Wählt man eine kleinere, so wird der Sollwert genauer eingehalten, aber es muss häufiger geschaltet werden, was wiederum Nachteile hat, wie beispielsweise einen höheren Verschleiß der Schaltvorrichtungen und des Stellers bzw. Stellglieds. Wir betrachten nun den Zweipunktregler im Diagramm:



## 2.7.2 Dreipunktregler

Die Dreipunktregler stellen die zweite wichtige Klasse der diskreten Regler dar. Der Unterschied zu den Zweipunktreglern besteht darin, dass die Stellgröße drei verschiedene Werte annehmen kann: positive Beeinflussung, keine Beeinflussung und negative Beeinflussung der Regelgröße.

Ein Beispiel ist die Regelung mittels eines elektrisch verstellbaren Ventils, das jedoch seinerseits nur ganz geöffnet oder ganz geschlossen sein kann. Handelt es sich beispielsweise um eine Wasserstandsregelung, so würde, sobald der Wasserstand einen Maximalwert überschreitet, der Ventilmotor mit positiver Drehrichtung angesteuert und das Ventil geöffnet werden. Die Regelung bleibt dann solange untätig, d.h. der Motor in Ruhe, bis der Wasserstand einen Minimalwert unterschreitet. Ist dies der Fall, so wird der Motor in negativer Drehrichtung angesteuert und das Ventil geschlossen. Somit kennt der Steller drei Zustände: drehender Ventilmotor mit positiver Drehrichtung, stehender Motor und drehender Motor mit negativer Drehrichtung.

## 2.7.3 Grundtypen stetiger Regler

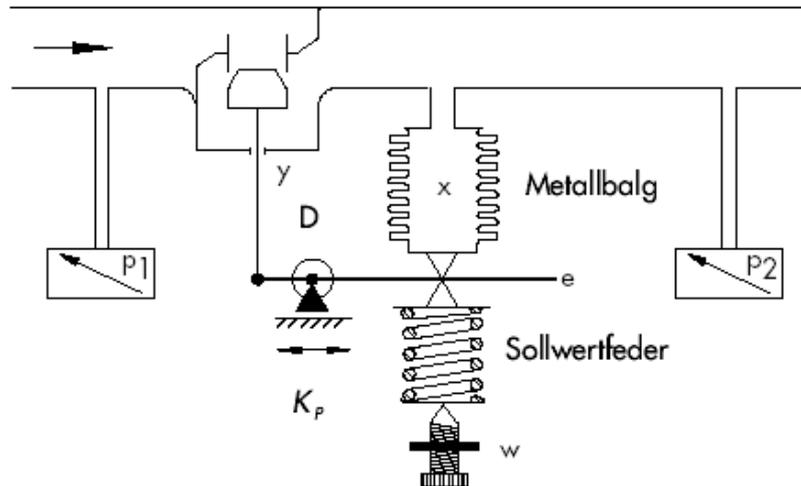
Die eben diskutierten diskreten Regler haben, wie bereits erwähnt, den Vorteil ihrer Einfachheit. Sowohl der Regler selbst als auch Steller und Stellglied sind von einfacherer Natur und somit billiger als bei stetigen Reglern. Allerdings haben diskrete Regler auch eine Reihe von Nachteilen. Zum einen kann es, wenn große Lasten wie zum Beispiel große Elektromotoren oder Kühlaggregate zu schalten sind, beim Einschalten zu hohen Lastspitzen kommen, die beispielsweise die Stromversorgung überlasten können. Aus diesem Grund schaltet man oftmals nicht zwischen „Aus“ und „Ein“ um, sondern zwischen voller („Volllast“) und deutlich geringerer Leistung des Stellers bzw. Stellgliedes („Grundlast“). Doch auch mit dieser Verbesserung ist eine stetige Regelung für zahlreiche Anwendungen ungeeignet. Man stelle sich einen Automotor vor, dessen Drehzahl diskret geregelt wird. Es gäbe dann nichts zwischen Leerlauf und Vollgas. Abgesehen davon, dass es wohl unmöglich wäre, die Kräfte bei plötzlichem Vollgas jeweils angemessen über die Reifen auf die Straße zu übertragen, wäre ein solcher Wagen für den Straßenverkehr wohl denkbar ungeeignet. Für derartige Anwendungen verwendet man daher stetige Regler. Hierbei sind dem mathematischen Zusammenhang, den das Regelglied zwischen Regeldifferenz und Reglerausgangsgröße herstellt, theoretisch kaum Grenzen gesetzt. In der Praxis unterscheidet man aber drei klassische Grundtypen, auf die im Folgenden näher eingegangen werden soll.

### 2.7.3.1 Der Proportionalregler (P – Regler)

Bei einem P-Regler ist die Stellgröße  $y$  immer proportional zu der erfassten Regeldifferenz ( $y \sim e$ ). Daraus ergibt sich, dass ein P-Regler ohne eine Verzögerung auf eine Regelabweichung reagiert und nur dann eine Stellgröße erzeugt, wenn eine Abweichung  $e$  vorliegt.

Der im Bild skizzierte proportionale Druckregler vergleicht die Kraft  $F_S$  der Sollwertfeder mit der Kraft  $F_B$ , die der Druck  $p_2$  in dem feder-elastischen Metallbalg erzeugt. Sind die Kräfte nicht im Gleichgewicht, dreht sich der Hebel um den Drehpunkt  $D$ . Dabei ändert sich die Ventilstellung  $\tilde{n}$  und dementsprechend der zu regelnde Druck  $p_2$  so lange, bis sich ein neues Kräftegleichgewicht eingestellt hat.

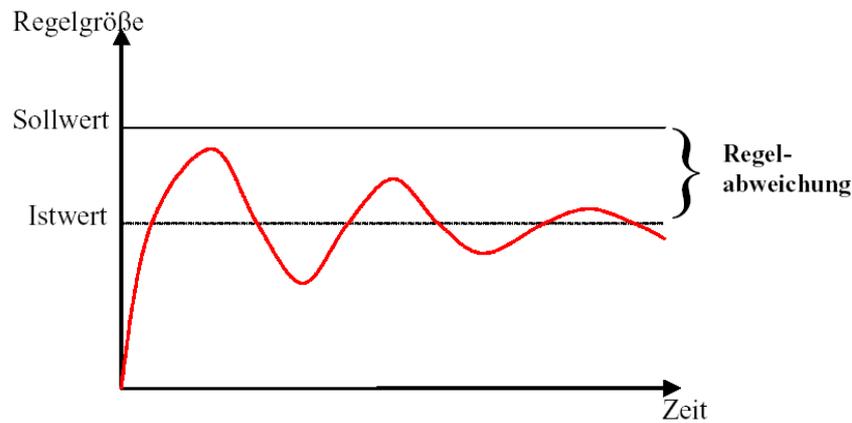
Das Verhalten des P-Reglers bei plötzlichem Auftreten einer Regeldifferenz zeigt die Abbildung. Die Amplitude des Stellgrößensprungs  $y$  hängt ab von der Höhe der Regeldifferenz  $e$  und dem Betrag des Proportionalbeiwertes  $K_p$ :  
Um die Regelabweichung klein zu halten, muss also ein möglichst großer Proportionalitätsfaktor gewählt werden. Eine Vergrößerung des Faktors bewirkt eine schnellere Reaktion des Reglers, allerdings birgt ein zu hoher Wert auch die Gefahr des Überschwingens und großer Schwingneigung des Reglers.



$$y = K_p \cdot e$$

\* Abbildung und Text aus SAMSON Technische Information - L102 - Regler und Regelstrecken, Ausgabe: August 2000 ( [http://www.samson.de/pdf\\_de/l102de.pdf](http://www.samson.de/pdf_de/l102de.pdf) )

Hier sieht man das Verhalten des P- Reglers im Diagramm:



Die Vorteile dieses Reglertyps liegen einmal in seiner Einfachheit (die elektronische Realisierung kann im einfachsten Fall aus einem bloßen Widerstand bestehen) und zum anderen in seiner im Vergleich zu anderen Reglertypen recht prompten Reaktion. Der Hauptnachteil des P – Reglers besteht in der dauerhaften Regelabweichung, der Sollwert wird auch langfristig nie ganz erreicht. Dieser Nachteil sowie die noch nicht ideale Reaktionsgeschwindigkeit lassen sich durch einen größeren Proportionalitätsfaktor nur unzureichend minimieren, da es sonst zum Überschwingen des Reglers, das heißt quasi zu einer Überreaktion kommt. Im ungünstigsten Fall gerät der Regler dann in eine dauerhafte Schwingung, wodurch die Regelgröße anstatt durch die Störgröße durch den Regler selbst periodisch vom Sollwert entfernt wird.

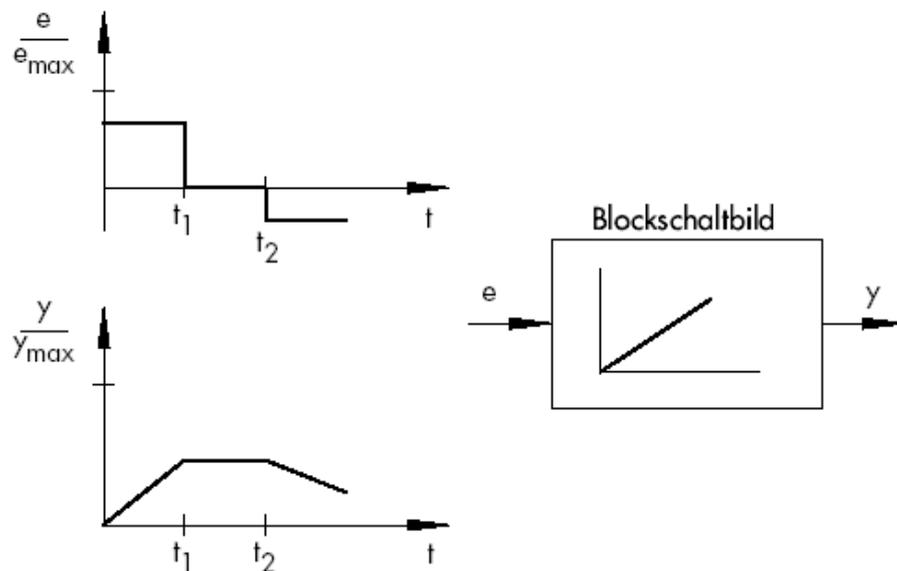
Das Problem der dauerhaften Regelabweichung wird am besten durch den Integralregler gelöst.

## 2.7.3.2 Der Integralregler (I- Regler)

Integrierende Regler werden eingesetzt, um Regelabweichungen in jedem Betriebspunkt vollständig auszuregeln. Solange die Regelabweichung ungleich null ist, ändert sich der Betrag der Stellgröße. Erst wenn Führungs- und Regelgröße gleich groß sind, spätestens jedoch wenn die Stellgröße ihren systembedingten Grenzwert erreicht ( $U_{max}$ ,  $P_{max}$  etc.), ist die Regelung eingeschwungen. Die mathematische Formulierung dieses integralen Verhaltens lautet: Die Stellgröße ist dem Zeitintegral der Regeldifferenz  $e$  proportional:

$$y = K_i \int e dt \quad \text{mit: } K_i = \frac{1}{T_n}$$

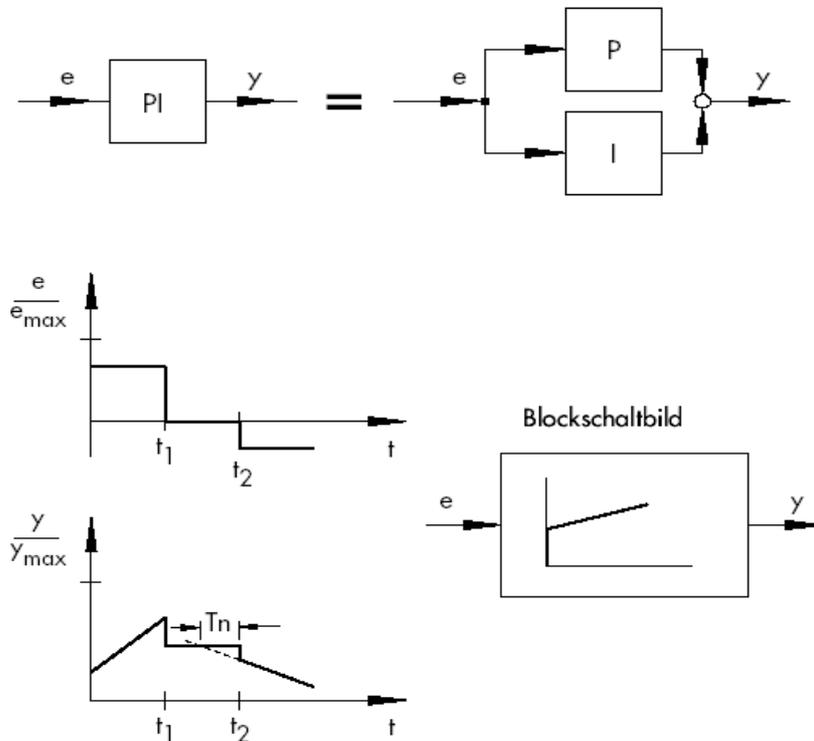
Wie schnell die Stellgröße ansteigt (oder abfällt), hängt von der Regelabweichung und der Integrierzeit ab.



\* Abbildung und Text aus SAMSON Technische Information - L102 - Regler und Regelstrecken, Ausgabe: August 2000 ( [http://www.samson.de/pdf\\_de/l102de.pdf](http://www.samson.de/pdf_de/l102de.pdf) )

## 2.7.3.3 PI-Regler

Der PI-Regler ist ein in der Praxis sehr häufig verwendeter Reglertyp. Er ergibt sich aus einer Parallelschaltung von einem P- und einem I-Regler. Bei richtiger Auslegung vereinigt er die Vorteile der beiden Reglertypen (stabil und schnell, keine bleibende Regelabweichung), so dass gleichzeitig deren Nachteile kompensiert werden.



Das zeitliche Verhalten ist gekennzeichnet durch den Proportionalbeiwert  $K_p$  und die Nachstellzeit  $T_n$ . Aufgrund des Proportionalanteils reagiert die Stellgröße sofort auf jede Regeldifferenz  $e$ , während der integrale Anteil erst mit der Zeit zur Wirkung kommt. Dabei steht  $T_n$  für die Zeit, die vergeht, bis der I-Anteil dieselbe Stellamplitude erzeugt, wie sie infolge des P-Anteils ( $K_p$ ) sofort entsteht. Wie schon beim I-Regler muss die Nachstellzeit  $T_n$  verkleinert werden, will man den Integralanteil erhöhen.

### Reglerauslegung:

In Abhängigkeit von der  $K_p$ - und  $T_n$ -Dimensionierung kann das Überschwingen der Regelgröße auf Kosten der Regeldynamik verringert werden.

Anwendungsbereiche des PI-Reglers: schnelle Regelkreise, die keine bleibende Regelabweichung zulassen.

Beispiele: Druck-, Temperatur-, Verhältnisregelungen

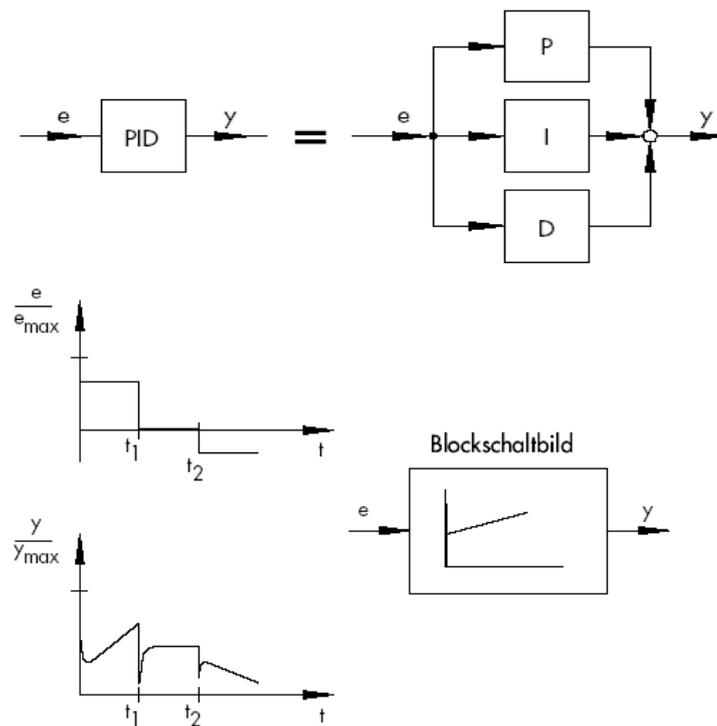
\* Abbildung und Text aus SAMSON Technische Information - L102 - Regler und Regelstrecken, Ausgabe: August 2000 ( [http://www.samson.de/pdf\\_de/l102de.pdf](http://www.samson.de/pdf_de/l102de.pdf) )

## 2.7.3.4 Der Differentialregler (D – Regler)

Der D-Regler bildet seine Stellgröße aus der Änderungsgeschwindigkeit der Regeldifferenz und nicht wie der P-Regler aus deren Amplitude. Er reagiert deshalb noch wesentlich schneller als der P-Regler: Selbst bei kleiner Regeldifferenz erzeugt er quasi vorausschauend große Stellamplituden, sobald eine Amplitudenänderung auftritt. Eine bleibende Regelabweichung erkennt der D-Regler hingegen nicht, denn, ganz unabhängig wie groß sie ist, ihre Änderungsgeschwindigkeit ist gleich null. In der Praxis wird der D-Regler deshalb selten allein verwendet. Vielmehr kommt er zusammen mit anderen Regelementen, meistens in Verbindung mit einem Proportionalanteil, zum Einsatz.

## 2.7.3.5 Der PID – Regler

Erweitert man einen PI-Regler um einen D-Anteil, erhöht man den universellen PID-Regler. Wie beim PD-Regler bewirkt die Ergänzung des D-Anteils, dass bei richtiger Auslegung die Regelgröße früher ihren Sollwert erreicht und schneller einschwingt.



$$y = K_p \cdot e + K_i \int e dt + K_D \frac{de}{dt} \quad \text{mit } K_i = \frac{K_p}{T_n}; K_D = K_p \cdot T_V$$

\* Abbildung und Text aus SAMSON Technische Information - L102 - Regler und Regelstrecken, Ausgabe: August 2000 ( [http://www.samson.de/pdf\\_de/l102de.pdf](http://www.samson.de/pdf_de/l102de.pdf) )

## 2.8 Zielsetzungen bei der Reglereinstellung

Für ein zufrieden stellendes Reglerergebnis ist die Auswahl eines geeigneten Reglers ein wichtiger Aspekt. Noch wesentlicher ist jedoch die Einstellung der passenden Reglerparameter  $K_p$ ,  $T_n$  und  $T_v$ , die auf das Streckenverhalten abgestimmt sein müssen. Zumeist ist hierbei ein Kompromiss zu machen zwischen einer sehr stabilen aber auch langsamen Regelung oder einem sehr dynamischen, unruhigeren Regelverhalten, welches unter Umständen zum Schwingen neigt und instabil werden kann.

Bei nichtlinearen Strecken, die immer im selben Betriebspunkt arbeiten sollen, z. B. Festwertregelung, müssen die Reglerparameter auf das Streckenverhalten in diesem Arbeitspunkt angepasst werden. Kann wie bei Folgeregelungen  $\bar{n}$  kein fester Arbeitspunkt definiert werden, muss eine Reglereinstellung gefunden werden, die über den ganzen Arbeitsbereich ein ausreichend schnelles und stabiles Reglerergebnis liefert.

In der Praxis werden Regler zumeist anhand von Erfahrungswerten eingestellt. Liegen diese nicht vor, muss das Streckenverhalten genau analysiert werden, um anschließend mit Hilfe verschiedenster theoretischer oder praktischer Auslegungsverfahren geeignete Reglerparameter festzulegen.

Eine Möglichkeit dieser Festlegung bietet der Schwingungsversuch nach der Methode von Ziegler-Nichols. Er bietet eine einfache und für viele Fälle passende Auslegung. Dieses Einstellverfahren lässt sich jedoch nur bei Regelstrecken anwenden, die es erlauben, die Regelgröße zum selbsttätigen Schwingen zu bringen. Die Vorgehensweise ist dann folgende:

$K_p$  und  $T_v$  am Regler auf den kleinsten Wert und  $T_n$  auf den größten Wert einstellen (kleinstmögliche Wirkung des Reglers).

Regelstrecke von Hand in den gewünschten Betriebspunkt bringen (Regelung anfahren).

Stellgröße des Reglers auf den von Hand vorgegebenen Wert einstellen und auf Automatikbetrieb umschalten.

$K_p$  solange vergrößern ( $X_p$  verkleinern), bis harmonische Schwingungen der Regelgröße zu erkennen sind. Wenn möglich, so sollte während der  $K_p$ -Verstellung mit Hilfe kleiner sprunghafter Sollwertänderungen der Regelkreis zu Schwingungen angeregt werden.

\* Text aus SAMSON Technische Information - L102 - Regler und Regelstrecken, Ausgabe: August 2000 ([http://www.samson.de/pdf\\_de/l102de.pdf](http://www.samson.de/pdf_de/l102de.pdf))

Den eingestellten  $K_p$ -Wert als kritischen Proportionalbeiwert  $K_{p,krit}$  notieren.

Die Dauer einer ganzen Schwingung als  $T_{krit}$  bestimmen, eventuell per Stoppuhr unter Bildung des arithmetischen Mittels über mehrere Schwingungen.

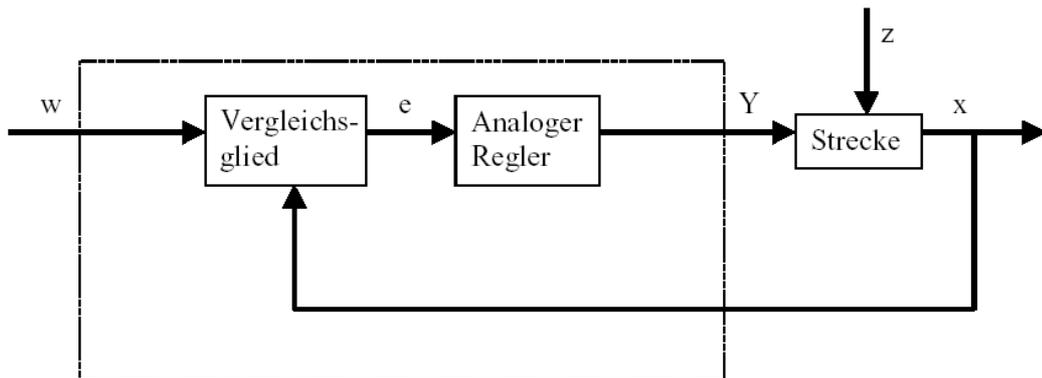
Die Werte von  $K_{p,krit}$  und  $T_{krit}$  mit den Multiplikatoren gemäß der Tabelle multiplizieren und die so ermittelten Werte für  $K_p$ ,  $T_n$  und  $T_v$  am Regler einstellen.

	$K_p$	$T_n$	$T_v$
P	$0,50 \cdot K_{p,krit}$	-	-
PI	$0,45 \cdot K_{p,krit}$	$0,85 \cdot T_{krit}$	-
PID	$0,59 \cdot K_{p,krit}$	$0,50 \cdot T_{krit}$	$0,12 \cdot T_{krit}$

\* Abbildung und Text aus SAMSON Technische Information - L102 - Regler und Regelstrecken, Ausgabe: August 2000 ( [http://www.samson.de/pdf\\_de/l102de.pdf](http://www.samson.de/pdf_de/l102de.pdf) )

## 2.9 Digitale Regler

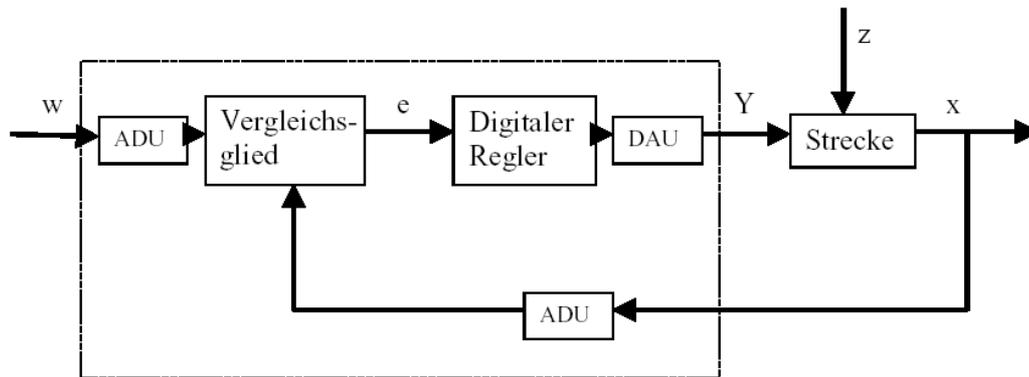
Bisher wurden hauptsächlich analoge Regler betrachtet, das heißt solche, die aus der als analoger Wert vorliegenden Regeldifferenz auf ebenfalls analoge Weise die Reglerausgangsgröße ableiten. Das Schema eines solchen Regelkreises ist mittlerweile bekannt:



Oftmals hat es aber Vorteile die eigentliche Auswertung der Regeldifferenz digital zu vollziehen. Zum einen ist der Zusammenhang zwischen Regeldifferenz und Reglerausgangsgröße sehr viel flexibler festzulegen, wenn er durch einen Algorithmus oder eine Formel definiert wird, mit denen jeweils ein Rechner programmiert werden kann, als wenn man ihn in Form einer analogen Schaltung implementieren muss. Zum anderen ist in der Digitaltechnik eine deutlich höhere Integration der Schaltungen möglich, sodass mehrere Regler auf kleinstem Raum untergebracht werden können. Und schließlich ist es durch Aufteilung der Rechenzeit bei ausreichend großer Rechenkapazität sogar möglich, einen einzigen Rechner als Regelglieder mehrerer Regelkreise einzusetzen.

Um eine digitale Verarbeitung der Größen zu ermöglichen, werden sowohl Führungs- als auch die Rückführgröße zunächst in einem Analog – Digital – Umsetzer (ADU) in digitale Größen umgewandelt. Diese werden dann von einem digitalen Vergleichsglied voneinander subtrahiert und die Differenz an das digitale Regelglied übergeben. Dessen Reglerausgangsgröße wird anschließend in einem Digital – Analog – Umsetzer (DAU) wieder in eine analoge Größe verwandelt. Die Einheit aus Wandlern, Vergleichsglied und Regelglied erscheint nach außen also wie ein analoger Regler.

Wir betrachten den Aufbau eines Digitalreglers anhand eines Diagramms:



Neben den Vorteilen, die die digitale Umsetzung der Reglers hat, bringt sie auch diverse Probleme mit sich. Es sind daher einige Größen in Bezug auf den digitalen Regler ausreichend groß zu wählen damit die Genauigkeit der Regelung unter der Digitalisierung nicht zu sehr leidet. Gütekriterien für digitale Rechner sind:

- Die Quantisierungsaufösung der Digital – Analog – Wandler.

Sie gibt an, wie fein der stetige Wertebereich digital gerastert wird. Die Auflösung muss so groß gewählt werden, dass keine für die Regelung wichtigen Feinheiten verloren gehen.

- Die Abtastrate der Analog – Digital – Wandler.

Das ist die Frequenz, mit der die am Wandler anliegenden analogen Werte gemessen und digitalisiert werden. Diese muss so hoch sein, dass der Regler auch auf plötzliche Änderungen der Regelgröße noch rechtzeitig reagieren kann.

- Die Zykluszeit.

Jeder digitale Rechner arbeitet anders als ein analoger Regler in Taktzyklen.

Die Geschwindigkeit des verwendeten Rechners muss so hoch sein, dass während eines Taktzyklus (in dem der Ausgangswert berechnet und kein Eingangswert abgefragt wird) keine signifikante Änderung der Regelgröße erfolgen kann.

Die Güte des Digitalreglers muss so hoch sein, dass er nach außen hin vergleichbar prompt und präzise reagiert wie ein analoger Regler.

## 3. UNSTETIGER REGLER ALS ZWEIPUNKTREGLER

### 3.1 Funktions- bzw. Problembeschreibung

Ein Prozesswert (z.B. Füllstand) soll mit einer un stetigen Regelung möglichst konstant gehalten werden.

Die Ausgangsspannung an einem digitalen Ausgang der SPS bildet die Stellgröße  $y$ , welche entweder "AUF" (Spannung =24V) oder "ZU" (Spannung =0V) gesteuert werden kann.

Die Prozesswert stellt die Regelgröße  $x$  dar, die in geeigneter Weise mit einem Messaufnehmer (PEW XY) erfasst wird.

Aufgabe der Regelung ist es, die Regelgröße  $X$  auf einem vorgegebenen Sollwert konstant zu halten, wobei der Einfluss nicht vorhersehbarer Störgrößen  $z$  ausgeschaltet werden soll.

Das Automatisierungsgerät S7-300 wird bei dieser Aufgabe als un stetiger Regler eingesetzt. Es soll das Problem der Regelung dadurch lösen, dass es eine binäre Stellgröße  $y$  abhängig vom jeweiligen Soll/Istwertvergleich  $w-x$  ausgibt.

Zur Vermeidung eines ständigen Ein- und Ausschaltens der Ventils V1, wenn die Regelgröße  $x$  den Sollwert  $w$  erreicht hat, wird bei un stetigen Reglern eine Schalthysterese eingebaut werden. Durch die Schalthysterese pendelt die Regelgröße  $x$  zwischen einem oberen Ansprechwert  $X_o$  und einem unteren Ansprechwert  $X_u$ . Die Differenz zwischen oberem Ansprechwert  $X_o$  und unterem Ansprechwert  $X_u$  nennt man Schaltdifferenz  $X_s = X_o - X_u$ .

$X_s$  wird häufig abhängig vom Betrag des Sollwertes  $w$  festgelegt.

Zum Beispiel 10 % des Sollwertes  $w$ :  $X_s = w/10$ .

In diesem Programm kann mit dem Taster „Start“ ein Zweipunktregler zum Befüllen eines Tanks eingeschaltet werden. Mit dem Taster „Stop“ kann dieser wieder ausgeschaltet werden.

Die Befüllung des Tanks erfolgt über eine Pumpe, die digital angesteuert werden kann.

Die Sollwertvorgabe erfolgt über ein Potentiometer am Analogeingang „AI\_Fuell\_Soll“.

In einem Unterprogramm soll der Analogwert für die Prozessgröße Füllstand eingelesen und auf die physikalische Größe „Liter“ normiert werden. Der normierte Wert wird als Gleitpunktzahl im MD20 zur Verfügung gestellt.

Bei einem Füllstand von 10 Litern liefert der Füllstandsensord 0V bei 100Litern 10V.

Der Analogwert für Sollwert soll ebenfalls hier eingelesen und als Gleitpunktzahl im MD24 zur Verfügung gestellt werden.

Ist der Regler eingeschaltet, so soll die Lampe „Anz\_EIN“ leuchten.

Im Folgenden sehen Sie das Struktogramm für das Programm des Schrittreglers

## Struktogramm

Ein Struktogramm zeigt die grobe Struktur eines Programmentwurfs. Das folgende Struktogramm zeigt den möglichen Aufbau eines Programms für einen Zweipunktregler.

Zuerst wird hier abgefragt ob der Regler eingeschaltet ist oder nicht.

Ist er ausgeschaltet wird nur das Programm ausgeführt in dem die Ausgänge und Merker zurückgesetzt werden.

Programmtechnisch wird das am einfachsten über Sprungbefehle realisiert.

Ist der Regler eingeschaltet werden Soll- und Istwert eingelesen und die Berechnungen für Schalthysterese, Schaltdifferenz und untere Schaltschwelle durchgeführt.

Dann kommt wieder eine Abfrage. Und zwar ob der Istwert unter der unteren Schaltschwelle liegt.

Ist dies der Fall wird die Stellgröße eingeschaltet und zum Ende des Programms gesprungen.

Ist dies nicht der Fall dann wird die obere Schaltschwelle berechnet und es kommt die Abfrage ob der Istwert über der oberen Schaltschwelle liegt.

Danach wird wieder zum Ende des Programms gesprungen.

Regler ausgeschaltet ?			
JA	NEIN		
Ausgänge und Merker  löschen  bzw.  zurücksetzen	Anzeige SH10 einschalten Istwert x und Sollwert w einlesen und normieren		
	Berechnung der Schalthysterese $X_s = w/10$		
	Berechnung der halben Schaltdifferenz $X_1 = X_s/2$		
	Berechnung der unteren Schaltschwelle $X_u = w - X_1$		
	Istwert x kleiner als untere Schaltschwelle?		
	JA	NEIN	
	Pumpe EIN	Berechnung der oberen Schaltschwelle $X_o = w + X_1$	
		Istwert X größer als $X_o$ ?	
		JA	NEIN
		Pumpe AUS	

**Zuordnungsliste:**

<b>Symbol:</b>	<b>Adresse:</b>	<b>Kommentar</b>
Start	E 1.3	Taster Start
Stop	E 1.4	Taster Stop
AI_Fuell_Ist	PEW 128	Analogeingang für den Füllstandsensor
AI_Fuell_Soll	PEW 130	Analogeingang für die Sollwertvorgabe
AI_Fuell_Ist_Norm	MD 20	Normierter Wert für den Füllstand
AI_Fuell_Soll_Norm	MD 24	Normierter Wert für den Füllstandssollwert
M_X1	MD 32	Zwischenmerker halbe Schaltdifferenz
M_Xo	MD 36	Zwischenmerker obere Schaltschwelle
M_Xs	MD 28	Zwischenmerker Schalthysterese
M_Xu	MD 40	Zwischenmerker untere Schaltschwelle
Regler_Ein	M 10.0	Merker Regler eingeschaltet
Pumpe	A 0.0	Pumpenansteuerung binär
Anz_EIN	A 1.0	Anzeige Anlage eingeschaltet
Analog	FC1	Unterprogramm Analogwertverarbeitung
Zweipunktregler	FC2	Unterprogramm Zweipunktregler

**Aufgabenstellung:**

Erstellen Sie ein Projekt mit Hardwarekonfiguration für eine CPU314C-2 DP (siehe Modul A05) und ändern die Adressen entsprechend der oben angegebenen Zuordnungsliste.

Erstellen Sie dort ein Programm in einem FC1 mit folgender Funktionalität:

- Der Analogwert für die Prozessgröße Füllstand soll eingelesen und auf die physikalische Größe „Liter“ normiert werden. Der normierte Wert wird als Gleitpunktzahl im MD20 zur Verfügung gestellt.
- Hinweis:** Bei einem Füllstand von 10 Litern liefert der Füllstandsensor 0V bei 100Litern 10V.
- Der Analogwert für Sollwert soll eingelesen und normiert als Gleitpunktzahl im MD24 zur Verfügung gestellt werden.
- Speichern Sie den FC1.

Dann legen Sie in einem FC2 den Zweipunktregler entsprechend dem oben angegebenen Struktogramm an.

Zum Einlesen von Soll- und Istwert soll der FC1 aufgerufen werden.

Speichern Sie den FC2 und rufen Sie diesen dann im OB1 auf. Speichern Sie dann den OB1 und laden die gesamte Station in die SPS.

### 3.2 Mögliche Lösung des SPS-Programms:

FC1 : Analogwertverarbeitung

**Netzwerk 1:** Analogwert Istwert Füllstand einlesen und normieren

```
L    "AI_Fuell_Ist"
ITD
DTR
L    2.764800e+004
/R
L    9.000000e+001
*R
L    1.000000e+001
+R
T    "AI_Fuell_Ist_Norm"
```

**Netzwerk 2:** Analogwert Sollwert Füllstand einlesen und normieren

```
L    "AI_Fuell_Soll"
ITD
DTR
L    2.764800e+004
/R
L    9.000000e+001
*R
L    1.000000e+001
+R
T    "AI_Fuell_Soll_Norm"
```

\*\*\*\*\*

FC2 : Zweipunktregler

**Netzwerk 1:** Regler eingeschaltet?? Wenn Aus, dann Sprung zu Marke "Aus"

```
U    "Start"
S    "Regler_Ein"
UN   "Stop"
R    "Regler_Ein"
U    "Regler_Ein"
=    "Anz_EIN"
SPBN aus
```

**Netzwerk 2:** Aufruf Unterprogramm: Analogwerte einlesen und normieren

```
CALL "Analog"
NOP  0
```

**Netzwerk 3:** Berechnung der Schalthysterese  $X_s = w/10$

```
L    "AI_Fuell_Soll_Norm"
L    1.000000e+001
/R
T    "M_Xs"
NOP  0
```

**Netzwerk 4:** Berechnung der halben Schaltdifferenz  $X1 = Xs/2$

```
L      "M_Xs"  
L      2.000000e+000  
/R  
T      "M_X1"  
NOP    0
```

**Netzwerk 5:** Berechnung der unteren Schaltschwelle  $Xu = w - X1$

```
L      "AI_Fuell_Soll_Norm"  
L      "M_X1"  
-R  
T      "M_Xu"  
NOP    0
```

**Netzwerk 6:** ISTWERT x kleiner als untere Schaltschwelle?

MD24 / AI\_Fuell\_Soll\_Norm / Normierter Wert für den Füllstandssollwert

```
L      "AI_Fuell_Ist_Norm"  
L      "M_Xu"  
<R  
S      "Pumpe"  
SPB    end
```

**Netzwerk 7:** Berechnung der oberen Schaltschwelle  $Xo = w + X1$

```
L      "AI_Fuell_Soll_Norm"  
L      "M_X1"  
+R  
T      "M_Xo"  
NOP    0
```

**Netzwerk 8:** Istwert X größer als  $Xo$ ?

```
L      "AI_Fuell_Ist_Norm"  
L      "M_Xo"  
>R  
R      "Pumpe"  
SPA    end
```

**Netzwerk 9 : Werte Rücksetzen**

```
aus: L      0.000000e+000
      T      "AI_Fuell_Ist_Norm"
      T      "AI_Fuell_Soll_Norm"
      T      "M_Xs"
      T      "M_X1"
      T      "M_Xo"
      T      "M_Xu"
      U      "Pumpe"
      R      "Pumpe"
      U      "Anz_EIN"
      R      "Anz_EIN"
SPA   end
```

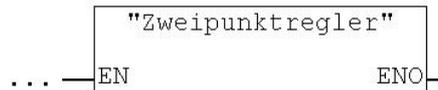
**Netzwerk 10 : Titel:**

```
end: NOP  0
```

\*\*\*\*\*

**OB1 : Titel:**

**Netzwerk 1** : Aufruf Unterprogramm: Zweipunktregler



## 4. REGLERBAUSTEIN (S)FB41 "CONT\_C" ALS SOFTWARE PID-REGLER IN STEP 7

### 4.1 Aufgabenstellung zum PID- Standardregler

In diesem Modul wird die Inbetriebnahme eines PID- Reglers in der SIMATIC S7- 300 gezeigt. Dabei soll der Ausgangswert der Regelstrecke  $x$  mit einer stetigen Regelung auf einem vorgegebenem Wert  $w$  gehalten werden.

Der Baustein (S)FB 41 in dem Automatisierungsgerät SIMATIC S7-300 wird bei dieser Aufgabe als stetiger digitaler Softwareregler eingesetzt. Er soll das Problem der Regelung dadurch lösen, dass eine analoge Stellgröße  $y$  abhängig vom jeweiligen Soll/Istwertvergleich  $w-x$  ausgegeben wird. Die Stellgröße  $y$  wird nach dem PID- Algorithmus gebildet.

Dabei können folgende Regelparameter vorgegeben werden:

**KP:** Proportionalanteil (bei (S)FB41 Gain)

**TN:** Nachstellzeit (bei (S)FB41 TI)

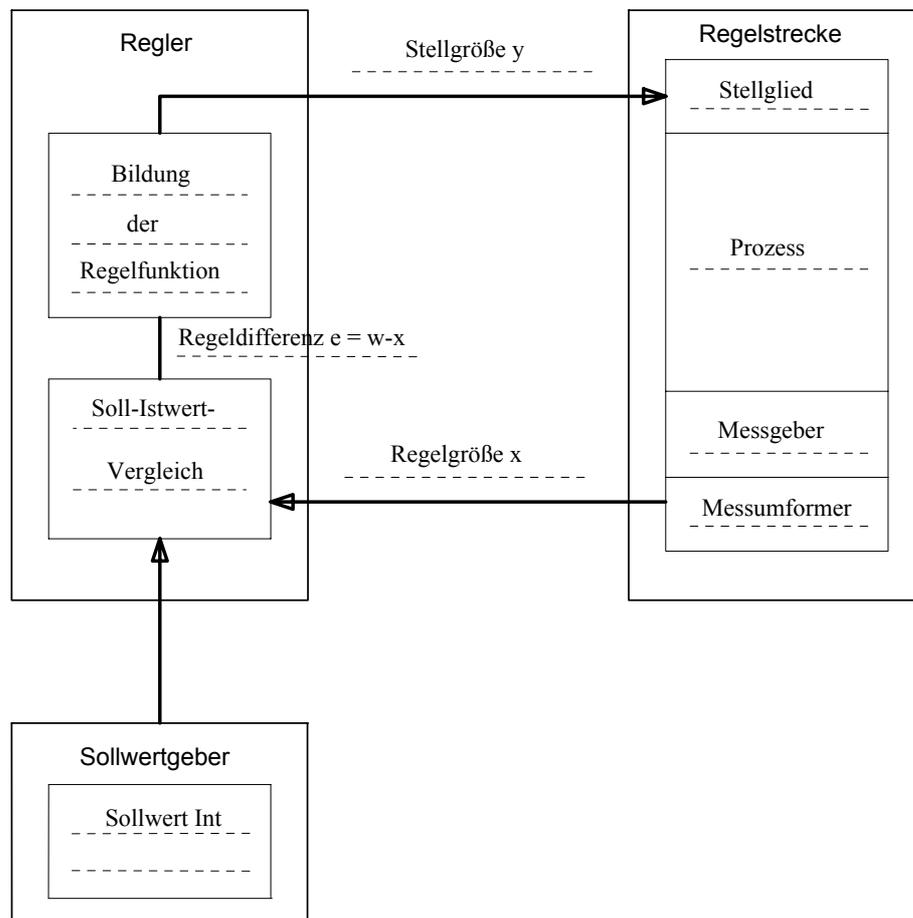
**TV:** Vorhaltzeit (bei (S)FB41 TD)

Die SPS-Steuerung bildet somit den Regler und wird über analoge Ein- und Ausgänge mit der Regelstrecke verbunden.

**Zuordnungsliste:**

Symbol:	Adresse:	Kommentar
AI_w	PEW 128	Analogeingang Sollwertgeber 0...10V
AI_X	PEW 130	Analogeingang Sensor Istwert 0...10V
AO_Y	PAW 128	Analogausgang Stellgröße 0 ... 10V
M_w	MD40	Sollwert intern (Gleitpunktzahl normiert)

**Funktionsschema der Regelung mit PID-Regler**



## 4.2 Der (S) FB 41 „CONT\_C“



Der (S)FB 41 „CONT\_C“ (continuous controller) dient zum Regeln von technischen Prozessen mit kontinuierlichen Ein- und Ausgangsgrößen auf den Automatisierungssystemen SIMATIC S7. Über die Parametrierung können Sie Teilfunktionen des PID- Reglers zu- oder abschalten und damit diesen an die Regelstrecke anpassen.

### Anwendung:

Den Regler können Sie als PID- Festwertregler einzeln oder auch in mehrschleifigen Regelungen als Kaskaden-, Mischungs- oder Verhältnisregler einsetzen. Die Arbeitsweise basiert auf dem PID-Regelalgorithmus des Abtastreglers mit analogem Ausgangssignal, gegebenenfalls um eine Impulsformerstufe zur Bildung von pulsbreitenmodulierten Ausgangssignalen für Zwei- oder Dreipunktregelungen mit proportionalen Stellgliedern ergänzt.

### Beschreibung:

Neben den Funktionen im Soll- und Istwert realisiert der (S)FB einen fertigen PID-Regler mit kontinuierlichem Stellgrößen-Ausgang und Beeinflussungsmöglichkeit des Stellwerts von Hand.

**Er kann je nach CPU-Typ als FB 41 oder als SFB 41 eingesetzt werden.**

Folgende Teilfunktionen gibt es:

- Sollwertzweig
- Istwertzweig
- Regeldifferenzbildung
- PID-Algorithmus
- Handwertverarbeitung
- Stellwertverarbeitung
- Störgrößenaufschaltung

Betriebszustände Neustart/Wiederanlauf

Der (S)FB 41 (CONT\_C) verfügt über eine Neustartroutine, die durchlaufen wird, wenn der Eingangs-Parameter COM\_RST = TRUE gesetzt ist.

Der Integrierer wird beim Anlauf intern auf den Initialisierungswert I\_ITVAL gesetzt. Beim Aufruf in einer Weckalarmebene arbeitet er von diesem Wert aus weiter.

Alle anderen Ausgänge werden auf ihre Vorbelegungswerte gesetzt.

Fehlerinformationen

Das Fehlermeldewort RET\_VAL wird nicht verwendet.

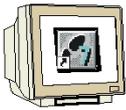


## Software PID-Regler (S)FB41 "CONT\_C" mit STEP 7 in Betrieb nehmen

Die Programmierung einer SIMATIC S7-300 als PID- Regler erfolgt mit der Software STEP 7. Damit hat der Anwender ein einheitliches Projektierungswerkzeug für zentralen und dezentralen Aufbau. An dieser Stelle kann jedoch nur auf das wesentlichste hingewiesen werden. (Weitere Informationen finden Sie in den STEP 7 Referenzhandbüchern.)

Der PID- Regler wird mit einer speziellen in STEP 7 enthaltenen Anwendung **PID Control parametrieren** parametriert, indem dort Werte in einem, dem (S)FB 41 zugehörigen, Instanz-DB verstellt werden. Dies geschieht folgendermaßen:

### 4.3 Übungsbeispiel



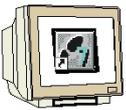
Folgende Schritte muss der Anwender ausführen, um die Konfiguration des Hardwareaufbaus, sowie ein S7-Programm mit der Funktionalität eines PID- Reglers zu erstellen und anschließend in eine SPS zu laden:

1. SIMATIC Manager aufrufen



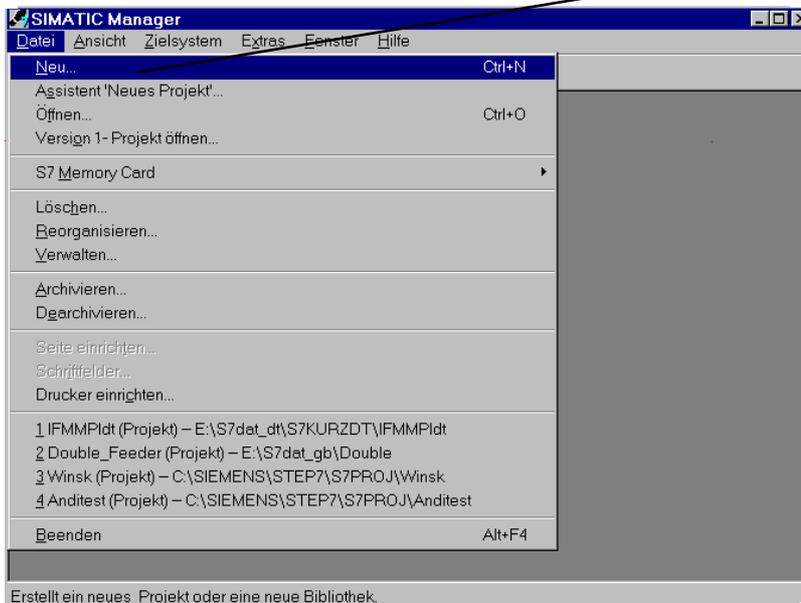
SIMATIC Manager

Auf Symbol 'SIMATIC Manager' klicken !



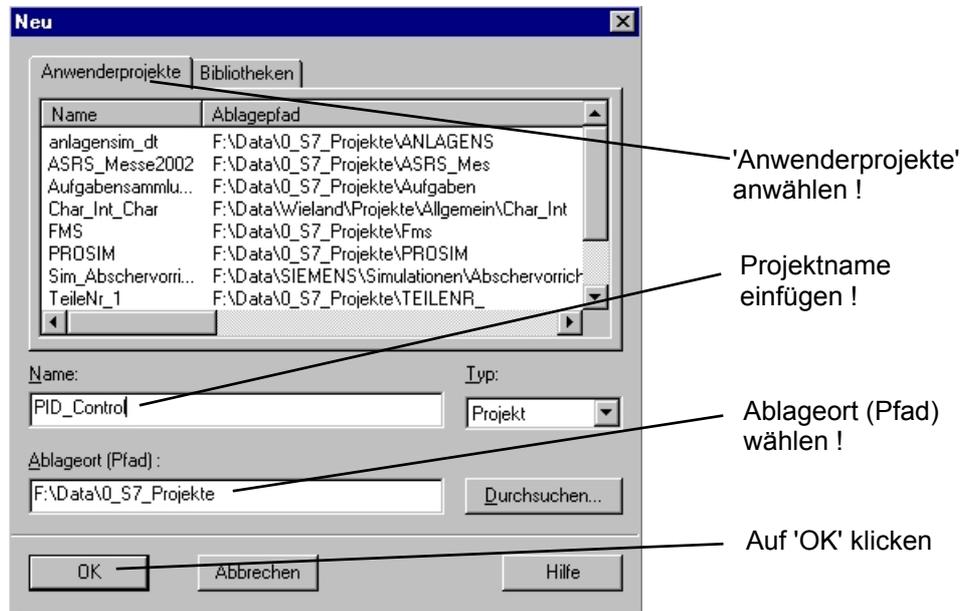
2. Neues Projekt anlegen ( → Datei → Neu)

Auf 'Neu' klicken !

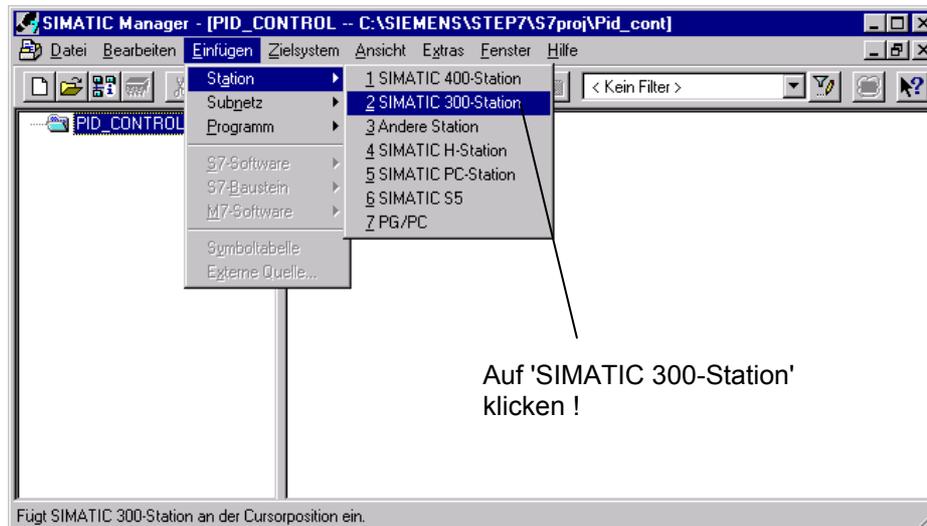




3. Neues Projekt erstellen, Pfad wählen und Projektname vergeben ( → Anwenderprojekte → PID\_Control → OK)

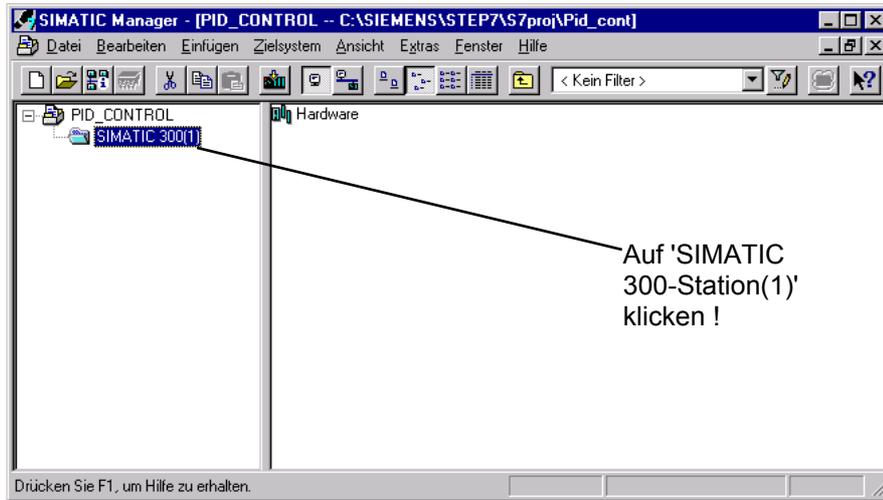


4. SIMATIC 300-Station einfügen ( → Einfügen → Station → SIMATIC 300-Station)

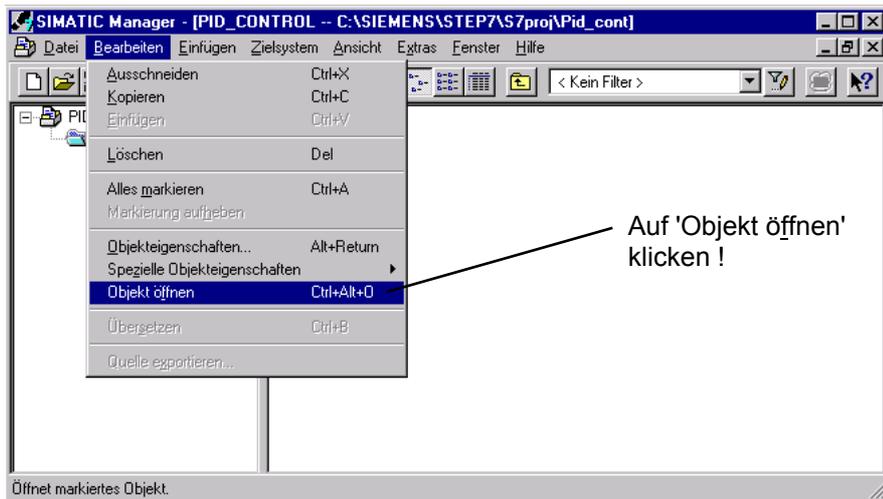




5. 'SIMATIC 300-Station(1)' markieren.

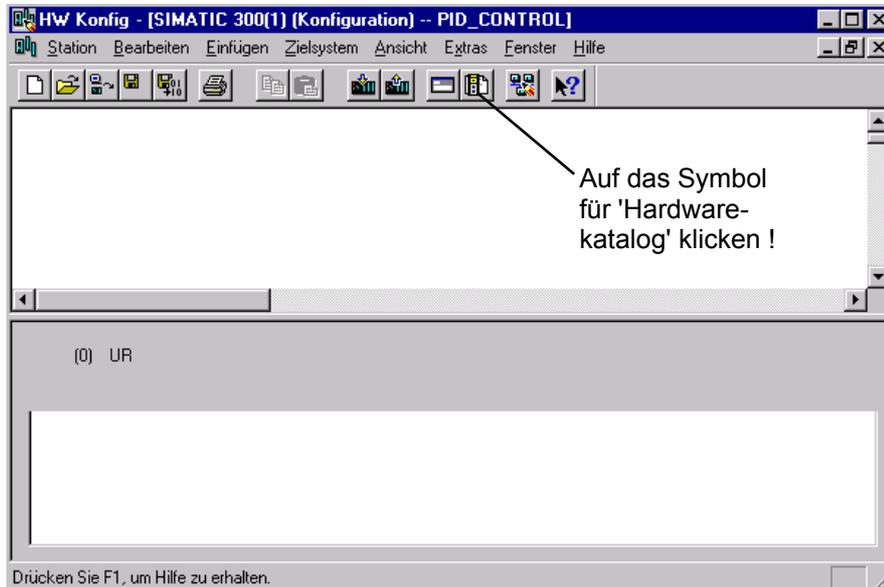


6. Konfigurationswerkzeug für Hardwarekonfiguration öffnen (→ Bearbeiten → Objekt öffnen)

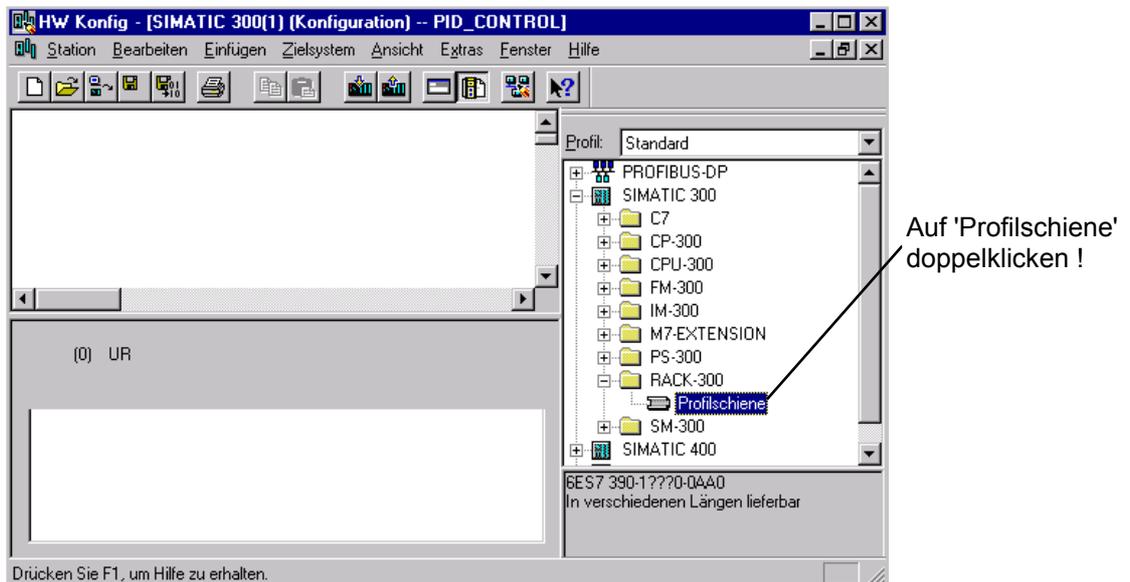




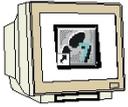
- Hardwarekatalog öffnen.  
Dort werden Ihnen, unterteilt in die Verzeichnisse:  
- PROFIBUS-DP, SIMATIC 300, SIMATIC 400 und SIMATIC PC Based Control,  
alle Baugruppenträger, Baugruppen und Schnittstellenmodule für die Projektierung Ihres Hardwareaufbaus zur Verfügung gestellt.



- Profilschiene einfügen ( → SIMATIC 300 → RACK-300 → Profilschiene ).



Danach wird automatisch eine Konfigurationstabelle für den Aufbau des Racks 0 eingeblendet.



- Aus dem Hardwarekatalog können nun alle Baugruppen ausgewählt und in der Konfigurationstabelle eingefügt werden, die auch in Ihrem realen Rack gesteckt sind. Dazu müssen Sie auf die Bezeichnung der jeweiligen Baugruppe klicken, die Maustaste gedrückt halten und per Drag & Drop in eine Zeile der Konfigurationstabelle ziehen.



**Hinweis!** Steckplatz Nr. 3 ist für Anschaltungsbaugruppen reserviert und bleibt daher leer.

The screenshot shows the HW Config software interface. The main window displays a rack configuration table with the following data:

Steckplatz	Baugruppe	Bestellnummer	Firmware	MPI-Adresse	E-Adresse	A-Adresse	Kommentar
1	PS 307 2A	6ES7 307-1BA00-0AA0					
2	CPU 314C-2 DP	6ES7 314-6CF00-0AB0	V1.0	2			
X2	DP				1023*		
2.2	D124/D016				124...126	124...125	
2.3	A15/A02				762...761	762...765	
2.4	Zählen				768...763	768...763	
2.5	Positionieren				784...789	784...789	
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							

The right-hand pane shows the hardware catalog with a tree view. The selected item is '6ES7 314-6BF00-0AB'. Below the catalog, technical specifications for the selected item are displayed:

6ES7 314-6BF00-0AB0  
 Arbeitsspeicher 48KB; 0,1ms/kAW;  
 D124/D016; A15/A02 integriert; 4  
 Impulsausgänge (2,5kHz); 4-kanalig



11. Adressen der E/A- Baugruppen notieren (*Adressvergabe erfolgt automatisch und Steckplatzgebunden*).  
Ändern Sie die Adressen für unser Beispiel auf die Werte PEW 128 und PAW 128  
Konfigurationstabelle speichern und in die SPS laden (Schlüsselschalter an CPU muss auf Stop stehen !)

Auf Symbol 'Speichern und Übersetzen' klicken !

Auf Symbol 'Laden in AS' klicken !

Steckplatz	Baugruppe	Bestellnummer	Firmware	MPI-Adresse	E-Adresse	A-Adresse	Kommentar
1	PS 307 2A	6ES7 307-1BA00-0AA0					
2	CPU 314C-2 DP	6ES7 314-6CF00-0AB0	V1.0	2			
X2	DP				1023*		
2.2	DI24/DO16				124...126	124...125	
2.3	AI5/AO2				782...781	782...785	
2.4					782...783	782...783	
2.5					784...789	784...789	

Doppelklick auf die Zeile „AI5/AO2, dann Umschreiben der Anfangsadressen auf PEW/PAW 128 !

12. Im SIMATIC Manager Bausteine markieren

Auf 'Bausteine' klicken !

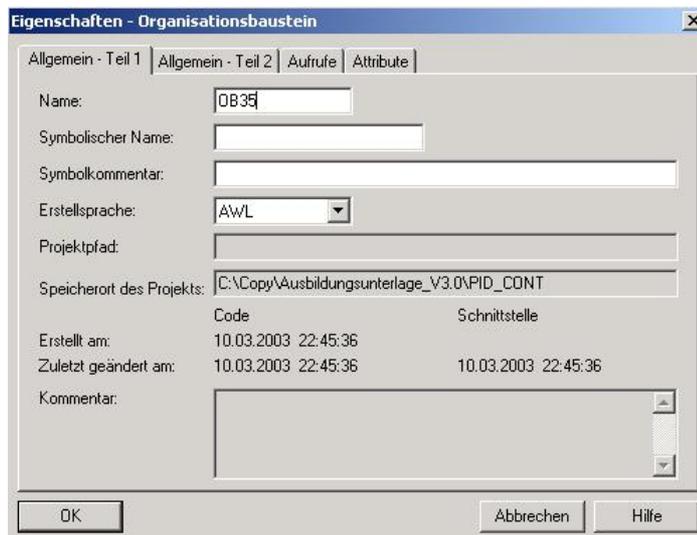
Drücken Sie F1, um Hilfe zu erhalten.



12. Organisationsbaustein einfügen. ( → Einfügen → S7-Baustein → Organisationsbaustein)



13. OB35 als Name des Bausteins vergeben.( → OB35 → OK)



**Hinweis!** Der OB35 ist ein so genannter **,Weckalarm- OB'** und gewährleistet einen gleich bleibenden Zyklus für den Aufruf des PID- Reglerbausteins (S)FB41. Dies ist unbedingt notwendig damit der Regler, durch Einstellung der Regelparameter KP, TN und TV, optimiert werden kann (bei (S)FB41 Gain, TI und TD). Ein unter Umständen schwankender Zyklus wie beim OB1 würde hier zu einem schwankenden Verhalten der geregelten Strecke führen und im schlimmsten Fall zu einer instabil schwingenden Regelgröße.



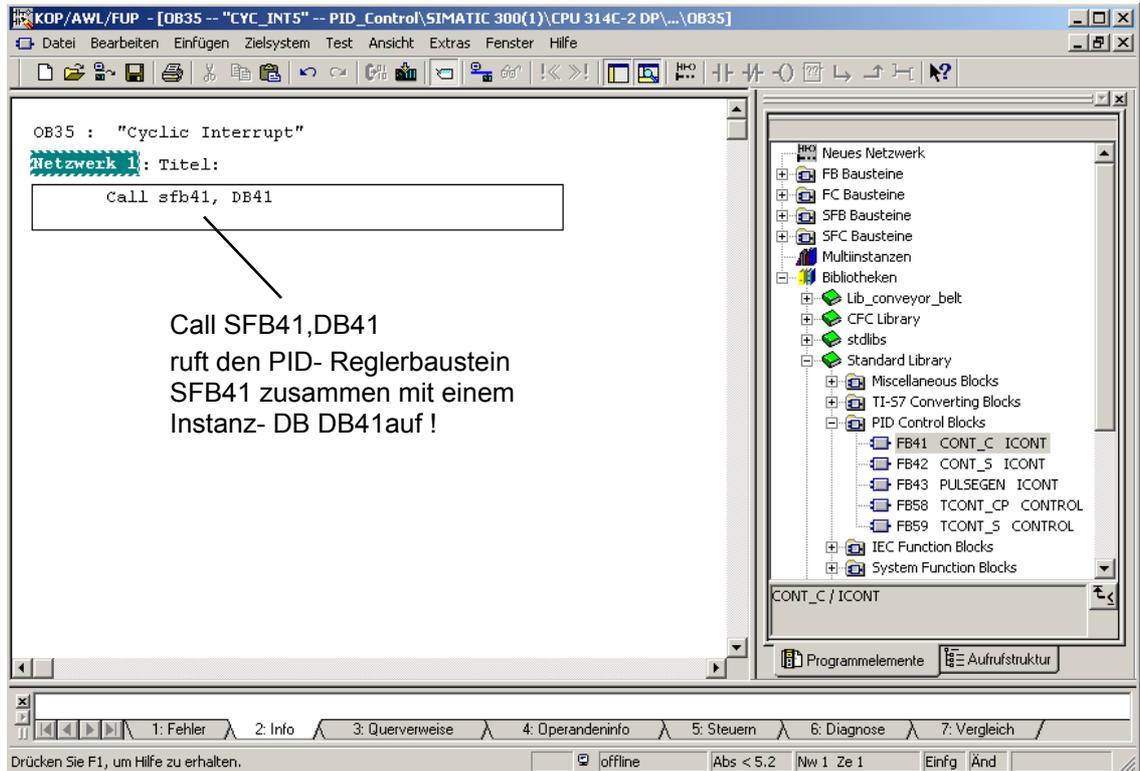
14. In der Hardwarekonfiguration kann bei den Eigenschaften der CPU die feste Zykluszeit für die Ausführung des OB35 eingestellt werden. Diese sollte jedoch nicht zu kurz gewählt werden. Es muss gewährleistet sein, dass alle aus dem OB35 aufgerufenen Bausteine auch innerhalb dieser Zeit bearbeitet werden können und bei gleichzeitiger Verwendung eines OB1 auch diesem genügend Zeit zur Verfügung steht. ( → Weckalarme → Ausführung 50 ms → OK)

OB	Priorität	Ausführung (ms)	Phasenverschiebung (ms)	Teilprozessabb.
OB30	7	5000	0	OB1-PA
OB31	8	2000	0	OB1-PA
OB32	9	1000	0	OB1-PA
OB33	10	500	0	OB1-PA
OB34	11	200	0	OB1-PA
OB35	12	50	0	OB1-PA
OB36	13	50	0	OB1-PA
OB37	14	20	0	OB1-PA
OB38	15	10	0	OB1-PA

16. Aus SIMATIC Manager 'OB35' öffnen ( → OB35)

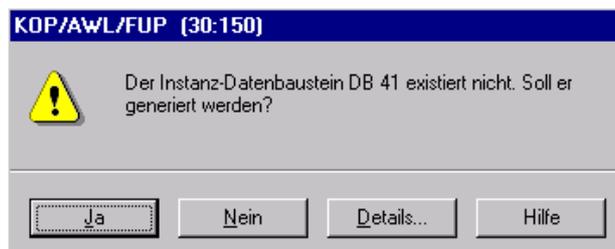


17. Mit 'KOP, AWL, FUP- S7 Bausteine programmieren' haben Sie jetzt einen Editor, der Ihnen die Möglichkeit gibt Ihr STEP 7-Programm zu erstellen. Hierzu ist der Organisationsbaustein OB35 mit dem ersten Netzwerk bereits geöffnet worden. Die verwendete Programmiersprache ist bei diesem Beispiel die Anweisungsliste AWL. Programmieren Sie hier den Aufruf des PID- Reglerbausteins SFB41 zusammen mit einem Instanz- Datenbaustein DB41.



**Hinweis!** Falls der SFB41 in Ihrer CPU nicht existiert, dann können Sie auch den FB41 (CONT\_C) aus der Bibliothek → Standard Library → PID Control Blocks verwenden. Dieser ist in seiner Funktion und Schnittstelle mit dem SFB41 identisch.

Bei der Frage ob der Instanz-Datenbaustein DB 41 erstellt werden soll, klicken Sie auf ‚Ja‘. ( → Ja)





19. Sollwert, Istwert und Stellgröße müssen jetzt noch wie folgt mit Prozesswerten verschaltet werden. Außerdem muss die Abtastzeit ,Cycle' programmiert werden. Der Sollwert muss, falls er mit einem Analogeingang vorgegeben werden soll, normiert werden.  
(Hier 0- 100% siehe Netzwerk 2 )

OB35 : "Cyclic Interrupt"

```

Netzwerk 1 : Titel:
CALL "CONT_C" , DB41
COM_RST :=
MAN_ON :=
PVPER_ON :=
P_SEL :=
I_SEL :=
INT_HOLD :=
I_ITL_ON :=
D_SEL :=
CYCLE :=T#50MS
SP_INT :=MD40
PV_IN :=
PV_PER :=PEW130
MAN :=
GAIN :=
TI :=
TD :=
TM_LAG :=
DEADB_W :=
LMN_HLM :=
LMN_LLM :=
PV_FAC :=
PV_OFF :=
LMN_FAC :=
LMN_OFF :=
I_ITLVAL :=
DISV :=
LMN :=
LMN_PER :=PAW128
QLMN_HLM :=
QLMN_LLM :=
LMN_P :=
LMN_I :=
LMN_D :=
PV :=
ER :=
    
```

**Cycle (Abtastzeit):**  
Zeit zwischen den Bausteinaufrufen, sollte der Zeit entsprechen, die im OB 35 eingestellt ist

**SP\_INT:**  
Sollwertvorgabe durch Analogeingang. Muss auf ein Realformat normiert werden ( Siehe NW 2 ) !

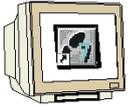
**PV\_PER**  
Istwertaufnahme an Analogen Eingangskanal

**LMN\_PER:**  
Stellwertausgabe am Analogausgang

**Netzwerk 2** : Titel:

```

L    PEW 128
ITD
DTR
L    2.764800e+004
/R
L    1.000000e+002
*R
T    MD 40
    
```



20. Organisationsbaustein OB35 speichern und laden (Schlüsselschalter CPU steht auf Stop!)

Auf Symbol 'Speichern' klicken !

Auf Symbol 'Laden in AS' klicken !

```

OB35 : "Cyclic Interrupt"
Netzwerk 1: Titel:
CALL "CONT_C" , DB41
COM_RST :=
MAN_ON :=
P_VPER_ON:=
P_SEL :=
I_SEL :=
INT_HOLD:=
I_ITL_ON:=
D_SEL :=
CYCLE :=T#50MS
SP_INT :=MD40
PV_IN :=
    
```

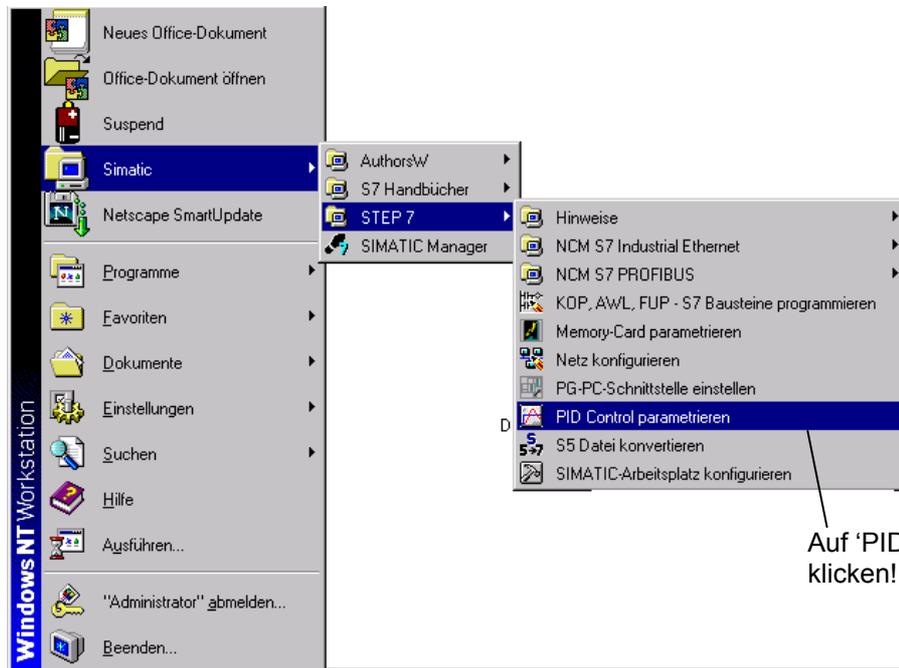
21. Im 'SIMATIC Manager' den Baustein DB41 und gegebenenfalls auch den FB41 markieren und in die SPS laden. (Schlüsselschalter CPU steht auf Stop! )

Auf Symbol 'Laden in AS' klicken !

Auf DB41 klicken !



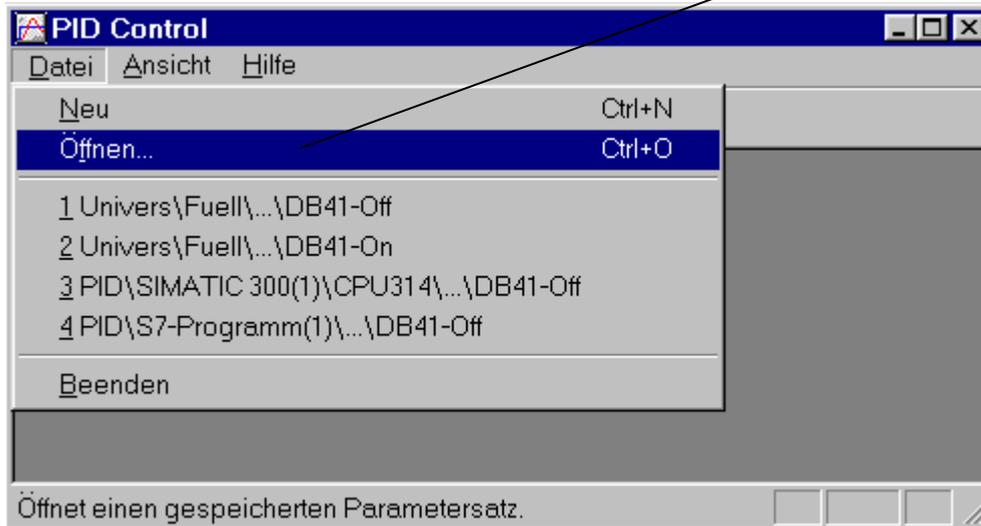
22. Werkzeug **PID Control parametrieren** aufrufen (→ Start → Simatic → STEP 7 → PID Control parametrieren).



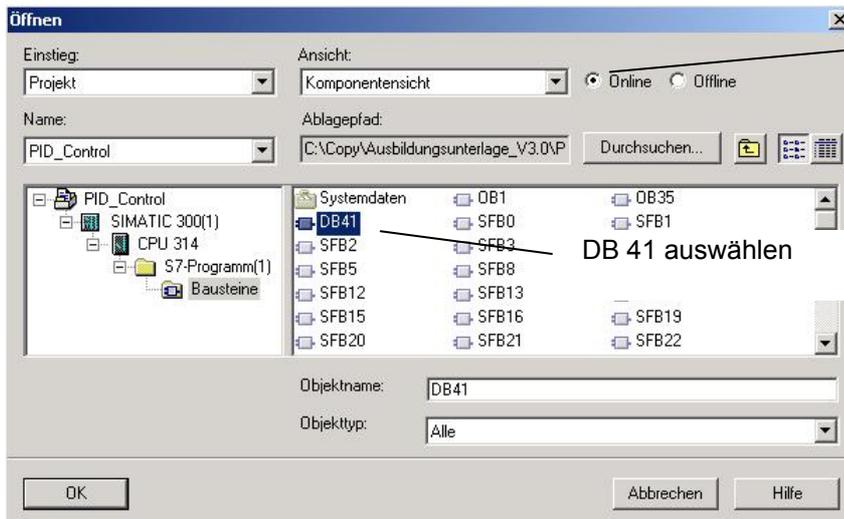


23. Datenbaustein öffnen ( → Datei → Öffnen → Online  
 → Datenbaustein auswählen z.B.: DB41 → OK).

Auf 'Öffnen' klicken!

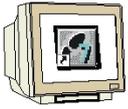


Baustein in den Online-Modus schalten



DB 41 auswählen

Auf 'OK' klicken!

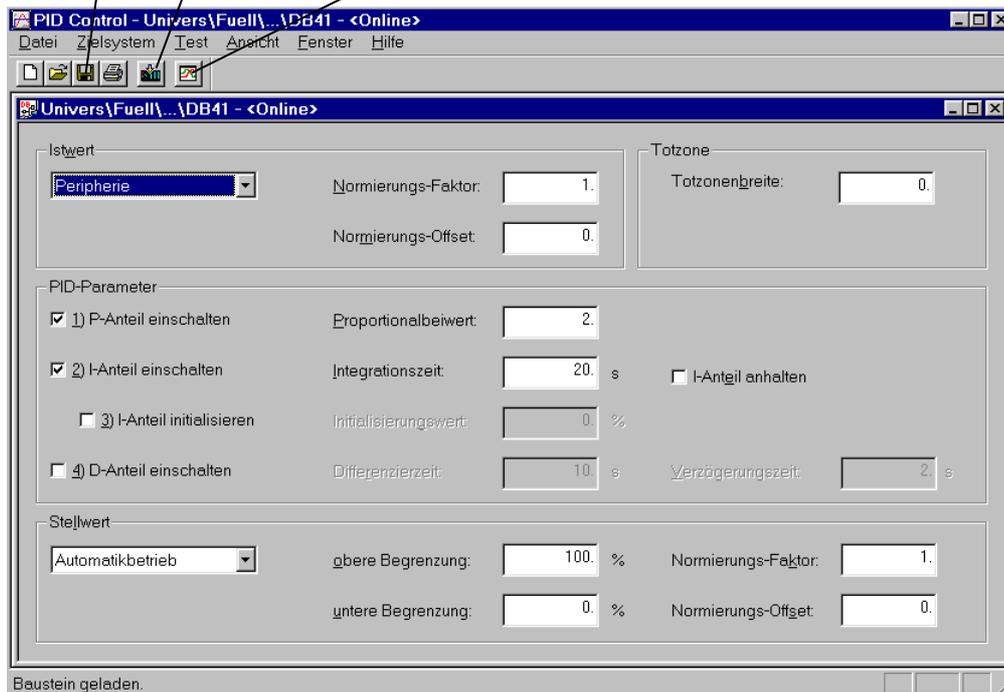


24. Mit dem Werkzeug **PID Control parametrieren** kann der PID- Regler jetzt parametriert werden.  
 Dann wird der DB gespeichert ( → Speichern) und in die SPS geladen (→ Laden).  
 Nun kann noch ein Kurvenschreiber gestartet werden um das Verhalten der geregelten Strecke beobachten zu können .

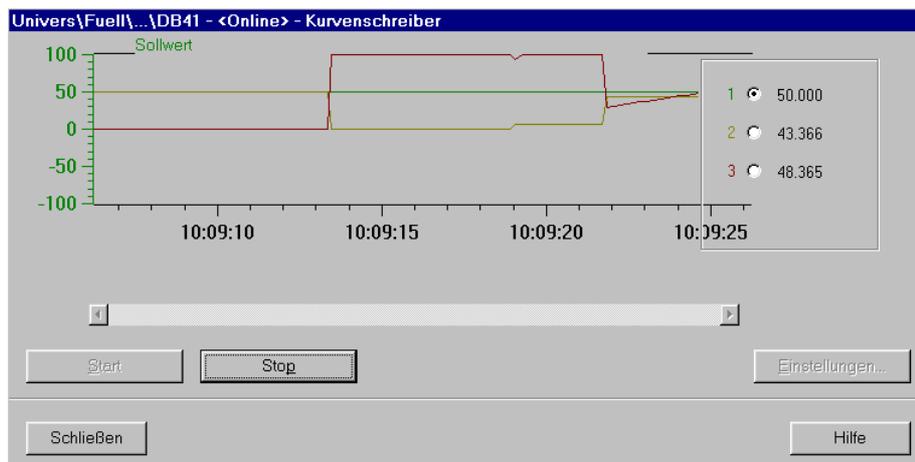
Auf 'Speichern' klicken!

Auf 'Laden' klicken!

'Kurvenschreiber' starten!



25. Mit dem Kurvenschreiber können die Kurven für Sollwert, Istwert und Stellgröße aufgezeichnet werden.



26. Durch Schalten des Schlüsselschalters auf RUN wird das Programm gestartet.

## 5. EINSTELLUNG VON REGELSTRECKEN

### 5.1 Allgemeines

Die Einstellung der Regelstrecken soll anhand des Beispiels einer PT2 Strecke durchgeführt werden.

#### **$T_u$ - $T_g$ -Approximation**

Grundlage der Verfahren nach Ziegler- Nichols und nach Chien, Hrones und Reswick ist die  $T_u$ - $T_g$ -Approximation, bei der aus der Streckensprungantwort die Parameter Übertragungsbeiwert der Strecke  $K_S$ , Verzugszeit  $T_u$  und Ausgleichszeit  $T_g$  ermittelt werden

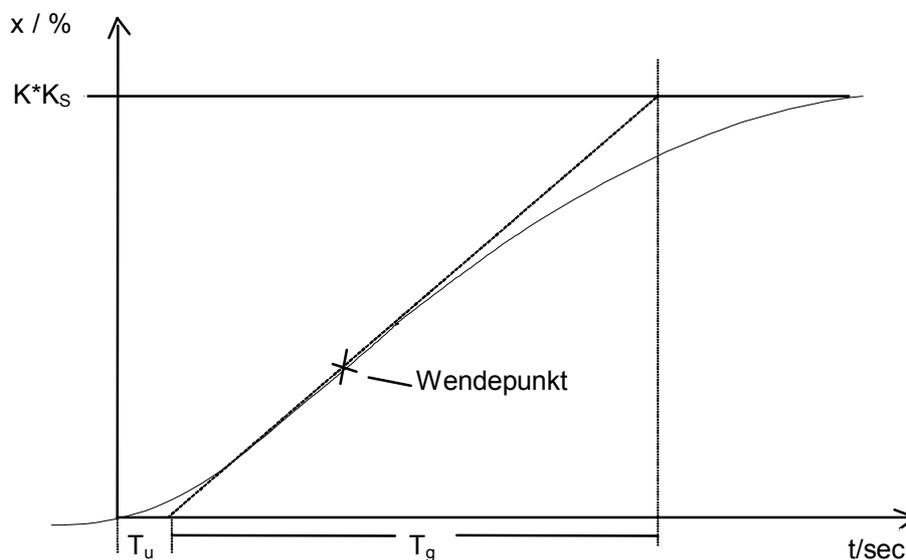
Die Einstellregeln, die nachfolgend beschrieben werden, sind experimentell mit Hilfe von Analogrechnersimulationen gefunden worden.

P- $T_N$ -Strecken können mit einer so genannten  $T_u$ - $T_g$ -Approximation, d.h. durch Annäherung mittels einer P- $T_1$ - $T_L$ -Strecke, hinreichend genau beschrieben werden.

Ausgangspunkt ist die Streckensprungantwort mit der Eingangssprunghöhe  $K$ . Die benötigten Parameter Übertragungsbeiwert der Strecke  $K_S$ , Verzugszeit  $T_u$  und Ausgleichszeit  $T_g$  werden wie im Bild gezeigt ermittelt.

Dabei ist die Messung der Übergangsfunktion bis zum stationären Endwert ( $K \cdot K_S$ ) nötig, damit der für die Berechnung benötigte Übertragungsbeiwert der Strecke  $K_S$  bestimmt werden kann.

Der wesentliche Vorteil dieser Verfahren liegt darin, dass die Approximation auch anwendbar ist, wenn keine analytische Beschreibung der Strecke vorgenommen werden kann.



**Bild :**  $T_u$ - $T_g$ -Approximation

## 5.2 Einstellung des PI-Reglers nach Ziegler- Nichols

Ziegler und Nichols haben durch Untersuchungen an P-T<sub>1</sub>-T<sub>L</sub>-Strecken folgende optimale Reglereinstellungen für Festwertregelung herausgefunden:

$$K_{PR} = 0,9 \frac{T_g}{K_S T_u}$$

$$T_N = 3,33 T_u$$

Mit diesen Einstellwerten erreicht man im Allgemeinen ein recht gutes Störverhalten. [7]

## 5.3 Einstellung des PI-Reglers nach Chien, Hrones und Reswick

Für dieses Verfahren wurden sowohl das Führungs- als auch das Störverhalten untersucht, um die günstigsten Reglerparameter zu erhalten. Für beide Fälle ergeben sich dabei verschiedene Werte. Es werden außerdem jeweils zwei unterschiedliche Einstellungen angegeben, die unterschiedliche Anforderungen an die Regelgüte erfüllen.

Dabei ergaben sich folgende Einstellungen:

- Für Störverhalten:

aperiodischer Einschwingvorgang mit kürzester Dauer

20% Überschwingen  
minimale Schwingungsdauer

$$K_{PR} = 0,6 \frac{T_g}{K_S T_u}$$

$$K_{PR} = 0,7 \frac{T_g}{K_S T_u}$$

$$T_N = 4 T_u$$

$$T_N = 2,3 T_u$$

- Für Führungsverhalten:

aperiodischer Einschwingvorgang mit kürzester Dauer

$$K_{PR} = 0,35 \frac{T_g}{K_S T_u}$$

$$T_N = 1,2 T_g$$

20% Überschwingen  
minimale Schwingungsdauer

$$K_{PR} = 0,6 \frac{T_g}{K_S T_u}$$

$$T_N = T_g$$

## 5.4 Übungsbeispiel



Um die Streckensprungantwort aufzunehmen, müssen einige Modifikationen im OB 35 und im DB41 vorgenommen werden. Folgende Schritte müssen dabei ausgeführt werden:

Speichern Sie ihr altes Projekt unter einem neuen Namen ab und ändern es folgendermaßen:

1. Mit STEP7 den Stellwert direkt vorgeben. **(Lösung in FUP auf nächster Seite!)**

Dabei soll mit folgendem Netzwerk der Stellwert so vorgegeben werden, dass mit einem Schalter S1 (E 124.0) zwischen zwei Stellwerten gewählt werden kann.

```

L      0.000000e+000      //Stellwert 0% als 32-Bit-Gleitpunktzahl
UN    E 124.0             //Negation von S1 (E 124.0)
SPB   M001                //Sprung wenn VKE = 1 zu Marke M001
L      1.000000e+002      //Stellwert 100% als 32-Bit-Gleitpunktzahl
M001: T    MD 20          //Wert in Merkerdoppelwort MD 20 transferieren
    
```

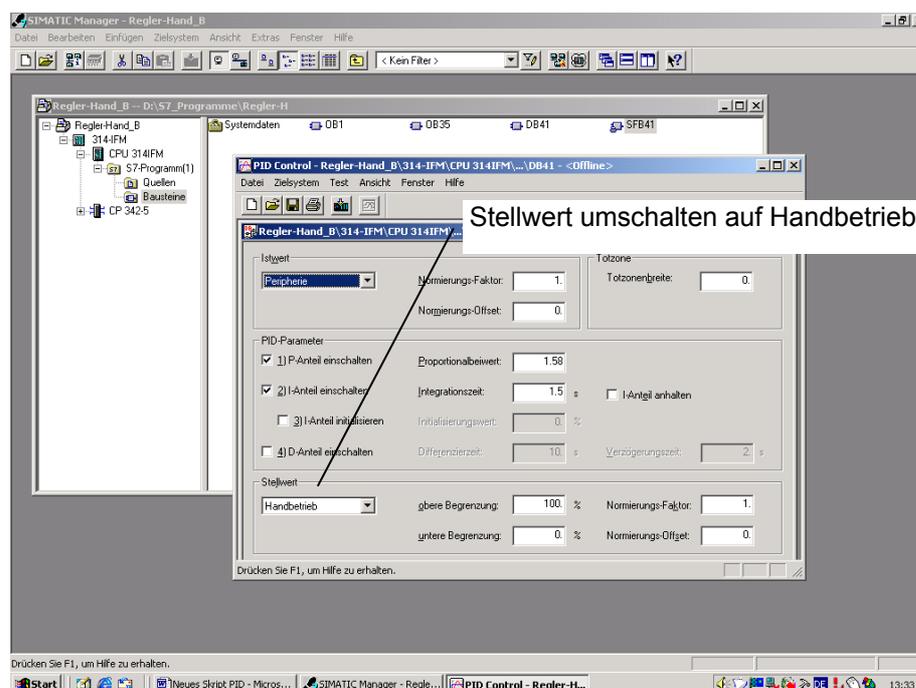
Damit ist nun bei der Schalterstellung S1(E 124.0) EIN die Stellgröße  $y = 100\%$  und bei AUS die Stellgröße  $y = 0\%$ . Infolgedessen kann mit dem Schalter S1 auch ein Sprung des Stellwertes von 0 auf 100% herbeigeführt werden. (Bei Strecken, die zum Überschwingen neigen, sollte der obere Stellwert nur 90% oder weniger betragen.)

2. Die Zuordnung der externen Analogwerte und des Stellwertes beim Aufruf des (S)FB41 im OB35 geschieht nun wie folgt:

```

CYCLE      :=    T#50ms      //Abtastzeit entspricht der Ausführungszeit des OB35
MAN        :=    MD 20       //Stellwert als Handwert vorgeben
PV_PER     :=    PEW 130     //Istwert x
LMN_PER    :=    PAW 128     //Stellgröße y
    
```

3. Dann wird im Werkzeug ‚PID CONTROL‘ noch der Stellwert auf ‚Handbetrieb‘ umgeschaltet.



## Lösung SPS-Programm Sprungantwort in FUP:

OB35 : "Cyclic Interrupt"

Netzwerk 1: Titel:

DB41  
"CONT\_C"

... EN  
... COM\_RST  
... MAN\_ON  
... PVPER\_ON  
... P\_SEL  
... I\_SEL  
... INT\_HOLD  
... I\_ITL\_ON  
... D\_SEL  
T#50MS CYCLE  
... SP\_INT  
... PV\_IN  
PEW130 PV\_PER  
MD20 MAN  
... GAIN  
... TI  
... TD  
... TM\_LAG LMN ...  
... DEADE\_W LMN\_PER PAW120

... LMN\_HLM QLMN\_HLM ...  
... LMN\_LLM QLMN\_LLM ...  
... PV\_FAC LMN\_P ...  
... PV\_OFF LMN\_I ...  
... LMN\_FAC LMN\_D ...  
... LMN\_OFF PV ...  
... I\_ITLVAL ER ...  
... DISV EMO

Netzwerk 2: Vorgabe Stellwert 100 %

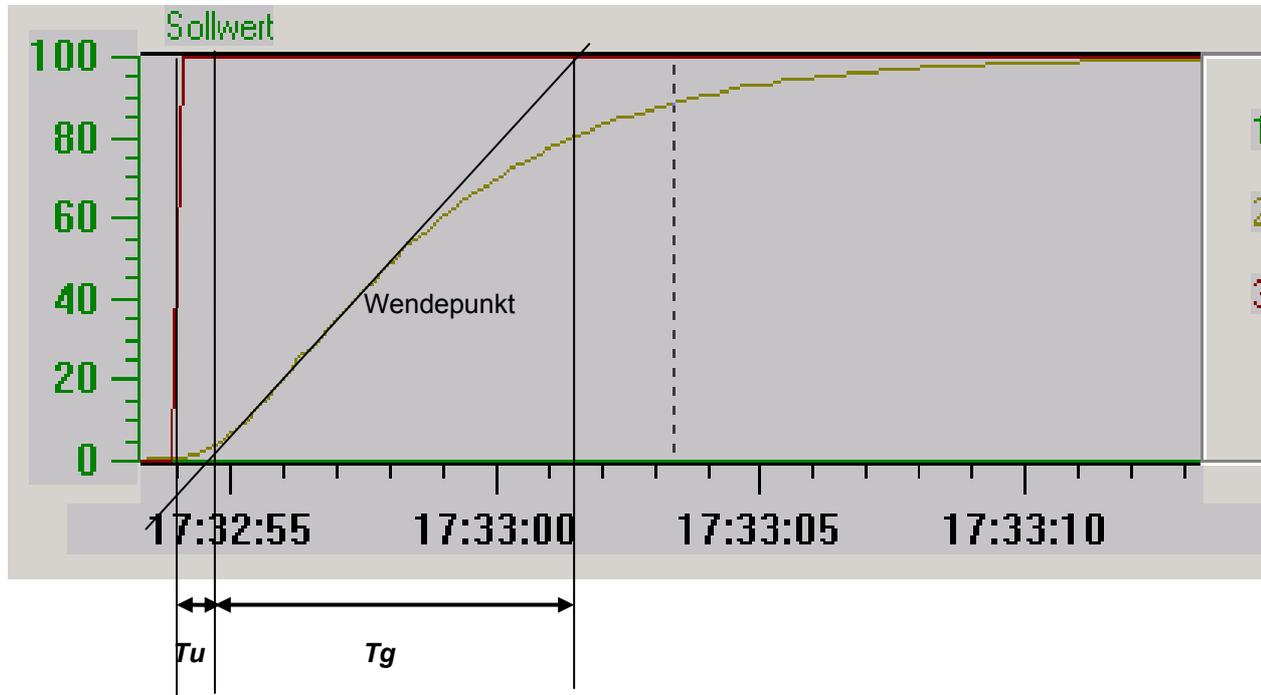
E124.0 MOVE  
1.000000e+002 IN ENO  
OUT MD20

Netzwerk 3: Vorgabe Stellwert 0%

E124.0 MOVE  
0.000000e+000 IN ENO  
OUT MD20

Beschaltung des Handwertes mit dem Wert 0 oder 100% des Stellwertes.  
(Siehe NW 2 und NW 3)

4. Nun wird mit dem Kurvenschreiber die Streckensprungantwort von 0 auf 100% aufgezeichnet. Bei Strecken, die zum Überschwingen neigen, sollten besser 90% als Sprungwert auf die Strecke gegeben werden.



Streckensprungantwort für  $T_u$ - $T_g$ -Approximation

Nachdem die Wendetangente ins Bild eingezeichnet wurde, können die Werte

$$T_u = 0,7s$$

$$T_g = 7s$$

$$1,0 * K_S = 1,0$$

abgelesen werden. Damit ergibt sich  $K_S = 1,0$  und das Verhältnis  $T_g/K_S = 7s$ .

### Einstellung des PI-Reglers nach Ziegler-Nichols

Mit den Werten der  $T_u$ - $T_g$ -Approximation und den Einstellregeln nach Ziegler-Nichols ergeben sich folgende Regelparameter:

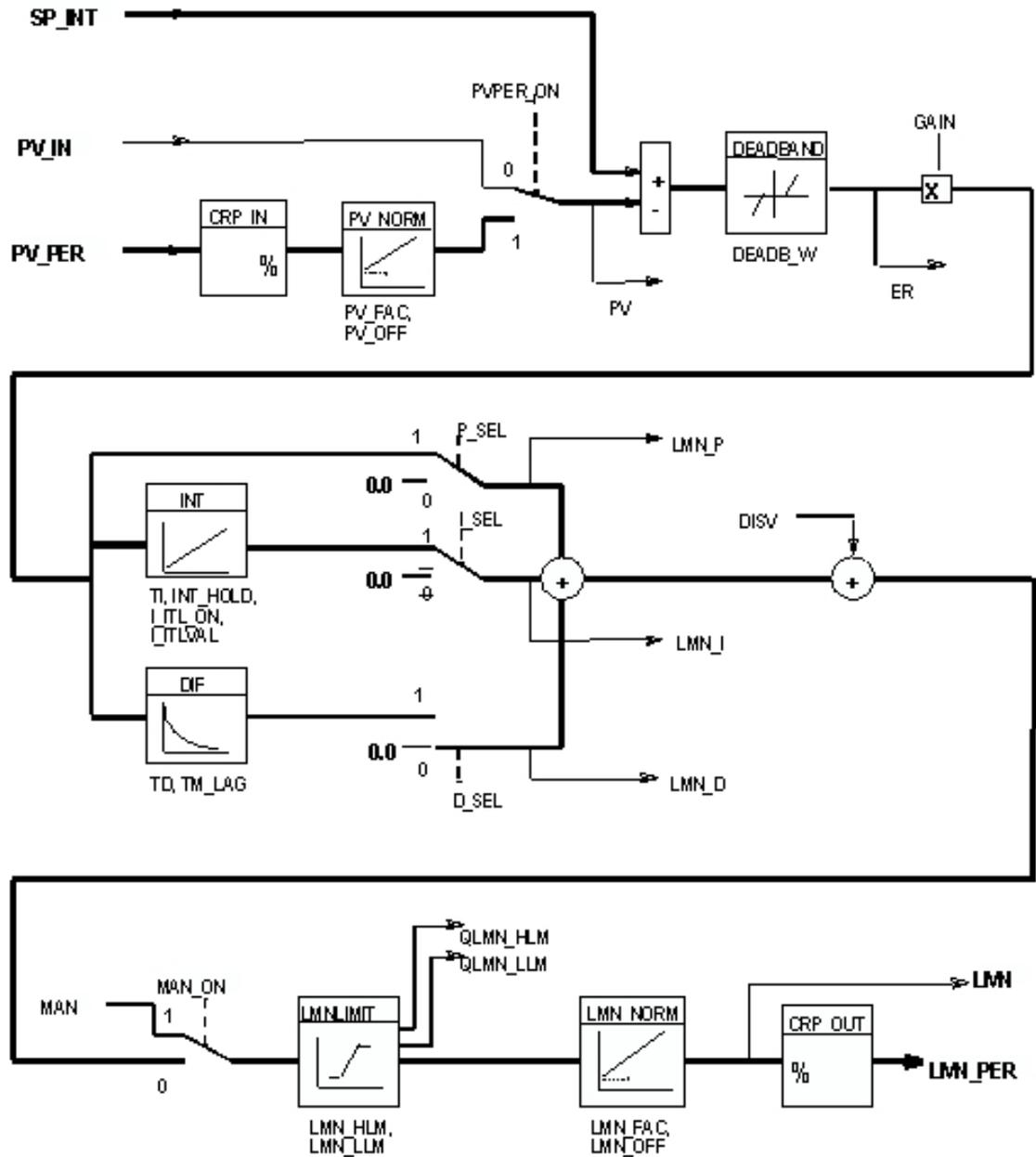
$$K_{PR} = 9$$

$$T_N = 2,3s$$

Diese Regelparameter werden in den DB41 übertragen

## 6. ANHANG:

Blockschaltbild des Reglerbausteins:



## Eingangsparameter



Parameter	Datentyp	Wertebereich	Vorbelegung	Beschreibung
COM_RST	BOOL		FALSE	COMPLETE RESTART / NeustartDer Baustein hat eine Neustarroutine, die bearbeitet wird, wenn der Eingang "Neustart" gesetzt ist.
MAN_ON	BOOL		TRUE	MANUAL VALUE ON / Handbetrieb einschaltenIst der Eingang "Handbetrieb einschalten" gesetzt, ist der Regelkreis unterbrochen. Als Stellwert wird ein Handwert vorgegeben.
PVPER_ON	BOOL		FALSE	PROCESS VARIABLE PERIPHERY ON / Istwert Peripherie einschaltenSoll der Istwert von der Peripherie eingelesen werden, so muß der Eingang PV_PER mit der Peripherie verschaltet und der Eingang "Istwert Peripherie einschalten" gesetzt werden.
P_SEL	BOOL		TRUE	PROPORTIONAL ACTION ON / P-Anteil einschalten. Im PID-Algorithmus lassen sich die PID-Anteile einzeln zu- und abschalten. Der P-Anteil ist eingeschaltet, wenn der Eingang "P-Anteil einschalten" gesetzt ist.
I_SEL	BOOL		TRUE	INTEGRAL ACTION ON / I-Anteil einschalten. Im PID-Algorithmus lassen sich die PID-Anteile einzeln zu- und abschalten. Der I-Anteil ist eingeschaltet, wenn der Eingang "I-Anteil einschalten" gesetzt ist.
INT_HOLD	BOOL		FALSE	INTEGRAL ACTION HOLD / I-Anteil einfrieren. Der Ausgang des Integrierers kann eingefroren werden. Hierzu wird der Eingang "I-Anteil einfrieren" gesetzt.
I_ITL_ON	BOOL		FALSE	INITIALIZATION OF THE INTEGRAL ACTION / I-Anteil setzenDer Ausgang des Integrierers kann auf den Eingang I_ITL_VAL gesetzt werden. Hierzu muss der Eingang "I-Anteil setzen" gesetzt werden.
D_SEL	BOOL		FALSE	DERIVATIVE ACTION ON / D-Anteil einschalten Im PID-Algorithmus lassen sich die PID-Anteile einzeln zu- und abschalten. Der D-Anteil ist eingeschaltet, wenn der Eingang "D-Anteil einschalten" gesetzt ist.



Parameter	Datentyp	Wertebereich	Vorbelegung	Beschreibung
CYCLE	TIME	$\geq 1 \text{ ms}$	T#1s	SAMPLE TIME / Abtastzeit Die Zeit zwischen den Bausteinaufrufen muss konstant sein. Der Eingang "Abtastzeit" gibt die Zeit zwischen den Bausteinaufrufen an.
SP_INT	REAL	-100.0...+100.0%	0.0	INTERNAL SETPOINT / Interner Sollwert. Der Eingang "Interner Sollwert" dient zur Vorgabe eines Sollwerts.
PV_IN	REAL	-100.0...+100.0%	0.0	PROCESS VARIABLE IN / Istwert Eingang Am Eingang "Istwert Eingang" kann ein Inbetriebsetzungswert parametrieret oder ein externer Istwert im Gleitpunktformat verschaltet werden.
PV_PER	WORD		W#16#0000	PROCESS VARIABLE PERIPHERIE / Istwert Peripherie. Der Istwert im Peripherieformat wird am Eingang "Istwert Peripherie" mit dem Regler verschaltet.
MAN	REAL	-100.0...+100.0%	0.0	MANUAL VALUE / Handwert. Der Eingang "Handwert" dient zur Vorgabe eines Handwerts mittels Bedien-Beobachterfunktion.
GAIN	REAL		2.0	PROPORTIONAL GAIN / Proportionalbeiwert. Der Eingang "Proportionalbeiwert" gibt die Reglerverstärkung an.
TI	TIME	$\geq \text{CYCLE}$	T#20s	RESET TIME / Integrationszeit. Der Eingang "Integrationszeit" bestimmt das Zeitverhalten des Integrierers.
TD	TIME	$\geq \text{CYCLE}$	T#10s	DERIVATIVE TIME / Differenzierzeit. Der Eingang "Differenzierzeit" bestimmt das Zeitverhalten des Differenzierers.
TM_LAG	TIME	$\geq \text{CYCLE}/2$	T#2s	TIME LAG OF THE DERIVATE ACTION / Verzögerungszeit des D-Anteils. Der Algorithmus des D-Anteils enthält eine Verzögerung, die am Eingang "Verzögerungszeit des D-Anteils" parametrieret werden kann.
DEADB_W	REAL	$\geq 0.0 \%$	0.0	DEAD BAND WIDTH / Totzonenbreite. Die Regeldifferenz wird über eine Totzone geführt. Der Eingang "Totzonenbreite" bestimmt die Größe der Totzone.



Parameter	Datentyp	Wertebereich	Vorbelegung	Beschreibung
LMN_HLM	REAL	LMN_LLM... +100.0 % oder phys. Größe 2	100.0	MANIPULATED VALUE HIGH LIMIT / Stellwert obere Begrenzung. Der Stellwert wird immer auf eine obere und untere Grenze begrenzt. Der Eingang "Stellwert obere Begrenzung" gibt die obere Begrenzung an.
LMN_LLM	REAL	-100.0... LMN_HLM % phys. Größe 2	0.0	MANIPULATED VALUE LOW LIMIT / Stellwert untere Begrenzung Der Stellwert wird immer auf eine obere und untere Grenze begrenzt. Der Eingang "Stellwert untere Begrenzung" gibt die untere Begrenzung an.
PV_FAC	REAL		1.0	PROCESS VARIABLE FACTOR / Istwertfaktor. Der Eingang "Istwertfaktor" wird mit dem Istwert multipliziert. Der Eingang dient zur Anpassung des Istwertbereichs.
PV_OFF	REAL		0.0	PROCESS VARIABLE OFFSET / Istwert- Offset. Der Eingang "Istwert-Offset" wird mit dem Istwert addiert. Der Eingang dient zu Anpassung des Istwertbereichs.
LMN_FAC	REAL		1.0	MANIPULATED VALUE FACTOR / Stellwertfaktor. Der Eingang "Stellwertfaktor" wird mit dem Stellwert multipliziert. Der Eingang dient zur Anpassung des Stellwertbereichs.
LMN_OFF	REAL		0.0	MANIPULATED VALUE OFFSET / Stellwertoffset. Der Eingang "Stellwertoffset" wird mit dem Stellwert addiert. Der Eingang dient zur Anpassung des Stellwertbereichs.
I_ITLVAL	REAL	-100.0...+100.0% od. phys. Größe 2	0.0	INITIALIZATION VALUE OF THE INTEGRAL ACTION / Initialisierungswert für I-Anteil Der Ausgang des Integrierers kann am Eingang I_ITL_ON gesetzt werden. Am Eingang "Initialisierungswert für I-Anteil" steht der Initialisierungswert.
DISV	REAL	-100.0...+100.0% od. phys.Größe 2	0.0	DISTURBANCE VARIABLE / Störgröße. Für eine Störgrößenaufschaltung wird diese am Eingang "Störgröße" verschaltet.



**Ausgangsparameter:**

Parameter	Datentyp	Wertebereich	Vorbelegung	Beschreibung
LMN	REAL	0.0		MANIPULATED VALUE / Stellwert. Am Ausgang "Stellwert" wird der effektiv wirkende Stellwert im Gleitpunktformat ausgegeben.
LMN_PER	WORD	W#16#0000		MANIPULATED VALUE PERIPHERY / Stellwert Peripherie. Der Stellwert im Peripherieformat wird am Ausgang "Stellwert Peripherie" mit dem Regler verschaltet.
QLMN_HLM	BOOL	FALSE		HIGH LIMIT OF MANIPULATED VALUE REACHED / Obere Begrenzung des Stellwerts angesprochen. Der Stellwert wird immer auf eine obere und untere Grenze begrenzt. Der Ausgang "Obere Begrenzung des Stellwerts angesprochen" meldet die Überschreitung der oberen Begrenzung.
QLMN_LLM	BOOL	FALSE		LOW LIMIT OF MANIPULATED VALUE REACHED / Untere Begrenzung des Stellwerts angesprochen. Der Stellwert wird immer auf eine obere und untere Grenze begrenzt. Der Ausgang "Untere Begrenzung des Stellwerts angesprochen" meldet die Unterschreitung der unteren Begrenzung.
LMN_P	REAL	0.0		PROPORTIONALITY COMPONENT / P-Anteil. Der Ausgang "P-Anteil" enthält den Proportionalanteil der Stellgröße.
LMN_I	REAL	0.0		INTEGRAL COMPONENT / I-Anteil. Der Ausgang "I-Anteil" enthält den Integralanteil der Stellgröße.
LMN_D	REAL	0.0		DERIVATIVE COMPONENT / D-Anteil. Der Ausgang "D-Anteil" enthält den Differentialanteil der Stellgröße.
PV	REAL	0.0		PROCESS VARIABLE / Istwert. Am Ausgang "Istwert" wird der effektiv wirkende Istwert ausgegeben.
ER	REAL	0.0		ERROR SIGNAL / Regeldifferenz. Am Ausgang "Regeldifferenz" wird die effektiv wirkende Regeldifferenz ausgegeben.