

11.2.2 OB 251 PID-Regelalgorithmus

Im Betriebssystem der Zentralbaugruppen CPU 942, 943, 944 ist ein PID-Regelalgorithmus integriert, den der Anwender mit Hilfe des Organisationsbausteins OB 251 für seine Zwecke nutzen kann.

Vor dem Aufruf des OB 251 muß ein Datenbaustein (Regler-DB) aufgeschlagen sein, der die Reglerparameter und sonstigen reglerspezifischen Daten enthält. Der PID-Algorithmus wird in einem bestimmten Zeitraster (Abtastzeit) aufgerufen und bildet die Stellgröße. Je genauer die Abtastzeit eingehalten wird, desto genauer kann der Regler seine Aufgaben erfüllen. Die im Regler-DB angegebenen Regelparameter müssen an die Abtastzeit angepaßt sein.

Im allgemeinen wird die zeitgesteuerte Bearbeitung mit dem Zeit-OB (OB 13, bei CPU 944 zusätzlich OB 10 bis OB 12) realisiert. Zeit-OBs können im Aufrufintervall von 10 ms bis 10 min eingestellt werden. Die maximale Bearbeitungszeit des PID-Regelalgorithmus beträgt 1,7 ms.

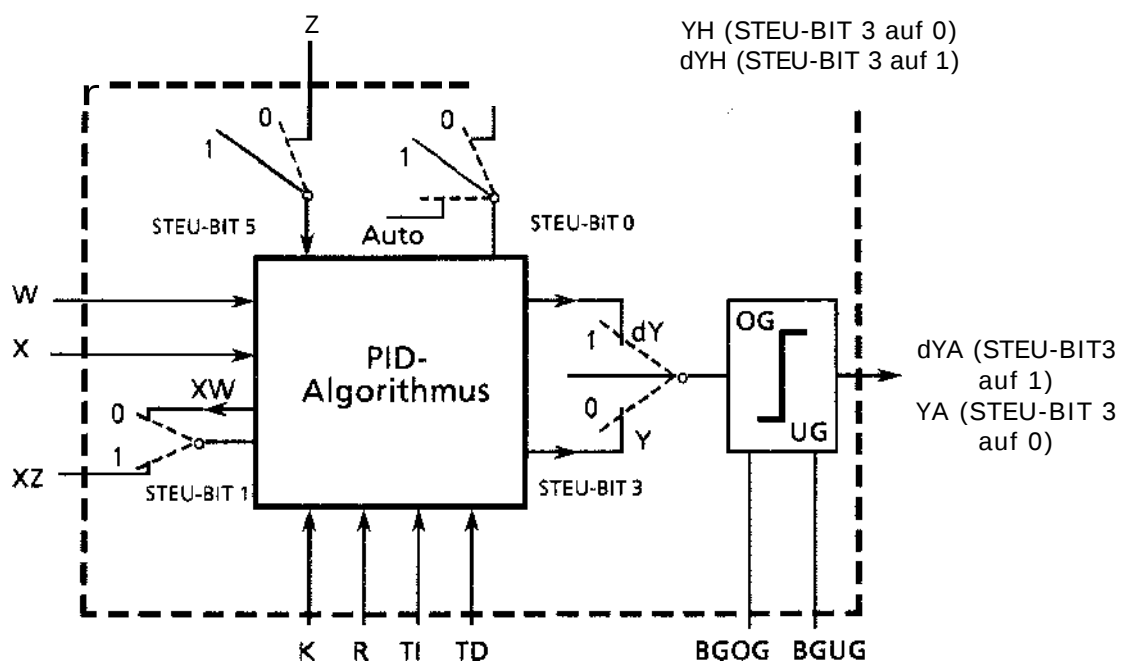


Bild 11.4 Blockschaltbild des PID-Reglers

Legende:

K = Proportionalbeiwert
 K > 0 positiver Regelsinn
 K < 0 negativer Regelsinn
 R = R-Parameter (i.a. 1000)
 TA = Abtastzeit
 TN = Nachstellzeit
 TV = Vorhaltezeit
 TI = TA/TN
 TD = TV/TA
 W = Sollwert

STEU = Steuerwort

YH = Wert bei manueller Eingabe
 BGOG = Oberer Bearengungswert
 BGUG = Unterer Bearengungswert
 X = Istwert
 Z = Störgröße
 XZ = Ersatzarbeitswert für Regeldifferenz
 YA = Reglerausgang

Der kontinuierliche Regler ist für Regelstrecken ausgelegt, wie sie z.B. in der Verfahrenstechnik als Druck-, Temperatur- oder Durchflußregelungen auftreten.

Mit der Größe "R" wird der Proportionalanteil I des PID-Reglers eingestellt.

Soil der Regler ein P-Verhalten zeigen, so wird bei den meisten Reglerentwurfsverfahren der Wert $R = 1$ verwendet.

Die einzelnen P-, und D-Anteile sind über ihre jeweiligen Parameter (R, TI und TD) abschaltbar, indem die betreffenden Datenwörter mit Null vorbesetzt werden. Damit können alle gewünschten Reglerstrukturen (z.B. PI-, PD- oder PID-Regler) leicht realisiert werden.

Dem Differenzierer kann wahlweise die Regeldifferenz XW oder - über den XZ-Eingang - eine beliebige Störgröße oder der invertierte Istwert X zugeführt werden. Für einen invertierten Regler muß ein negativer K-Wert vorgegeben werden.

Liegt die Stellinformation (dY oder Y) an einer Begrenzung, so wird der I-Anteil automatisch abgeschaltet, um eine Verschlechterung des Regelverhaltens zu vermeiden.

Die Schalterstellungen im Blockschaltbild werden bei der Parametrierung des PID-Reglers durch Setzen der zugehörigen Bits im Steuerwort "STEU" realisiert.

Tabelle 11.10 Bedeutung der Steuerbits im Steuerwort STEU

Steuerbit	Name	Signalzustand	Bedeutung
0	AUTO	0	Handbetrieb Im Handbetrieb werden folgende GroBen aktualisiert: 1) XK , $XW_{k..1}$ und $PWK_{..1}$ 2) XZ_k , $X4_{..1}$ und $PZ_{k..1}$, wenn STEU-Bit 1 = 1 3) ZK und 41 , wenn STEU-Bit 5 = 0 Die GriiBe $dDK_{..1}$ wird = 0 gesetzt. Der Algorithm us wird nicht berechnet.
		1	Automatikbetrieb
1	XZ EIN	0	Der Differenzierer wird XW_k zugef0hrt. Der XZ-Eingang bleibt unberUcksichtigt.
		1	Dem Differenzierer wird Ciber den XZ-Eingang eine andere Grne, die nicht XW_k sein darf, zugef0hrt.
2	REG AUS	0	normale Reglerbearbeitung
		1	Beim Aufruf des Reglers (OB 251) werden mit Ausnahme von K, R, TI, TD, BGOG, BGUG, YH_k und Wk alle anderen GrOf3en (DW 18 bis DW 48) im Regler-DB einmal gelbscht. Der Regler ist ausgeschaltet.
3	GESCHW	0	Stellungs-Algorithm us
		1	Geschwindigkeits-Algorithm us
4	HANDART	0	Bei GESCHW = 0: Nach dem Umschalten auf Handbetrieb wird der angegebene Stellwert YA in 4 Abtastschritten exponentiell auf den eingestellten Handwert gefUhrt. Danach werden weitere Handwerte sofort am Reglerausgang Obernommen. Bei GESCHW = 1: Die Handwerte werden sofort auf den Reglerausgang durchgeschaltet. Im Handbetrieb sind die Begrenzungen wirksam.
		1	Bei GESCHW= 0: Die zuletzt ausgegebene Stellgrd•Be wird beibehalten. Bei GESCHW= 1: Das Stellinkrement dY_k wird Null gesetzt.
5	NO Z	0	mit StOrgrOenaufschaltung
		1	keine StOrgrtiBenaufschaltung
6 bis 15			diese Bits werden vom PID-Algorithmus als Hilfsmerker verwendet.

Das Regelprogramm kann mit Festwerten oder Parametern versorgt werden. Die Eingabe der Parameter erfolgt Ober die zugeordneten DatenwOrter. Dem Regler liegt ein PID-Algorithmus zugrunde. Sein Ausgangssignal kann wahiweise als Stellgrne (Stellungs-Algorithmus) oder als StellgrOI3enanderung (Geschwindigkeits-Algorithmus) ausgegeben werden.

Geschwindigkeits-Algorithmus

Zu einem bestimmten Zeitpunkt $t = k \cdot T_A$ wird das jeweilige Stellinkrement dY_k nach folgender Formel berechnet:

- ohne StörgröBenaufschaltung ($D_{11.5} = 1$) und XW-Zuführung an Differenzierer ($D_{11.1} = 0$)

$$dY_k = K[(XW_k - XW_{k-1})R + TI \cdot XW_k + (TD(XW_k - 2XW_{k-1} + XW_{k-2}) + dD_{k-1})] \\ = K(dPW_k R + dI_k + dD_k)$$

- mit StörgröBenaufschaltung ($D_{11.5} = 0$) und XW-Zuführung an Differenzierer ($D_{11.1} = 0$)

$$dY_k = K[XW_k - XW_{k-1})R + TI \cdot XW_k + (TD(XW_k - 2XW_{k-1} + XW_{k-2}) + dD_{k-1})] + (4-4.1) = K \\ (dPW_k R + dI_k + dD_k) + dZ_k$$

- ohne StörgröBenaufschaltung ($D_{11.5} = 1$) und XZ-Zuführung an Differenzierer ($D_{11.1} = 1$)

$$dY_k = K[XW_k - XW_{k-1})R + TI \cdot XW_k + (TD(XZ_k - 2XZ_{k-1} + XZ_{k-2}) + dD_{k-1})] \\ = K(dPW_k R + dI_k + dD_k)$$

- mit StörgröBenaufschaltung ($D_{11.5} = 0$) und XZ-Zuführung an Differenzierer ($D_{11.1} = 1$)

$$= K[XW_k - XW_{k-1})R + TI \cdot XW_k + (TD(XZ_k - 2XZ_{k-1} + XZ_{k-2}) + dD_{k-1})] + (4-4.1) \\ = K(dPW_k R + dI_k + dD_k) + dZ_k$$



Bei XW_k -Zuführung gilt:

XW_k	$W_k - X_k$
PW_k	$XW_k - XW_{k-1}$
QW_k	$PW_k - PW_{k-1}$
	$XW_k - 2XW_{k-1} + XW_{k-2}$

Bei XZ -Zuführung gilt:

PZ_k	$XZ_k - X_{k-1}$
QZ_k	$PZ_k - P_{k-1}$
	$XZ_k - 2XZ_{k-1} + XZ_{k-2}$

Damit erhält man:

dPW_k	$(XW_k - XW_{k-1})R$
dI_k	$TI \cdot XW_k$
dD_k	$-1 \cdot (TD \cdot QW_k + dD_{k-1})$ bei XW -Zuführung $4 \cdot (TD \cdot QZ_k + dD_{k-1})$ bei XZ -Zuführung
dZ_k	z_k

Stellungs-Algorithmus

Beim Stellungsalgorithmus wird der gleiche Rechenalgorithmus wie beim Geschwindigkeitsalgorithmus herangezogen.

Der Unterschied zum Geschwindigkeitsalgorithmus besteht darin, daß zum Abtastzeitpunkt t_k nicht das zu diesem Zeitpunkt berechnete Stellinkrement dY_k , sondern die Summe aller bis dahin berechneten Stellinkremente ausgegeben wird (im DW 48).

Zum Zeitpunkt t_k wird die Stellgröße y_k folgendermaßen berechnet:

$$y_k = \sum_{m=0}^m dY_{m,k}$$

Parametrierung des PID-Algorithmus

Die Schnittstelle des OB 251 zu seiner Umgebung ist der Regler-DB.

Alle zur Berechnung des nächsten Stellwertes nötigen Daten sind im Regler-DB abgelegt. Jeder Regler benötigt einen eigenen Regler-DB.

Die reglerspezifischen Daten werden in einem Datenbaustein parametrierung, der mindestens 49 Datenwörter umfassen muß.

Ist kein oder ein zu kurzer DB aufgeschlagen, so geht die CPU mit Transfer-Fehler (TRAF) in STOP.

Stellen Sie sicher, daß vor dem Aufruf des Regelalgorithmus OB 251 wirklich der zugehörige Regler-DB aufgeschlagen wurde.

Tabelle 11.11 Aufbau des Obergabebausteins

Datenwort	Name	Bemerkungen
1	K	Proportionalbeiwert (- 32 768 bis + 32 767) Bei positivem Regelsinn ist K größer als Null, bei negativem Regelsinn kleiner als Null; der angegebene Wert wird mit dem Faktor 0,001 multipliziert
3	R	R-Parameter (- 32 768 bis + 32 767) Gewöhnlich gleich 1 bei Reglern mit P-Anteil; der angegebene Wert wird mit dem Faktor 0,001 multipliziert
5	TI	Konstante TI (0 bis 9999) Abtastzeit TA $TI = \frac{\text{Nachstellzeit TN}}{\text{Abtastzeit TA}}$ Der angegebene Wert wird mit dem Faktor 0,001 multipliziert.
7	TD	Konstante TD (0 bis 999) Vorhaltezeit TV $TD = \frac{\text{Vorhaltezeit TV}}{\text{Abtastzeit TA}}$
9	W	Sollwert (- 2047 bis + 2047)
11	STEU	Steuerwort (13 Bit)
12	YH	Wert für H and betrieb (- 2047 bis + 2047)
14	BGOG	Obere Begrenzung (- 2047 bis + 2047)
16	BGUG	Untere Begrenzung (-2047 bis + 2047)

Tabelle 11.11 Aufbau des Übergabebausteins (Fortsetzung)

enwort		
22	X	Istwert (- 2047 bis + 2047)
24		StOrgrOf3e (- 2047 bis + 2047)
29	XZ	ZugefOrter D-Anteil (- 2047 bis + 2047)
48	YA	AusgangsgrOBe (- 2047 bis + 2047)

Alle angegebenen Parameter (mit Ausnahme des Steuerwortes STEU) sind als 16 bit-Festpunktzahl vorzugeben.

Die in der Tabelle nicht aufgeführten Datenwörter werden vom PID-Algorithmus als Hilfsmarker verwendet.

Initialisierung und Aufruf des PID-Reglers im STEP-5-Programm

Durch mehrmaligen Aufruf des OB 251 können verschiedene PID-Regler realisiert werden. Vor jedem Aufruf muß eine Datenübergabe durch einen zugehörigen Datenbaustein sichergestellt werden. Diese DB sind die Datenschnittstelle zwischen den Reglern und dem Anwender.

Im High-Byte des Steuerwortes DW 11 (DL 11) sind wichtige Reglerinformationen gespeichert. Deshalb ist bei der Beeinflussung der Anwenderbits im Steuerwort darauf zu achten, daß schreibend nur mit T DR 11 bzw. SUD 11.0 bis D 11.7 oder RUD 11.0 bis D 11.7 zugegriffen wird.

Wahl der Abtastzeit

Um die bekannte analoge Betrachtungsweise auch bei digitalen Regelkreisen anwenden zu können, darf die Abtastzeit nicht zu groß gewählt werden.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß eine Abtastzeit TA von etwa 1/10 der Zeitkonstante TRK_{dom} zu einem mit dem analogen Fall vergleichbaren Reglerergebnis führt. Die Zeitkonstante TRK_{dom} bestimmt die Sprungantwort des geschlossenen Regelkreises.

$$TA = 1/10 \cdot TRK_{dom}$$

Um eine konstante Abtastzeit zu gewährleisten, ist der OB 251 grundsätzlich im Zeit-OB (OB 13) aufzurufen.

* TRK_{dom} = dominierende Streckenzeitkonstante des geschlossenen Regelkreises

Beispiel für die Verwendung des PID-Regelalgorithmus

Die Temperatur eines Glühofens soll durch eine PID-Regelung konstant gehalten werden.

Der Temperatur-Sollwert wird über ein Potentiometer vorgegeben.

Die Soll- und Istwerte werden über eine Analog-Eingabebaugruppe erfaßt und dem Regler zugeführt. Die berechnete Stellgröße wird dann über eine Analog-Ausgabebaugruppe ausgegeben.

Die Betriebsart des Reglers wird im Eingangsbyte 0 eingestellt (siehe Steuerwort DW 11 im ReglerDB). Die Reglereinstellung muß vom Anwender nach den bekannten Reglerentwurfsverfahren für jede Regelstrecke ermittelt werden.

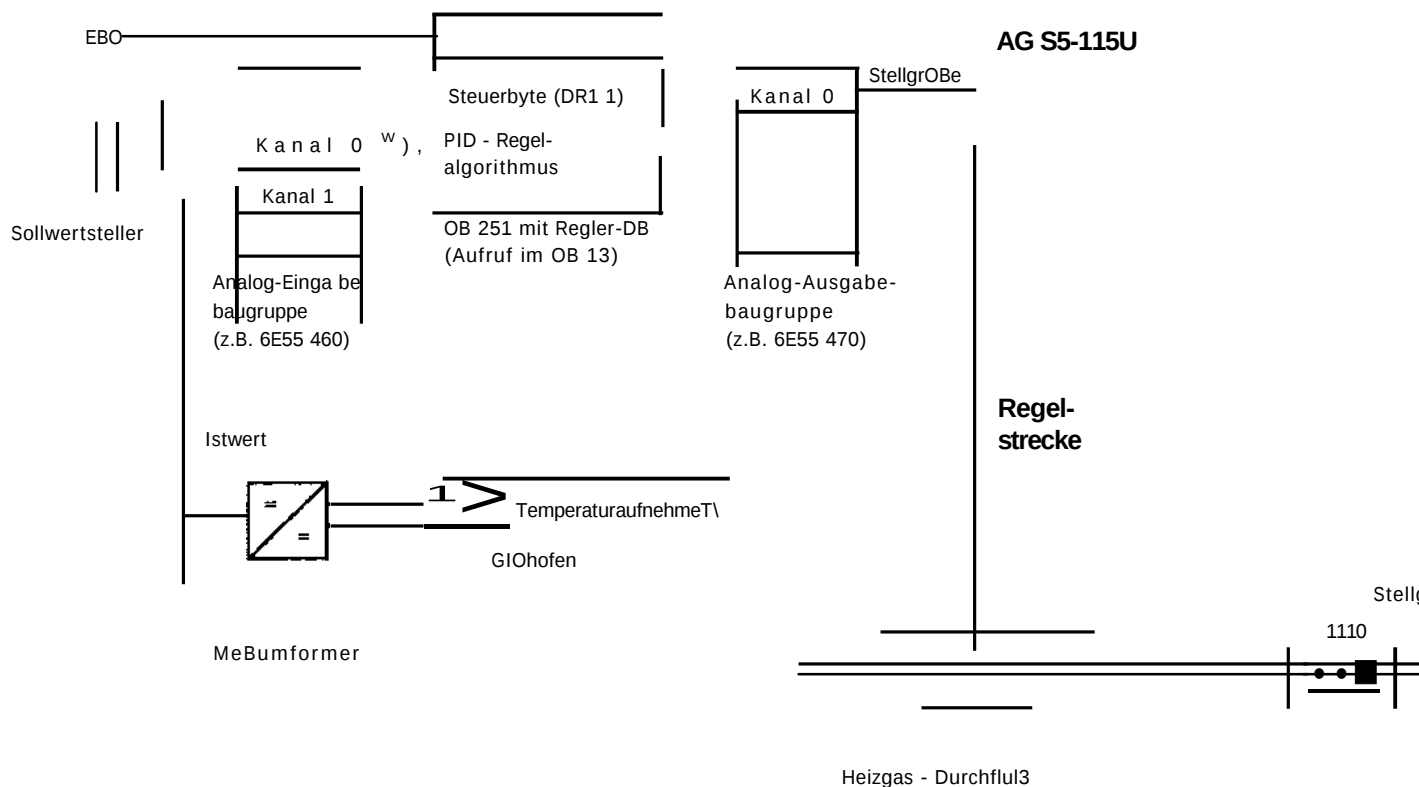


Bild 11.5 Technologieschema

In jedem Abtastzeitpunkt (bestimmt durch OB13-Zeit) werden die analogen Signale der Soll- und Istwerte in entsprechende digitale Werte umgewandelt. Der **OB 251** berechnet daraus die neue digitale Stellgröße, aus der dann mit der Analog-Ausgabe ein entsprechendes analoges Signal erzeugt wird. Mit diesem wird dann wieder die Regelstrecke beaufschlagt.

Aufruf des Reglers im Programm:

OB 13	Erläuterung
:SPA FB 10 :BE	REGLER BEARBEITEN NAME :REGLER 1 DIE REGLERABTASTZEIT WIRD DURCH DIE OB13-AUFRUFZEIT BESTIMMT (EINSTELLUNG IM SD 97). BEI DER WAHL DER ABTASTZEIT MUSS DIE VERSCHLUESSELUNGSZEIT DER VER- WENDETEN ANALOGEINGABEBAGRU- PPEN BEACHTET WERDEN.

NAME :REGLER 1	
:A DB 30	REGLER-DB AUFSCHLAGEN
	STEUERBITS FUER REGLER EINLESEN
:L PY 0	STEUEREINGAENGE FUER REGLER
:T MB 10	EINLESEN
:T DR 11	UND IN DR11 ABSPEICHERN
	ACHTUNG:
	IN DL11 SIND WICHTIGE STEUER-
	INFORMATIONEN FUER DEN OB251
	GESPEICHERT, DESHALB MUESSEN
	DIE STEUERBITS MIT I DR11
	UEBERTRAGEN WERDEN UM DL11
	NICHT ZU BEEINFLUSSEN
	IST- UND SOLLWERT EINLESEN
:U M 12.0	NULLMERKER (FUER NICHT VER-
:R M 12.0	WENDETE FUNKTIONEN IM FB250)
:UN M 12.1	1-MERKER
:S M 12.1	
:SPA FB 250	ISTWERT EINLESEN
NAME :RLG:AE	BAUGRUPPENADRESSE
BG KF +128	KANALNUMMER 0, FESTPUNKT BIPOLAR
KNKT : KY 0,6	OBERGRENZE ISTWERT
OGR : +2047	UNTERGRENZE ISTWERT
UGR : -2047	KEINE EINZELABTASTUNG
EINZ M 12.0	NORM. ISTWERT IN REG.-DB ABLEGEN
XA DW 22	FEHLERBIT
FB M 12.2	BEREICHSUEBERSCHREITUNG
BU M 12.3	TAETIGKEITSBIT
TBIT M 12.4	
:SPA F8 250	SOLLWERT EINLESEN

0. W*0	ii, ON
NAME :RLG:AE BG : KF +128 KNKT : K 1,6 OGR : KF +2047 UGR : K -2047 EINZ : M 12.0 XA : DW 9 FB : M 13.1 BU : M 13.2 TBIT : M 13.3 :U M 10.0 :SPB =WEIT :L DW 22 :T DW 9 : : : : : WEIT : :SPA OB 251 : :SPA FB 251 NAME :RLG:AA XE : DW 48 BG : KF +176 KNKT : K 0,1 OGR : KF +2047 UGR : K -2047 FEH : M 13.5 BU : M 13.6 BE	BAUGRUPPENADRESSE KANALNUMMER 1, FESTPUNKT BIPOLAR OBERGRENZE SOLLWERT UNTERGRENZE SOLLWERT KEINE EINZELABTASTUNG NORM. SOLLWERT IM REG-DB ABLEGEN FEHLERBIT BEREICHSUEBERSCHREITUNG TAETIGKEITSBIT IM HANDBETRIEB WIRD SOLLWERT GLEICH DEM ISTWERT GESETZT, DAMIT REGLER AUF EINE EVEN- TUELL VORHANDENE REGELABWEI- CHUNG MIT EINEM P-SPRUNG REAGIERT, WENN IN DEN AUTO- MATIK-BETRIEB UMGESCHALTET WIRD REGLER-AUFRUF STELLWERT Y AUSGEBEN STELLGR. Y AN ANALOGAUSGABE BAUGRUPPENADRESSE KANAL 0, FESTPUNKT BIPOLAR OBERGRENZE DES STELLSIGNALS UNTERGRENZE DES STELLSIGNALS FEHLERBIT BEI GRENZWERTVORGABE BEREICHSUEBERSCHREITUNG

0:	KH 0000;	
1:	KF = +01000;	K-PARAMETER(HIER=1),FAKTOR 0.001 (WERTEBEREICH: -32768 BIS 32767)
2:	KH = 0000;	R-PARAMETER(HIER=1),FAKTOR 0.001 (WERTEBEREICH: -32768 BIS 32767)
3:	KF = +01000;	TI=TA/TN(HIER=0.01),FAKTOR 0.001 (WERTEBEREICH: 0 BIS 9999)
4:	KH = 0000;	TD=TV/TA (HIER=10), FAKTOR 1 (WERTEBEREICH: 0 BIS 999)
5:	KF = +00010;	SOLLWERT W, FAKTOR 1 (WERTEBEREICH: -2047 BIS 2047)
6:	KH 0000;	STEUERWORT
7:	KF = +00010;	HANDWERT YH, FAKTOR 1 (WERTEBEREICH: -2047 BIS 2047)
8:	KH = 0000;	OBERE REG.BEGR. BGOG, FAKTOR 1 (WERTEBEREICH: -2047 BIS 2047)
9:	KF = +00000;	UNTERE REG.BEGR. BGUG, FAKTOR 1 (WERTEBEREICH: -2047 BIS 2047)
10:	KH = 0000;	
11:	KM 00000000 00100000;	
12:	KF = +00500;	
13:	KH = 0000;	
14:	KF = +02000;	
15:	KH = 0000;	
16:	KF = -02000;	
17:	KH = 0000;	
18:	KH = 0000;	
19:	KH = 0000;	
20:	KH = 0000;	
21:	KH = 0000;	
22:	KF = +00000;	ISTWERT X, FAKTOR 1 (WERTEBEREICH: -2047 BIS 2047)
23:	KH 0000;	STOERGRÖSSE Z, FAKTOR 1 (WERTEBEREICH: -2047 BIS 2047)
24:	KF = +00000;	
25:	KH = 0000;	
26:	KH = 0000;	
27:	KH = 0000;	
28:	KH = 0000;	
29:	KF +00000;	XZ-AUFSCHALTUNG FUER DIFF., FAKTOR 1, (-2047 BIS 2047)
30:	KH = 0000;	
31:	KH = 0000;	
32:	KH = 0000;	
33:	KH = 0000;	
34:	KH = 0000;	
35:	KH = 0000;	
36:	KH = 0000;	
37:	KH = 0000;	
38:	KH = 0000;	
39:	KH = 0000;	
40:	KH = 0000;	
41:	KH = 0000;	
42:	KH = 0000;	
43:	KH = 0000;	
44:	KH = 0000;	
45:	KH = 0000;	
46:	KH = 0000;	
47:	KH 0000;	
48:	KF = +00000;	REGLERAUSGANG Y, FAKTOR 1 (WERTEBEREICH: -2047 BIS 2047)
49:	KH = 0000;	
50:		