

SIEMENS

Ingenuity for life

Industry Online Support

Home

Ein- und Mehrschleifige Reglerstrukturen (Kaskadenregelung) mit PID_Temp

SIMATIC S7-1200/S7-1500

<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/103526819>

Siemens
Industry
Online
Support



Rechtliche Hinweise

Nutzung der Anwendungsbeispiele

In den Anwendungsbeispielen wird die Lösung von Automatisierungsaufgaben im Zusammenspiel mehrerer Komponenten in Form von Text, Grafiken und/oder Software-Bausteinen beispielhaft dargestellt. Die Anwendungsbeispiele sind ein kostenloser Service der Siemens AG und/oder einer Tochtergesellschaft der Siemens AG ("Siemens"). Sie sind unverbindlich und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Funktionsfähigkeit hinsichtlich Konfiguration und Ausstattung. Die Anwendungsbeispiele stellen keine kundenspezifischen Lösungen dar, sondern bieten lediglich Hilfestellung bei typischen Aufgabenstellungen. Sie sind selbst für den sachgemäßen und sicheren Betrieb der Produkte innerhalb der geltenden Vorschriften verantwortlich und müssen dazu die Funktion des jeweiligen Anwendungsbeispiels überprüfen und auf Ihre Anlage individuell anpassen.

Sie erhalten von Siemens das nicht ausschließliche, nicht unterlizenzierbare und nicht übertragbare Recht, die Anwendungsbeispiele durch fachlich geschultes Personal zu nutzen. Jede Änderung an den Anwendungsbeispielen erfolgt auf Ihre Verantwortung. Die Weitergabe an Dritte oder Vervielfältigung der Anwendungsbeispiele oder von Auszügen daraus ist nur in Kombination mit Ihren eigenen Produkten gestattet. Die Anwendungsbeispiele unterliegen nicht zwingend den üblichen Tests und Qualitätsprüfungen eines kostenpflichtigen Produkts, können Funktions- und Leistungsmängel enthalten und mit Fehlern behaftet sein. Sie sind verpflichtet, die Nutzung so zu gestalten, dass eventuelle Fehlfunktionen nicht zu Sachschäden oder der Verletzung von Personen führen.

Haftungsausschluss

Siemens schließt seine Haftung, gleich aus welchem Rechtsgrund, insbesondere für die Verwendbarkeit, Verfügbarkeit, Vollständigkeit und Mangelfreiheit der Anwendungsbeispiele, sowie dazugehöriger Hinweise, Projektierungs- und Leistungsdaten und dadurch verursachte Schäden aus. Dies gilt nicht, soweit Siemens zwingend haftet, z.B. nach dem Produkthaftungsgesetz, in Fällen des Vorsatzes, der groben Fahrlässigkeit, wegen der schuldhaften Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit, bei Nichteinhaltung einer übernommenen Garantie, wegen des arglistigen Verschweigens eines Mangels oder wegen der schuldhaften Verletzung wesentlicher Vertragspflichten. Der Schadensersatzanspruch für die Verletzung wesentlicher Vertragspflichten ist jedoch auf den vertragstypischen, vorhersehbaren Schaden begrenzt, soweit nicht Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit vorliegen oder wegen der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit gehaftet wird. Eine Änderung der Beweislast zu Ihrem Nachteil ist mit den vorstehenden Regelungen nicht verbunden. Von in diesem Zusammenhang bestehenden oder entstehenden Ansprüchen Dritter stellen Sie Siemens frei, soweit Siemens nicht gesetzlich zwingend haftet.

Durch Nutzung der Anwendungsbeispiele erkennen Sie an, dass Siemens über die beschriebene Haftungsregelung hinaus nicht für etwaige Schäden haftbar gemacht werden kann.

Weitere Hinweise

Siemens behält sich das Recht vor, Änderungen an den Anwendungsbeispielen jederzeit ohne Ankündigung durchzuführen. Bei Abweichungen zwischen den Vorschlägen in den Anwendungsbeispielen und anderen Siemens Publikationen, wie z. B. Katalogen, hat der Inhalt der anderen Dokumentation Vorrang.

Ergänzend gelten die Siemens Nutzungsbedingungen (<https://support.industry.siemens.com>).

Securityhinweise

Siemens bietet Produkte und Lösungen mit Industrial Security-Funktionen an, die den sicheren Betrieb von Anlagen, Systemen, Maschinen und Netzwerken unterstützen.

Um Anlagen, Systeme, Maschinen und Netzwerke gegen Cyber-Bedrohungen zu sichern, ist es erforderlich, ein ganzheitliches Industrial Security-Konzept zu implementieren (und kontinuierlich aufrechtzuerhalten), das dem aktuellen Stand der Technik entspricht. Die Produkte und Lösungen von Siemens formen nur einen Bestandteil eines solchen Konzepts.

Der Kunde ist dafür verantwortlich, unbefugten Zugriff auf seine Anlagen, Systeme, Maschinen und Netzwerke zu verhindern. Systeme, Maschinen und Komponenten sollten nur mit dem Unternehmensnetzwerk oder dem Internet verbunden werden, wenn und soweit dies notwendig ist und entsprechende Schutzmaßnahmen (z.B. Nutzung von Firewalls und Netzwerksegmentierung) ergriffen wurden.

Zusätzlich sollten die Empfehlungen von Siemens zu entsprechenden Schutzmaßnahmen beachtet werden. Weiterführende Informationen über Industrial Security finden Sie unter:

<https://www.siemens.com/industrialsecurity>.

Die Produkte und Lösungen von Siemens werden ständig weiterentwickelt, um sie noch sicherer zu machen. Siemens empfiehlt ausdrücklich, Aktualisierungen durchzuführen, sobald die entsprechenden Updates zur Verfügung stehen und immer nur die aktuellen Produktversionen zu verwenden. Die Verwendung veralteter oder nicht mehr unterstützter Versionen kann das Risiko von Cyber-Bedrohungen erhöhen.

Um stets über Produkt-Updates informiert zu sein, abonnieren Sie den Siemens Industrial Security RSS Feed unter: <https://www.siemens.com/industrialsecurity>.

Inhaltsverzeichnis

	Rechtliche Hinweise	2
1	Aufgabe	4
2	Lösung	5
	2.1 Übersicht.....	5
	2.2 Hard- und Software-Komponenten.....	7
	2.2.1 Gültigkeit.....	7
	2.2.2 Verwendete Komponenten.....	7
3	Grundlagen zur Regelungstechnik	8
4	Funktionsweise	10
	4.1 Gesamtübersicht	10
	4.2 Startup OB – OB100.....	12
	4.3 Simulierter Prozess "Schokoladen-Wasserbad"	12
	4.4 Einschleifige Regelung	14
	4.5 Dreischleifige Regelung	14
5	Projektierung und Inbetriebnahme des PID_Temp-Reglers	17
	5.1 Projektierung PID_Temp, einschleifig.....	17
	5.2 Projektierung PID_Temp, dreischleifig	21
	5.3 Inbetriebnahme.....	29
6	Installation und Inbetriebnahme des Beispielprojekts	33
	6.1 Installation der Hardware	33
	6.2 Installation der Software	34
	6.3 Inbetriebnahme.....	34
7	Bedienung der WinCC-Oberfläche	36
	7.1 Übersicht.....	36
	7.2 Szenario: Sollwertsprung	38
	7.3 Szenario: Störgrößen-Einfluss	39
8	Literaturhinweise	40
9	Historie	40

1 Aufgabe

Einführung

Die Regelung von Temperaturstrecken stellt eine besondere Herausforderung an einen Regler dar, auch wenn es sich bei Temperatur-Regelungen um träge Regelstrecken handelt.

SIMATIC S7-1200 und S7-1500 bieten hierzu neben integrierten Universalreglern auch einen speziellen Temperaturregler an. Dieser eignet sich für Heiz- oder Heiz-/Kühlanwendungen und ist einfach kaskadierbar.

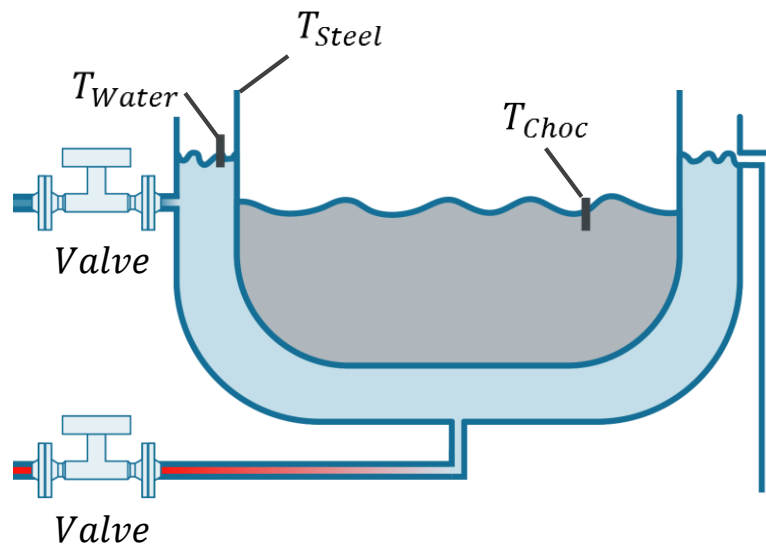
Diese Applikation zeigt anhand des Szenarios "Schokoladen-Wasserbad" die Umsetzung einer Controller-basierten Regelung zum Temperieren der Schokoladentemperatur. Dabei muss der Prozess für gute Produkteigenschaften (z.B. Glanz, Konsistenz und Geschmack) in mehreren Schritten erwärmt und wieder abgekühlt werden.

Das "Schokoladen-Wasserbad" besteht aus einem Behälter mit Wasser, in das über zwei Ventile Warm- und Kaltwasser zugeführt werden kann. Die Temperatur des Wassers überträgt sich dann auf den Edelstahl-Behälter und die zu schmelzende Schokoladenmasse.

Überblick über die Automatisierungsaufgabe

Folgendes Bild gibt einen Überblick über die Regelstrecke mit Ihren Stell- und Messgliedern.

Abbildung 1-1



Beschreibung der Automatisierungsaufgabe

Für die Regelungsaufgabe soll ein Wasserbad mit drei Messstellen simuliert und möglichst optimal geregelt werden.

Diese Applikation ermöglicht zudem einen Vergleich zwischen einem Regelsystem mit drei Reglern (kaskadierte Regelung/dreischleifige Regelung) und einem Regelsystem mit nur einem Regler bezüglich

- Implementierungsaufwand,
 - Inbetriebnahme und
 - Führungs- und Störverhalten
- des Regelkreises.

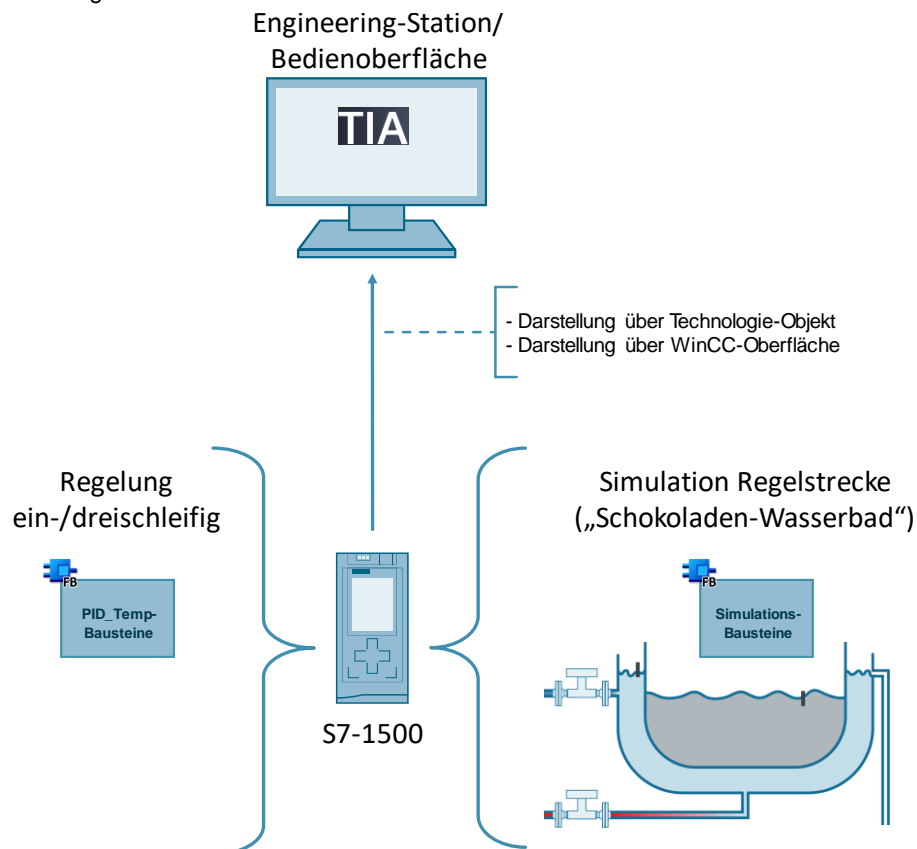
2 Lösung

2.1 Übersicht

Schema

Die folgende Abbildung zeigt schematisch die wichtigsten Komponenten der Lösung:

Abbildung 2-1



Die Applikation realisiert:

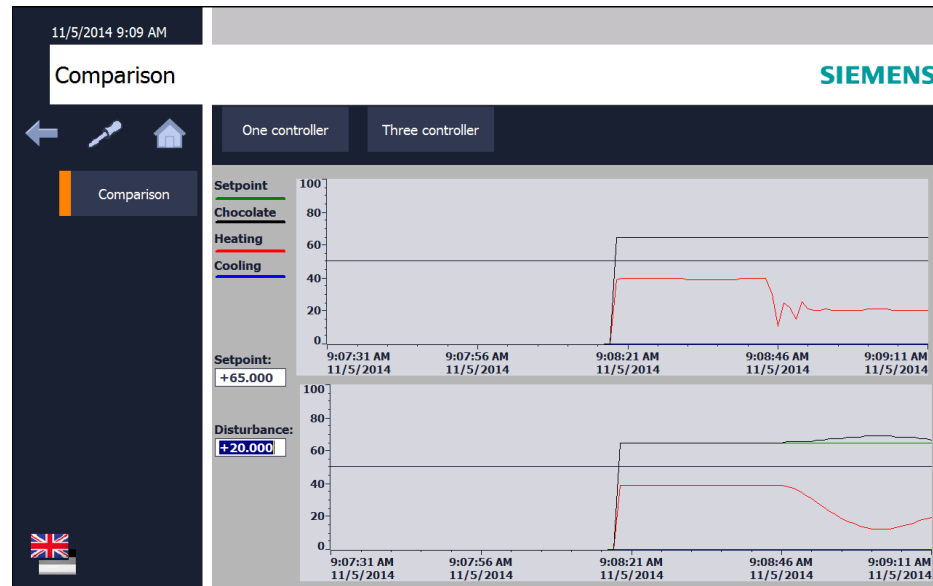
- einen simulierten Prozess für das Szenario "Schokoladen-Wasserbad". Der Prozess wird in Kapitel [4.3](#) beschrieben.
- eine dreischleifige Regelung in Master-Slave-Verschaltung mit drei PID_Temp¹ Bausteinen. Die Funktionsweise (vgl. Kapitel [4.5](#)) und die Realisierung (vgl. Kapitel [5.2](#)) werden beschrieben.
- eine einschleifige Regelung mit dem PID_Temp-Baustein. Die Funktionsweise (vgl. Kapitel [4.4](#)) und die Realisierung (vgl. Kapitel [5.1](#)) werden beschrieben.
- eine WinCC-Oberfläche für einen schnellen Überblick über den Verlauf der Soll- und Istwerte.

¹ Das Technologieobjekt „PID_Temp“ ist Bestandteil von STEP 7 und in Verbindung mit der entsprechenden CPU-Firmware (durch kostenloses Betriebssystem-Update) einsetzbar.

Visualisierung

Über die in WinCC realisierte Visualisierung ist es möglich, einen Überblick über die beiden realisierten Regelstrecken zu erhalten:

Abbildung 2-2



Vorteile

Die Beispielapplikation bietet Ihnen die folgenden Vorteile:

1. anschauliches Beispielprojekt zur Anpassung an eigene Anforderungen bei mehrschleifigen Regelsystemen.
2. Schritt-für-Schritt Anweisungen zum Programmieren und zur Inbetriebnahme eines dreischleifigen Reglersystems in Master-Slave Verschaltung.
3. direkter Vergleich des Regelverhaltens eines einschleifigen und eines dreischleifigen Reglersystems über die WinCC-Oberfläche.

Abgrenzung

Grundlegende Kenntnisse über die Themen

- STEP 7 (TIA-Portal)
- der Programmiersprachen SCL/KOP/FUP
- sowie der Regelungstechnik

werden vorausgesetzt und nicht explizit in dieser Beschreibung behandelt.

2.2 Hard- und Software-Komponenten

2.2.1 Gültigkeit

Diese Applikation ist gültig für

- STEP 7, ab V15.1
- WinCC, ab V15.1
- S7-1500, ab FW 2.6
- S7-1200, ab FW V4.1

2.2.2 Verwendete Komponenten

Die Applikation wurde mit den nachfolgenden Komponenten erstellt:

Hardware-Komponenten

Tabelle 2-1

Komponente	Anz.	Artikelnummer	Hinweis
CPU 1516-3 PN/DP	1	6ES7516-3AN01-0AB0	Sie können auch eine andere CPU der S7-1500 Familie verwenden.
PM 70W 120/230VAC	1	6EP1332-4BA00	Sie können auch ein anderes Modul zur Versorgung der S7-1500 CPU verwenden.
PG M4	1	6ES7716-.....-0...	Sie können auch einen anderen PC mit entsprechender Hard- und Software verwenden.

Software-Komponenten

Tabelle 2-2

Komponente	Anz.	Artikelnummer	Hinweis
SIMATIC STEP 7 Professional V15.1	1	6ES7822-1AA05-0YA5	
WinCC Runtime Advanced 128 V15.1	1	6AV2104-0BA05-0AA0	

Beispieldateien und Projekte

Die folgende Liste enthält alle Dateien und Projekte, die in diesem Beispiel verwendet werden.

Tabelle 2-3

Komponente	Hinweis
103526819_PID_Temp_CODE_v11.zip	Diese gepackte Datei enthält das STEP 7 Projekt.
103526819_PID_Temp_DOKU_v11_d.pdf	Dieses Dokument.

3 Grundlagen zur Regelungstechnik

Überblick

Die Regelungstechnik ist eine Ingenieurwissenschaft, die sich damit befasst gegebene Größen in technischen Systemen gezielt zu beeinflussen. Ziel ist es, den gewünschten Wert dieser Größe unter bestimmten Bedingungen zu erreichen und zu halten.

Dieses Kapitel enthält einen sehr kurzen Abriss zum Thema "Regelungstechnik".

Im Systemhandbuch zu STEP 7 Professional wird die PID-Regelung mit Grundlagen zur Regelungstechnik behandelt ([13](#)).

Regelstrecke

Eine Regelstrecke enthält die zu regelnde Größe, wie etwa die Temperatur eines Raumes. Um den Typ einer Strecke zu identifizieren und dann dynamisch optimal zu regeln, bedarf es der genauen Analyse des zu regelnden Systems.

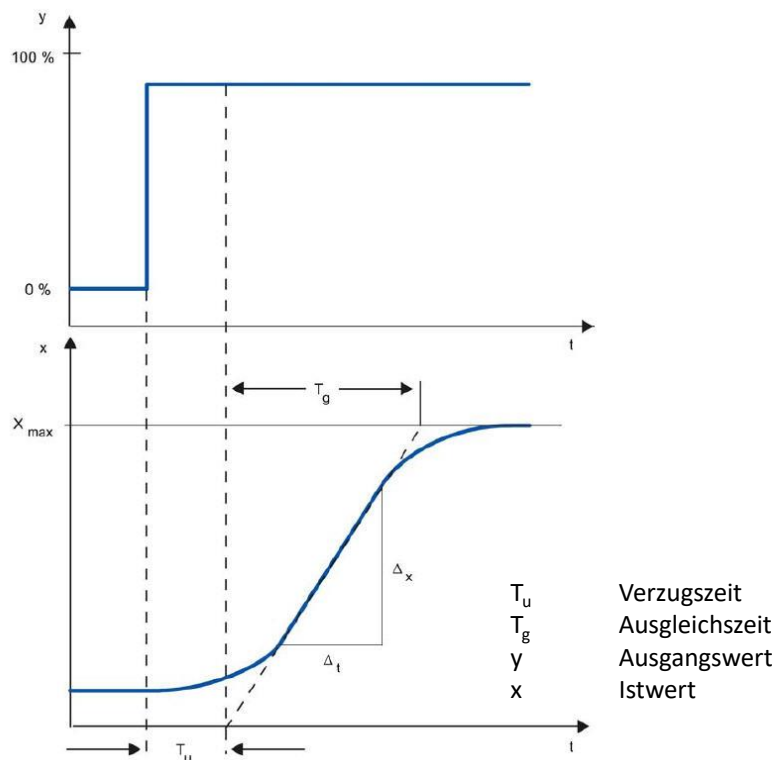
Eine Möglichkeit der Identifizierung ist es, die Sprungantwort einer Regelstrecke zu betrachten. Beispielhaft ist im folgenden Bild die Sprungantwort eines PTn-Systems (zum Beispiel Temperatur in einem Raum) abgebildet.

Das Zeitverhalten lässt sich näherungsweise durch die Größen

- Verzugszeit T_u
- Ausgleichzeit T_g
- Maximalwert X_{max}

festlegen.

Abbildung 3-1 Sprungantwort PTn-System



Regler

Der Regler steuert ein Stellglied, um die Regelstrecke in einen gewünschten Zustand zu bringen. Die einfachsten Regler sind Zweipunktregler, die nur die Zustände "AN" und "AUS" kennen und dadurch über das Stellglied die Regelstrecke steuern.

Der häufig eingesetzte PID-Regler besteht aus drei Teilen:

- Der P-Anteil erzeugt ein Ausgangssignal, das proportional zur Regelabweichung (Differenz von Soll- und Istwert) ist.
- Der I-Anteil integriert die Regelabweichung über die Zeit und wirkt aufgrund dieser Integration auf die Regelstrecke.
- Der D-Anteil hingegen reagiert auf die Änderung der Regelabweichung (zeitliche Ableitung der Regelabweichung).

Diese drei Anteile des idealen PID-Reglers werden durch die Koeffizienten Proportionalverstärkung, Integrationszeit und Differenzierzeit gewichtet.

Die SIMATIC S7-1500 bietet mit den Bausteinen "PID_Compact", "PID_3Step" und "PID_Temp" bereits eine in die Firmware integrierte Möglichkeit der Softwareregelung an.

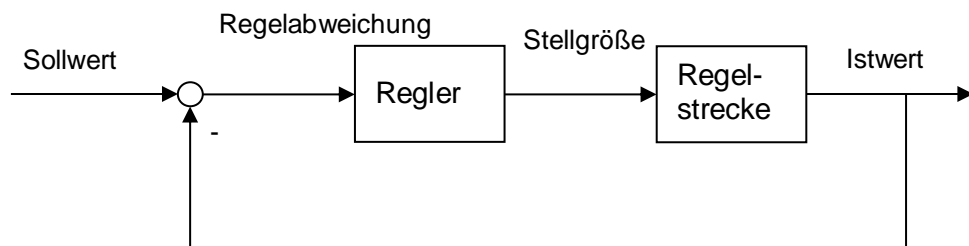
Hinweis

In dieser Applikation wird der "PID_Temp" verwendet. Nähere Informationen zum "PID_Compact" und "PID_3Step" finden Sie im Handbuch \3\ und in der Online-Hilfe des TIA Portals.

Regelkreis

In einem Regelkreis wird vom Regler die Regelabweichung zwischen Soll- und Istwert ermittelt und daraus eine Stellgröße abgeleitet. Die Stellgröße wirkt über ein Stellglied auf die Regelstrecke (siehe [Abbildung 3-2](#)).

Abbildung 3-2 Regelkreis, einfach



Ein einfaches Beispiel für einen Regelkreis ist die Regelung der Raumtemperatur durch eine Heizung. Die Raumtemperatur wird mit einem Sensor gemessen und einem Regler zugeführt. Dieser vergleicht die aktuelle Raumtemperatur mit einem Sollwert und berechnet einen Ausgangswert (Stellwert) für die Ansteuerung der Heizung.

Wenn mehrere Sensoren verschiedene Werte eines Prozesses erfassen, dann ist häufig der Einsatz eines mehrschleifigen Reglersystems sinnvoll. Diese Applikation realisiert ein dreischleifiges Regelsystem mit dem "PID_Temp"-Regler.

4 Funktionsweise

Dieses Kapitel beschreibt die grundlegenden Funktionsmechanismen des Applikationsbeispiels.

4.1 Gesamtübersicht

Das Anwenderprogramm der S7-1500 CPU gliedert sich in zwei Teile.

Szenario – kaskadierter Regelkreis

Der zyklisch (alle 10ms) aufgerufene OB30 ruft sowohl die Funktionsbausteine PID_Temp zur Regelung, als auch die Simulationsbausteine für den simulierten Prozess "Schokoladen-Wasserbad" auf (vgl. [Abbildung 4-2](#)).

Das Blockschaltbild zeigt die Rückführung von jeweils einer Messgröße des simulierten Prozesses auf einen Eingang eines PID_Temp-Bausteins. Die Regler sind untereinander zu einer Kaskade verschaltet.

Abbildung 4-1 Blockschaltbild Verschaltung "dreischleifig"

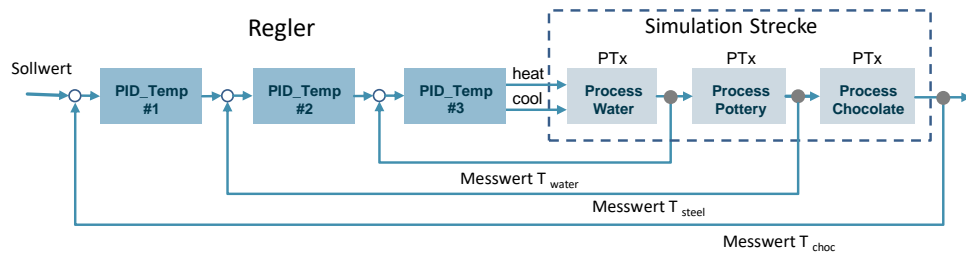
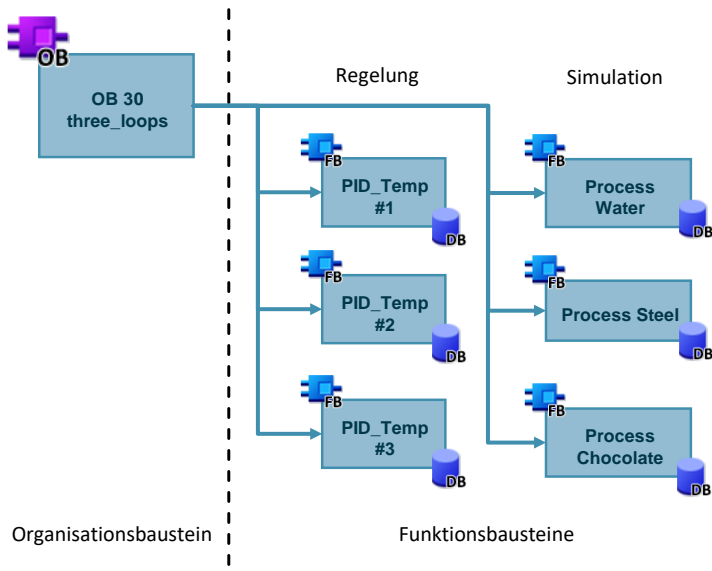


Abbildung 4-2 PLC-Programm dreischleifiger Regelkreis



Szenario – einschleifige Regelung

Der zyklisch (alle 10ms) aufgerufene OB31 ruft sowohl den Funktionsbaustein PID_Temp zur Regelung, als auch die Simulationsbausteine für den simulierten Prozess "Schokoladen-Wasserbad" auf (vgl. [Abbildung 4-4](#)). Das Blockschaltbild zeigt die Rückführung des Messwerts "Schokolade" auf den Eingang des PID_Temp-Reglers.

Abbildung 4-3 Blockschaltbild Verschaltung "einschleifig"

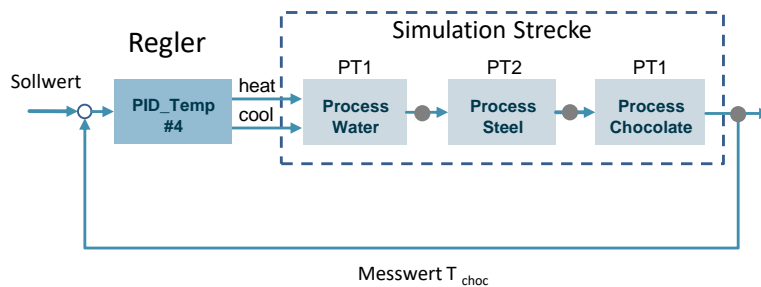
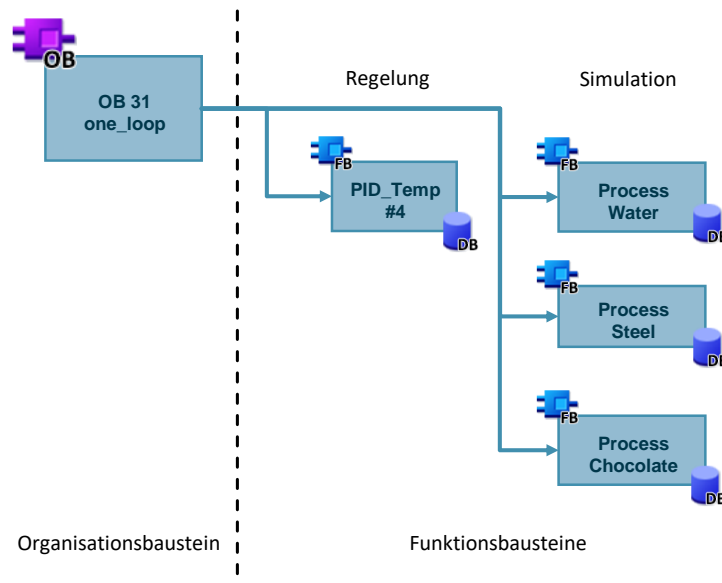


Abbildung 4-4 PLC-Programm einschleifiger Regelkreis



Unterschiede der Szenarien

Die beiden Szenarien unterscheiden sich hauptsächlich durch das Nutzen der vorhandenen "Messstellen" (entspricht den Ausgangsparametern der simulierten Komponenten des Prozesses).

In der dreischleifigen Kaskaden-Regelung werden die Temperaturwerte der Teilstrecken Wasser, Edelstahlgefäß und Schokolade an jeweils einen Regler zurückgeführt.

In der einschleifigen Regelung wird nur die Schokoladentemperatur von einem Regler geregelt.

Das bessere Verhalten der Regelstrecke mit einer dreischleifigen Regelung ist gut in [4.5](#) zu sehen.

4.2 Startup OB – OB100

Der Startup OB (OB100) realisiert bei einem Neuanlauf der CPU die folgenden Funktionen:

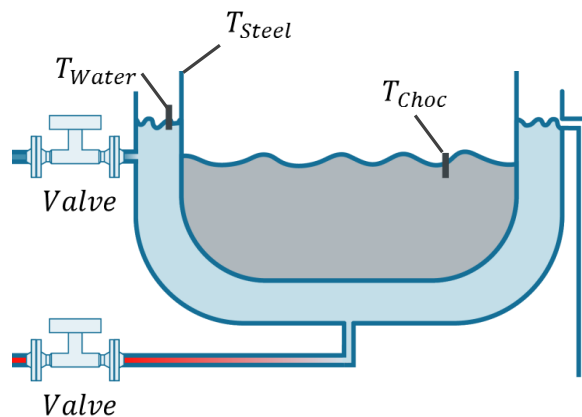
- Initialisieren der Simulations-Bausteine
- Initialisieren der PID_Temp-Regler

4.3 Simulierter Prozess "Schokoladen-Wasserbad"

Prozess

Die folgende Abbildung zeigt den zu simulierenden Prozess:

Abbildung 4-5



© Siemens AG 2019. All rights reserved.

Verwendete Bibliothek

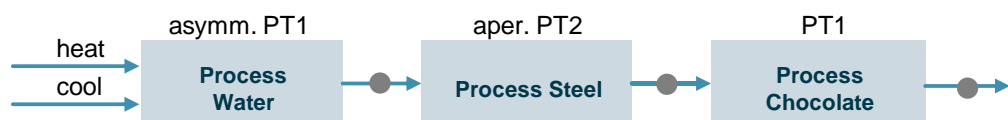
Die verwendeten Simulationsbausteine sind zum Großteil aus der Bibliothek "Sim_controlprocess" entnommen, die unter [8](#) heruntergeladen werden kann.

Prozess "Schokoladen-Wasserbad"

Das "Schokoladen-Wasserbad" wird durch die serielle Verschaltung von drei Simulations-FBs realisiert.

Die einzelnen Simulationsstrecken besitzen unterschiedliche Zeitkonstanten aber identische Verstärkungen.

Abbildung 4-6 Schokoladen-Wasserbad



Die einzelnen Glieder haben die folgende Charakteristik:

- Process Water: unterschiedliches PT1-Verhalten bei Heizen und Kühlen

4 Funktionsweise

4.3 Simulierter Prozess "Schokoladen-Wasserbad"

- Process Steel: aperiodische PT2 Strecke (kein Überschwingen bei einer Sprungantwort)
- Process Chocolate: einfache PT1 Strecke

Die folgenden Zeitkonstanten wurden gewählt:

Tabelle 4-1

	GAIN	TM_LAG1 bzw. TM_LAG_Heat	TM_LAG_Cool	TM_LAG2
asym. PT1-Glied (Wasser)	1	1,0	0,75	-
aper. PT2-Glied (Edelstahl)	1	15,0	-	5,0
PT1-Glied (Schokolade)	1	125,0	-	-

Hinweis Das Beispiel erhebt keinen Anspruch auf eine detailgetreue Abbildung der Wirklichkeit. Der Fokus der Applikation liegt auf der Programmierung und Inbetriebnahme der PID_Temp-Regelbausteine.

Zufuhr Kalt- und Warmwasser

Die Simulationsstrecke besitzt die beiden Eingänge "INV_COOL" und "INV_HEAT". Über die beiden Eingänge kann jeweils (mit positiven Werten) eine Kühl- oder eine Heizleistung, die auf die Regelstrecke wirkt, abgebildet werden.

In der Applikation werden die Real-Ausgänge OutputHeat und OutputCool des PID_Temp-Reglers mit den Eingängen der Simulationsstrecke verschalten.

Die beiden Eingänge simulieren die variabel stellbaren Ventile eines realen Prozesses.

Mit den in der Beispielapplikation vorgenommenen Einstellungen kann der Prozess zwischen den Werten 1°C und +130°C geregelt werden.

Identische Simulation

Der Prozess wird unabhängig voneinander, aber mit identischen Parametern im OB "30_three_loops" (OB30) und im OB "31_one_loop" (OB31) simuliert.

4.4 Einschleifige Regelung

Funktionsweise

Bei der einschleifigen Regelung wird ein PID_Temp-Regler mit dem simulierten Prozess verschalten (siehe [Abbildung 4-3](#)).

Tabelle 4-2

Funktionsbaustein	Messgröße (Rückführung aus Simulation)	Slave von	Master für	Stellwert verschaltet mit
PID_Temp_4	Schokoladentemperatur	-	-	Warm- und Kaltwasser ,Ventil'

Vorteil

Durch einen einschleifigen Regler werden im Vergleich zum dreischleifigen Regler zwar schlechtere Regelergebnisse erzielt, allerdings bietet diese Art der Verschaltung auch Vorteile:

- geringerer Bedarf an Hardware (nur ein Sensor zur Rückführung der Regelgröße aus dem Prozess).
- nur ein Regler muss in Betrieb genommen werden (dank der Unterstützung durch die grafischen Technologieobjekte ist aber auch die Inbetriebnahme mehrerer Regler kein komplexes Unterfangen).

4.5 Dreischleifige Regelung

Funktionsweise

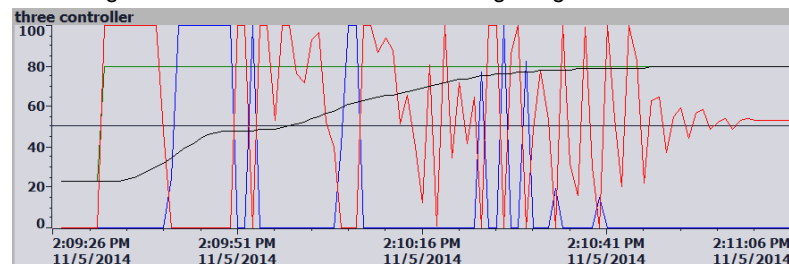
Bei der dreischleifigen Regelung werden drei PID_Temp-Regler miteinander verschalten (siehe [Abbildung 4-1](#)).

Jeder Regler erhält aus dem simulierten Prozess eine andere Messgröße zur Überwachung.

Die PID_Temp-Regler sind untereinander in Master-Slave-Schaltung verbunden, was unter anderem Vorteile bei der Inbetriebnahme bringt (vgl. Kapitel [5.3](#)).

Für die Inbetriebnahme der Regler wird nur der PI-Reglersatz anstelle des PID-Reglersatzes verwendet. Bei der Kaskadierung von Reglern wirkt sich ein D-Anteil in den Reglern sehr stark auf die Ausgänge aus. Selbst ein Rauschen des Istwerts kann durch die Kaskadenschaltung der Regler zu einer stark ausschlagenden Regelung führen (vgl. [Abbildung 4-7](#), die rote Linie ist der Heizwert). Dieses Verhalten ist in einer realen Anlage unerwünscht, da es die vorhandene Hardware (zum Beispiel Ventile) stark belastet.

Abbildung 4-7 Heiz- und Kühlwert bei PID-Regelung



4 Funktionsweise

4.5 Dreischleifige Regelung

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Verschaltung der Regler:

Tabelle 4-3

Funktionsbaustein	Messgröße (Rückführung aus Simulation)	Slave von	Master für	Stellwert verschaltet mit
PID_Temp_1 ("außen")	Schokoladen-temperatur	-	PID_Temp_2	PID_Temp_2
PID_Temp_2 ("mitte")	Schmelzwannen-temperatur	PID_Temp_1	PID_Temp_3	PID_Temp_3
PID_Temp_3 ("innen")	Wasser-temperatur	PID_Temp_2	-	Warm- und Kaltwasserventil

Vorteil

Durch die Rückführung und Überwachung von mehr als einem Messwert erhält die Regelstrecke im Vergleich zu einer einschleifigen Regelung eine geringere Störempfindlichkeit (siehe [Abbildung 4-10](#)).

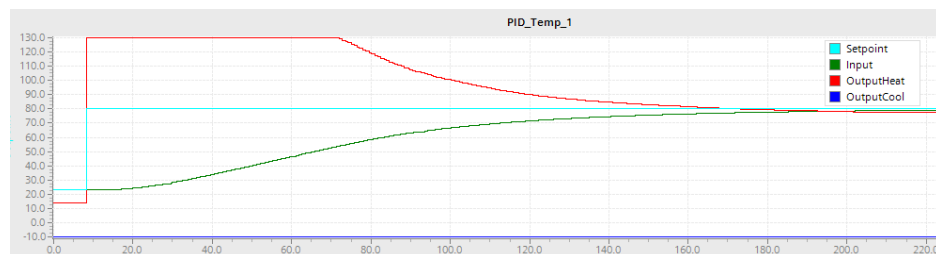
Vergleich Führungsverhalten

Die Abbildung zeigt jeweils Sollwert (Setpoint), Aktualwert (Input), sowie die Heiz- und Kühlleistung (OutputHeat, OutputCool) des Ausgangs.

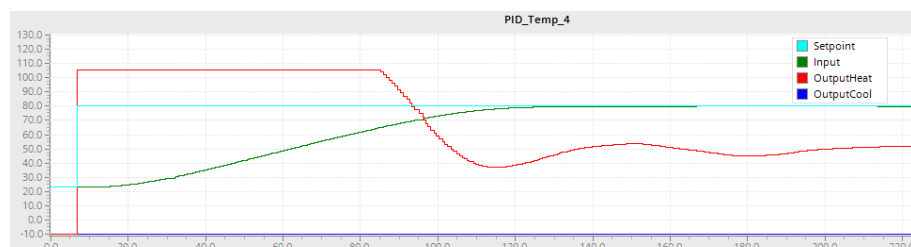
Je nach verwendeter Strecke ergibt sich ein unterschiedliches Führungsverhalten.

Abbildung 4-8 Führungsverhalten nach "Nachoptimierung"

dreischleifig:



einschleifig:



Vergleich Störverhalten

Abbildung 4-10 zeigt das Störverhalten nach dem Einwirken einer Störgröße auf den simulierten Prozess "Wasserbad" (FB "1_1ProcessWater" und FB "2_1ProcessWater"). Der Einfluss auf die Regelgröße ist jeweils rot markiert.

Abbildung 4-9 Störung auf die simulierte Strecke

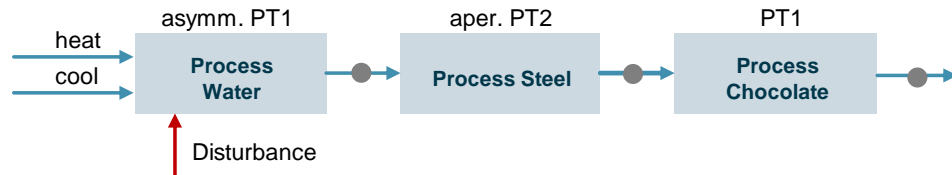
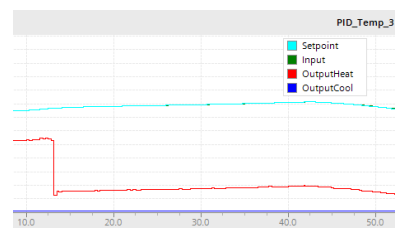


Abbildung 4-10 Störverhalten

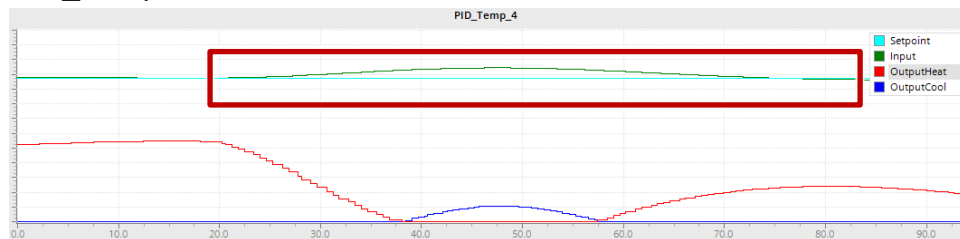
PID_Temp #1



PID_Temp #3



PID_Temp #4



Der Regler PID_Temp #1 ist die äußere Kaskade der dreischleifigen Regelung, PID_Temp #3 die innere Kaskade. Der Regler PID_Temp #4 wird einschleifig verwendet.

Die unterschiedlich schnellen Reaktionszeiten und die Zeiten, bis der Sollwert wieder erreicht ist, lassen sich folgendermaßen erklären:

Bei einer einschleifigen Regelung muss sich der Effekt der Störgröße im äußeren Prozess (Wasser) zuerst auf den ‚inneren‘ Prozess (Schokolade) auswirken. Erst dann erkennt der einschleifige Regler die Störung und regelt entsprechend.

Bei einer dreischleifigen Regelung erkennt der innere Regler direkt den Einfluss auf den Prozess und beginnt entsprechend zu regeln. Wie in der Abbildung zu sehen ist, schlägt der Einfluss der Störgröße nicht auf den inneren Prozess (der Eingang für den äußeren Regler) durch.

5 Projektierung und Inbetriebnahme des PID_Temp-Reglers

5.1 Projektierung PID_Temp, einschleifig

Überblick

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Verschaltung des Reglers.

Tabelle 5-1

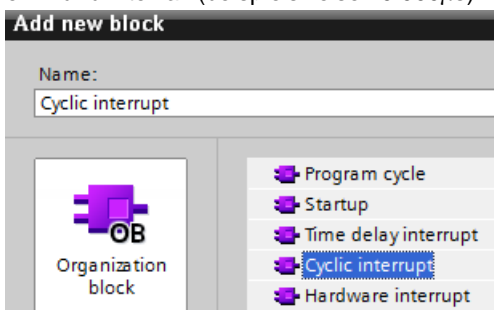
	Messgröße (Rückführung aus Simulation)	Slave von	Master für	Stellwert verschaltet mit
PID_Temp_4	Schokoladen- temperatur	-	-	Warm- und Kaltwasserventil bzw. deren Simulation.

Projektierung Regler

Die folgende Tabelle stellt eine Schritt-für-Schritt Anweisung zur Projektierung eines einschleifigen PID_Temp-Reglers zur Verfügung.

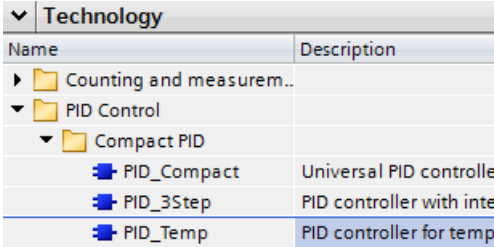
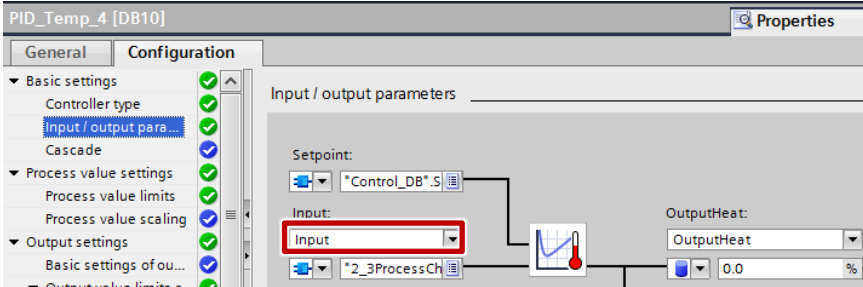
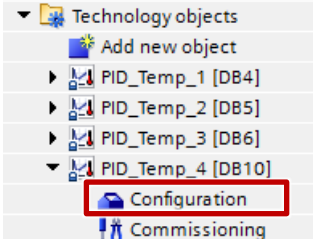
Die Screenshots wurden im Beispielprojekt "PID_Temp" erstellt. Die verwendete Programmiersprache ist SCL. Die Verschaltungen gelten für andere Programmiersprachen wie KOP, FUP oder AWL analog.

Tabelle 5-2

Nr.	Aktion
1.	Bereiten Sie die simulierte Regelstrecke vor.
2.	<p>Fügen Sie in Ihr Projekt einen Weckalarm ("Cyclic interrupt")-OB ein. Wählen Sie ein Aufrufintervall (beispielsweise 10 000µs)</p>  <p>Hinweis: Die Anweisung "PID_Temp" muss zyklisch aufgerufen werden.</p>

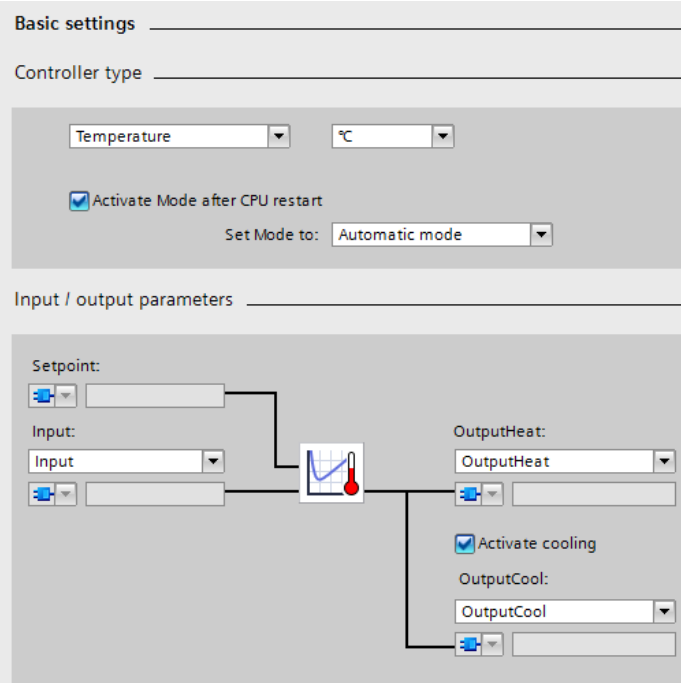
5 Projektierung und Inbetriebnahme des PID_Temp-Reglers

5.1 Projektierung PID_Temp, einschleifig

Nr.	Aktion
3.	<p>Fügen Sie aus den Anweisungen unter "Technologie > PID Control > Compact PID" die Anweisung "PID_Temp" in Ihren Baustein ein.</p>  <p>Hinweis: Zur komfortablen Nutzung der Konfigurations- und Inbetriebnahmemaske des Technologieobjekts muss der Baustein "PID_Temp" als Einzelinstanz aufgerufen werden.</p>
4.	<p>Verschalten Sie die folgenden Parameter der Anweisung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Setpoint: Mit einer Sollwert-Variablen Ihres Projekts. • Input: Mit dem Sensor/Ausgang der Regelstrecke Der Parameter Input dient zur Verschaltung mit einem REAL-Wert. Der Parameter Input_PER kann für die direkte Verschaltung mit einem Analogwert verwendet werden. <pre data-bbox="496 927 1362 1032"> //call of the PID_Temp instruction □="PID_Temp_4" (Setpoint:="Control_DB".SETPOINT, Input:="2_3ProcessChocolate".Output); </pre>
5.	<p>Markieren Sie den Bausteinaufruf "PID_Temp_4" und öffnen Sie über Rechtsklick in den Eigenschaften den Reiter "Konfiguration" im Inspektorfenster. Wechseln Sie in die Lasche "Grundeinstellungen > Eingangs-/Ausgangsparameter" ("Basic settings > Input/output parameters"). Wählen Sie für Input: aus dem Dropdown-Menü den Wert "Input", um den verschalteten Prozesswert zu aktivieren.</p> 
6.	<p>Wechseln Sie in der Projektnavigation Ihres Projekts in den Ordner "Technologieobjekte". Öffnen Sie dort mit einem Doppelklick die Konfiguration der unter 3. eingefügten Anweisung.</p> 

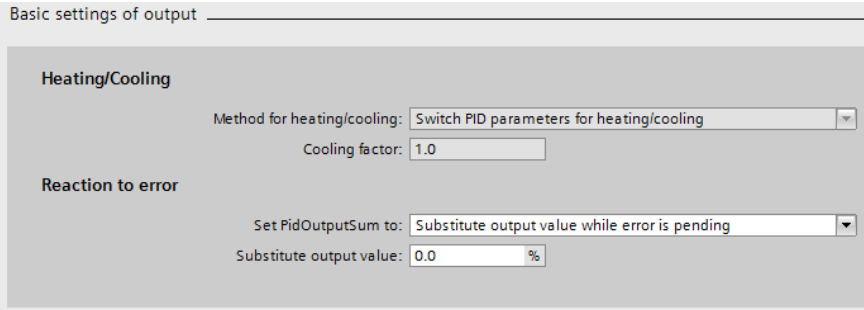
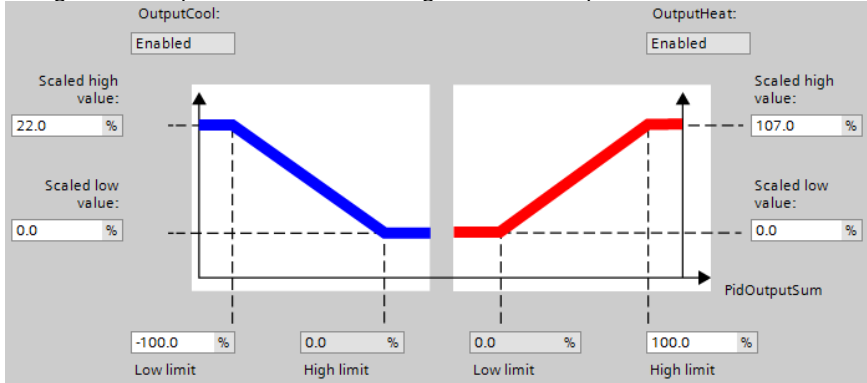
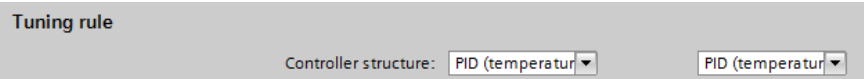
5 Projektierung und Inbetriebnahme des PID_Temp-Reglers

5.1 Projektierung PID_Temp, einschleifig

Nr.	Aktion
7.	<p>Wechseln Sie in die Lasche "Grundeinstellungen" ("Basic settings"). Nehmen Sie die folgenden Einstellungen vor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controller mode: Temperatur Es soll ein Temperatur-Prozess geregelt werden. • Mode nach CPU-Neustart: Automatik Die Regelung soll bei einem Kaltstart der CPU (nach vollständigem Laden oder MRES) automatisch beginnen. • Input: Input Bereits in Schritt 5. belegt. • OutputHeat: OutputHeat Der Real-Ausgang des Reglers soll verwendet werden. • Checkbox "Kühlung aktivieren" aktivieren Es soll über den Baustein sowohl das Heizen, als auch das Kühlen erfolgen. • OutputCool: OutputCool Der Real-Ausgang des Reglers soll aktiviert werden.  <p>Unter "Kaskade" müssen keine Einstellungen vorgenommen werden, da nur ein einschleifiger Regelkreis verwendet wird.</p>
8.	<p>Wechseln Sie in den Reiter "Istwerteinstellungen" ("Process value settings"). Passen Sie die Grenzen für den Prozesswert an Ihre Applikation an (im Beispielprojekt wurden für die obere Grenze 140°C und für die untere Grenze -10°C gewählt). Bei Verletzung dieser Grenzen verhält sich der Regler entsprechend der folgenden Einstellung "Verhalten im Fehlerfall".</p>

5 Projektierung und Inbetriebnahme des PID_Temp-Reglers

5.1 Projektierung PID_Temp, einschleifig

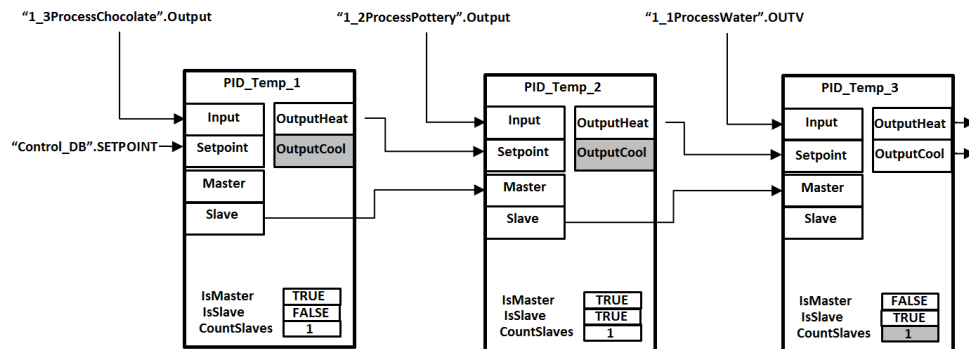
Nr.	Aktion
9.	<p>Wechseln Sie in den Reiter "Ausgangseinstellungen" ("Output settings"). Im Beispielprojekt wurden die folgenden Einstellungen vorgenommen:</p>  <p>Es werden die Real-Ausgänge ("OutputHeat" und "OutputCool") für die Ansteuerung der simulierten Regelstrecke verwendet.</p> <p>Durch die folgende Einstellung wird im Beispielprojekt eine Regelung zwischen "1°C" und "+130°C" möglich (die Umgebungstemperatur des Prozesses ist mit 23°C angegeben).</p> <p>Im Menüpunkt "Ausgangswertgrenzen und -skalierungen" können Sie Stellgrößen entsprechend Ihrer Ventileigenschaften anpassen.</p> 
10.	<p>Im Beispielprojekt werden die erweiterten Einstellungen,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Istwertüberwachung • minimale An-/Auszeiten bei der Pulsweitenmodulation • manuelles Setzen der PID-Parameter <p>nicht verwendet.</p> <p>Um den Inbetriebnahme-Prozess zu beeinflussen, kann eine Reglerstruktur für die Optimierung eingestellt werden.</p> <p>Wird dieser Wert auf PID (Temperature) gestellt, so wird bei der Inbetriebnahme versucht PID-Parameter zu finden, die ein möglichst geringes Überschwingen des Prozesses über den Sollwert bewirken.</p> <p>Diese Einstellung kann separat für Heizen und für Kühlen vorgenommen werden.</p> 

5.2 Projektierung PID_Temp, dreischleifig

Überblick

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Verschaltung der Regler

Abbildung 5-1



äußerer Regler (#1)

Für die Projektierung des äußeren Reglers folgen Sie den Anweisungen in der nachstehenden Tabelle.

Tabelle 5-3

Nr.	Aktion
1.	Folgen Sie Schritt 1 und Schritt 2 in Tabelle 5-2 . Fügen Sie dann aus den Anweisungen unter "Technologie > PID Control > Compact PID" die Anweisung "PID_Temp" im zyklischen OB ein.
2.	Verschalten Sie den Regler. <ul style="list-style-type: none"> • Setpoint: Mit einer Variablen, die den Sollwert vorgibt. • Input: Mit dem Sensor/Ausgang des letzten Teils der Regelstrecke. <pre>"PID_Temp_1"(Setpoint := "Control_DB".SETPOINT, Input := "1_3ProcessChocolate".Output</pre>
3.	Klicken Sie in die Schrift "PID_Temp_2" und öffnen Sie die Eigenschaftenseite im Inspektorfenster. Wechseln Sie in die Lasche "Grundeinstellungen > Eingangs-/Ausgangsparameter" ("Basic settings > Input/output parameters"). Wählen Sie für Input: aus dem Dropdown-Menü den Wert "Input", um den verschalteten Prozesswert zu aktivieren.

Input / output parameters

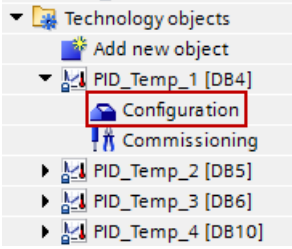
Setpoint:

Input:

OutputHeat:

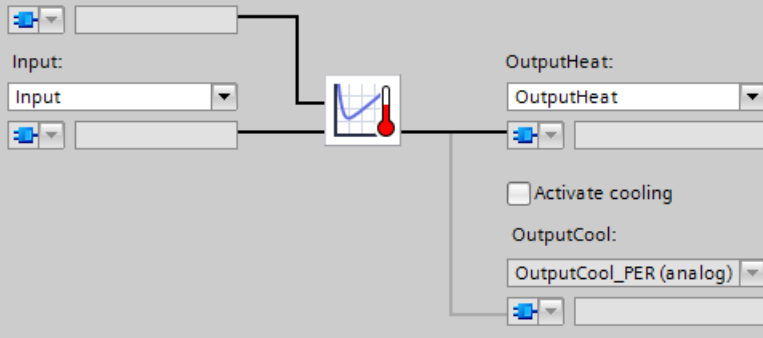
5 Projektierung und Inbetriebnahme des PID_Temp-Reglers

5.2 Projektierung PID_Temp, dreischleifig

Nr.	Aktion
4.	<p>Wechseln Sie in der Projektnavigation Ihres Projekts in den Ordner "Technologieobjekte". Öffnen Sie dort mit einem Doppelklick die Konfiguration des Bausteins PID_Temp_1.</p>  <p>The screenshot shows a tree view under 'Technology objects'. The 'PID_Temp_1 [DB4]' folder is expanded, and the 'Configuration' item is highlighted with a red rectangular box. Other items visible include 'Add new object', 'Commissioning', and other PID_Temp folders (PID_Temp_2 [DB5], PID_Temp_3 [DB6], PID_Temp_4 [DB10]).</p>
5.	<p>Wechseln Sie in die Lasche "Grundeinstellungen" ("Basic settings"). Nehmen Sie die folgenden Einstellungen vor:</p> <ul style="list-style-type: none">• Controller mode: Temperatur Es soll ein Temperatur-Prozess geregelt werden.• Mode nach CPU-Neustart: Automatik Die Regelung soll bei einem Kaltstart der CPU (nach vollständigem Laden oder MRES) automatisch beginnen.• Input: Input Wurde bereits unter Schritt 2.+3. versorgt.• OutputHeat: OutputHeat Der Real-Ausgang OutputHeat des Reglers wird verwendet.• Checkbox "Kühlung aktivieren" deaktivieren Der Baustein arbeitet als Master für den nachgeschalteten PID_Temp.• Aktivieren der Checkbox "Controller is master" Der Controller ist Master für den nachgelagerten PID_Temp (#2).

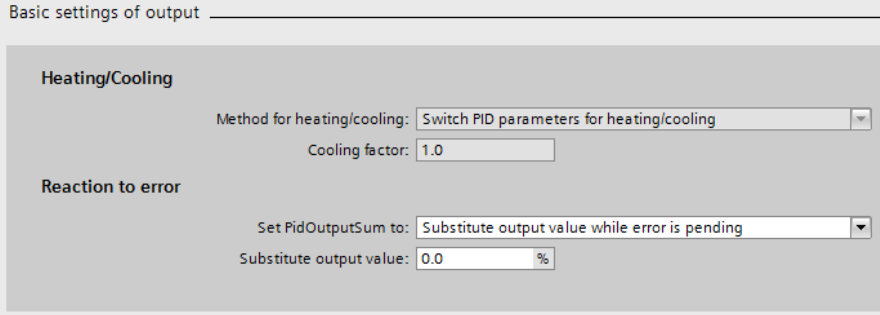
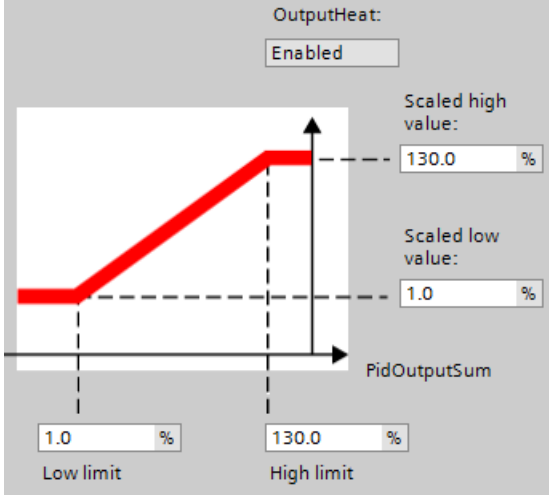
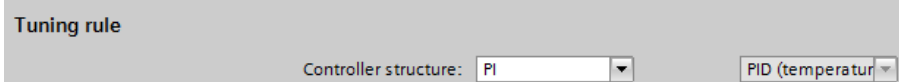
5 Projektierung und Inbetriebnahme des PID_Temp-Reglers

5.2 Projektierung PID_Temp, dreischleifig

Nr.	Aktion
	<div style="border: 1px solid gray; padding: 10px;"> <p>Basic settings _____</p> <p>Controller type _____</p> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin: 5px 0;"> Temperature <input type="text" value="Temperature"/> <input type="text" value="°C"/> </div> <p><input checked="" type="checkbox"/> Activate Mode after CPU restart</p> <p style="margin-left: 40px;">Set Mode to: <input type="text" value="Automatic mode"/></p> <p>Input / output parameters _____</p> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>Setpoint: <input type="text"/></p> <p>Input: <input type="text" value="Input"/></p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; margin-right: 5px;"> <input type="checkbox"/> </div>  </div> <p>OutputHeat: <input type="text" value="OutputHeat"/></p> <p><input type="checkbox"/> Activate cooling</p> <p>OutputCool: <input type="text" value="OutputCool_PER (analog)"/></p> </div> <p>Cascade _____</p> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p><input checked="" type="checkbox"/> Controller is master Number of slaves: <input type="text" value="1"/></p> <p><input type="checkbox"/> Controller is slave Master: <input type="text"/></p> </div> </div>
6.	<p>Wechseln Sie in den Reiter "Istwerteinstellungen" ("Process value settings"). Passen Sie die Grenzen für den Prozesswert an Ihre Applikation an (im Beispielprojekt wurden für die obere Grenze 140°C und für die untere Grenze -10°C gewählt). Bei Verletzung dieser Grenzen verhält sich der Regler entsprechend der folgenden Einstellung "Verhalten im Fehlerfall".</p>

5 Projektierung und Inbetriebnahme des PID_Temp-Reglers

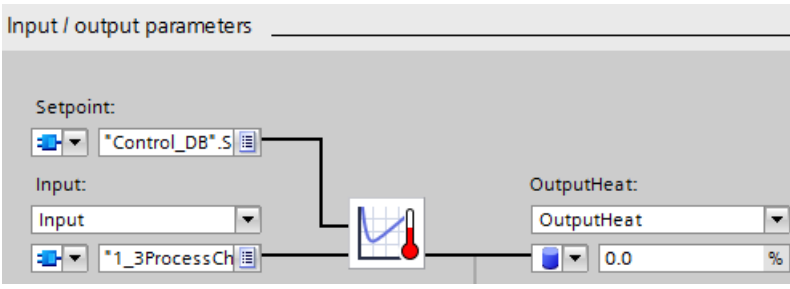
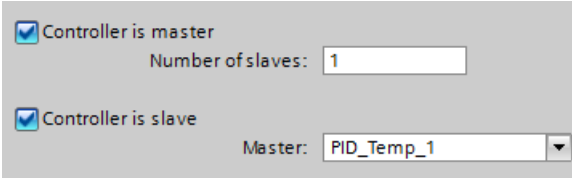
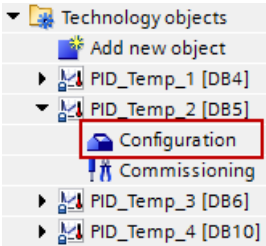
5.2 Projektierung PID_Temp, dreischleifig

Nr.	Aktion
7.	<p>Wechseln Sie in den Reiter "Ausgangseinstellungen" ("Output settings"). Im Beispielprojekt wurden die folgenden Einstellungen vorgenommen:</p>  <p>Der Ausgangswert wird auf die untere Grenze 1 und die obere Grenze +130 eingestellt.</p> 
8.	<p>Im Beispielprojekt werden die erweiterten Einstellungen,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prozesswertüberwachung • minimale An-/Auszeiten bei der Pulsweitenmodulation • manuelles Setzen der PID-Parameter <p>nicht verwendet.</p> <p>Um den Inbetriebnahme-Prozess zu beeinflussen, kann eine Reglerstruktur für die Optimierung eingestellt werden.</p> <p>Bei einer Verschaltung der PID_Temp-Regler zu einer Kaskade ist es zu empfehlen eine reine PI-Struktur als Regler zu verwenden (vgl. Kapitel 4.5).</p> 

mittlerer Regler (#2)

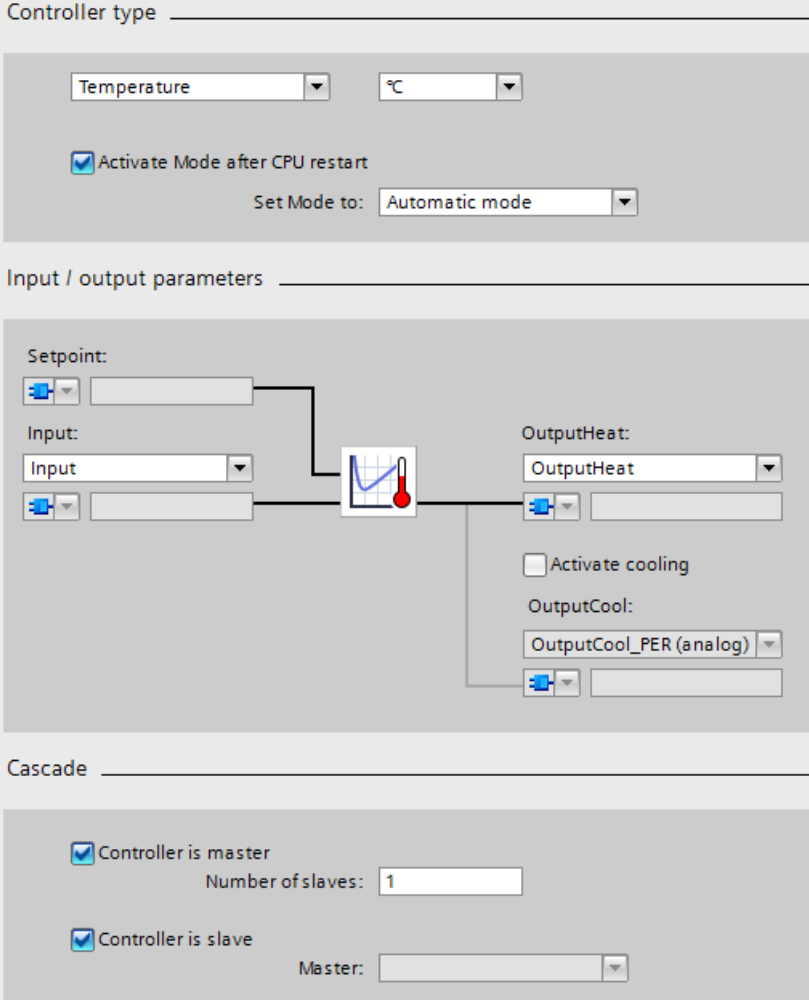
Für die Projektierung des mittleren Reglers folgen Sie den Anweisungen in der nachstehenden Tabelle.

Tabelle 5-4

Nr.	Aktion
1.	Fügen Sie aus den Anweisungen unter "Technologie > PID Control > Compact PID" die Anweisung "PID_Temp" nach dem Aufruf des äußeren Reglers ein.
2.	<p>Verschalten Sie den Regler.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Setpoint: Mit dem Ausgang des "äußeren Reglers". • Input: Mit dem Sensor/Ausgang des mittleren Teils der Regelstrecke. • Master: Mit dem Parameter "Slave" des "äußeren Reglers". <p>Die Verschaltung der Parameter "Setpoint" und "Master" können Sie komfortabel über das Inspektorfenster vornehmen.</p> <pre data-bbox="464 728 1257 817"> "PID_Temp_2" (Setpoint := "PID_Temp_1".OutputHeat_PER, Input := "1_2ProcessPottery".Output, Master := "PID_Temp_1".Slave); </pre>
3.	<p>Klicken Sie in die Schrift "PID_Temp_2" und öffnen Sie die Eigenschaftenseite im Inspektorfenster.</p> <p>Wechseln Sie in die Lasche "Grundeinstellungen > Eingangs-/Ausgangsparameter" ("Basic settings > Input/output parameters").</p> <p>Wählen Sie für Input aus dem Dropdown-Menü den Wert "Input", um den verschalteten Prozesswert zu aktivieren.</p> <p>Wählen Sie für Output aus dem Dropdown-Menü den Wert "OutputHeat".</p> 
4.	<p>Wechseln Sie in den Reiter "Kaskade" ("Cascade") und aktivieren Sie die Checkbox "Regler ist Master" ("Controller is master"). Aktivieren Sie außerdem die Checkbox "Regler ist Slave" ("Controller is slave") und geben Sie den Master-Regler (hier: PID_Temp_1) an.</p> 
5.	<p>Wechseln Sie in der Projektnavigation Ihres Projekts in den Ordner "Technologieobjekte". Öffnen Sie dort mit einem Doppelklick die Konfiguration der unter 3. eingefügten Anweisung.</p> 

5 Projektierung und Inbetriebnahme des PID_Temp-Reglers

5.2 Projektierung PID_Temp, dreischleifig

Nr.	Aktion
6.	<p>Wechseln Sie in die Lasche "Grundeinstellungen" ("Basic settings"). Nehmen Sie die folgenden Einstellungen vor:</p> <ul style="list-style-type: none">• Controller mode: Temperatur Es soll ein Temperatur-Prozess geregelt werden.• Mode nach CPU-Neustart: Automatik Die Regelung soll bei einem Kaltstart der CPU (nach vollständigem Laden oder MRES) automatisch beginnen.• Input: Input Wird bereits in Schritt 2.+3. versorgt.• OutputHeat: OutputHeat Der Real-Ausgang OutputHeat des Reglers wird verwendet.• Checkbox "Kühlung aktivieren" deaktivieren Der Baustein arbeitet als Master für den nachgeschalteten PID_Temp.• Aktivieren der Checkbox "Regler ist Master" ("Controller is master"). Der Controller ist Master für den nachgelagerten PID_Temp (#3).• Aktivieren der Checkbox "Regler ist Slave" ("Controller is slave"). Der Controller ist Slave für den vorgelagerten PID_Temp (#1).  <p>Controller type</p> <p>Temperature °C</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Activate Mode after CPU restart</p> <p>Set Mode to: Automatic mode</p> <p>Input / output parameters</p> <p>Setpoint: []</p> <p>Input: Input []</p> <p>OutputHeat: OutputHeat []</p> <p><input type="checkbox"/> Activate cooling</p> <p>OutputCool: OutputCool_PER (analog) []</p> <p>Cascade</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Controller is master Number of slaves: 1</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Controller is slave Master: []</p>

5 Projektierung und Inbetriebnahme des PID_Temp-Reglers

5.2 Projektierung PID_Temp, dreischleifig

Nr.	Aktion
7.	<p>Wechseln Sie in den Reiter "Istwerteneinstellungen" ("Process value settings"). Passen Sie die Grenzen für den Prozesswert an Ihre Applikation an (im Beispielprojekt wurden für die obere Grenze 140°C und für die untere Grenze -10°C gewählt).</p>
8.	<p>Wechseln Sie in den Reiter "Ausgangseinstellungen" ("Output settings"). Im Beispielprojekt wurden die folgenden Einstellungen vorgenommen:</p> <div data-bbox="472 499 1355 808" style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p>Basic settings of output</p> <hr/> <p>Heating/Cooling</p> <p>Method for heating/cooling: <input type="text" value="Switch PID parameters for heating/cooling"/></p> <p>Cooling factor: <input type="text" value="1.0"/></p> <p>Reaction to error</p> <p>Set PidOutputSum to: <input type="text" value="Substitute output value while error is pending"/></p> <p>Substitute output value: <input type="text" value="0.0"/> %</p> </div> <p>Der Ausgangswert wird auf die untere Grenze 1°C und die obere Grenze +130°C eingestellt.</p> <div data-bbox="462 913 1013 1406" style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p>OutputHeat: <input checked="" type="checkbox" value="Enabled"/></p> <p>Scaled high value: <input type="text" value="130.0"/> %</p> <p>Scaled low value: <input type="text" value="1.0"/> %</p> <p>Low limit: <input type="text" value="1.0"/> %</p> <p>High limit: <input type="text" value="130.0"/> %</p> </div>
9.	<p>Im Beispielprojekt werden die erweiterten Einstellungen,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prozesswertüberwachung • minimale An-/Auszeiten bei der Pulsweitenmodulation • manuelles Setzen der PID-Parameter <p>nicht verwendet.</p> <p>Um den Inbetriebnahme-Prozess zu beeinflussen, kann eine Reglerstruktur für die Optimierung eingestellt werden.</p> <p>Bei einer Verschaltung der PID_Temp-Regler zu einer Kaskade ist es zu empfehlen eine reine PI-Struktur als Regler zu verwenden.</p> <div data-bbox="462 1709 1366 1798" style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p>Tuning rule</p> <p>Controller structure: <input type="text" value="PI"/> <input type="text" value="PID (temperatur)"/></p> </div>

innerer Regler (#3)

Folgen Sie für die Projektierung des inneren Reglers den Anweisungen aus [Tabelle 5-2](#) mit nachfolgend beschriebenen Änderungen.

Ändern Sie Schritt Nr. 4 ab, indem Sie die Parameter folgendermaßen verschalten:

- Setpoint: Mit dem Ausgang des "mittleren Reglers".
- Input: Mit dem Sensor/Ausgang des ersten Teils der Regelstrecke.
- Master: Mit dem Parameter "Slave" des "mittleren Reglers"

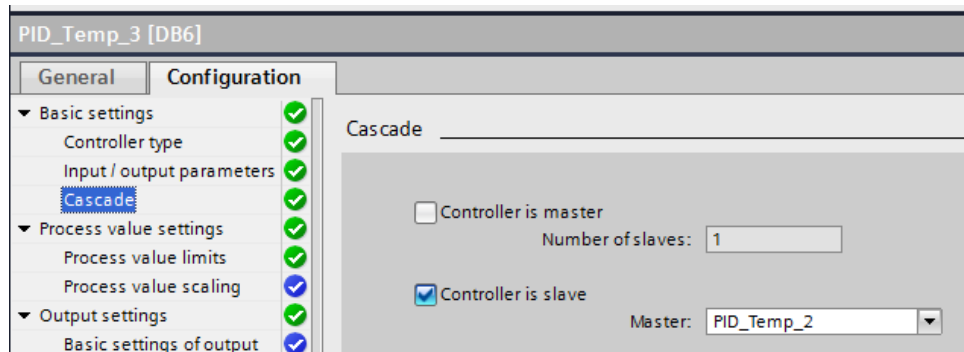
Die Verschaltungen an "Setpoint" und "Master" können Sie automatisch über das Inspektorfenster vornehmen.

Abbildung 5-2

```
"PID_Temp_3" (Setpoint:="PID_Temp_2".OutputHeat_PER,  
             Input:="1_1ProcessWater".OUTV,  
             Master := "PID_Temp_2".Slave  
            );
```

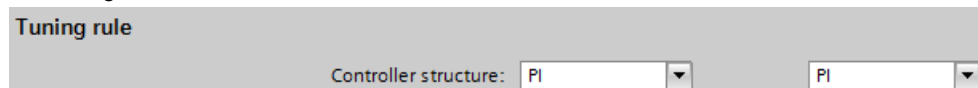
Ändern Sie Schritt Nr. 5. ab, indem Sie unter Kaskade ("Cascade") für den Regler die Einstellung "Slave" (siehe [Abbildung 5-3](#)) auswählen. Wählen Sie als Master den "mittleren" Regler (hier PID_Temp_2) aus, nachdem Sie diesen projiziert haben.

Abbildung 5-3



Ändern Sie Schritt Nr. 10 ab, indem Sie als Parameter für die Optimierung "PI" wählen. Das verhindert ein zu starkes Reagieren des Regelkreises auf Änderungen des Soll- oder Istwerts (vgl. Kapitel [4.5](#)).

Abbildung 5-4



5.3 Inbetriebnahme

Dieses Kapitel beschreibt die Inbetriebnahme einer dreischleifigen PID_Temp-Regelung. Die Inbetriebnahme des einschleifigen PID_Temp-Reglers erfolgt analog.

Voraussetzung

Um die Inbetriebnahme wie beschrieben durchzuführen, müssen die folgenden Voraussetzungen erfüllt sein:

- Aufruf der PID_Temp-Regler als Einzel-Instanz (um die Konfigurations- und Inbetriebnahmemaske des Technologieobjekts verwenden zu können).
- Korrekte Projektierung und Verschaltung analog zu Kapitel [5.2](#)

Schritte

Für die Inbetriebnahme eignet sich generell das folgende Vorgehen:

1. Optimieren der Regler "von innen nach außen".
2. Verwendung der Ersatz-Sollwerte für die Inbetriebnahme.
3. Optimierung über zwei Schritte:
 - a. Erstopptimierung
 - b. Nachoptimierung

Detailliertes Vorgehen

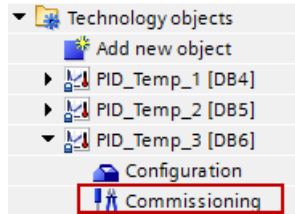
Die folgende Tabelle zeigt das detaillierte Vorgehen zur Inbetriebnahme einer dreischleifigen PID_Temp-Regelung anhand der Beispielapplikation.

Hinweis

Es empfiehlt sich, immer die Optimierung des Regelkreises für den Arbeitspunkt der Strecke vorzunehmen.

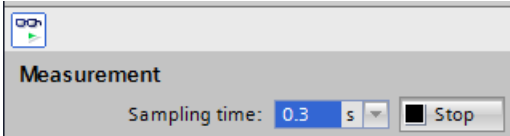
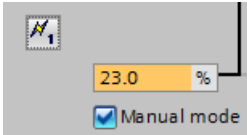
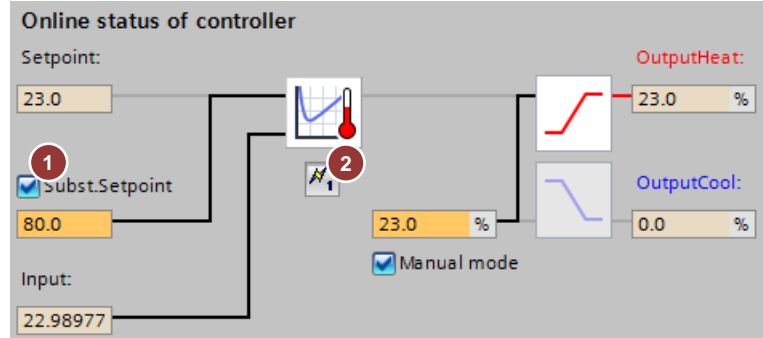

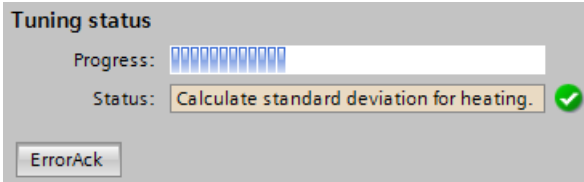
Die Optimierungen der Regelstrecke im Beispielprojekt beziehen sich auf einen Arbeitspunkt von 80°C.

Tabelle 5-5

Nr.	Aktion
1.	Laden Sie Ihr Projekt in die CPU.
2.	Öffnen Sie die Inbetriebnahme-Seite des innersten Reglers und gehen Sie online auf die CPU. 

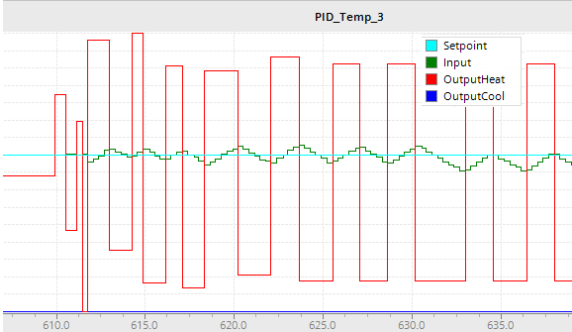
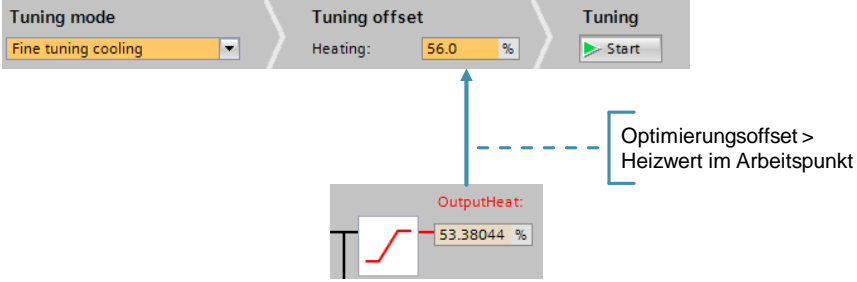
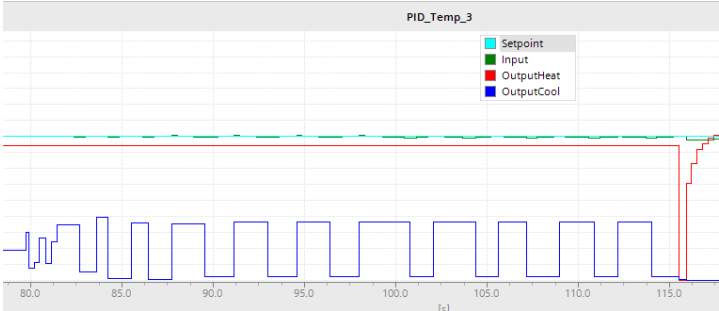
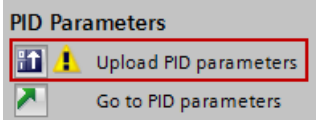
5 Projektierung und Inbetriebnahme des PID_Temp-Reglers

5.3 Inbetriebnahme

Nr.	Aktion
3.	<p>Starten Sie eine Messung, um den Optimier-Vorgang besser verfolgen zu können.</p> 
4.	<p>Geben Sie über den Handbetrieb den Wert der Umgebungstemperatur "23.0" vor.</p> 
5.	<p>Schaffen Sie die Voraussetzungen, um eine Erstinbetriebnahme vorzunehmen (siehe auch Online Hilfe von STEP 7). Aktivieren Sie dazu die Checkbox "Subst. Setpoint" und übertragen Sie einen Sollwert, der ausreichend Abstand zum Eingangswert hat, an den Baustein. Im Beispiel ist das der fiktive Arbeitspunkt "80.0".</p> 
6.	<p>Wählen Sie in der Maske als Optimierungsart die "Erstoptimierung Heizen" ("Pretuning heating") und starten Sie die Optimierung.</p> 
7.	<p>Sie können den Fortschritt des Optimierungsprozesses anhand des Fortschrittbalkens beobachten.</p> 
8.	<p>Wählen Sie nach erfolgter "Erstoptimierung Heizen" als nächsten Schritt die "Erstoptimierung Kühlen" ("Pretuning cooling"). Hierbei wird ein Kühl-Impuls auf die Strecke gegeben.</p>

5 Projektierung und Inbetriebnahme des PID_Temp-Reglers

5.3 Inbetriebnahme

Nr.	Aktion
9.	<p>Wählen Sie im Anschluss die Optimierungsart "Nachoptimierung Heizen" ("Fine tuning heating") und starten Sie die Nachoptimierung. Die "Nachoptimierung Heizen" versucht die Regelstrecke zum Schwingen zu bringen.</p> 
10.	<p>Wählen Sie nach erfolgter Optimierung "Nachoptimierung Heizen" aus dem Dropdown-Menü die Option "Nachoptimierung Kühlen". Um die "Nachoptimierung Kühlen" zu starten bedarf es im fiktiven Arbeitspunkts der Beispielapplikation (80.0°C) eines vorübergehenden "Optimierungsoffsets" ("Tuning offset"). Wählen Sie für den Optimierungsoffset einen Wert der größer ist als der Heizwert im Arbeitspunkt. Warten Sie auf die Stabilisierung des Systems und starten Sie dann die "Nachoptimierung Kühlen".</p> <p>Die "Nachoptimierung Kühlen" versucht die Regelstrecke zum Schwingen zu bringen.</p>  <p>Die "Nachoptimierung Kühlen" versucht die Regelstrecke zum Schwingen zu bringen.</p> 
11.	Deaktivieren Sie die Checkbox "Subst. Setpoint"
12.	<p>Beenden Sie den Inbetriebnahme-Vorgang für den innersten Regler, indem Sie die automatisch ermittelten PID-Parameter in Ihr Projekt hochladen.</p> 
13.	Optimieren Sie den mittleren Regler analog zu den Schritten 2-7, sowie 11+12. Führen Sie lediglich die "Erstoptimierung Heizen" durch.

5.3 Inbetriebnahme

Nr.	Aktion
14.	Optimieren Sie den äußeren Regler analog zu den Schritten 2-7, sowie 11+12. Führen Sie lediglich die "Erstoptimierung Heizen" durch.
15.	Testen Sie abschließend das optimierte System durch die Vorgabe von Sollwerten oder das Einbringen von Störungen.

Hinweis

Die graphischen Inbetriebnahme-Funktionen unterstützen bei der Inbetriebnahme. Je nach Anwendungsfall sollten die Funktionen unterschiedlich eingesetzt werden. Zum Teil können die Regelergebnisse durch weitere Betrachtungen noch optimiert werden.

Im Beispielprojekt wurden die folgenden Optimierungen durchgeführt:

Tabelle 5-6

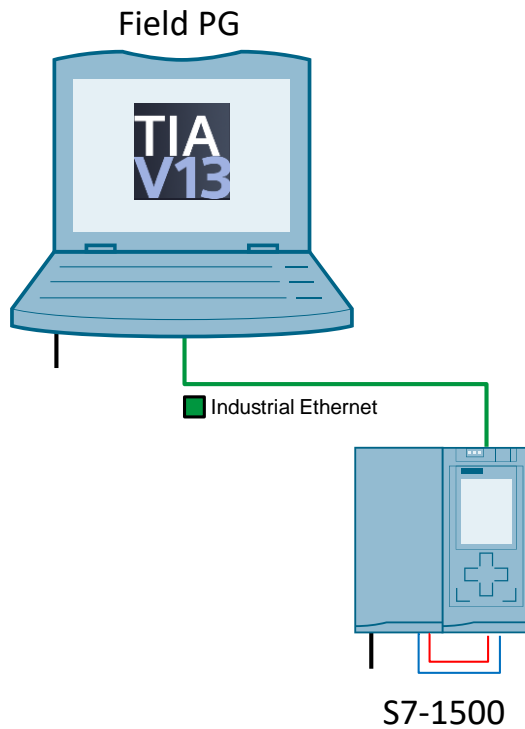
Regler	Optimierungen	Hintergrund
PID_Temp #1	Reglerstruktur: PI Optimierung: Erstoptimierung Heizen	Reglerstruktur: Die Verwendung des D-Anteils des PID-Reglers führt zu einer höheren Stellaktivität d.h. zu einem "unruhigeren" Stellwertsignal. Da bei einer kaskadierten Regelung das Stellwertsignal als Sollwert an den darauffolgenden Regler übergeben wird, ist die Verwendung des D-Anteils hier oft nicht sinnvoll.
PID_Temp #2	Reglerstruktur: PI Optimierung: Erstoptimierung Heizen	
PID_Temp #3	Reglerstruktur: PI Optimierungen: Erstoptimierung Heizen Erstoptimierung Kühlen Nachoptimierung Heizen Nachoptimierung Kühlen	Optimierung: Die Nachoptimierung ist vor allem zur Optimierung des Störverhaltens am Arbeitspunkt bei Reglern, die direkt auf den Prozess wirken, ausgelegt. Bei der Kaskadenregelung wird bereits durch die Anordnung der Regler und Ausführung der Erstoptimierung ein gutes Störverhalten erreicht.
PID_Temp #4	Reglerstruktur: PID (Temperatur) Optimierungen: Erstoptimierung Heizen Erstoptimierung Kühlen Nachoptimierung Heizen Nachoptimierung Kühlen	Reglerstruktur: Die Regelstruktur PID (Temperatur) ist für einschleifige Temperatur-Regelung optimiert. Optimierung: Alle Optimierungsarten werden für ein bestmögliches Ergebnis eingesetzt.

6 Installation und Inbetriebnahme des Beispielprojekts

6.1 Installation der Hardware

Nachfolgendes Bild zeigt den Hardwareaufbau der Anwendung.

Abbildung 6-1



Hinweis Die Aufbaurichtlinien für SIMATIC-Systeme sind generell zu beachten.

Tabelle 6-1

Nr	Aktion
1.	Verbinden Sie Ihr Field PG mit Hilfe eines Ethernet-Kabels direkt mit der S7-1500.
2.	Verbinden Sie die S7-1500 CPU mit dem 24V-Anschluss der Stromversorgungseinheit.
3.	Verbinden Sie die Stromversorgungseinheit mit einem Netzteil.

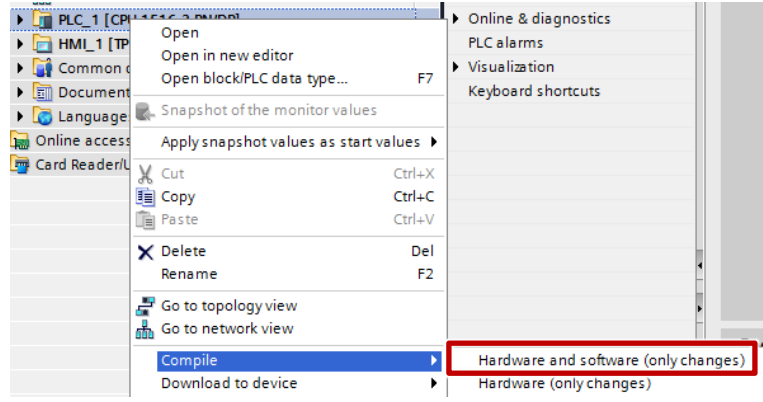
6.2 Installation der Software

Tabelle 6-2

Nr.	Aktion
1.	Installieren Sie STEP 7 auf Ihrem Field PG.
2.	Installieren Sie WiinCC Advanced auf Ihrem Field PG.
3.	Laden Sie die STEP 7-Beispielapplikation auf Ihre Engineering-Station. Sie können das STEP 7-Projekt unter http://support.automation.siemens.com/WW/view/de/103526819 downloaden.

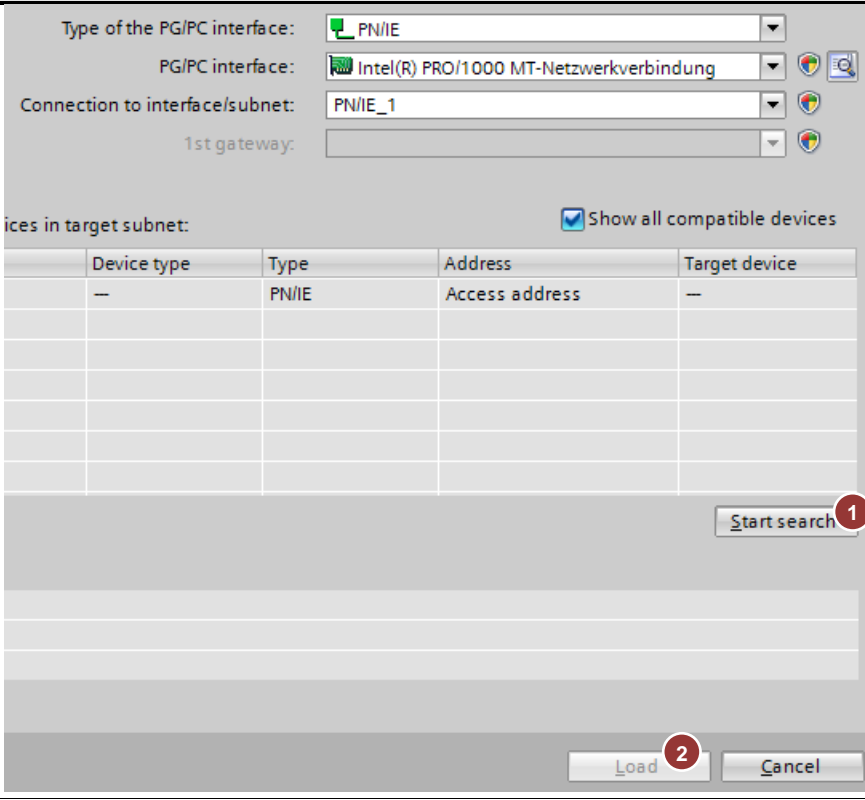
6.3 Inbetriebnahme

Tabelle 6-3

Nr.	Aktion
1.	Setzen Sie über das Display die IP-Adresse der S7-1500 CPU auf: IP-Adresse: 172.16.46.33 Subnetzmaske: 255.255.0.0
2.	Setzen Sie die IP-Adresse des Ethernet-Adapters des PGs über "Start > Systemsteuerung > Netzwerk-und Freigabecenter > Adaptereinstellungen ändern" auf: IP-Adresse: 172.16.46.200 Subnetzmaske: 255.255.0.0
3.	Entpacken Sie die Beispielapplikation aus dem Online Support Portal und öffnen Sie das Projekt "103526819_PID_Temp_CODE_v11_d"
4.	Übersetzen Sie die Konfiguration der S7-1500 CPU, durch Rechtsklick auf die CPU und den Befehl "Übersetzen > Hardware und Software (nur Änderungen)" ("Compile > Hardware and software (only changes)"). 
5.	Laden Sie das Projekt in die S7-1500 CPU. Markieren Sie dazu die CPU und wählen Sie dann "Online > PLC-Programm in Gerät laden und zurücksetzen" ("Online > Download and reset PLC program"). Wählen Sie nun Ihren Zugangspunkt zur S7-1500 CPU und laden Sie dann das Projekt in die CPU.

6 Installation und Inbetriebnahme des Beispielprojekts

6.3 Inbetriebnahme

Nr.	Aktion
	
6.	Überprüfen Sie über "Windows > Systemsteuerung > PG/PC-Schnittstelle", ob die PG/PC-Schnittstelle auf "TCP/IP" oder "Auto" steht.
7.	Starten Sie die Runtime-Simulation. Sie sehen dann den Startbildschirm der Applikation.

7 Bedienung der WinCC-Oberfläche

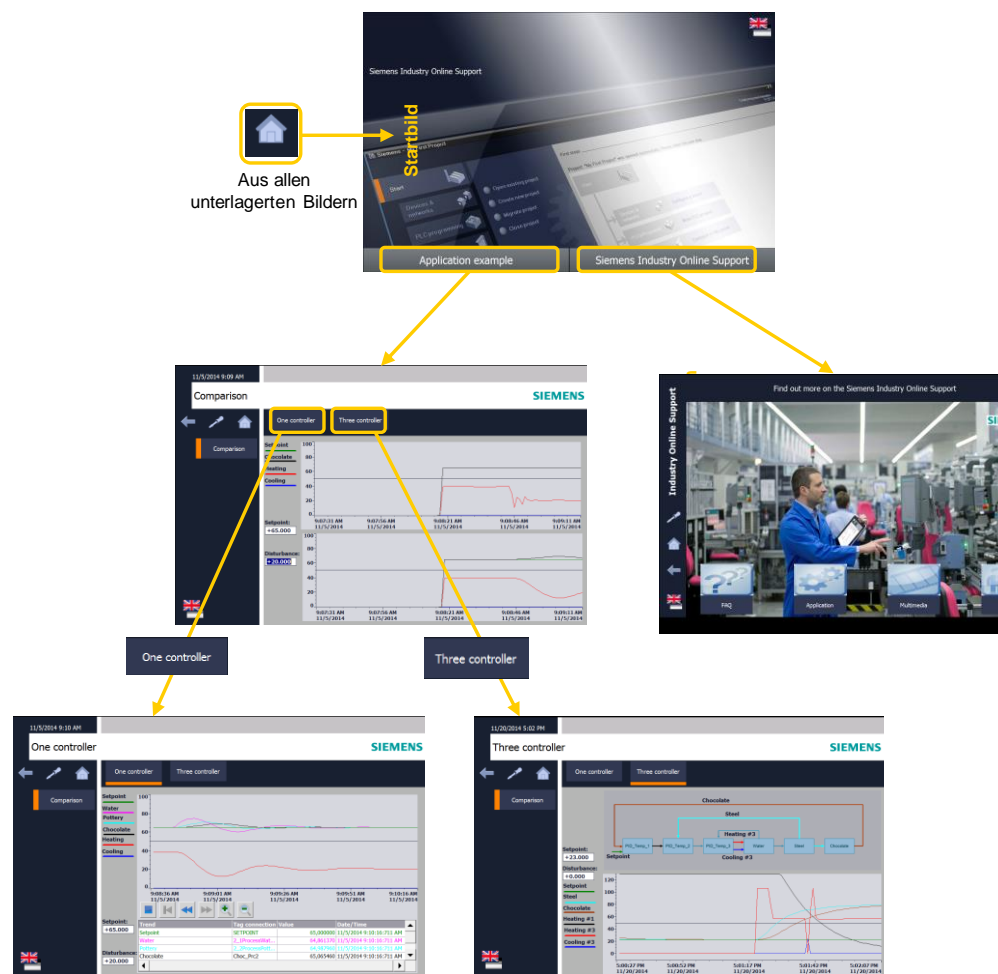
Die WinCC-Oberfläche dient der Übersichtlichkeit und zum direkten Vergleich der beiden Regelstrecken.

Die vorhandenen Technologieobjekte bieten jeweils über den Punkt "Inbetriebnahme" ebenfalls eine übersichtliche und komfortable Steuerung der einzelnen Regler.

7.1 Übersicht

Übersicht und Beschreibung der Oberfläche

Abbildung 7-1



Für die Applikation sind drei Bilder vorhanden. An der linken Seite der Graphen ist jeweils eine Legende zum Verständnis der Graphen vorhanden.

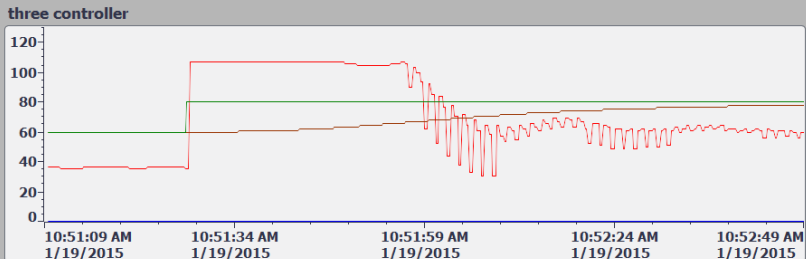
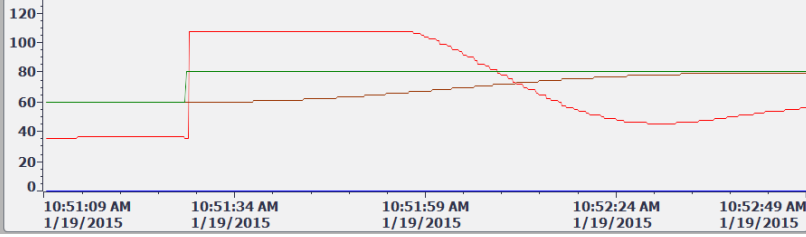
Tabelle 7-1

Bild	Beschreibung	angezeigte Werte
Comparison	Das Bild zeigt gleichzeitig die dreischleifige und die einschleifige Regelung. Über die Variablen "Setpoint" und "Disturbance" können für beide Simulationen gleichzeitig der Sollwert und der Störungseinfluss geändert werden und über die Graphen das Verhalten der Regelstrecken beobachtet werden.	<ul style="list-style-type: none"> • Sollwert einschleifig: • Temperatur Schokolade • Heizwert • Kühlungswert dreischleifig: • Temperatur Schokolade • Heizwert (Regler_3) • Kühlungswert (Regler_3)
One controller	Das Bild zeigt das Verhalten der einschleifigen Regelung. Mit "Setpoint" und "Disturbance" können Sollwert und Störungseinfluss geändert werden.	einschleifig: <ul style="list-style-type: none"> • Sollwert • Temperatur Wasser • Temperatur Edelstahl • Temperatur Schokolade • Heizwert • Kühlungswert
Cascade control	Das Bild zeigt das Verhalten der dreischleifigen Regelung. Mit "Setpoint" und "Disturbance" können Sollwert und Störungseinfluss geändert werden.	dreischleifig: <ul style="list-style-type: none"> • Sollwert • Temperatur Schokolade • Ausgang Regler_1 • Ausgang Regler_2 • Temperatur Wasser • Temperatur Edelstahl • Heizwert (Regler_3) • Kühlungswert (Regler_3)

7.2 Szenario: Sollwertsprung

Das Szenario zeigt und vergleicht das Verhalten der beiden Regelstrecken bei einem Sollwertsprung.

Tabelle 7-2

Nr.	Aktion
1.	Nehmen Sie die Beispielapplikation, wie in Kapitel 6 beschrieben, in Betrieb.
2.	Klicken Sie auf "Application example".
3.	Es öffnet sich ein neues Bild. Als Default-Wert steht der Sollwert bei 23.0. Ändern Sie den Sollwert auf 60.0.
4.	Warten Sie, bis sich die ‚Schokoladentemperatur‘ ebenfalls auf 60.0 angekommen ist. Geben Sie dann einen Sollwertsprung auf die Strecken, indem Sie den Sollwert auf 80.0 ändern. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Setpoint: <input style="width: 60px; text-align: center;" type="text" value="+80.000"/> </div>
5.	Jetzt können Sie anhand der beiden Graphen das Verhalten der Regelstrecken beobachten. <div style="border: 1px solid gray; padding: 10px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;"> <p>three controller</p> <p>Setpoint <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="+80.00"/></p> <p>Chocolate</p> <p>Heating</p> <p>Cooling</p> </div> <div style="width: 80%;">  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="width: 20%;"> <p>one controller</p> <p>Disturbance <input style="width: 40px; text-align: center;" type="text" value="+0.00"/></p> </div> <div style="width: 80%;">  </div> </div> <p style="margin-top: 10px;">Hinweis Die einschleifige Regelstrecke schwingt stärker als die dreischleifige Regelstrecke. Der Sollwert wird aber in kürzerer Zeit das erste Mal erreicht.</p> </div>

7.3 Szenario: Störgrößen-Einfluss

Das Szenario zeigt und vergleicht das Verhalten der beiden Regelstrecken, wenn eine Störgröße den simulierten Prozess "Wasser" beeinflusst.

Tabelle 7-3

Nr.	Aktion
1.	Nehmen Sie die Beispielapplikation, wie in Kapitel 6 beschrieben, in Betrieb.
2.	Als Default-Wert steht der Sollwert bei 23.0. Ändern Sie den Sollwert auf 80.0.
3.	Warten Sie, bis sich der Istwert auf den Sollwert eingependelt hat.
4.	Schalten Sie jetzt eine Störgröße von z.B. +40.0 hinzu.
5.	Jetzt können Sie anhand der beiden Graphen das Verhalten der Regelstrecken beobachten.

three controller

Setpoint: +80.000
Disturbance: 0

one controller

Hinweis
Bei der Kaskadenregelung wird die Störung schon vom inneren Regelkreis ausgeregelt und wirkt sich dadurch kaum auf die Temperatur der Schokolade aus. Bei der einschleifigen Regelung reagiert der Regler erst, wenn sich die Störung über eine Abweichung an der Temperatur der Schokolade auswirkt. Dadurch kann es zu einem Schwingen des Istwerts (der Schokoladen-Temperatur) kommen.

8 Literaturhinweise

Buch-Verzeichnis

Tabelle 8-1

	Themengebiet	Titel
\1\	Regeln mit Simatic	Praxisbuch für Regelungen mit SIMATIC S7 und SIMATIC PCS 7 für die Prozessautomatisierung Autoren: Müller/ Pfeiffer/ Wieser Publicis Publishing, Erlangen ISBN: 978-3-89578-340-1

Link-Verzeichnis

Tabelle 8-2

	Themengebiet	Titel
\1\	Referenz auf den Beitrag	http://support.automation.siemens.com/WW/view/de/103526819
\2\	Siemens Industry Online Support	http://support.automation.siemens.com
\3\	SIMATIC STEP 7 Basic/Professional V15.1 und SIMATIC WinCC V15.1	https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109755202
\4\	SIMATIC S7-1500 Automatisierungssystem Systemhandbuch	http://support.automation.siemens.com/WW/view/de/59191792
\5\	SIMATIC Aufbau montieren Getting Started	http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/interactive-manuals/getting-started_simatic-s7-1500/documents/DE/mount_de.pdf
\6\	SIMATIC Verdrahten Getting Started	http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/interactive-manuals/getting-started_simatic-s7-1500/documents/DE/wire_de.pdf
\7\	PID-Regelung mit PID_Compact (S7-1200)	http://support.automation.siemens.com/WW/view/de/100746401
\8\	Regeln von simulierten Regelstrecken in der S7-1500 mit PID_Compact V2	http://support.automation.siemens.com/WW/view/de/79047707
\9\	SIMATIC S7-1200, S7-1500 PID-Regelung	http://support.automation.siemens.com/WW/view/de/108210036

9 Historie

Tabelle 9-1

Version	Datum	Änderung
V1.0	01/2015	Erste Ausgabe
V1.1	08/2019	Update TIA Portal V15.1