

PCS 7 Unit Template am Beispiel der Chemischen Industrie "Polymerisationsreaktor"

> Siemens Industry Online Support



SIMATIC PCS 7

https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/84061788

## **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 (<u>https://support.industry.siemens.com</u>).

#### 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 Netzwerk-segmentierung) ergriffen wurden.

Zusätzlich sollten die Empfehlungen von Siemens zu entsprechenden Schutzmaßnahmen beachtet werden. Weiterführende Informationen über Industrial Security finden Sie unter: <a href="https://www.siemens.com/industrialsecurity">https://www.siemens.com/industrialsecurity</a>.

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

# Inhaltsverzeichnis

Rech	tliche Hin	weise	2
1	Einführu	ing	5
	1.1 1.2 1.3	Überblick Funktionsweise Verwendete Komponenten	5 6 9
2	Vorberei	tung und Inbetriebnahme	10
	2.1 2.2 2.3 2.4 2.4.1 2.4.2 2.4.3 2.4.4	Vorbereitung Inbetriebnahme Bestandteile der Prozessvisualisierung Bedienung der Applikation Übersicht Szenario A –Vorgehen zur Regleroptimierung Szenario B – MPC Arbeitspunktoptimierung Szenario C – Prozessverlauf mit APG beobachten	10 11 12 15 15 15 20 24
3	Integrati	on des Unit Template ins Anwenderprojekt	27
	3.1 3.2 3.3 3.4	Vorbereitung Vorlagen kopieren Teilanlage kopieren OS Projekt anpassen	27 27 28 29
4	Enginee	ring	30
	4.1 4.2 4.2.1 4.2.2 4.3 4.3.1 4.3.2 4.4 4.4.1 4.4.2 4.5 4.5.1 4.5.2 4.6 4.6.1 4.6.2 4.7 4.7.1 4.7.2 4.8 4.8.1 4.8.2	Edukt-Zugabe (Feed) Aufbau Parametrierung Füllstandsregelung (Level) Aufbau Parametrierung Manteltemperierung (JacketTemp) Aufbau Parametrierung Produkttemperaturregelung (Cooling) Aufbau Parametrierung Druckregelung (Pressure) Aufbau Parametrierung Rühren (Agitation) Aufbau Parametrierung Rühren (Agitation) Aufbau Parametrierung Konzentration und Schmelzflussindex (Product) Aufbau Parametrierung	30 31 31 35 41 42 43 44 45 46 47 47 48 48 49 91
	4.8.2 4.9 4.10 4.11 4.12 4.12.1 4.12.2 4.12.2 4.12.3 4.13	Parametrierung Prozesssimulation (Simulation) Schrittketten Prozesskenndaten (KPI) Aufgabenbezogene Übersichtsbilder mit APG Integration von APG APG-Messstellen (AS) APG-Objekte (OS) Smart Alarm Hiding	51 55 57 59 60 60 60 63 65
5	Grundla	 gen	70

	5.1	R&I-Fließschema	70
	5.2	Polymerisation	71
	5.3	Schmelzflussindex (MFI, MFR)	71
	5.4	Projektstruktur	72
	5.4.1	Namenskonvention der CFC-Pläne	72
	5.4.2	Technologische Sicht	72
6	Anhang.		74
	6.1	Service und Support	74
	6.2	Links und Literatur	75
	6.3	Änderungsdokumentation	75

# 1 Einführung

## 1.1 Überblick

Die Standardisierung der Automatisierungstechnik für verfahrenstechnische Anlagen, wie z. B. in der Chemie, ist eine große Herausforderung. Unterschiedliche Prozessschritte und Abläufe, unterschiedliche Apparate und Flexibilität in der Produktion erschweren diese Aufgabe.

Dazu zählt die Strukturierung der Anlage nach dem physikalischen Modell der Norm ISA 106. In dieser sind die unteren vier Ebenen, d. h. Anlage, Teilanlage, Anlagenteil und Einzelsteuereinheit spezifiziert. Eine Anlage besteht immer aus Teilanlagen. Die Teilanlagen wiederum können standardisierte Anlagenteile enthalten, die durch technische Funktionen automatisiert werden.

Das Unit Template "Polymerisationsreaktor" beinhaltet vorgefertigte, vereinheitliche und fertig verschaltete technische Funktionen und Einzelsteuereinheitstypen. Von dieser Musterlösung ausgehend können zahlreiche Instanzen mit unterschiedlicher Parametrierung generiert und in angepasster Ausprägung vielfach in Automatisierungslösungen integriert werden. Das PCS 7-Projekt ist Hardwareunabhängig projektiert und kann flexibel in bestehende Projekte eingefügt werden.

#### Abgrenzung

Die vorliegende Automatisierungslösung ist für einen Polymerisationsreaktor im kontinuierlichen oder semi-kontinuierlichen Betrieb ausgelegt. Beim semikontinuierlichen Betrieb werden abwechselnd verschiedene Sorten ("Grades") eines Polymers in einem Reaktor hergestellt. Der Sortenwechsel erfordert eine Umstellung der Reaktionsbedingungen bei laufendem Prozess. Eine Automatisierung des Sortenwechsels ist eine besonders anspruchsvolle regelungstechnische Aufgabe. Das Unit Template könnte auch für Batch-Betrieb angepasst werden. Im Batch-Betrieb erfolgen die Vorgaben für Rohstoffmengen und die Produktabführung über eine Rezeptsteuerung. Hierbei ist jedoch zu prüfen, ob Nichtlinearitäten der Prozessdynamik spezielle Anpassungen des Regelungskonzepts erfordern, v. a. für die Anlaufphase der Reaktion.

Der verfahrenstechnische Prozess innerhalb des Polymerisationsreaktors wird im Template nur stark vereinfacht und linearisiert simuliert. Nach Erweiterung der Simulation könnte das Unit-Template auch im Rahmen eines Operator Training Systems eingesetzt werden.

#### Vorausgesetzte Kenntnisse

Grundlegende Kenntnisse der folgenden Fachgebiete werden vorausgesetzt:

- Projektierung mit SIMATIC PCS 7 und APL
- Kenntnisse der Regelungstechnik
- Grundkenntnisse der Verfahrenstechnik
- Verständnis des Konzepts der technischen Funktionen

## 1.2 Funktionsweise

Ein Polymerisationsreaktor ist ein fester Bestandteil vieler chemischer Prozesse. Polymerisationsreaktoren können sowohl für den kontinuierlichen, wie auch diskontinuierlichen Betrieb mit unterschiedlichen Volumen ausgelegt werden. Die Auswahl eines spezifischen Reaktors erfolgt u. a. anhand typischer Spezifikationen wie:

- Produktionsmenge und Polymerausprägung
- Reaktionsgeschwindigkeiten, Aggregatzustände von Monomeren, Comonomeren und Polymeren
- Viskosität, Thermostabilität

Dieses Applikationsbeispiel enthält einen Polymerisationsreaktor mit Umlaufkühlung für kontinuierlichen Betrieb.

Für den Herstellungsprozess von Polymeren werden dem Reaktor u.a. die Edukte Monomer, Comonomer, Wasserstoff), Katalysator und Cokatalysator hinzugefügt und im Reaktor verrührt. Durch Einsatz eines MPC-Reglers (Model Predictive Control) wird der Herstellungsprozess bzw. die Produktqualität optimiert.

Das Unit Template "Polymerisationsreaktor" ist als PCS 7-Multiprojekt folgendermaßen realisiert:

- In der Komponentensicht sind jeweils ein Projekt f
  ür das Automatisierungssystem (AS) und ein Projekt f
  ür die Operator Station (OS) enthalten.
- In der technologischen Hierarchie ist f
  ür jede technische Funktion des Polymerisationsreaktors ein Hierarchieordner angelegt.

Im AS-Projekt sind alle Steuer- und Regelungsfunktionen in Form von CFC-Plänen (Continous Function Chart) realisiert. Außerdem enthält das AS-Projekt einen Hierarchieordner mit Simulationsplänen, die einen Vorgang z. B. die Füllstandänderung innerhalb einer technischen Funktion simulieren.

Hinweis Technische Funktionen werden im Englischen als Equipment Modules bezeichnet, Einzelsteuereinheiten bzw. Einzelsteuereinheitstypen als Control Modules bzw. Control Module Types. In dieser Dokumentation werden die Begriffe Technische Funktion, Control Module (CM) und Control Module Type (CMT) verwendet.

Alle technischen Funktionen stehen in der Stammdatenbibliothek des Projekts als Einzelsteuereinheitstypen zur Verfügung und beinhalten Funktionsbausteine der PCS 7 Advanced Process Library (APL).

Das OS-Projekt beinhaltet die Visualisierung des Polymerisationsreaktors mit allen technischen Funktionen und zeigt:

- Einen schematischen Aufbau eines Polymerisationsreaktors
- Die relevanten Kenngrößen (KPI: Key Performance Indicators)
- Die Ablaufsteuerung eines kontinuierlichen Produktionsprozesses

#### Kernfunktionalität

Die Visualisierungsoberfläche des Unit Template "Polymerisationsreaktor" besteht aus den folgenden Bildern:

- Anlagenübersichtbild zur Orientierung und Navigation (Level 1)
- Prozessbild zum Bedienen und Beobachten (Level 2)
- Detailprozessbild in R&I-Darstellung mit allen Bestandteilen (Level 3)



#### Anlagenübersichtbild

Das Übersichtsbild besteht aus folgenden Objekten:

- Anzeige typischer Kenngrößen und Zuflüsse des Polymerisationsrektors als Spinnendiagramm
- Anzeige vom Konzentration und Schmelzflussindex des Produktes als Bargraphdiagramm



#### Prozessbild

Das Prozessbild zeigt die wichtigsten Prozesswerte zur Überwachung und Bedienung des Polymerisationsreaktors. Zu jedem angezeigten Wert können Sie über den zugehörigen Bildbaustein (Faceplate) weitere Detailinformationen erhalten und Änderungen vornehmen. Die Trendanzeige zeigt die Ist-, Soll- und Stellwerte des Mehrgrößenreglers.



#### Detailprozessbild

Das Prozessbild des Polymerisationsreaktors besteht aus folgenden Bestandteilen:

- Schematische Darstellung der Teilanlage mit zugeführten (links angeordnet) und abgeführten Stoffen (rechts angeordnet)
- Bildbausteine zum Steuern der einzelnen Komponenten (Aggregate)
- SFC für Anlauf und Produktionsbetrieb
- Übersicht relevanter Kenngrößen (Key Performance Indicators) und Betriebsstundenanzeige

Im Prozessbild erhält der Bediener den Überblick über die gesamte Teilanlage und kann die nötigen Bedieneingriffe vornehmen.



#### Regelungskonzept

Für die Regelung der Konzentration der gasförmigen Stoffe im Reaktor und der Produktqualität (Schmelzflußindex des Polymers) wird ein Mehrgrößenregler (MPC) eingesetzt, der über Sollwertvorgaben für die Zuflüsse (Comonomer, Hydrogen, Katalysator) und Temperatur in den Prozess eingreift.

Wenn in der Anlage messbare Störgrößen vorkommen, die signifikant den Prozess beeinflussen, so können Sie diese zur Störgrößenaufschaltung verwenden.

Für die unterlagerten Regelungen werden PID-Regler "PIDConL" der APL für den Durchfluss Comonomer, Wasserstoff und Katalysator eingesetzt. Alle weiteren Regelungen sind ebenfalls mit PID-Reglern ausgestatten, jedoch als Standard-, Split-Range-, Kaskaden- oder Verhältnisregelungen konzipiert.

## 1.3 Verwendete Komponenten

Dieses Anwendungsbeispiel wurde mit diesen Hard- und Softwarekomponenten erstellt:

Komponente	Hinweis
SIMATIC PCS 7 ES/OS IPC547G W7	Für das PCS 7 V9.0 SP1 Beispielprojekt
SIMATIC PCS 7 V9.0 SP1	Bestandteil von SIMATIC PCS 7 ES/OS IPC547G W7
S7-PLCSIM	Kein Bestandteil von SIMATIC PCS°7 V9.0 SP1, zusätzliche Lizenzen werden benötigt
APL-Bibliothek V9.0 SP1	Bestandteil von SIMATIC PCS 7 V9.0 SP1
PCS 7 Advanced Process Graphics V9.0 SP1	Kein Bestandteil von SIMATIC PCS°7 V9.0 SP1, zusätzliche Lizenzen werden benötigt

#### **Hinweis** Beachten Sie bei abweichender Hardware die Mindestanforderungen zur Installation der Software-Komponenten. Die Mindestanforderungen finden Sie in der PCS 7 Liesmich unter folgenden Link: https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109750097.

Dieses Anwendungsbeispiel besteht aus folgenden Komponenten:

Komponente	Hinweis
84061788_PolyReactor_PROJ_PCS7V90SP1.zip	PCS 7 V9.0 SP1 Beispielprojekt
84061788_PolyReactor_DOC_PCS7V90SP1_de.pdf	Dieses Dokument

Hinweis Das Beispielprojekt für PCS 7 V9.0 steht Ihnen im Extranet-Bereich des Beitrags zum Download zur Verfügung:

https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/84061788.

Dieser Extranet-Bereich ist nur sichtbar, wenn Sie einen Managed System Services-Vertrag abgeschlossen haben. Detaillierte Informationen erhalten Sie unter: <u>https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/sc/4361</u>.

Einen Überblick aller technischer Informationen und Lösungen, die Ihnen ausschließlich im Extranet zur Verfügung stehen, finden Sie auf folgender Themenseite: <u>https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109755371</u>.

## 2 Vorbereitung und Inbetriebnahme

## 2.1 Vorbereitung

Die folgende Anleitung beschreibt die Inbetriebnahme des Unit Template, in dem die Steuerung mit dem Programm "S7-PLCSIM" simuliert wird. Liegt eine reale Steuerung vor, müssen Sie in der HW-Konfig die vorliegenden Hardware-Komponenten projektieren.

- 1. Kopieren Sie die Datei "84061788\_PolyReactor\_PROJ\_PCS7V90SP1.zip" in einen beliebigen Orden auf dem Projektierungsrechner und öffnen Sie anschließend den SIMATIC Manager.
- Klicken Sie in der Menüleiste auf "Datei > Dearchivieren" und wählen Sie die Datei "84061788\_PolyReactor\_PROJ\_PCS7V90SP1.zip" aus. Bestätigen Sie anschließend mit "Öffnen".
- Wählen Sie den Ordner aus, in dem das Projekt gespeichert werden soll und bestätigen Sie mit "OK".
   Das Projekt wird dearchiviert.
- 4. Bestätigen Sie den Dialog "Dearchivieren" mit "OK" und klicken Sie anschließend im Dialog auf "Ja", um das Projekt zu öffnen.
- 5. Rechtsklicken Sie auf "UT\_PolyReactor\_OS > OS01 > WinCC Appl. > OS" und klicken Sie auf den Menübefehl "Objekt öffnen".
- 6. Bestätigen Sie den Dialog "Konfigurierter Server nicht verfügbar" mit "OK".
- Öffnen Sie im WinCC Explorer die Eigenschaften Ihres Rechners und klicken Sie im geöffneten Eigenschaften-Dialog auf die Schaltfläche "Lokalen Rechnernamen übernehmen".

Superstant State S	UT_PolyR\wincproj\OS\OS.mcp	-	×
<u>F</u> ile <u>E</u> dit <u>V</u> iew <u>T</u> ools <u>H</u> elp	Computer properties		×
□ ▷ □ ▶ X □ □ □ H → > ※ ■ □ A	General Startup Parameters Graphics Runtime Runtime		
Computer	Computer Name: ES01		
A Graphics	Computer Type:		_
- I G Coging - I G Global Script - I G Global Script - I Text Library	Names of clients		

- 8. Bestätigen Sie die Meldung "Rechnername ändern" mit "OK".
- Klicken Sie im WinCC Explorer auf "Datei > Beenden" und wählen Sie im folgenden Dialog "WinCC Explorer beenden und Projekt schließen" aus.
- 10. Bestätigen Sie anschließend mit "OK".
- 11. Öffnen Sie den WinCC Explorer erneut, wie unter Schritt 5 beschrieben.
- 12. Öffnen Sie durch doppelklicken den "Variablenhaushalt".
- Öffnen Sie im "WinCC Configuration Studio" den "Variablenhaushalt > SIMATIC S7 Protocol Suite > TCP/IP" und wählen Sie im Kontextmenü "Systemparameter" aus.
- Überprüfen Sie im Register "Unit" den eingestellten "Logischen Gerätenamen". Bei Verwendung des Programms "S7-PLCSIM" wird als Gerätename "PLCSIM.TCPIP.1 ausgewählt. Das Ändern des Gerätenamens erfordert einen Neustart.
- Hinweis Kann die OS keine Verbindung zur AS herstellen (gegraute Bausteinsymbole), wählen Sie den logischen Gerätenamen "CP\_H1\_1:" aus und starten Sie die OS Runtime erneut.

### 2.2 Inbetriebnahme

Die folgende Anleitung zeigt, wie das Unit Template in den Initialisierungszustand versetzt wird. Das Projekt enthält einen SFC-Plan, in dem alle wichtigen Einstellungen projektiert sind, damit die Anlage den Arbeitspunkt erreicht.

Für die Inbetriebnahme wird vorausgesetzt, dass der SIMATIC Manager bereits geöffnet und das Unit Template in der Komponentensicht angewählt ist.

#### Simulation (S7-PLCSIM) starten

Gehen Sie zum Starten der Simulation nach folgender Anleitung vor:

- Wählen Sie im Menü "Extras > Baugruppen simulieren". Das Dialogfenster von "S7-PLCSIM" wird geöffnet.
- 2. Wählen Sie im Dialog "Projekt öffnen" die Option "Projekt aus Datei öffnen".
- 3. Wählen Sie die Datei "PolyReactor.plc" aus dem Pfad <Projektpfad>\UT\_PolyReactor\UT\_P\_MP\PolyReactor.plc> aus.
- 4. Ändern Sie im Menü "PLCSIM(MPI)" zu "PLCSIM(TCP/IP)"
- 5. Wählen Sie im Menü "Ausführen > Position Schlüsselschalter > RUN-P" aus.
- 6. Wechseln Sie in die Komponentensicht des SIMATIC Manager und markieren Sie "UT\_PolyReactor\_AS > AS01".
- Klicken Sie in der Menüleiste auf "Zielsystem > Laden" und bestätigen Sie den Dialog "Laden" mit "Ja".
- 8. Bestätigen Sie den Dialog "Zielbaugruppe stoppen" mit "OK" und anschließend den Dialog "Laden" mit "Ja".

#### OS (WinCC Runtime) aktivieren

Gehen Sie zum Aktivieren der OS nach folgender Anleitung vor:

- 1. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf UT\_PolyReactor\_OS > OS01 > WinCC Appl. > OS und wählen Sie das Menü "Objekt öffnen" aus.
- 2. Zum Aktivieren der OS (WinCC Runtime) wählen Sie im WinCC Explorer den Menüpunkt "Datei > Aktivieren".
- 3. Geben Sie im Dialog "System Login" als "Login" den Benutzer "Unit" und als Passwort "Template" ein und bestätigen Sie mit "OK".
- 4. Wählen Sie im Bildbereich "Reactor" aus





## 2.3 Bestandteile der Prozessvisualisierung

Das Prozessbild des Polymerisationsreaktors besteht aus folgenden Hauptbestandteilen:

- 1. Zufluss von Einsatzstoffen (Edukte)
- 2. Füllstandsregelung über Produktabfluss
- 3. Temperierung (Mantel- und Reaktor-Innentemperatur)
- 4. Druckregelung
- 5. Rührer
- 6. Polymerisationsreaktor

#### (1) Zufluss von Einsatzstoffen (Edukte)

Über den Zufluss werden die Einsatzstoffe (Edukte) dem Behälter mit definierten Durchflussmengen zugeführt. Für die Zuflussregelung werden unterschiedliche Regelungskonzepte verwendet. Dazu zählen:

- Verhältnisregelung
- Standardregelung
- Mehrgrößenregelung zur Vorgabe von Sollwerten f
  ür Edukt-Zufl
  üssen als Folgeregelungen

**Hinweis** Der Polymerisationsreaktor befindet sich bereits im Produktionsprozess, da die AS-Programmabarbeitung (PLCSIM) bereits gestartet wurde.

#### (2) Füllstandsregelung über Produktabfluss

Die Durchflussmenge des abfließenden Produkts ist vom Füllstand des Polymerisationsreaktors abhängig und wird so angesteuert, dass der Füllstand im Reaktor konstant bleibt. Bei Füllstandsänderung (wegen der Differenz von Zuflussund Abflussmenge) reagiert der Regler auf die Füllstandsabweichungen und kompensiert diese über das Absenken oder Erhöhen der Abflussmenge.

#### (3) Temperierung (Mantel- und Produkttemperatur)

Eine Voraussetzung für chemische Reaktionen ist die korrekte Temperatur der Stoffe im Reaktor (Behälter). Aufgrund der Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit und der Exothermie bzw. Endothermie chemischer Reaktionen ist die Temperierung von Reaktoren eine besonders anspruchsvolle Aufgabe. Diese Anforderung wird durch Einsatz eines Rührkesselreaktors mit Mantelkühlung erfüllt. Über den Behältermantel wird die erforderliche Reaktionstemperatur bzw. Reaktionsumgebung eingestellt. Zur Abfuhr der Reaktionswärme der stark exothermen Polymerisation wird zusätzlich ein Teil des Reaktorinhalts durch einen externen Wärmetauscher gepumpt. Dieses Umpumpen ist notwendig, da die Wärmeabfuhr über die Wand zwischen Reaktor und Kühlmantel alleine nicht ausreicht.

Zum schnellen Kühlen (bei exothermer Reaktion) der Reaktionsmasse wird Kühlwasser als Service Medium durch den Wärmetauscher geleitet und dadurch gezielt die durch die Reaktion entstandene Reaktionswärme entzogen. Für endotherme Reaktion muss entsprechend die Wärme der Reaktionsmasse zugeführt werden (in diesem Projekt nicht betrachtet).

Zum Erreichen der vorgegebenen Manteltemperatur wird der Behältermantel mit Heizdampf oder Kühlwasser temperiert Der Behältermantel beeinflusst mit geringer Verzögerung die Temperatur im Inneren des Reaktors.

#### (4) Druckregelung

Eine Voraussetzung für chemische Reaktionen ist der korrekte Druck im Behälter und eine für die Reaktion optimale Zusammensetzung der Gasphase im Reaktor. Um diese Anforderung zu erfüllen wird mit der Druckregelung ein vorgegebener Behälterdruck eingestellt und möglichst konstant gehalten. Zur Druckerhöhung wird über eine Zuleitung Stickstoff als Inertgas zugeführt, das sich nicht an der chemischen Reaktion beteiligt. Zur Druckverringerung wird ein Auslassventil geöffnet, so dass das Gasgemisch aus dem Behälter entweichen kann.

Bei dieser Regelung handelt es sich um eine Split-Range-Regelung, die auch unabhängig vom Reaktor für andere Aufgabenstellungen einsetzbar ist, bei denen ein Regler zwei Stellglieder ansteuern soll (z. B. Temperaturregelung mit separaten Stellgliedern für Heizen und Kühlen).

#### (5) Rührer

Der motorbetrieben Rührer hat die Aufgabe die zugeführten Edukte bzw. Komponenten miteinander zu vermischen und eine homogene Verteilung von Stoffkonzentrationen und Temperatur im Reaktor herbeizuführen. Um Defekte am Rührer zu vermeiden, ist der Rührer nach Unterschreiten eines definierten Füllstands zu verriegeln.

#### (6) Polymerisationsreaktor

Im Polymerisationsreaktor finden die chemischen Reaktionen statt. Die Auswahl und Auslegung des Reaktors erfolgt unter Berücksichtigung von teilweise sehr komplexen verfahrenstechnischen Zusammenhängen.

Dazu zählen unter anderem:

- Reaktionsgemische die eine spezielle Bauform oder Behälterbeschaffenheit voraussetzen
- Zu- und Abflussmengen zur Bestimmung der Reaktorgröße
- Reaktionsablauf in den dafür notwendigen Umgebungsbedingungen (Temperatur, Druck, Vermischung)

Zusätzlich werden die Konzentration verschiedener Stoffe im Reaktor und der Schmelzflussindex des Polymers erfasst und zur Regelung der Durchflüsse und zur Temperaturregelung herangezogen.

#### Kenngrößen (KPI = Key Performance Indicators)

Folgende Kenngrößen werden gemessen oder errechnet:

- Verweilzeit
- Raum-Zeit-Ausbeute
- Katalysator-Produktivität
- Betriebsstundenzähler
- Folgende Betriebsstundenzähler sind im Prozessbild enthalten:
- Motor des Rührers
- Pumpe für Diluent (Edukt)
- Pumpe für das Kühl-/Heizmedium Behältermantel
- Pumpe für das Kühl-/Heizmedium Wärmetauscher

## 2.4 Bedienung der Applikation

#### 2.4.1 Übersicht

Über das Prozessbild lassen sich einige Komponenten des Polymerisationsreaktors bedienen und beobachten. Zusätzlich erhält der Anlagenbediener Informationen (KPI's) zum aktuellen Prozess.

Hinweis Beachten Sie, dass es nach dem CPU Start ca. 15 Minuten dauert bis sich die Anlage im Produktionsbetrieb befindet, der den vorgegebenen Qualitätsvorgaben entspricht. Im laufenden Produktionsbetrieb sind alle Regler freigegeben. Diesen Zustand erkennen Sie u. a. im SFC, wenn dieser alle Ablaufketten erfolgreich abgearbeitet hat.

Die folgenden Szenarien beziehen sich auf den Umgang mit dem Unit Template "Polymerisationsreaktor":

- Vorgehen zur Regleroptimierung
- MPC Arbeitspunktoptimierung
- Prozessverlauf mit APG beobachten

#### 2.4.2 Szenario A – Vorgehen zur Regleroptimierung

Diese Applikation bietet durch ihre Vielzahl an Regelkreisen eine gute Möglichkeit Optimierungen für einzelne Regelkreise durchzuführen, angefangen bei einfacheren Regelungen, wie z. B. Füllstandsregelung, bis hin zu komplexen Mehrgrößenregelungen für die Polymerisation. Im Folgenden wird die prinzipielle Vorgehensweise zur Regleroptimierung beschrieben.

Nach erfolgreichem Anfahren der Anlage sind alle Regler freigegeben, so dass eigene Sollwerte nach Umschaltung auf internen Sollwert vorgegeben werden können.

#### Standard PID-Regler

Die PID-Regelung, mit Ausnahme der Folgeregler des MPC und der Kaskadenregelung, arbeiten unabhängig von der Prozesssimulation des MPC.

Die folgende Optimierung wird am Beispiel des Durchflusses "FIC\_Cocatalyst" erläutert und nur bis zum Optimierungsdialog beschrieben. Eine detaillierte Beschreibung für die Regleroptimierung finden Sie in den Applikationsbeschreibungen:

- "Wie kann mit dem PCS 7 PID-Tuner eine Regleroptimierung durchgeführt werden?" unter <u>https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/8031495</u>
- "PID Regelung mit arbeitspunktabhängiger Parametersteuerung (Gain Scheduling) und PID-Tuning" unter <u>https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/38755162</u>
- Wechseln Sie in die OS in das Prozessbild und wählen Sie das Bausteinsymbol "FIC\_Cocatalyst" an. Der zugehörige Bildbaustein wird geöffnet.



2. Ändern Sie die Sollwertvorgabe auf internen Sollwert.

# Hinweis Der Sollwert wird nachgeführt, so dass die Umschaltung keine Änderung nach sich zieht.

3. Wechseln Sie im Bildbaustein in den Bereich "Parameter" und aktivieren Sie die Einstellung "PID Optimierung".



	4.	Wechseln Sie in den SIMATIC Manager und öffnen Sie den Teilplan "A" Blatt "1" des CFC-Plans "FIC_Cocatalyst".
	5.	Markieren Sie den Reglerbaustein "C" und wählen Sie den Menüpunkt "Bearbeiten > PID-Regler optimieren" aus.
	6.	Führen Sie die Regleroptimierung durch.
Hinweis	Beachten Sie, dass der Durchfluss keinen integralen Bestandteil hat un Anregung zur Optimierung nicht zu stark vom Arbeitspunkt abweicht.	
Hinweis	F	alls der Arbeitspunkt sich geändert hat, muss der SFC entsprechend dem euen Arbeitspunkt angepasst werden.

#### **MPC-Regler**

Die Mehrgrößenregelung ist für langsamere, jedoch anspruchsvollere Prozesse anwendbar. Vor der Optimierung des Mehrgrößenreglers müssen zuerst die Folgeregler ein stabiles Regelverhalten aufweisen. Dies bezieht sich im Beispiel auf den Durchfluss der Edukte und die Temperierung über den Wärmetauscher.

Für die folgende Optimierung werden die Schritte bis zum Optimierungsdialog beschrieben. Eine detaillierte Beschreibung für die MPC-Optimierung finden Sie in den Applikationsbeschreibungen

- "Wirbelschichttrockner Entwurf eines Prädiktivreglers mit Arbeitspunktoptimierung" unter folgenden Link: <u>https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/61926069</u>
- "PCS 7 Unit Template am Beispiel der Chemischen Industrie "Destillationskolonne" im Kapitel "Konfiguration des MPC-Reglers" unter <u>https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/48418663</u>.

**Hinweis** Beachten Sie, dass in den aufgelisteten Applikationen MPC-Regelungen mit unterschiedlicher Anzahl von Regelgrößen und Störgrößen beschrieben werden. Das prinzipielle Vorgehen für eine Regleroptimierung ist jedoch identisch und kann ebenso auf dieses Beispiel angewendet werden.

1. Wechseln Sie in die OS in das Prozessbild des Polymerisationsreaktors und warten Sie bis alle Arbeitspunkte erreicht sind und die Regler freigegeben sind.



2. Öffnen Sie zum Beobachten die erste Trendanzeige der Prozessgröße.

3. Führen Sie eine Anregung für den ersten Sollwert durch und warten Sie so lange, bis die Prozessanregung abgeschlossen ist.



- **Hinweis** Abhängig von der Regelgröße kann es ca. 15 Minuten dauern, bis der Großteil der Prozessanregung abgeschlossen ist. Aus dem Trend-Diagramm können Sie die Zeit und den Einfluss der Anregung ermitteln. Aus diesen Daten ermitteln Sie die Parameter für den Anregerbaustein "AutoExcitation".
  - 4. Nehmen Sie nach der Auswertung, z. B. in der Trendanzeige die Anregung wieder zurück und warten Sie ebenfalls, bis diese Prozessanregung abgeschlossen ist.
  - 5. Führen Sie die Schritte 2 und 4 für alle vier Regelgrößen durch.
  - 6. Wechseln Sie in den SIMATIC Manager und öffnen Sie den Teilplan "A" Blatt "1" des CFC-Plans "XC\_Polymer".
  - 7. Öffnen Sie die Trendanzeige über den Menüpunkt "Ansicht > Trendanzeige...".

	<ol> <li>Fügen Sie alle vier Prozesswerte (CVx) und Stellwerte (MVx) der Trendanzeige hinzu und Parametrieren Sie die Wertebereiche entsprechend der Konfiguration am MPC. Alternativ kann der vorgefertigte Trendkurvenschreiber im MPC-Bildbaustein verwendet werden.</li> </ol>
Hinweis	Die Wertebereiche für die Prozesswerte entnehmen Sie den Kanaltreibern aus den CFC-Plänen der Folgeregler und Anzeigen. Alternativ können Sie die Eingangsparameter "SPxHiLim" und "SPxLoLim" für Prozesswertgrenzen, "MVxHiLim" und "MVxLoLim" für Stellwertgrenzen am MPC sichtbarschalten und übernehmen.
	<ol> <li>Parametrieren Sie den "AutoExcitation"-Baustein entsprechend Ihren Aufzeichnungen der Prozessanregung f ür alle vier Stellgrößen (NumberMV = 4).</li> </ol>
Hinweis	Stellen Sie die Stellwerte und die Dauer zur Prozessanregung so ein, dass eine Prozesswertänderung zu erkennen ist.
	<ol> <li>Starten Sie die Trendaufzeichnung und warten Sie 30 Sekunden bis die ersten Werte (keine Sprünge) erfasst wurden.</li> <li>Starten Sie im sichtbargeschalteten "AutoExcitation"-Baustein die Prozessanregung und warten Sie bis alle Anregungen komplett abgeschlossen sind.</li> </ol>
Hinweis	Abhängig von der voreingestellten Zeit, kann die Anregung mehrere Stunden dauern.
	12. Exportieren Sie nach abgeschlossener Anregung die Trendaufzeichnung.
Hinweis	Im Projektpfad " <projektpfad>\UT_PolyReactor\UT_P_MP" finden Sie die zur Optimierung exportierte Trendaufzeichnung "MPC_Record_20140227.csv".</projektpfad>
	<ol> <li>Markieren Sie den Baustein "MPC" und klicken Sie in der Menüleiste auf "Bearbeiten &gt; MPC-Konfigurieren".</li> </ol>

14. Führen Sie im MPC-Konfigurator den Reglerentwurf mit der exportierten Trendaufzeichnung durch.

#### 2.4.3 Szenario B – MPC Arbeitspunktoptimierung

Der MPC-Regler erlaubt eine betriebswirtschaftliche Optimierung des stationären Arbeitspunkts unter Beachtung von Sollwert-Toleranzgrenzen. Dazu werden dem Regler erlaubte Abweichungen (Freiheitsgrade) vorgegeben, in denen sich die Sollwerte bewegen dürfen. Dieser Bereich wird auch Toleranzbereich genannt. Bei aktivierter Arbeitspunktoptimierung findet der Regler die im Sinne des Gütekriteriums vorteilhaftesten Sollwerte innerhalb der Toleranzbereiche. Falls dem Regler keine zusätzlichen Informationen (Berechnung der betriebswirtschaftlichen Daten) zur Verfügung stehen, werden die untersten Toleranzwerte angefahren.

Definieren Sie das Gütekriterium in der Parametersicht. Dazu können Sie für jede Stell- und Regelgröße des MPC spezifische Kosten definieren, die minimiert werden sollen, oder Erlöse, die maximiert werden sollen.

Im Beispiel werden folgende Abhängigkeiten betrachtet:

- Die MVs 1...3 sind Eduktströme und verursachen höhere Kosten, wenn sie steigen.
- Die CVs verursachen keine Kosten, müssen aber in bestimmten Toleranzbereichen gehalten werden, um ein verkäufliches Produkt zu erzeugen.
- Der Verkaufserlös ist vom Produktabfluss abhängig. In erster Näherung ist der Abfluss gleich der Summe der Edukt-Zuflüsse. Weil der Hauptrohstoff, d. h. das Monomer konstant zugeführt wird, kann von einem näherungsweise konstanten Produktabfluss ausgegangen werden.

Die Aufgabe der Optimierung ist also, die geforderten Spezifikationen mit dem geringstmöglichen Einsatz an Rohstoffen und Kühlenergie zu erreichen.

Als Gütekriterium wird eine Minimierung der Kosten zu Grunde gelegt.

Dazu werden die folgenden Gradienten für MV 1...4 eingestellt:

- GradMV1 = 11
- GradMV2 = 12
- GradMV3 = 22
- GradMV4 = -8
- 1. Wechseln Sie in die OS in das Prozessbild des Polymerisationsreaktors und warten Sie bis alle Arbeitspunkte erreicht sind und die Regler freigegeben sind.

 Klicken Sie auf das Bausteinsymbol des Mehrgrößenreglers "XC\_Polymer" und überprüfen Sie die Grenzwerteinstellungen für die Optimierung (Parametrierung) aller Regelgrößen.



3. Stellen Sie für die Optimierung die Gradienten (Gewichtungsfaktoren) für MV1 bis MV4 mit dem Optimierungsziel der Kostenminimierung ein.

MPC					X
controller	2			14 24 .	 ₩
erations Se	ettings				
SF	e := CV i	n manual	mode		
Pr	ediction	only			
			C		
				]	
O	otimizat	tion			
Op	o <mark>tim</mark> iz. Ta	arget	Minim	um	
Performanc	e Index	=			
GradCV1	0,	*CV1+Gr	adMV1	11, *N	IV1+
GradCV2	0,	*CV2+Gr	adMV2	12,	lo l
GradCV3	0,	*CV3+Gr	adMV3	22,	6
GradCV4	0,	*CV4+Gr	adMV4	-8,	0
JO	0,			C	
Se	rvice				
Sir	nulation		Off		
Re	elease fo	or maint.	No		
		•	000000		
8-	L	09	9999999		
					_
	-12	J OK		Cancel	
	MPC controller controller  perations Se SF Pr Op Op Performanc GradCV2 GradCV2 GradCV3 GradCV4 J0 Se Sin Re	MPC controller perations Settings SP := CV i Prediction Optimizat Optimiz Ta Performance Index GradCV1 0, GradCV2 0, GradCV2 0, GradCV3 0, GradCV4 0, J0 0, Service Simulation Release for	Performance Index = GradCV1 0, *CV2+Gr GradCV2 0, *CV2+Gr GradCV4 0, *CV4+Gr GradCV4 0,	MPC controller SP := CV in manual mode Prediction only  Optimization Optimiz Target Minim Performance Index = GradCV1 0, *CV1+GradMV1 GradCV2 0, *CV2+GradMV2 GradCV3 0, *CV3+GradMV3 GradCV4 0, *CV4+GradMV4 J0 0, Service Simulation Off Release for maint. No	Optimization         Optimization         Optimiz Target         Minimum         Performance Index =         GradCV1       °CV1+GradMV1         GradCV2       0, °CV2+GradMV2         GradCV3       0, °CV3+GradMV3         J0       0,         Service       Simulation         Off       Release for maint.         No       0, °CV2+GradMV4

4. Öffnen Sie zum Beobachten der MPC-Regelung die Trendanzeige "Trend\_MPC" über die Schaltfläche "Kurvengruppen abrufen/zusammenstellen".



- **Hinweis** Die Trendanzeige kann auch um weitere Werte, wie z. B. den aktuellen wirtschaftlichen Erlös aus dem Gütekriterium erweitert werden.
  - 5. Betätigen Sie zur Optimierung die Schaltfläche "Optimierung" ("Optimization") und beobachten Sie die Änderungen im Kurvenschreiber.



- 6. Nach ca. 14 Minuten ist die Arbeitspunktoptimierung größtenteils abgeschlossen.
- Stoppen Sie den Kurvenschreiben um eine Auswertung der aufgezeichneten Daten vorzunehmen. Hierzu können Sie ebenfalls die Skalierung der Zeitachse anpassen.
- **Hinweis** Die einzelnen Regler-Werte (SPs, CVs und MVs) werden archiviert, so dass Sie eigene Zeitbereiche im Kurvenschreiber auswählen können.

#### Auswertung

In der Abbildung sehen Sie die Trendkurven des Mehrgrößenreglers während der Arbeitspunktoptimierung



Nach Einschalten der Optimierung übernimmt der MPC nach der Gewichtung im Gütekriterium für SP1 und SP2 die unteren Optimierungsgrenzen und für SP 3 und SP4 die obere Optimierungsgrenzen als neue Sollwerte. Alle Stellwerte (MV) werden als Sollwertvorgaben an die Folgeregelungen weitergegeben.

Für die Produktqualität bedeutet dies einen höheren MFI bei geringeren Konzentrationen. Für den höheren MFI wird eine höhere

Produkttemperaturtemperatur (MV4) benötigt. Aus Sich der Folgeregelung muss für eine höhere Produkttemperatur weniger Kühlwasser durch den Wärmetauscher geführt werden, was wiederum niedrigere Kosten verursachen kann.

Durch die Arbeitspunktoptimierung werden an diesem Berechnungsbeispiel mit den angenommenen Gütekriterien die Kosten um mehr als 10% von 1640 €/h auf 1464 €/h verringert.

Hinweis Um eine effektive und aussagekräftige Optimierung durchzuführen, ist es notwendig dem MPC zusätzliche prozessrelevante technischen Daten und Grenzen, sowie betriebswirtschaftliche Grundinformationen (Erlöse und Kosten) zur Verfügung zu Stellen. Kosten oder Erlöse, die nicht über einen konstanten Faktor von den Stell- oder Regelgrößen des MPC abhängen müssen ggf. berechnet werden. Diese Berechnung der betriebswirtschaftlichen Daten ist in einem gesonderten CFC durchzuführen und mit dem MPC zu verschalten.

> Ein gutes Beispiel für eine wirtschaftliche Arbeitspunktoptimierung erhalten Sie an den Beispiel "Wirbelschichttrockner - Entwurf eines Prädiktivreglers mit Arbeitspunktoptimierung" unter folgenden Link <u>https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/61926069</u> und dem Applikationsbeispiel mit integrierter Prozesssimulation "PCS 7 Unit Template am Beispiel der Chemischen Industrie "Trockner"" unter <u>https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/74747848</u>.

#### 2.4.4 Szenario C – Prozessverlauf mit APG beobachten

Mit APG erhält der Analgenbediener einen schnellen Überblick über alle aufgabenbezogenen Prozessgrößen. Zum Aufzeigen der Funktionalität wurden zwei Prozessbilder des Polymerisationsreaktors mit APG-Objekten erstellt.

In diesem Szenario wird das Prozessrauschen aktiviert, Grenzwerte und Zuflüsse verändert, so dass Meldungen in den beiden APG-Prozessbildern (Level 1 und Level 2) zu beobachten sind.

Ein Prozessrauschen für die Manteltemperatur und den Reaktorfüllstand wird bereits beim Anfahren der Anlage aktiviert. Durch Aktivieren des Rauschens am Baustein "AddNoise" werden die Polymerdichte, Schmelzflussindexes, H2-Konzentration, C4-Konzentration; C2-Konzentration und die Polymertemperatur mit einem Rauschsignal versehen. Möchten Sie ein stärkeres Rauschsignal parametrieren, können Sie einen größeren Wert im Plan "Sim\_Reactor" an den Noise-Bausteinen am Parameter "StdDev" einstellen. Ein zu starkes Rauschen hat z. B. bei aktivierter Arbeitspunktoptimierung beim Mehrgrößenregler einen Einfluss auf die Produktqualität, wie auch auf das Regelverhalten. Abhängig von der Abweichung müssen ggf. die Toleranzbereiche für die Arbeitspunkte angepasst werden. Bei zu starken Schwankungen von mehreren Prozessgrößen wird der Prozess nicht mehr regelbar.

- Wechseln Sie in die Anlagensicht vom SIMATIC Manager und öffnen Sie den CFC "Presettings" im Pfad "UT\_PolyReactor\_MP > UT\_PolyReactor\_AS > Reactor > PolyReactor> Process > Presettings".
- 2. Aktivieren Sie die Test-CPU über den Menüpunkt "Debug > TestMode".
- 3. Aktivieren Sie die Anzeige aller Parameter am Baustein "AddNoise" und vergeben Sie für den Parameter "In1" den Wert "1".



4. Wechseln Sie in die OS in das Prozessbild "Reactor" und öffnen Sie die Grenzwerteinstellungen im Bildbaustein des Control Module "Cat. Prod".

			KPI/CatProductiv	vity		×
			Analog measureme	ent mon	itoring - large 🔞	**************************************
			Enabled opera	ations	Process value I	imits (PV) 🗧 🖯
			1	•	H alarm	600,00
STY	Cat. Prod	Res. Time	<b>V</b>	•	H warning	580,00
			1		Hysteresis	0,00
	-350,0	-0,3	1	V	L warning	150,00
-			<ul> <li>✓</li> </ul>	V	Lalarm	100,00
73,3	-266,7	0,2			Gradient limits	
154,19 kg/(h*m <sup>®</sup> )	306,82	0,49 h	12		H alarm	<b>↓</b> 20,00/s
Key Per	formance Ir	dicators				

5. Stellen Sie eine niedrigere untere Warngrenze von "290" und Alarmgrenze von "250" ein.



6. Öffnen Sie den Bildbaustein des Reglers "FIC\_Monomer".

- 7. Ändern Sie die Sollwertvorgabe auf Intern und vergeben Sie einen neuen Durchflusswert von "2900".
- Hinweis Auch der Durchfluss vom Lösungsmittel ("Diluent") verringert sich, da dieser im Verhältnis zum Monomer zugeführt wird.

#### Auswertung

Durch Ändern der Durchflussmenge wird weniger Monomer zugeführt als im optimalen Arbeitsbereich voreingestellt. Zusätzlich wird durch die Verhältnisregelung auch weniger Lösungsmittel ("Diluent") dem Reaktor zugeführt, was zu einer kurzzeitigen Verringerung des Füllstands führt. Der Füllstandregler regelt mit Verzögerung die Störgröße aus. Aufgrund des geänderten Verhältnisses aus Polymerdichte x Polymerabfluss zum Katalysator-Zufluss werden die beiden eingestellten Grenzen (Alarm und Warnung) unterschritten bis sich der Wert im Bereich von ca. "267" innerhalb der unteren Warngrenze einpendelt.

Die folgende Darstellung zeigt die Änderungen in den beiden Prozessbildern "Reactor" und "Plant". Links ist der optimale Prozesszustand zu sehen, während im rechten Prozessbild die Auswirkungen der Zufluss-Änderung zu erkennen sind.



- Im Anlagenbild "Plant" wird im Spinnendiagramm das Unterschreiten der Warngrenze der Katalysator-Produktivität mit einem gelben Balken dargestellt. Zusätzlich ist an der Polygonverbindung zu erkennen, dass sich der Monomer-Durchfluss außerhalb des Arbeitsbereiches befindet.
- 2. Im Anlagenbild "Reactor" wird das Unterschreiten des Anzeigebereiches für den Monomer-Durchfluss mit einem senkrecht nach unten ausgerichteten grünen Pfeil dargestellt. Alarm und Warngrenzen sind für die Durchflüsse nicht eingestellt.

Das Unterschreiten der unteren Warngrenze für die Katalysator-Produktivität wird durch die gelbe Messwertanzeige, das gelb blinkende "W"-Symbol und die gelbe Warngrenze im Bargraphen dargestellt.

## 3 Integration des Unit Template ins Anwenderprojekt

## 3.1 Vorbereitung

- Kopieren Sie die Datei "84061788\_PolyReactor\_PROJ\_PCS7V90SP1.zip" auf den Projektierungsrechner und öffnen Sie anschließend den SIMATIC Manager.
- Klicken Sie in der Menüleiste auf "Datei > Dearchivieren" ("File > Retrieve") und wählen Sie die Datei "84061788\_PolyReactor\_PROJ\_PCS7V90SP1.zip" aus. Bestätigen Sie anschließend mit "Öffnen" ("Open").
- Wählen Sie den Ordner aus, in dem das Projekt gespeichert wird und bestätigen Sie mit der Schaltfläche "OK". Das Projekt wird extrahiert.
- 4. Klicken Sie im Dialog "Dearchivieren" ("Retrieve") auf die Schaltfläche "OK" und klicken Sie anschließend im Dialog auf "Ja" ("Yes"), um das Projekt zu öffnen.
- 5. Wechseln Sie in die "Technologische Sicht" ("Plant View").
- 6. Öffnen Sie parallel das Projekt, in der das Unit Template zu integrieren ist.

## 3.2 Vorlagen kopieren

### Hinweis

Sollten Sie in Ihrem bestehenden Projekt bereits mit CMTs gearbeitet haben, dann prüfen Sie vor den folgenden Schritten auf Gleichheit, da es in diesem Falle zu Fehlern in Ihrem bestehenden Projekt oder dem zu integrierenden Unit Template kommen kann.

- 1. Wechseln Sie in die Ansicht der technologischen Hierarchie.
- 2. Kopieren Sie aus der Stammdatenbibliothek die Ordner mit den CMTs und fügen Sie diesen in das Zielprojekt ein.



3. Kopieren Sie aus der Stammdatenbibliothek die Aufzählungen und fügen Sie diesen in das Zielprojekt ein.

## 3.3 Teilanlage kopieren

1. Kopieren Sie den Hierarchieordner "Reactor" aus dem AS-Projekt des Unit Templates in die technologische Hierarchie des Zielprojekts.



# **Hinweis** Die Hierarchieordner der Teilanlagen "01\_Overview" und "02\_Help" sind für den Betrieb nicht notwendig.

 Kopieren Sie die Prozessbilder "Plant", "Reactor", und "PolyReactor" aus dem OS-Projekt des Unit Templates ebenfalls in die technologische Hierarchie des Zielprojekts. Wenn gewünscht, kopieren Sie ebenfalls die Bilder "Help" und "Overview".



#### Hinweis

Achten Sie beim Kopieren der Prozessbilder darauf, dass Sie die Bilder in die Hierarchieebene des Zielprojekts kopieren, die als OS-Bereich parametriert ist.

## 3.4 OS Projekt anpassen

Um die Farben im Prozessbild des Unit Templates einfach an zentraler Stelle ändern zu können, wurde im OS-Projekt eine zentrale Farbpalette angelegt. Damit diese Farben im Prozessbild Ihres eigenen Projekts ebenfalls dargestellt werden, müssen Sie die zugehörige Farbpalette importieren.

- 1. Markieren Sie im WinCC Explorer "OS(1)" und wählen Sie im Kontextmenü "Objekteigenschaften" ("Project Properties") aus.
- 2. Wählen Sie das Register "Oberfläche und Design" ("User Interface and Design") an und klicken Sie auf die Schaltfläche "Bearbeiten" ("Edit").
- Importieren Sie die Palette mit der Option "Überschreiben" ("Overwrite") in Ihr eigenes Projekt. Die Farbpalette ist im Projektordner des Unit Templates unter dem Pfad: "<Projektpfad>\UT\_PolyReactor\UT\_P\_OS\wincproj\OS\GraCS UnitTemplate.xml>" abgelegt. Es werden alle vorhandenen Farben ersetzt.

oject Properties	5		×	Color Selection		×
General	Update Cycles	Shortcuts	Options	Colors		
Active Design:	Update Lycies g Mode	Shortcuts User Interface and er Shortcuts) phic representation	Edit	Transparency Red Green		ľ
Central Color Pa	alette	Abbrechen	Edit	Project Palet UnitTemplate 20 21 2 30 31 3	HTML code: 000000 To Palet te 2 23 24 25 36 37 38 2 33 34 35 36 37 38 Color name:	te 29 39
					OK	chen

# **Hinweis** Beachten Sie, dass beim Export/Import von Farbpaletten immer alle Farben verwendet werden. Einzelne Farbtabellen können nicht exportiert werden.

Wenn Sie in Ihrem Projekt eigene Farbtabellen angelegt haben, können Sie auch diese exportieren und die Tabellen mit einem Editor in der XML-Datei zusammenführen. Alternativ erstellen Sie in Ihrem Projekt eine neue Farbtabelle und projektieren die Farben einzeln. Achten Sie auch darauf, dass sich der Farbindex nicht ändert, andernfalls müssten Sie die Farbeinstellungen der Objekte im Prozessbild anpassen. Natürlich bleibt es Ihnen überlassen die Farben Ihren Anforderungen entsprechend abzuändern.

## 4 Engineering

## 4.1 Technische Funktionen und Messstellen

Das Unit Template "Polymerisationsreaktor" setzt sich zusammen aus vorgefertigten technischen Funktionen und zusätzlichen CFC-Plänen für z. B. die Prozesssimulation. Im PCS 7-Projekt basieren alle Messstellen, wie auch die Messstellen der technischen Funktionen auf CMT der Stammdatenbibliothek.

Das Applikationsbeispiel beinhaltet folgende Bestandteile:

- Edukt-Zugabe (Feed): Regelung der Zuläufe der einzelnen Edukte und Katalysatoren
- Füllstandsregelung (Level): Füllstandsregelung über den Abfluss
- Manteltemperierung (JacketTemp): Regelung der Manteltemperatur
- Produkttemperaturregelung (Cooling): Regelung der Reaktor-Innentemperatur
- Druckregelung (Pressure): Regelung des Behälterdrucks
- Rühren (Agitation): Rühren des Produkts
- Stoffkonzentrationen und Schmelzflussindex (Polymer)
- Schrittkette (SFC) zum Anfahren des Polymerisationsreaktors
- Übergreifende Prozesssimulation (Simulation)
- Prozesskennzahlen (KPI)

Hinweis Alle notwendigen Beschreibungen, Konfiguration und Vorgehensweise zum

- Aufbau, Funktion von technischen Funktionen inklusive Parameter
- Integration von technischen Funktionen
- Regler und Regelverhalten

erhalten Sie in der Anwendungsbeschreibung "Technische Funktionen am Beispiel der Chemischen Industrie" und die Beispielprojekte mit den einzelnen technischen Funktionen und CMTs finden Sie unter folgendem Link: <u>https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/53843373</u>. Die Informationen zu den einzelnen technischen Funktionen finden Sie im Kapitel "Technische Funktionen" und zu den CMTs im Kapitel "Einzelsteuerebene".

In den folgenden Unterkapiteln finden Sie den Aufbau der einzelnen technischen Funktionen, sowie die durchgeführten Erweiterungen und Änderungen gegenüber den ursprünglichen technischen Funktionen und Einzelsteuereinheitstypen. Zusätzlich wird der SFC zum Anfahren des Polymerisationsreaktors dokumentiert.

Hinweis CMTs sind für unterschiedliche Einsatzbereiche vorprojektiert. Über Varianten werden basierend auf der Messwertübertragung der entsprechende Kanalbaustein aus- oder abgewählt. Des Weiteren können über Optionen weitere Funktionen ohne Projektierung an der Instanz aktiviert werden.

## 4.2 Edukt-Zugabe (Feed)

Der gesamte Zufluss setzt sich aus mehreren festen oder gasförmigen Edukten zusammen. Die Zufluss-Regelung erfolgt von einer Mehrgrößenregler-Messstelle (Stoffkonzentration), einer Verhältnis-Regelung und einer Standard Durchflussregelung mit festen Sollwertvorgaben durch die Schrittkette.

#### 4.2.1 Aufbau

#### Zufluss Cocatalyst per Durchflussregelung

Die Durchflussregelung (PID-Regelung) für den Cokatalysator bekommt ihren Sollwert vom SFC. Wie das Monomer, so erhält auch Cokatalysator einen festen Sollwert für den Produktionsbetrieb.

СМ	СМТ	Selektierte Varianten	Beschreibung
FIC_Cocatalyst	"Ctrl"	PV_In     Intlock	Durchflussregelung von Cokatalysator, Sollwert vom SFC
YC_Cocatalyst	"ValAn"	Opt IF Ctrl	Stellventil für "FIC_Cocatalyst"
		Permit	
		<ul><li>Rbk</li><li>MV_Out</li></ul>	

In der folgenden Tabelle erhalten Sie eine Übersicht der Bestandteile.

In der folgenden Abbildung ist der Aufbau mit den planübergreifenden Verschaltungen vereinfacht dargestellt.



#### Zufluss per Verhältnisregelung

Zwei Zuflüsse sind mit der technischen Funktion zur Verhältnisregelung "Ratio-Control" realisiert. Diese beinhaltet das Haupt-Edukt Monomer, zu dem das weitere Edukt Diluent in einem spezifizierten (stöchiometrisch sinnvollen) Verhältnis zugeführt wird.

СМ	СМТ	Selektierte Varianten	Beschreibung	
FIC_Monomer	"Ctrl"	• PV_In	Durchflussregelung der Hauptkomponente	
		<ul> <li>Intlock</li> </ul>		
YC_Monomer	"ValAn"	<ul> <li>Opt_IF_Ctrl</li> </ul>	Stellventil für "FIC_Monomer"	
		<ul> <li>Permit</li> </ul>		
		Rbk		
		MV_Out		
FFIC_Diluent CtrlRatio •		Intlock	Verhältnisregelung der Nebenkomponente im	
		<ul> <li>Opt_IF_Master</li> </ul>	Verhältnis zur Hauptkomponente	
		• PV_In		
YC_Diluent	ValAn	Opt_IF_Ctrl	Stellventil für "FFIC_Diluent"	
		Permit		
		Rbk		
		MV_Out		
NS_PumpDiluent	Mot	Intlock	Pumpe für Diluent	
		<ul> <li>Opt_1Fbk</li> </ul>		
		Permit		
		• Q		

In der folgenden Tabelle erhalten Sie eine Übersicht der Bestandteile.

In der folgenden Abbildung ist der Aufbau mit den planübergreifenden Verschaltungen vereinfacht dargestellt.



#### Zufluss per Mehrgrößenregelung

Der Mehrgrößenregler "XC\_Polymer" regelt die Reaktionsbedingungen (Konzentration der Gase im Reaktor) sowie die Qualität des Polymers. Dazu erfasst der Regler die Konzentrationen der Bestandteile C2, C4 und H2 und übergibt seine Stellwerte als externe Sollwerte an die Folgeregler "FIC\_Catalyst", "FIC\_Hydrogen" und "FIC\_Comonomer". Zusätzlich gibt der Mehrgrößenregler auch einen Sollwert für die Reaktortemperatur vor, siehe dazu Kapitel <u>4.8</u>.

СМ	СМТ	Selektierte Varianten	Beschreibung
FIC_Catalyst	"Ctrl"	<ul><li>Intlock</li><li>Opt_IF_Master</li><li>PV_In</li></ul>	Durchflussregelung für Katalysator, angesteuert vom MPC
YC_Catalyst	"ValAn"	<ul> <li>Opt_IF_Ctrl</li> <li>Permit</li> <li>Rbk</li> <li>MV_Out</li> </ul>	Stellventil für "FIC_Catalyst"
FIC_Hydrogen	"Ctrl"	<ul><li>Intlock</li><li>Opt_IF_Master</li><li>PV_In</li></ul>	Durchflussregelung für Wasserstoff, angesteuert vom MPC
YC_Hydrogen	"ValAn"	<ul> <li>Opt_IF_Ctrl</li> <li>Permit</li> <li>Rbk</li> <li>MV_Out</li> </ul>	Stellventil für "FIC_Hydrogen"
FIC_Comonomer	"Ctrl"	<ul><li>Intlock</li><li>Opt_IF_Master</li><li>PV_In</li></ul>	Durchflussregelung für Comonomer, angesteuert vom MPC
YC_Comonomer	"ValAn"	<ul> <li>Opt_IF_Ctrl</li> <li>Permit</li> <li>Rbk</li> <li>MV_Out</li> </ul>	Stellventil für "FIC_Comonomer"

In der folgenden Tabelle erhalten Sie eine Übersicht der Bestandteile.



In der folgenden Abbildung ist der Aufbau der Mehrgrößenregelung inkl. Aller planübergreifenden Verschaltungen vereinfacht dargestellt.

#### Simulation

Im Simulationsplan "Sim\_Feed" wird die Verzögerungszeit, die Prozessverstärkung und auch die Durchflussskalierung für alle Zuflüsse simuliert.



- 1. Verzögerungszeit in Sekunden "Lag\_xxxx", die durch die Trägheit des Stellglieds und auch durch die Zeitkonstante des Durchfluss-Sensors (incl. Tiefpassfilter im Messgerät) entsteht.
- 2. Der Faktor "Gain\_xxxx" definiert die Prozessverstärkung.
- 3. Der Faktor "Feed\_xxxx" definiert die Skalierung bzw. die Durchflussmenge der Edukte.
- 4. Summierung aller Zuflüsse.

#### 4.2.2 Parametrierung

#### **FIC\_Catalyst**

Die folgende Tabelle zeigt die Projektierung der Instanz aus "Ctrl"

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
С	Gain	13.5	Regler-Verstärkung
С	ТІ	1.8	Regler-Verzögerung
С	SP_InHiLim	50.0	Maximalwert des internen Setpoint
С	PropFacSP	0.5	P-Anteil in Rückführung
to_Master	Out		Verschaltung zum Mehrgrößenregler (XC_Polymer\from_Ctrl_3.In)
to_ActorSlave	Out		Verschaltung zum Ventil (Steuern) (YC_Catalyst\from_Ctrl.In)
from_ActorSlave	In		Verschaltung zum Ventil (Status) (YC_Catalyst\to_Ctrl.Out)
PV_In	SimOn	1	Aktivieren des Simulationswerts
PV_In	SimPV_In		Verschaltung zum simulierten Prozesswert (Sim_Feed\Gain_Catalyst.Out)
PV_Scale	HiScale	150.0	Maximalwert des Prozesswerts
PV_Unit	_Unit In		Einheit des Prozesswerts (kg/h)

#### FIC\_Hydrogen

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
С	Gain	22.5	Regler-Verstärkung
С	TI	1.4	Regler-Verzögerung
С	SP_InHiLim	50.0	Maximalwert des internen Setpoint
С	PropFacSP	0.5	P-Anteil in Rückführung
to_Master	Out		Verschaltung zum Mehrgrößenregler (XC_Polymer\from_Ctrl_2.In)
to_ActorSlave	Out		Verschaltung zum Ventil (Steuern) (YC_Hydrogen\from_Ctrl.In)
from_ActorSlave	In		Verschaltung zum Ventil (Status) (YC_Hydrogen\to_Ctrl.Out)
PV_In	SimOn	1	Aktivieren des Simulationswerts
PV_In	SimPV_In		Verschaltung zum simulierten Prozesswert (Sim_Feed\Gain_Hydrogen.Out)
PV_Scale	HiScale	120.0	Maximalwert des Prozesswerts
PV_Unit	In	1349	Einheit des Prozesswerts (m <sup>3</sup> /h)

Die folgende Tabelle zeigt die Projektierung der Instanz aus "Ctrl".

#### FIC\_Comonomer

Die folgende Tabelle zeigt die Projektierung der Instanz aus "Ctrl".

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
С	Gain	5.29	Regler-Verstärkung
С	ТІ	5.372	Regler-Verzögerung
С	SP_InHiLim	180.0	Maximalwert des internen Setpoint
С	PropFacSP	0.5	P-Anteil in Rückführung
to_Master	Out		Verschaltung zum Mehrgrößenregler (XC_Polymer\from_Ctrl_1.In)
to_ActorSlave	Out		Verschaltung zum Ventil (Steuern) (YC_Comonomer\from_Ctrl.In)
from_ActorSlave	In		Verschaltung zum Ventil (Status) (YC_Comonomer\to_Ctrl.Out)
PV_In	SimOn	1	Aktivieren des Simulationswerts
PV_ln	SimPV_In		Verschaltung zum simulierten Prozesswert (Sim_Feed\Gain_Comonomer.Out)
PV_Scale HiScale		500.0	Maximalwert des Prozesswerts
PV_Unit In		1324	Einheit des Prozesswerts (kg/h)
#### FIC\_Monomer

Die Messstelle hat folgende abweichende Projektierung gegenüber der Verhältnisregelung "Ratio-Control".

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung	
С	Gain	0.618	Regler-Verstärkung	
С	TI	7.211	Regler-Verzögerung	
С	SP_InHiLim	8000.0	Maximalwert des internen Setpoint	
PV_In	SimPV_In		Verschaltung zum simulierten Prozesswert (Sim_Feed\Gain_Monomer.Out)	
PV_Scale	HiScale	8000.0	Maximalwert des Prozesswerts	
PV_Unit	In	1324	Einheit des Prozesswerts (kg/h)	

#### FFIC\_Diluent

Die Messstelle hat folgende abweichende Projektierung gegenüber der Verhältnisregelung "Ratio-Control".

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
С	Gain	0.2	Regler-Verstärkung
С	ТІ	1.0	Regler-Verzögerung
С	SP_InHiLim	150.0	Maximalwert des internen Setpoint
Ratio	RatioInt	0.01	Interner Verhältniswert
Ratio	RatioExt	0.007105	Externer Verhältniswert
Ratio	RatHiLim	1.0	Oberer Verhältniswert
Ratio	RatioOpScale	1.0	Skalierung des Verhältniswerts für den Operator
Ratio	OutHiLim	150.0	Oberer Grenzwert für den Ausgabewert
PV_ln	SimPV_In		Verschaltung zum simulierten Prozesswert (Sim_Feed\Gain_Diluent.Out)
PV_Scale	HiScale	150.0	Maximalwert des Prozesswerts
PV_Unit	In	1349	Einheit des Prozesswerts (m <sup>3</sup> /h)

#### FIC\_Cocatalyst

Die folgende Tabelle zeigt die Projektierung der Instanz aus "Ctrl".

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
С	Gain	23.0	Regler-Verstärkung
С	ТΙ	9.0	Regler-Verzögerung
С	SP_InHiLim	4.0	Maximalwert des internen Setpoint
to_ActorSI ave	Out		Verschaltung zum Ventil (Steuern) (YC_Cocatalyst\from_Ctrl.In)
from_Actor Slave	In		Verschaltung zum Ventil (Status) (YC_Cocatalyst\to_Ctrl.Out)
PV_In	SimOn	1	Aktivieren des Simulationswerts
PV_In	SimPV_In		Verschaltung zum simulierten Prozesswert (Sim_Feed\Gain_Cocatalyst.Out)
PV_Scale	HiScale	4.0	Maximalwert des Prozesswerts
PV_Unit	In	1324	Einheit des Prozesswerts (kg/h)

#### YC\_Catalyst

Die Ventil-Messstelle "YC\_Catalyst" steuert die Durchflussmenge (Öffnen des Zuflusses) zum Behälter. Die Messstelle enthält Kommunikationsbausteine zum Datenaustausch (Steuersignale und Steuerbefehle) mit der Regler-Messstelle.

Der Ventilbaustein "V" erhält einen externen Stellwert (über einen Kommunikationsbaustein) von der Regler-Messstelle. Beide Kanalbausteine im Teilplan "B" (Rbk und MV) erhalten in einer Simulationsumgebung den gleichen Wert (Stellwert des Ventilbausteins (Teilplan "A", Blatt 1)) über den vorgeschalteten Simulationsbaustein, d. h. eine Verzögerung zwischen Ventilansteuerung und Ventilbewegung wird nicht simuliert.

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
v	MV		Verschaltung zur Simulation (Sim_Feed\Lag_Catalyst.In)
from_Ctrl	In		Verschaltung zum Regler (FIC_Catalyst\to_ActorSlave.Out)
to_Ctrl	Out		Verschaltung zum Regler (FIC_Catalyst\from_ActorSlave.In)
Rbk	SimOn	1	Simulation des Rücklesewerts aktivieren
Rbk	SimPV_In		Verschaltet mit der Simulation des Rücklesewerts vom Ventil (YC_Catalyst\V.MV)
MV_Out	SimOn	1	Simulation des Stellwerts aktivieren

Die folgende Tabelle zeigt die Projektierung der Instanz aus "ValAn".

#### YC\_Hydrogen

Die Ventil-Messstelle "YC\_Hydrogen" steuert die Durchflussmenge (Öffnen des Zuflusses) zum Behälter. Die Messstelle enthält Kommunikationsbausteine zum Datenaustausch (Steuersignale und Steuerbefehle) mit der Regler-Messstelle.

Der Ventilbaustein "V" erhält einen externen Stellwert (über einen Kommunikationsbaustein) von der Regler-Messstelle. Beide Kanalbausteine im Teilplan "B" (Rbk und MV) erhalten in einer Simulationsumgebung den gleichen Wert (Stellwert des Ventilbausteins (Teilplan "A", Blatt 1)) über den vorgeschalteten Simulationsbaustein, d. h. eine Verzögerung zwischen Ventilansteuerung und Ventilbewegung wird nicht simuliert.

Die folgende Tabelle zeigt die Projektierung der Instanz aus "ValAn".

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
v	M∨		Verschaltung zur Simulation (Sim_Feed\Lag_Hydrogen.In)
from_Ctrl	In		Verschaltung zum Regler (FIC_Hydrogen\to_ActorSlave.Out)
to_Ctrl	Out		Verschaltung zum Regler (FIC_Hydrogen\from_ActorSlave.In)
Rbk	SimOn	1	Simulation des Rücklesewerts aktivieren
Rbk	SimPV_In		Verschaltet mit der Simulation des Rücklesewerts vom Ventil (YC_Hydrogen\V.MV)
MV_Out	SimOn	1	Simulation des Stellwerts aktivieren

#### YC\_Comonomer

Die Ventil-Messstelle "YC\_Comonomer" steuert die Durchflussmenge (Öffnen des Zuflusses) zum Behälter. Die Messstelle enthält Kommunikationsbausteine zum Datenaustausch (Steuersignale und Steuerbefehle) mit der Regler-Messstelle.

Der Ventilbaustein "V" erhält einen externen Stellwert (über einen Kommunikationsbaustein) von der Regler-Messstelle. Beide Kanalbausteine im Teilplan "B" (Rbk und MV) erhalten in einer Simulationsumgebung den gleichen Wert (Stellwert des Ventilbausteins (Teilplan "A", Blatt 1)) über den vorgeschalteten Simulationsbaustein, d. h. eine Verzögerung zwischen Ventilansteuerung und Ventilbewegung wird nicht simuliert.

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
v	MV		Verschaltung zur Simulation (Sim_Feed\Lag_Comonomer.In)
from_Ctrl	In		Verschaltung zum Regler (FIC_Comonomer\to_ActorSlave.Out)
to_Ctrl	Out		Verschaltung zum Regler (FIC_Comonomer\from_ActorSlave.In)
Rbk	SimOn	1	Simulation des Rücklesewerts aktivieren
Rbk	SimPV_In		Verschaltet mit der Simulation des Rücklesewerts vom Ventil (YC_Comonomer\V.MV)
MV_Out	SimOn	1	Simulation des Stellwerts aktivieren

Die folgende Tabelle zeigt die Projektierung der Instanz aus "ValAn".

#### YC\_Monomer

Die Messstelle hat folgende abweichende Projektierung gegenüber der Verhältnisregelung "Ratio-Control".

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
v	MV		Verschaltung zur Simulation (Sim_Feed\Lag_Monomer.In)

#### YC\_Cocatalyst

Die Ventil-Messstelle "YC\_Cocatalyst" steuert die Durchflussmenge (Öffnen des Zuflusses) zum Behälter. Die Messstelle enthält Kommunikationsbausteine zum Datenaustausch (Steuersignale und Steuerbefehle) mit der Regler-Messstelle.

Der Ventilbaustein "V" erhält einen externen Stellwert (über einen Kommunikationsbaustein) von der Regler-Messstelle. Beide Kanalbausteine im Teilplan "B" (Rbk und MV) erhalten in einer Simulationsumgebung den gleichen Wert (Stellwert des Ventilbausteins (Teilplan "A", Blatt 1)) über den vorgeschalteten Simulationsbaustein, d. h. eine Verzögerung zwischen Ventilansteuerung und Ventilbewegung wird nicht simuliert.

Die folgende Tabelle zeigt die Projektierung der Instanz aus "ValAn".

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
V	MV		Verschaltung zur Simulation (Sim_Feed\Lag_Cocatalyst.In)
from_Ctrl	In		Verschaltung zum Regler (FIC_Cocatalyst\to_ActorSlave.Out)

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
to_Ctrl	Out		Verschaltung zum Regler (FIC_Cocatalyst\from_ActorSlave.In)
Rbk	SimOn	1	Simulation des Rücklesewerts aktivieren
Rbk	SimPV_In		Verschaltet mit der Simulation des Rücklesewerts vom Ventil (YC_Cocatalyst\V.MV)
MV_Out	SimOn	1	Simulation des Stellwerts aktivieren

#### YC\_Diluent

Die Ventil-Messstelle "YC\_Diluent" steuert die Durchflussmenge (Öffnen des Zuflusses) zum Behälter. Die Messstelle enthält Kommunikationsbausteine zum Datenaustausch (Steuersignale und Steuerbefehle) mit der Regler-Messstelle.

Der Ventilbaustein "V" erhält einen externen Stellwert (über einen Kommunikationsbaustein) von der Regler-Messstelle. Beide Kanalbausteine im Teilplan "B" (Rbk und MV) erhalten in einer Simulationsumgebung den gleichen Wert (Stellwert des Ventilbausteins (Teilplan "A", Blatt 1)) über den vorgeschalteten Simulationsbaustein, d. h. eine Verzögerung zwischen Ventilansteuerung und Ventilbewegung wird nicht simuliert.

Zusätzlich ist die Ventil-Messstelle mit der Pumpe "NS-PumpDiluent" verschaltet. Erst wenn das Ventil öffnet, wird die Verriegelung der Pumpe aufgehoben und die Pumpe kann gestartet werden.

Die folgende Tabelle zeigt die Projektierung der Instanz aus "ValAn".

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
v	MV		Verschaltung zur Simulation und Pumpe (Sim_Feed\Lag_Cocatalyst.In) (NS_PumpDiluent\Limit.In)
from_Ctrl	In		Verschaltung zum Regler (FIC_Cocatalyst\to_ActorSlave.Out)
to_Ctrl	Out		Verschaltung zum Regler (FIC_Cocatalyst\from_ActorSlave.In)
Rbk	SimOn	1	Simulation des Rücklesewerts aktivieren
Rbk	SimPV_In		Verschaltet mit der Simulation des Rücklesewerts vom Ventil (YC_Cocatalyst\V.MV)
MV_Out	SimOn	1	Simulation des Stellwerts aktivieren

#### **NS\_PumpDiluent**

Das Ansteuern der Pumpe erfolgt im CFC "NS\_PumpDiluent" auf Basis des Messstellentyps "Mot". Der Messstellentyp ist ein Bestandteil der Stammdatenbibliothek.

Die Pumpe wird über SFC angesteuert und betrieben, sobald das nachgelagerte Stellventil "YC\_Diluent" geöffnet ist (MV > 0%). Ist das Stellventil geschlossen, so ist die Verriegelung der Pumpe aktiv.

## 4.3 Füllstandsregelung (Level)

Die Füllstandsregelung erfolgt über den Produktablauf und ist mit der technischen Funktion "Level-Control" realisiert. Im Simulationsplan wird die Füllstandsberechnung durchgeführt. Der Reaktor dient als Puffer und ermöglicht dadurch einen möglichst kontinuierlichen Produktabfluss. Dazu wird in der Regler-Messstelle eine Totzone definiert.

#### 4.3.1 Aufbau

Der PID-Regler erfasst den Füllstand aus dem Simulationsplan und regelt abhängig vom vorgegebenen Füllstand die Durchflussmenge des Ablaufs. Beim Unterschreiten eines Füllstands von unter 30 % des Reaktors wird die Verriegelung des Rührers aktiv (Rührer "Agitation"). In der folgenden Tabelle erhalten Sie eine Übersicht der Bestandteile.

СМ	СМТ		Selektierte Varianten	Beschreibung
LIC_Reactor	"Ctrl"	•	PV_In	Füllstandsregelung
		•	Intlock	
YC_Polymer	"ValAn"	•	Opt_IF_Ctrl	Stellventil für den Produktablauf
		•	Permit	
		•	Rbk	
		•	MV_Out	
NS_PumpReactor	"Mot"	•	Intlock	Pumpe zum Fördern des Reaktorinhalts
		•	Opt_1Fbk	
		•	Permit	
		•	Q	

#### Simulation "Sim\_Level"

Im Simulationsplan "Sim\_Level" wird der Füllstand ausgehend der Differenz aus allen Zuflüssen und dem Abfluss errechnet.



- 1. Verzögerungszeit von 4 Sekunden, die durch die Trägheit des Stellglieds und die Zeitkonstante des Durchfluss-Sensors entsteht.
- 2. Der Verstärkungsfaktor für die Simulation der Prozessverstärkung.
- 3. Der Skalierungsfaktor (negativer Zufluss) für die Abflussmenge des Polymers.

- 4. Summierung aller Zuflüsse inklusive Abfluss.
- 5. Füllstandsbegrenzung durch Anhalten der Integration
- 6. Integrieren der Zufluss-Summe
- 7. Füllstandswert mit aufaddiertem Rauschsignal
- 8. Weißes Rauschsignal als Simulation für Messrauschen.

#### 4.3.2 Parametrierung

#### LIC\_Reactor

Die Messstelle hat folgende abweichende Projektierung gegenüber der technischen Funktion "Level-Control".

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
С	Gain	1.5	Regler-Verstärkung
С	TI	100.0	Regler-Verzögerung
С	DeadBand	5.0	Breite der Totzone
С	SP_InHiLim	100.0	Oberer Grenzwert des inneren Sollwerts
с	PV_Out		Verschaltung zu (Agitation\\NS_StirringMotor\Limit.In) (NS_PumpReactor\Limit.In)
PV_In	SimPV_In		Verschaltung zum simulierten Prozesswert (Sim_Level\Noise_Level.Out)
PV_Scale	HiScale	100.0	Maximalwert des Prozesswerts
PV_Unit	In	1342	Einheit des Prozesswerts in %

#### YC\_Polymer

Die Messstelle hat folgende abweichende Projektierung gegenüber der technischen Funktion "Level-Control".

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
V	MV		Verschaltung zur Simulation (Sim_Level\Lag_Polymer.In)

#### NS\_PumpReactor

Das Ansteuern der Pumpe erfolgt im CFC "NS\_PumpReactor" auf Basis des Messstellentyps "Mot". Der Messstellentyp ist ein Bestandteil der Stammdatenbibliothek.

Die Pumpe wird über SFC angesteuert und wird betrieben, sobald der Füllstand ansteigt (Füllstand > 0%). Ist der Reaktor leer, so ist die Verriegelung der Pumpe aktiv.

## 4.4 Manteltemperierung (JacketTemp)

Die mit der technischen Funktion "Split Range Temperature" realisierte Manteltemperierung bietet die Voraussetzung für eine passende Reaktionsumgebung. Zusätzlich wird zum Umpumpen der Mantelflüssigkeit der Messstellentyp "Mot" eingesetzt. Im Simulationsplan findet die Temperaturberechnung statt.

#### 4.4.1 Aufbau

Der PID-Regler erfasst die Temperatur des Mantels und erhöht oder verringert entsprechend der SFC-Temperaturvorgabe die Manteltemperatur durch die Service-Medien Heizdampf oder Kühlwasser.

СМ	СМТ	Selektierte Varianten	Beschreibung
TIC_Jacket	"CtrlSplit Range"	<ul><li> PV_In</li><li> Intlock</li></ul>	Folgeregler für die Splitt-Range-Regelung mit einer Stellgröße und zwei Stellgliedern
YC_Jacket_C	"ValAn"	<ul> <li>Opt_IF_Ctrl</li> <li>Permit</li> <li>Rbk</li> <li>MV_Out</li> </ul>	Stellventil für Heizdampf
YC_Jacket_H	"ValAn"	<ul> <li>Opt_IF_Ctrl</li> <li>Permit</li> <li>Rbk</li> <li>MV_Out</li> </ul>	Stellventil für Kühlwasser
NS_PumpJacket	Mot	<ul><li>Intlock</li><li>Opt_1Fbk</li><li>Permit</li><li>Q</li></ul>	Pumpe (z. B. Strömungspumpe) zum kontinuierlichen Umpumpen der Mantelflüssigkeit

In der folgenden Tabelle erhalten Sie eine Übersicht aller Bestandteile.

#### Simulation Sim\_JacketTemp

Der CFC-Plan "Sim\_JacketTemp" (Bestandteil der technischen Funktion "Split Range Temperature") wurde um den Simulationsteil des Wärmetauschers ("TempLevel"-Baustein) reduziert und enthält ein zusätzliches Rauschsignal.

Hinweis Die Anzeige-Messstellen und die Regler-Messstelle des Führungsreglers "TIC\_Temp" der technischen Funktion "Split-Range-Temperature" werden hier nicht benötigt und sind deshalb kein Bestandteil dieser Lösung. Aus diesem Grund wurden die Kommunikationsbausteine "to\_Master" und "from\_Master" in der Regler-Messstelle "TIC\_Jacket" gelöscht. Die fehlenden Messstellen und Verschaltungen haben keine Auswirkung auf die Funktionalität und werden nicht gesondert beschrieben.



Die folgende Abbildung zeigt den Aufbau und Ablauf der Simulation.

- 1. Erzeugen eines Rauschsignals (Prozessverhalten)
- 2. Addieren des Rauschsignals auf den Temperaturwert des Reaktormantels und umgebungsbedingter Temperaturabfall (0.001 Grad Celsius)

#### NS\_PumpJacket

Das Ansteuern der Pumpe erfolgt im CFC "NS\_PumpJacket" auf Basis des Messstellentyps "Mot". Der Messstellentyp ist ein Bestandteil der Stammdatenbibliothek.

Hinweis Die Informationen zur Beschreibung, Konfiguration und Vorgehensweise des Einzelsteuereinheitstyp "Mot" finden Sie in Kapitel 4 "Einzelsteuerungsebene" der Dokumentation unter

**Hinweis** Für folgende Fälle kann eine Verriegelung der Pumpe durchgeführt (projektiert) werden:

- bei ausgeschalteten Regler
- Erkennen einer Leckage im Mantel

#### 4.4.2 Parametrierung

Die Temperaturregelung über den Reaktormantel ist für einen autarken Betrieb konfiguriert. Da in diesem Beispiel keine Einwirkungen von anderen Anlagenteilen simuliert werden und der Regler eine schnelle Reaktion aufweist, sind für dieses Beispiel keine Änderungen durchzuführen.

## 4.5 **Produkttemperaturregelung (Cooling)**

Die Temperaturregelung wird zur Wärmeabfuhr der Reaktionswärme eingesetzt. Um der entstehenden Reaktionswärme entgegen zu wirken, wird ständig ein Teil des Reaktorinhalts durch den externen Wärmetauscher gepumpt und über ein Service-Medium, z. B. Kühlwasser, gekühlt. Die Temperaturführung ist mit der technischen Funktion "Temperature-Flow-Cascade" realisiert.

#### 4.5.1 Aufbau

Dem Führungsregler der Kaskadenregelung wird die Soll-Temperatur der Polymerschmelze als externer Sollwert vom Mehrgrößenregler "XC\_Polymer" vorgegeben. Der Führungsregler "TIC\_Polymer" gibt dem Folgeregler "FIC\_ServMedium" die Durchflussmenge des Service-Mediums als externen Sollwert vor.

СМ	СМТ		Selektierte Varianten	Beschreibung
TIC_Polymer	"CtrlSplit	•	Opt_IF_Master	Führungsregler zur Regelung der Temperatur
	Range	•	PV_In	
		•	Intlock	
FIC_ServMedium	"ValAn"	•	Opt_IF_Ctrl	Folgeregler für die Durchflussregelung
		•	Permit	
		•	Rbk	
		•	MV_Out	
YC_ServMedium	"ValAn"	•	Opt_IF_Ctrl	Stellventil für das Kühlmedium
		•	Permit	
		٠	Rbk	
		•	MV_Out	

In der folgenden Tabelle erhalten Sie eine Übersicht aller Bestandteile.

#### Simulation

Im Simulationsplan wird die Durchflussmenge des Kühlwassers zum Wärmetauscher simuliert. In der Prozesssimulation "Sim\_Reactor" wird wiederum der Temperaturverlauf (Temperaturanstieg durch den chemischen Prozess und die Abkühlung durch das Service Medium) simuliert.



- 1. Verzögerungszeit von 4 Sekunden, die durch die Trägheit des Stellglieds, als auch durch die Zeitkonstante des Durchfluss-Sensors entsteht.
- 2. Der Verstärkungsfaktor für die Simulation der Prozessverstärkung.

#### 4.5.2 Parametrierung

#### **TIC\_Polymer**

Die Messstelle wird über die Bausteine "to\_Master" und "from\_Master" mit der Mehrgrößenregler-Messstelle "XC\_Polymer" verbunden. Für die Regelung wird der Stellwert der Mehrgrößenregler-Messstelle als externer Sollwert verwendet.

Der Baustein "from\_Master" übergibt die Steuerbefehle des PID-Reglers ("SP\_InHiOut", "SP\_InLoOut", "PV\_Out", "CascaCut", "PV\_Unit") an den MPC-Regler.

Die Messstelle hat folgende abweichende Projektierung gegenüber der technischen Funktion "Temperature-Flow-Cascade".

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
С	NegGain	1	Negative Reglerverstärkung
С	Gain	2.0	Regler-Verstärkung
С	ТІ	20.0	Regler-Verzögerung
С	SP_InHiLim	90.0	Maximalwert des internen Setpoint
from_Master	In		Stellwert vom Mehrgrößenregler (XC_Polymer\to_Ctrl4.Out)
to_Master	Out		Verschaltung zur Mehrgrößer-Messstelle (XC_Polymer\from_Ctrl_4.In)
PV_Scale	HiScale	120.0	Maximalwert des Prozesswerts

#### FIC\_ServMedium

Die Messstelle hat folgende abweichende Projektierung gegenüber der technischen Funktion "Temperature-Flow-Cascade".

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
С	Gain	2.769	Regler-Verstärkung
С	TI	1.639	Regler-Verzögerung
С	SP_InHiLim	400.0	Maximalwert des internen Setpoint
PV_Scale	HiScale	400.0	Maximalwert des Prozesswerts
PV_Unit	In	1349	Einheit des Prozesswerts (m <sup>3</sup> /h)

## 4.6 Druckregelung (Pressure)

Die Druckregelung ist mit der technischen Funktion "Split Range Pressure" realisiert. Im Simulationsplan findet die Druckberechnung statt.

#### 4.6.1 Aufbau

Der PID-Regler erfasst den Behälterdruck aus dem Simulationsplan und führt abhängig vom vorgegebenen Wert eine Druckerhöhung mit Stickstoff oder Druckverringerung (Entlüftung) durch. In der folgenden Tabelle erhalten Sie eine Übersicht der Bestandteile.

СМ	СМТ	Selektierte Varianten	Beschreibung
PIC_Pressure	"CtrlSplit Range"	<ul><li> Opt_IF_Master</li><li> PV_In</li><li> Intlock</li></ul>	Regler für die Splitt-Range-Regelung mit einer Stellgröße und zwei Stellgliedern
YC_Nitrogen	"ValAn"	<ul> <li>Opt_IF_Ctrl</li> <li>Permit</li> <li>Rbk</li> <li>MV_Out</li> </ul>	Stellventil für die Zufuhr von Nitrogen
YC_Exhaust	"ValAn"	<ul> <li>Opt_IF_Ctrl</li> <li>Permit</li> <li>Rbk</li> <li>MV_Out</li> </ul>	Stellventil für die Entlüftung

#### 4.6.2 Parametrierung

Da die Druckregelung nicht im Fokus der Applikation steht und keine Einflüsse durch Füllstandsänderung oder Leckage simuliert werden, bleibt die Simulation und die Projektierung unverändert.

Hinweis In den CFC "YC\_Nitrogen" und YC\_Exhaust" sind in den Bausteinen "V" das Feature-Bit 25 aktiviert.

## 4.7 Rühren (Agitation)

#### 4.7.1 Aufbau

Der Rührer vermischt die Edukte im Reaktor. Dieser wird vom Anlagenfahrer oder über eine Schrittkette ein- oder ausgeschaltet. Beim Unterschreiten eines Füllstands von 30 % des Reaktors wird die Verriegelung des Rührers aktiv. In der folgenden Tabelle erhalten Sie eine Übersicht der Bestandteile.

СМ	СМТ	Selektierte Varianten	Beschreibung
NS_StirringMotor	"Mot"	<ul> <li>Intlock</li> <li>Opt_1Fbk</li> <li>Permit</li> <li>Q</li> </ul>	Rührermotor

#### 4.7.2 Parametrierung

#### NS\_StirringMotor

Das Ansteuern des Rührers erfolgt im CFC "NS\_StirringMotor" auf Basis des Messstellentyps "Mot". Dieser Messstellentyp wird für Motoren mit konstanten Drehzahlen eingesetzt und ist ein Bestandteil der Stammdatenbibliothek. Zusätzlich wurde zur Verriegelung bei Füllstandsunterschreitung die instanzspezifische Funktion "Limit" im Teilplan "A", Blatt 2 eingefügt.

Die folgende Tabelle zeigt die Projektierung der Instanz aus "Mot".

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
Limit	OutHiLim	30	Grenzwert zur Meldung der Füllstandsüberschreitung
Limit	OutHiAct		Verschaltung zur Verriegelung (Intlock.In01)

## 4.8 Konzentration und Schmelzflussindex (Product)

#### 4.8.1 Aufbau

Die Mehrgrößenregelung regelt die Konzentrationen von Wasserstoff, Comonomer und Monomer (Reaktionsbedingungen) sowie den Schmelzflussindex (MFI) als Maß für die Produktqualität. Dazu gibt der Regler seine Stellwerte als externe Sollwerte für die Folgeregelungen Durchfluss Comonomer, Durchfluss Wasserstoff, Durchfluss Katalysator und Reaktor-Temperatur vor.

Zusätzlich wird die in der Prozesssimulation berechnete Dichte in einer eigener Messstelle angezeigt.

Die Produktqualität ist bei einem Polymerisationsreaktor nicht direkt im Reaktor messbar, sondern wird durch Laborproben ermittelt. Ein Soft-Sensor berechnet daher die beiden wichtigsten Kenngrößen der Produktqualität: den Melt Flow Index und die Dichte des Polymers. Dieser Soft-Sensor beruht auf einem physikalischen Modell. Da der Sensor speziell für eine konkrete Applikation entwickelt werden muss, ist er kein Bestandteil dieser Musterlösung.

СМ	СМТ	Selektierte Varianten	Beschreibung
XC_Product	CtrIMPC	Opt_CPM_1	Mehrgrößenregler als Führungsregler
		<ul> <li>Opt_CPM_2</li> </ul>	
		<ul> <li>Opt_CPM_3</li> </ul>	
		<ul> <li>Opt_CPM_4</li> </ul>	
		<ul> <li>Opt_Ctrl_1</li> </ul>	
		<ul> <li>Opt_Ctrl_2</li> </ul>	
		<ul> <li>Opt_Ctrl_3</li> </ul>	
		Opt_Ctrl_4	
QI_MFI	AMon	<ul> <li>Opt_IF_Ctrl</li> </ul>	Messstelle zur Anzeige des
		• PV_In	Schmelzflussindexes
QI_H2fraction	AMon	<ul> <li>Opt_IF_Ctrl</li> </ul>	Messstelle zur Anzeige des H2-Konzentration
		• PV_In	
QI_C4fraction	AMon	<ul> <li>Opt_IF_Ctrl</li> </ul>	Messstelle zur Anzeige des C4-Konzentration
		• PV_In	
QI_C2fraction	AMon	<ul> <li>Opt_IF_Ctrl</li> </ul>	Messstelle zur Anzeige des C2-Konzentration
		• PV_In	
QI_Density	AMon	Opt_IF_Ctrl	Messstelle zur Anzeige der Polymerdichte
		• PV_In	

In der folgenden Tabelle erhalten Sie einen Überblick über die Bestandteile.

In der folgenden Abbildung ist der Aufbau mit den plan übergreifenden Verschaltungen vereinfacht dargestellt.



#### Simulation



Im Simulationsplan "Sim\_Reactor" wird in jedem Blatt eine Prozessgröße berechnet. Für jede Prozessgröße sind Arbeitspunkte, Verzögerungen und Wechselwirkungen definiert. Das dynamische Modell beschreibt Abweichungen von den Arbeitspunkten für die jeweilige Prozessgröße.

Eine Beschreibung der Simulation finden Sie im Kapitel 4.9.

#### 4.8.2 Parametrierung

#### XC\_Polymer

Für die Regelung mit der Mehrgrößenregler-Messstelle "XC\_Polymer" werden die folgenden Variablen verwendet und verschaltet.

CVs (Controlled Variables, Regelgrößen):

- H2fraction
- C4fraction
- C2fraction
- MFI

MVs (Manipulated Variables, Sollwerte für unterlagerte Folgeregler):

- Durchflussmenge des Eduktes Comonomer
- Durchflussmenge des Eduktes Wasserstoffs
- Durchflussmenge des Katalysators
- Temperatur im Inneren des Reaktors

Die Messstelle enthält Kommunikationsbausteine zur Anbindung von Folgereglern und zur Anzeige von Regelgrößen und ist eine Instanz des Messstellentyps "CtrIMPC".

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
MPC	MV1Man	138.0	Stellwert in Handbetrieb
MPC	MV2Man	21.6	Stellwert in Handbetrieb
MPC	MV3Man	30.6	Stellwert in Handbetrieb
MPC	MV4Man	85.5	Stellwert in Handbetrieb
MPC	DB_No	18	DB-Nummer mit Reglerdaten
MPC	Restart	1	Neustart und Übernahme der Daten aus dem DB
MPC	CV4_Unit	g / 10min	Die benutzerspezifische Einheit wurde in der Zeile "CV4_Unit" und Spalte "Unit" der Objekteigenschaften des MPC eingetragen
SP10ptHiLim	In2	0.5	SP1 Obergrenze für MPC-Optimierung
SP10ptLoLim	In2	-0.5	SP1 Untergrenze für MPC-Optimierung
SP20ptHiLim	In2	0.1	SP2 Obergrenze für MPC-Optimierung
SP30ptLoLim	In2	-0.1	SP2 Untergrenze für MPC-Optimierung
SP30ptHiLim	In2	1.0	SP3 Obergrenze für MPC-Optimierung
SP30ptLoLim	In2	-1.0	SP3 Untergrenze für MPC-Optimierung
SP40ptHiLim	In2	0.1	SP4 Obergrenze für MPC-Optimierung
SP40ptLoLim	In2	-0.1	SP4 Untergrenze für MPC-Optimierung
to_Ctrl1	Out		Stellwert für den Comonomer-Durchfluss (Feed\\FIC_Comonomer\from_Master.In)
to_Ctrl2	Out		Stellwert für den Wasserstoff-Durchfluss (Feed\\FIC_Hydrogen\from_Master.In)
to_Ctrl3	Out		Stellwert für den Katalysator-Durchfluss (Feed\\FIC_Catalyst\from_Master.In)
to_Ctrl4	Out		Stellwert für die Produkttemperatur (AirSupply\\FIC_HotAir\from_Master.In)
from_Ctrl1	In		Verschaltung von der Comonomer- Messstelle (Feed\\FIC_Comonomer\to_Master.Out)
from_Ctrl2	In		Verschaltung von der Wasserstoff- Messstelle (Feed\\FIC_Hydrogen\to_Master.Out)
from_Ctrl3	In		Verschaltung von der Katalysator- Messstelle (Feed\\FIC_Catalyst\to_Master.Out)
from_Ctrl4	In		Verschaltung von der Produkttemperatur- Messstelle (Cooling\\TIC_Polymer\to_Master.Out)
from_CV1	In		Verschaltung von H2-Anteil-Anzeige (Product\\QI_H2fraction\to_MPC.Out)
from_CV2	In		Verschaltung von C4-Anteil-Anzeige (Product\\QI_C4fraction\to_MPC.Out)
from_CV3	In		Verschaltung von C2-Anteil-Anzeige (Product\\QI_C2fraction\to_MPC.Out)
from_CV4	In		Verschaltung von Flussindex-Anzeige (Product\\QI_MFI\to_MPC.Out)

#### Hinweis Die Mehrgrößenregler-Inbetriebnahme wurde Anhand der Applikationsbeschreibung "Wirbelschichttrockner - Entwurf eines Prädiktivreglers mit Arbeitspunktoptimierung" durchgeführt. Sie finden das Beispiel unter <u>https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/61926069</u>. Vor der Regleroptimierung ist es wichtig, eine Anregung für jeden Stellwert (MPC in Betriebsart "Hand") durchzuführen und abzuwarten, bis die Anregung auf alle Prozesswerte abgeschlossen wurde.

#### QI\_H2fraction

Die Anzeige-Messstelle wird zum Anzeigen und Überwachen der Konzentration von Wasserstoff (H2) für die Mehrgrößenregler-Messstelle verwendet. Vom Bediener können Alarm- und Warn-Grenzwerte eingestellt werden.

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
to_MPC	Out		Verschaltung zur Regelgröße der Mehrgrößenreglers (XC_Polymer\from_CV1.Out)
PV_In	SimOn	1	Aktivieren der Simulation
PV_In	SimPV_In		Verschaltung zur simulierten Produkttemperatur (Process\Simulation\Sim_Reactor\V_Hydrogen. Out)
PV_Scale	HiScale	50.0	Maximalwert des Prozesswerts
PV_Unit	In	1562	Einheit des Prozesswerts (%vol)

Die folgende Tabelle zeigt die Projektierung der Instanz aus "AMon".

#### QI\_C4fraction

Die Anzeige-Messstelle wird zum Anzeigen und Überwachen der Konzentration von Comonomer (C4) der Mehrgrößenregler-Messstelle verwendet. Vom Bediener können Alarm- und Warn-Grenzwerte eingestellt werden.

Die folgende	Tabelle zeigt die	e Proiektierung de	r Instanz aus	"AMon".

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung	
to_MPC	Out		Verschaltung zur Regelgröße der Mehrgrößenreglers (XC_Product\from_CV2.Out)	
PV_In	SimOn	1	Aktivieren der Simulation	
PV_In	SimPV_In		Verschaltung zur simulierten Produktfeuchte (Process\Simulation\Sim_Reactor\P_part_CoMo. Out)	
PV_Scale	HiScale	4.0	Maximalwert des Prozesswerts	
PV_Unit	In	1562	Einheit des Prozesswerts (%vol)	

#### QI\_C2fraction

Die Anzeige-Messstelle wird zum Anzeigen und Überwachen der Konzentration von Monomer (C2) der Mehrgrößenregler-Messstelle verwendet. Vom Bediener können Alarm- und Warn-Grenzwerte eingestellt werden.

Die folgende Tabelle zeigt die Projektierung der Instanz aus "AMon".

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
to_MPC	Out		Verschaltung zur Regelgröße der Mehrgrößenreglers (XC_Product\from_CV3.Out)
PV_In	SimOn	1	Aktivieren der Simulation
PV_In	SimPV_In		Verschaltung zur simulierten Produktfeuchte (Process\Simulation\Sim_Reactor\V_Monomer.Ou t)
PV_Unit	In	1562	Einheit des Prozesswerts (%vol)

#### QI\_MFI

Die Anzeige-Messstelle wird zum Anzeigen und Überwachen des Schmelzfussindex (MFI) der Mehrgrößenregler -Messstelle verwendet. Vom Bediener können Alarm- und Warn-Grenzwerte eingestellt werden.

Die folgende Tabelle zeigt die Projektierung der Instanz aus "AMon".

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
to_MPC	Out		Verschaltung zur Regelgröße der Mehrgrößenreglers (XC_Product\from_CV4.Out)
I	PV_Unit	g / 10min	Die benutzerspezifische Einheit wurde in der Zeile "PV_Unit" und Spalte "Unit" der Objekteigenschaften eingetragen
PV_In	SimOn	1	Aktivieren der Simulation
PV_In	SimPV_In		Verschaltung zur simulierten Produktfeuchte (Process\Simulation\Sim_Reactor\MFI.Out)
PV_Scale	HiScale	2.5	Maximalwert des Prozesswerts

#### QI\_Density

Die Anzeige-Messstelle wird zum Anzeigen und Überwachen der Polymerdichte verwendet. Die Dichte wird in der Prozesssimulation errechnet und nur zur Anzeige verschaltet. Vom Bediener können Alarm- und Warn-Grenzwerte eingestellt werden.

Die folgende Tabelle zeigt die Projektierung der Instanz aus "AMon".

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
PV_In	SimOn	1	Aktivieren des Simulationswerts
PV_In	SimPV_In		Verschaltung zum simulierten Prozesswert (Process\Simulation\\Sim_Reactor\Density.Out)
PV_Scale	HiScale	1000.0	Maximalwert des Prozesswerts
PV_Unit	In	1097	Einheit des Prozesswerts (kg/m <sup>3</sup> )

## 4.9 **Prozesssimulation (Simulation)**

Der CFC-Plan "Sim\_Reactor" beinhaltet diejenigen Teile des Simulationsmodells, die nicht nur einen einzelnen Anlagenteil beschreiben, sondern übergreifenden Charakter haben. Die Aufgabe der Prozesssimulation besteht darin, die Funktionsweise des Polymerisationsreaktors, insbesondere in Bezug auf die Regelungsfunktionen des Mehrgrößenreglers zu verstehen oder vorführen zu können. Es besteht nicht der Anspruch, das reale physikalische Verhalten eines bestimmten Reaktors genau nachzubilden.

Für die Prozesssimulation wird eine Matrix linearer dynamischer Übertragungsfunktionen als Modell eingesetzt. Das Prozessmodell ist ein 6x4-Mehrgrößensystem, wobei der Einfluss jeder Eingangsgröße auf jede Ausgangsgröße durch eine separate Teilübertragungsfunktion simuliert wird. Das Modell beschreibt das zeitliche Verhalten von Abweichungen des Prozesses vom Arbeitspunkt. Die Prozesssimulation läuft im Zeitraffer ab, d. h. 100 mal schneller als Echtzeit.

# Hinweis Im CFC-Plan "Presettings" lässt sich der Zeitraffer einstellen, wie auch die Verzögerungen zurücksetzten und auch das Prozessrauschen aktivieren oder deaktivieren.

Weiterhin können für jede Prozessgröße die Arbeitspunkte, Verzögerungszeiten und Totzeiten parametriert werden. Die Teilübertragungsfunktionen sind mit unterschiedlichen dynamischen Modellen ( $PT_1$ ,  $PT_2$  oder  $PT_3$ -Verhalten) realisiert. Jede Teilübertragungsfunktion erhält den jeweiligen Differenzwert aus dem vordefinierten Arbeitspunkt und dem aktuellen Wert der Eingangsvariablen und gibt diesen entsprechend seiner Übertragungsfunktion am Ausgang aus. Am Ende wird für jede Prozessausgangsgröße y<sub>i</sub> der dazugehörige Arbeitspunkt addiert.

#### Hinweis Alle PT<sub>n</sub>-Übertragungsfunktionen sind nach dem gleichen Prinzip als Plan in Plan aufgebaut, wobei nur die benötigten Funktionsteile aktiviert sind. Eine Übertragungsfunktion beinhaltet drei nacheinander geschaltete Verzögerungsglieder und ein Verstärkungsglied. Zusätzlich kann ein Rauschen auf das Ausgangssignal aufaddiert werden

			Eingangs	größen	
		Feed	Feed	Feed	Feed
		Comonomer	Hydrogen	Catalyst	ServMedium
_	MFI	y1u1	y1u2	y1u3	y1u4
olse	Density	y2u1	y2u2	y2u3	y2u4
sgr	V_Monomer	y3u1	y3u2	y3u3	y3u4
ang	P_part_CoMo	y4u1	y4u2	y4u3	y4u4
nsg	V_Hydrogen	y5u1	y5u2	y5u3	y5u4
Z	Temp_Polymer	y6u1	y6u2	y6u3	y6u4

In der folgenden Abbildung ist das Prozessmodell mit den entsprechenden Bezeichnungen der Teilübertragungsfunktionen dargestellt.

9

Die Prozessgrößen "MFI" (Schmelzflussindex), "V\_Monomer" (Konzentration des Monomers), "P\_part\_CoMo" (Konzentration des Comonomers) und "V\_Hydrogen" (Konzentration des Wasserstoffs) sind für die Mehrgrößenregelung notwendig. Die Prozessgröße "Temp\_Polymer" wird für die Regelung der Polymertemperatur im Reaktor verwendet, und "Density" zur Anzeige der Polymerdichte.

## Hinweis Die Nummerierung der Prozessgrößen stimmt nicht mit der Nummerierung der Regelgrößen des MPC überein, sondern entspricht der Anordnung im CFC-Plan.

Die folgende Abbildung zeigt den Simulationsblock (Plan-in-Plan) von Blatt 1 für die Berechnung des MFI (Schmelzflussindex). In jedem Blatt werden in gleicher Form mit unterschiedlichen Parametern unterschiedliche Prozesswerte berechnet.



#### 1. Berechnung des MFI

An diesem Baustein wird der MFI berechnet. Unter jedem verbundenen Parameter ist der zugehörige Arbeitspunkt angegeben, wie auch die Verzögerungen (TPx\_x), Totzeit (DeadTime) und die Verstärkung (Gain\_x). Im Baustein werden für jeden verschalteten Stellwert (Comonomer, Wasserstoff, Katalysator und Kühlwasser zum Wärmetauscher) in einzelnen Übertragungsfunktionen die Abweichungen auf den Arbeitspunkt berechnet, zusammenaddiert und am Ausgang ausgegeben.

#### 2. Prozessrauschen

An diesem Baustein wird eine künstliche Störung in Form einer Schwankung am Baustein erzeugt. Diese Störung wird, wie auch alle weiteren Störungen der Prozesssimulation zentral im CFC "Presettings" aktiviert.

#### 3. Ausgangswert

An diesem Baustein wird der Prozesswert, falls aktiviert, mit aufaddiertem Prozessrauschen ausgegeben.

### 4.10 Schrittketten

Zur Beginn der Produktion wird die Anlage leer gefahren, der Reaktor mit Stickstoff gespült und danach in den Produktionsbetrieb geführt indem die einzelnen Anlagenkomponenten ihre Arbeitspunkte anfahren.

**Hinweis** Die Stoffzusammensetzung und Viskosität des zu Beginn des Anlaufvorgangs erzeugten Produktes entspricht nicht den vorgegebenen Kriterien, so dass erst nach einigen Minuten die gewünschte bzw. voreingestellte Produktqualität geliefert wird.

Schrittketten unterstützen den Anlagenfahrer beim An- und Abfahren einer Anlage oder bei Störungen.

Beim Anfahren wird der Prozess in den definierten Arbeitspunkt gebracht. Die Regler sind auf den spezifischen Arbeitspunkt optimiert und werden beim Erreichen des Arbeitspunkt in den Automatikbetrieb geschaltet. In diesem Beispiel wird nach Annäherung an die vorgegebene Produktqualität (Konzentration und Schmelzflussindex) die Regelung vom Mehrgrößenregler übernommen.

Im SFC lassen sich unterschiedliche Verhalten und Fahrweisen realisieren. Im Beispielprojekt ist der SFC "StartReactor" zum automatischen Anfahren ohne Benutzerinteraktion projektiert. Nach Anfahren wird die Steuerung im Automatikmodus an den Benutzer übergeben, der dann z. B. einzelne Sollwerte bestimmen kann.

Folgende Ablaufketten sind Bestandteile des SFC und werden nachfolgend beschrieben:

- Vorbereitung (PREPARING)
- Anfahren (STARTUP)
- Normalbetrieb (RUNNING)

Die SFC sind für die für Simulation ausgelegt und für reale Anlagen nur als Anhaltspunkt zu verstehen, d.h. siemüssen für den Einsatz an realen Anlagen ggf. modifiziert werden.

Hinweis Zum Bestimmen der Sollwert- und Betriebsartenauswahl wurde die notwendige Parametrierung inkl. der schematischen Darstellungen aus dem Funktionshandbuch "SIMATIC Prozessleitsystem PCS 7 Advanced Process Library (V9.0 SP1)" verwendet. Im Funktionshandbuch unter folgenden Link <u>https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109754967</u> finden Sie neben Informationen zu Betriebsarten und Sollwertauswahl auch weitere detaillierte Informationen zu allen Parameter der APL-Bausteine.

#### Vorbereitung (PREPARING)

Beim Starten des Polymerisationsreaktors wird zu Beginn die Ablaufkette (Sequenz) "PREPARING" ausgeführt, welche die Teilanlage in einen produktionsfreien Betrieb führt. Dazu werden alle Zuflüsse gestoppt, der Reaktor entleert und mit Stickstoff gespült.

Die Betriebsarten aller Regler mit Ausnahme der Druck- und Füllstandregelung wechseln zu Automatik und werden nachgeführt auf den Stellwert "0".

Die Druckregelung und Füllstandregelung erhalten externe Sollwerte.

#### Anfahren (STARTUP)

Die Ablaufkette "STARTUP" folgt auf die Ablaufkette "PREPARING". Während der Anfahrphase wird die Teilanlage aus dem Analgenstillstand (keine Produktion) auf einem Betrieb in ihrem Normalzustand vorbereitet. Dazu erhalten alle Regler externe Sollwerte und das Nachführen wird aufgehoben.

Folgende Schritte werden in der Ablaufkette durchgeführt:

- 1. Temperierung des Reaktormantels auf 20°C
- 2. Reaktorfüllstand (Sollwert) von 60%
- 3. Einstellen der MPC-Sollwerte (Konzentrationen und Schmelzflussindex) und Stellwerte für das Nachführen.
- 4. Sollwertvorgabe für alle Zuflüsse und Produkttemperatur. Alle MPC-Folgeregler erhalten interne Sollwerte, während die restlichen Regler externe Sollwerte erhalten. Zusätzlich wird die Diluent-Pumpe aktiviert.
- Nach Erreichen eines Füllstands von 30% werden die restlichen Pumpen und der Rührer aktiviert. Zusätzlich erhält der Behälter eine Sollwertvorgabe für den Behälterdruck.
- Nach Erreichen der vorgegebenen Prozessgrößen (Konzentrationen und Schmelzfließindex) wechselt der MPC in die Betriebsart Automatik und alle Folgeregler verwenden den externen Sollwert (Stellwert des MPC) zur Regelung.
- Hinweis Der MPC wird in Automatik genommen, solange die unterlagerten Regler noch mit internem Sollwert laufen. Dadurch werden alle MPC-Ausgänge auf die korrekten Werte aus den Folgeregelkreisen nachgeführt. Danach werden die unterlagerten Regler auf externen Sollwert umgeschaltet und der MPC geht dadurch kanalweise stoßfrei von Nachführen in Automatik über.

#### Normalbetrieb (RUNNING)

In der Ablaufkette "RUNNING" findet eine Freigabe zur Bedienung aller Regler und Aggregate statt. Dazu werden folgende Parameter geändert:

- für PID-Regler: "ModLiOp" = 0" und "SP\_LiOp" = 0
- für MPC-Regler: "ModLiOp" = 0
- für Aggregate (Pumpe und Rührer): "ModLiOp" = 0
- für Ventile: "ModLiOp" = 0" und "MV\_LiOp" = 0

Nach dem erfolgreichen Ausführen der Ablaufkette kann der Operator neue Sollwerte für die Regler vorgeben.

Hinweis Die Sollwerte der Folgeregler von Kaskadenregelungen können aufgrund der vordefinierten Programmlogik nicht verändert werden. An den Ratio-Bausteinen können Sie die Zuflüsse und damit die Sollwerte der Folgeregler der Verhältnisregelung individuell anpassen.

### 4.11 Prozesskenndaten (KPI)

Der CFC-Plan "KPI" beinhaltet Kennzahlen, die den Bediener über die Performance des Prozesses informieren. Folgende Kennzahlen werden berechnet und in der Visualisierung angezeigt:

 Blatt Verweilzeit (ResidenceTime): Die Verweilzeit berechnet sich aus dem Quotient von Reaktionsvolumen zu austretendem Volumenstrom. Dabei wird das Reaktionsvolumen aus dem normierten Füllstand berechnet. Der austretende Volumenstrom V<sub>Product,out</sub> entspricht dem Produktabfluss des Füllstandregelkreises.

$$\tau = \frac{l \cdot V}{\dot{V}_{Product,out}}$$

2. Blatt Raum-Zeit-Ausbeute (SpaceTimeYield): Die Raum-Zeit-Ausbeute beschreibt das Verhältnis der einströmenden Massenströme der Edukte  $mv_{E,in}$ zu dem Gesamtvolumen des Reaktors  $V_R$ . Da in der Simulation die Zuflüsse teilweise als Massen- und teilweise als Volumenströme vorliegen, ergibt sich für diesen Anwendungsfall folgende Beziehung.

$$RZA = \frac{mv_{E,in}}{V_R}$$

 $\dot{mv}_{E,in} = \dot{mv}_{Comonomer,in} + \dot{mv}_{Monomer,in} + \dot{mv}_{Catalyst,in} + \rho_{Hydrogen} \cdot \dot{mv}_{Hydrogen,in}$ 

 Blatt Katalysator-Produktivität (CatProductivity): Die Katalysator-Produktivität KA ergibt sich aus dem Verhältnis des abfließenden Massenstroms des Produktes miv<sub>Product,out</sub> zu dem zufließenden Massenstrom des Katalysators miv<sub>Catalyst,in</sub>.

Die Dichte des Produktes wird dabei vom Simulationsmodell berechnet:  $\rho_{Product} = y_2$  (Siehe auch Prozesssimulation (Simulation)).

$$KA = \frac{\dot{mv}_{Product,out}}{\dot{mv}_{Catalyst,in}} = \frac{\rho_{Product} \cdot \dot{V}_{Product,out}}{\dot{mv}_{Catalyst,in}}$$

Hinweis Der Wert für die Katalysator-Produktivität ist an den Produktabfluss gekoppelt und ändert sich mit der Stellgröße des Abflussventils. Durch den voreingestellten Verstärkungsfaktor kommt es bei Stellwertänderungen zu starken Schwankungen des Wertes. In der Praxis werden nicht die kurzfristige Schwankungen, sondern langfristige Änderungen des zeitlichen Mittelwerts der Katalysator-Produktivität bevorzugt.

## 4.12 Aufgabenbezogene Übersichtsbilder mit APG

Mit PCS 7 Advanced Process Graphics werden die Prozessbilder übersichtlicher und auf das Wesentliche reduziert dargestellt und sind intuitiv bedienbar. Der Fokus liegt in der Betrachtung der relevanten Prozessgrößen innerhalb der Arbeitsbereiche.

#### 4.12.1 Integration von APG

Die Integration von APG erfolgt in zwei Schritten:

- 1. Einfügen und parametrieren von APG-Bausteinen in den Messstellen (AS)
- 2. Platzieren und verschalten von APG-Objekten (OS)

Hinweis Grundlegende Informationen zur APG, zur Erweiterung eines bestehenden PCS 7-Projekts um APG und zur Projektierung erhalten Sie in der Applikationsbeschreibung "Integration von Advanced Process Graphics in SIMATIC PCS 7" unter dem Link: https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/89332241.

#### 4.12.2 APG-Messstellen (AS)

Im Projekt werden zwei Unterschiedliche Bereichsdarstellungen (ViewMode) eingestellt. Die Bargraphen im Level 2-Prozessbild zeigen den Prozesswert in der Differenz-Darstellung, während im Level 1-Prozessbild die Bargraphen den Wert in der Absoluten-Darstellung anzeigen.

#### **Regler-Messstellen**

Alle Regler-Messstellen des Polymerisationsreaktors enthalten eine Instanz des APG Connector-Bausteins im Teilplan "A" "Blatt 4" und sind alle folgendermaßen verschaltet und parametriert:

Anschluss	Wert	Verwendung	
BockType	2	Darstellung passend zum "PIDConL"-Baustein	
ViewMode	1	Absolute Darstellung (Wertbereich)	
ViewRange	4	Anzeige des Arbeitsbereichs	
ReadPointer		Verbunden mit "C.Status2"	

Für die Grenzen der APG\_Connect-Instanzen sind folgende Werte konfiguriert:

Messstelle	Anschluss	Wert	Verwendung
FIC_Catalyst	PV_OH_Li	40.0	Obere Grenze des Arbeitsbereichs
FIC_Catalyst	PV_OL_Li	15.0	Untere Grenze des Arbeitsbereichs
FIC_Cocatalyst	PV_OH_Li	2.5	Obere Grenze des Arbeitsbereichs
FIC_Cocatalyst	PV_OL_Li	0.0	Untere Grenze des Arbeitsbereichs
FIC_Hydrogen	PV_OH_Li	35.0	Obere Grenze des Arbeitsbereichs
FIC_Hydrogen	PV_OL_Li	15.0	Untere Grenze des Arbeitsbereichs
FIC_Comonomer	PV_OH_Li	200.0	Obere Grenze des Arbeitsbereichs
FIC_Comonomer	PV_OL_Li	100.0	Untere Grenze des Arbeitsbereichs
FIC_Monomer	PV_OH_Li	6300.0	Obere Grenze des Arbeitsbereichs

Messstelle	Anschluss	Wert	Verwendung
FIC_Monomer	PV_OL_Li	5700.0	Untere Grenze des Arbeitsbereichs
FFIC_Diluent	PV_OH_Li	48.0	Obere Grenze des Arbeitsbereichs
FFIC_Diluent	PV_OL_Li	15.0	Untere Grenze des Arbeitsbereichs
LIC_Reactor	PV_OH_Li	80.0	Obere Grenze des Arbeitsbereichs
LIC_Reactor	PV_OL_Li	45.0	Untere Grenze des Arbeitsbereichs
PIC_Reactor	PV_OH_Li	9.0	Obere Grenze des Arbeitsbereichs
PIC_Reactor	PV_OL_Li	6.0	Untere Grenze des Arbeitsbereichs
TIC_Polymer	PV_OH_Li	90.0	Obere Grenze des Arbeitsbereichs
TIC_Polymer	PV_OL_Li	80.0	Untere Grenze des Arbeitsbereichs
FIC_ServMedium	PV_OH_Li	110.0	Obere Grenze des Arbeitsbereichs
FIC_ServMedium	PV_OL_Li	70.0	Untere Grenze des Arbeitsbereichs
TIC_Jacket	PV_OH_Li	22.0	Obere Grenze des Arbeitsbereichs
TIC_Jacket	PV_OL_Li	18.0	Untere Grenze des Arbeitsbereichs

#### Anzeige-Messstellen

Alle Anzeige-Messstellen "QI\_xxxxxx" enthalten zwei Instanzen des APG Connector-Bausteins im Teilplan "A" "Blatt 1". Die Instanz "APG\_Connect" zur Absolut-Darstellung des Prozesswertes und die Instanz "APG\_Connect\_2" zur Differenz-Darstellung. Die Messstellen sind folgendermaßen verschaltet und parametriert:

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
APG_Connect APG_Connect_2	BockType	1	Darstellung passend zum "PIDConL"- Baustein
APG_Connect	ViewMode	1	Absolute Darstellung (Wertbereich)
APG_Connect_2	ViewMode	2	Differenz Darstellung (Wertbereich)
APG_Connect APG_Connect_2	ViewRange	4	Anzeige des Arbeitsbereichs
APG_Connect APG_Connect_2	ReadPointer		Verbunden mit "C.Status2"

Für die Grenzen der "APG\_Connect" und "APG\_Connect\_2" Instanzen sind für jede Messstelle die gleichen folgenden Werte konfiguriert:

Messstelle	Anschluss	Wert	Verwendung
QI_MFI	PV_OH_Li	2.5	Obere Grenze des Arbeitsbereichs
QI_MFI	PV_OL_Li	1.0	Untere Grenze des Arbeitsbereichs
QI_C2fraction	PV_OH_Li	68.5	Obere Grenze des Arbeitsbereichs
QI_C2fraction	PV_OL_Li	60.0	Untere Grenze des Arbeitsbereichs
QI_C4fraction	PV_OH_Li	1.8	Obere Grenze des Arbeitsbereichs
QI_C4fraction	PV_OL_Li	1.0	Untere Grenze des Arbeitsbereichs
QI_H2fraction	PV_OH_Li	29.0	Obere Grenze des Arbeitsbereichs
QI_H2fraction	PV_OL_Li	24.0	Untere Grenze des Arbeitsbereichs
QI_Density	PV_OH_Li	950.0	Obere Grenze des Arbeitsbereichs
QI_Density	PV_OL_Li	940.0	Untere Grenze des Arbeitsbereichs

#### **KPI-Messstelle**

Die Messstelle "KPI" enthält drei Instanzen des APG Connector-Bausteins zur Anzeige der Prozesskenngrößen Verweilzeit (HMI\_ResTime), Raum-Zeit-Ausbeute (HMI\_STY) und Katalysator-Produktivität (HMI\_CatProduct). Die Messstelle ist folgendermaßen verschaltet und parametriert:

Baustein	Anschluss	Wert	Verwendung
HMI_ResTime	BockType	1	Darstellung passend zum "MonAnL"-Baustein
HMI_ResTime	ViewMode	1	Absolute Darstellung (Wertbereich)
HMI_ResTime	ViewRange	4	Anzeige des Arbeitsbereichs
HMI_ResTime	ReadPointer		Verbunden mit "ResidenceTime.Status2"
HMI_ResTime	DispRatio	0.6	Verhältnis von Anzeige zur ViewRange
HMI_ResTime	PV_OH_Li	0.6	Obere Grenze des Arbeitsbereichs
HMI_ResTime	PV_OL_Li	0.01	Untere Grenze des Arbeitsbereichs
HMI_STY	BockType	1	Darstellung passend zum "MonAnL"-Baustein
HMI_STY	ViewMode	1	Absolute Darstellung (Wertbereich)
HMI_STY	ViewRange	4	Anzeige des Arbeitsbereichs
HMI_STY	ReadPointer		Verbunden mit "SpaceTimeYield.Status2"
HMI_STY	DispRatio	0.6	Verhältnis von Anzeige zur ViewRange
HMI_STY	PV_OH_Li	180.0	Obere Grenze des Arbeitsbereichs
HMI_STY	PV_OL_Li	100.0	Untere Grenze des Arbeitsbereichs
HMI_CatProduct	BockType	1	Darstellung passend zum "MonAnL"-Baustein
HMI_CatProduct	ViewMode	1	Absolute Darstellung (Wertbereich)
HMI_CatProduct	ViewRange	4	Anzeige des Arbeitsbereichs
HMI_CatProduct	ReadPointer		Verbunden mit "CatProductivity.Status2"
HMI_CatProduct	DispRatio	0.6	Verhältnis von Anzeige zur ViewRange
HMI_CatProduct	PV_OH_Li	400.0	Obere Grenze des Arbeitsbereichs
HMI_CatProduct	PV_OL_Li	300.0	Untere Grenze des Arbeitsbereichs

#### 4.12.3 APG-Objekte (OS)

Um eine optimale Arbeitsumgebung für den Operator zur Verfügung zu stellen, wurden die folgenden zwei Prozessbilder erstellt:

- Level 1-Prozessbild zur Orientierung und Navigation (Anlagenübersicht)
- Level 2-Prozessbild zum Bedienen und Beobachten eines Anlagenteils, hier der Polymerisationsreaktor
- **Hinweis** Detaillierte Informationen und die Vorgehensweise zur Projektierung von APG finden Sie im Siemens Industry Online Supports im Beitrag "Integration von Advanced Process Graphics in SIMATIC PCS 7" unter <a href="https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/89332241">https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/89332241</a>.

#### Level 1-Prozessbild (Orientierung und Navigation)

Für die Überwachung der prozesstechnischen Kenngrößen der Gesamtanlage steht ein Prozessbild mit einer komprimierten Darstellung der wesentlichen Fahrparameter zur Verfügung. Dadurch kann der Gesamtzusammenhang schnell erfasst und als Muster eingeprägt werden.



#### Level 2-Prozessbild (Bedienen und Beobachten)

Für die Überwachung der prozesstechnischen Kenngrößen des Reaktors und auch für die Bedienung steht ein weiteres Prozessbild zur Verfügung, das die wichtigsten Prozesswerte und Regelungen des Reaktors schematisch darstellt. Diese Darstellung hat den Vorteil, dass viele Daten zu einer komprimierten und übersichtlichen Informationsdarstellung zusammengefasst sind.



## 4.13 Smart Alarm Hiding

Beim Smart Alarm Hiding können Alarme einer Messstelle abhängig vom Anlagenzustand gefiltert und ausgeblendet werden. Das bedeutet, dass auch die gefilterten und ausgeblendeten Alarme der Messstellen in das Alarmsystem gelangen und dort verarbeitet und archiviert werden.

Somit wird eine Reduzierung des Meldeaufkommens im Prozessbetrieb erreicht, wodurch die Bedienung einer Anlage vereinfacht wird.

#### Smart Alarm Hiding im Beispielprojekt

Für die Projektierung von Smart Alarm Hiding wurde die folgende Reihenfolge beachtet.



**Hinweis** Weitere Informationen zum Thema Smart Alarm Hiding finden Sie unter folgenden Link: <u>https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/55699984</u>.

#### Schritt 1:

Die Betriebszustände sind wie folgt in der Stammdatenbibliothek projektiert (1) und im Multiprojekt abgeglichen (2). Die angelegte Enumeration hat die Bezeichnung "Operating State".



#### Schritt 2:

Der Statusbausteins "STRep" ist projektiert und die Eingänge "State" entsprächen den im Schritt 1 angelegten Betriebszuständen.



**Hinweis** Im Projekt erfolgt die Anwahl des Anlagenzustandes über die Schrittkette. Eine direkte Verschaltung von vorgelagerten Bausteinen ist ebenfalls möglich, jedoch darf immer nur von einer Stelle (SFC oder vorgelagerter Baustein) aus angesteuert werden.

Die Enumeration "Operating State" ist in den Objekteigenschaften des Ausgangs "QSTATE" zugewiesen.

Properties - Inp	out/Output		×
Block: I/O: Value: Enumeration: Comment:	STRep.PlantState QSTATE - OUT(INT) Operation Operating State Process State as integer	▼ ▼ # 032	Inverted Invisible Watched
Operator autho	orization level: 0	A <u>r</u> chive: OS additior	No archiving 🗨
Force Add forc	cing active :		Process object view Parameter Signal
OK	]		Cancel Help

In den Eigenschaften des Bausteins "STRep" ist die Bausteingruppe "PLANT" vordefiniert.

Properties - Block SmartAlarmHiding\PlantState					
General I/Os					_
Type: <u>N</u> ame: <u>C</u> omment:	STRep PlantState State Representation Block	(Alam Hiding)	<u>B</u> lock group:	PLANT	
Inputs: Internal identifier: Instance DB: Name (header): Family: Author:	33 FB1801 DB79 STRep Maint AdvLib90		CCM poor	oc <u>M</u> oc <u>M</u> egte block icon: E <u>S</u> relevant	
To be inserted in OB/ta ✓ OB100 [Warm resta	sks: art]		Special prope	Mgssages	
ОК	_	Print		Cancel Help	

#### Schritt 3:

Die technologischen Bausteine sind der Bausteingruppe "PLANT"	zugeordnet.
---	-------------

Properties - Block LIC_Reactor\C X			
General I/Os			
Type: <u>N</u> ame:	PIDConL	<u>B</u> lock group:	PLANT
<u>c</u> omment.			Ũ
Inputs:	189		M possible
Internal identifier:	FB1874		OC <u>M</u>
Instance DB:	DB575		Create block icon:
Name (header):	PIDConL		
Family:	Control	Г	ME <u>S</u> -relevant
Author:	AdvLib90		
To be inserted in OB/tasks:		Special p	properties
<ul> <li>OB TOU [Vvarm rest.</li> </ul>	artj		M <u>e</u> ssages
		<b>U</b>	Readback enabled
			Technol. assignments
ОК	Print		Cancel Help

Die folgenden technologischen Bausteine gehören der Bausteingruppe "PLANT" an:



#### Hinweis

Die Bausteingruppe definiert, welche technologischen Elemente zusammengehören. Es wird empfohlen, die Bausteingruppe auf Ebene Teilanlage zu definieren.

#### Schritt 4:

Die Hiding Matrix wurde für die folgenden Anlagenzustände konfiguriert:

	Anlowenzuetend		Unterdröckte Meldungen
	Anlagenzustand	Aktivierung durch	Unterdruckte Meldungen
1.	Operation	Ende der Schrittkette RUNNING	Keine
2.	Out_of_Operation	Ende der Schrittkette SHUTDOWN	Alle Meldungen und Alarme
3.	Startup	Start der Schrittkette PREPARING	Untere Grenzwerte des Füllstandes, Durchfluss-, Druck-, Temperaturmessung und KPI
4.	Shutdown	Start der Schrittkette SHUTDOWN	Untere Grenzwerte des Füllstandes, Durchfluss-, Druck-, Temperaturmessung und KPI
5.	Product_change	n. A.	
6.	Standby	n. A.	
7.	Emergency	n. A.	
8.	Maintenance	n. A.	



#### Schritt 5:

Im Projekt ist die OS bereits übersetzt und für den Betrieb vorbereitet.

## 5 Grundlagen

## 5.1 R&I-Fließschema

Das folgende Bild zeigt die einzelnen Bestandteile eines Polymerisationsreaktors im Rohrleitungs- und Instrumentierungs-Schema.



## 5.2 Polymerisation

Die Polymerisation ist eine chemische Reaktion, bei denen gleiche oder unterschiedliche Moleküle (genannt auch Monomere) sich zu einer Kette vereinigen, das sogenannte Polymere. Die Reaktion wird durch Radikale initiiert. Die ungesättigten Monomere gliedern sich an die Kette an, bis sie die gewünschte Länge und ggf. auch Vernetzung erlangt hat. Meist werden entsprechende Katalysatoren eingesetzt, die die Reaktion gezielt führen.

Für die Herstellung von Polymer werden typischerweise folgende Edukte eingesetzt: Monomer (im Beispiel Ethan: C2), Comonomer (im Beispiel Butan: C4), Wasserstoff (H2 alle gasförmig), sowie Katalysator und Cokatalysator (Feststoffe).

Synthetische Polymere auf Kohlenstoffbasis:

- Polyethylen (PE)
- Polypropylen (PP)
- Polyketon (PK)
- Polyvinylchlorid (PVC)

Synthetische Polymere auf anderer Basis:

- Silikone, genauer Poly(organo)siloxane
- Melaminharz

#### **Biopolymere:**

- Proteine wie Enzyme, Haare, Seide,
- DNS (die Erbsubstanz)
- RNS
- Kohlenhydrate wie Zellulose, Holz, Papier, Stärke, Chitin
- Polyhydroxyalkanoate, die Biopolyester als Energie- und Kohlenstoff-Speicher von Bakterien

## 5.3 Schmelzflussindex (MFI, MFR)

Der Schmelzfließindex (MFI = Melt Flow Index oder MFR = Melt Flow Rate) beschreibt die Fließfähigkeit (Viskosität) eines Werkstoffes/Materials wie z. B. Polymerschmelze und wird in Masse pro 10 Minuten (g/10 min) angegeben. Dieses Fließverhalten gilt für bestimmte Druck- und Temperaturbedingungen. Der Schmelzflussindex hängt mit der Länge der Polymerketten zusammen und ist damit indirekt auch ein Maß für andere Eigenschaften des Polymers wie z. B. Dichte oder Härte.

Als Spezifikation für ein Polymer ist meistens ein fester MFI des Endproduktes vorgegeben. Eine zu starke Abweichung bedeutet eine ungenügende Qualität.

Alternativ kann auch eine Schmelzvolumenfließrate (MVR = Melt Volume Rate, MVI = Melt Volume Index) definiert werden. Diese wird in Volumen pro 10 Minuten (cm<sup>3</sup>/10 min) angegeben.

#### 5.4 Projektstruktur

#### 5.4.1 Namenskonvention der CFC-Pläne

Für die Bezeichnung der Messstellen wird eine einheitliche Namenskonvention verwendet, wobei die Funktion nach der Europäische Norm EN 62424 bezeichnet wird. Die folgende Abbildung zeigt, wie eine Messstellenbezeichnung zusammengesetzt ist:

Funktion

Bezeichnung T = Temperatur (Erstbuchstabe)

I = Anzeige (Folgebuchstabe)

C = Regelung (Folgebuchstabe)

Erstbuchstabe	Bedeutung
F	Durchfluss ("Flow")
L	Füllstand ("Level")
М	Feuchte ("Moisture")
Ν	Motor
Р	Druck ("Pressure")
Q	Menge, Anzahl ("Quantity") oder Qualität
S	Geschwindigkeit, Drehzahl, Frequenz ("Speed")
Т	Temperatur ("Temperature")
Х	Frei wählbarer Erstbuchstabe
Y	Stellventil

Die folgende Tabelle enthält alle in de	r Applikation verwendeten Buchstaben un
deren Bedeutung:	

Folgebuchstabe	Bedeutung
С	Regelung, Steuerung ("Control")
F	Verhältnis ("Fraction")
I	Anzeige ("Indication")
S	Binäre Steuerungsfunktion oder Schaltfunktion (nicht sicherheitsrelevant) ("Switching")

#### 5.4.2 **Technologische Sicht**

Das Unit Template "Polymerisationsreaktor" ist in der technologischen Sicht in zwei Hierarchieebenen realisiert.

Im AS-Projekt ist die erste Hierarchieebene leer und in der unterlagerten Hierarchieebene befinden sich für jede technische Funktion (funktionale Einheit) des Polymerisationsreaktors jeweils ein Hierarchieordner mit den notwendigen CFC-Plänen und der zugehörigen Prozesssimulation ("Sim\_\*"-Pläne). Die Simulation kann für den Einsatz an einer realen Anlage entfernt werden.

Die erste Hierarchieebene des OS-Projekts enthält das Anlagenübersichts- und Prozessbild. Im unterlagerten Hierarchieordner befindet sich das Detailprozessbild "PolyReactor.pdl" des Polymerisationsreaktors.
UnitTemplate	OS - Projekt		
Plant	Reactor		
PDL Plant	PDL PDL PolyReactor		
UnitTemplate	AS - Projekt		
PolyReactor	\		
SFC StartReactor CFC KPI	Process     Agitation       Simulation     Presetting       CFC     CFC       Sim_Reactor     Presetting		
Product			
CFC XC_Polymer QI_C2frac	ction CFC CFC QI_MFI CFC QI_Density CFC QI_C4fraction		
Feed			
CFC     CFC     CFC     CFC     NS_PumpDiluent       CFC     CFC     CFC     CFC     NS_PumpDiluent       CFC     FIC_Cocatalyst     CFC     CFC       FIC_Cocatalyst     CFC     CFC     CFC       CFC     FIC_Comonomer     CFC     CFC       CFC     FIC_Diluent     CFC     CFC       CFC     FIC_Diluent     CFC     CFC       Sim_Feed     Sim_Feed     Sim_Feed			
Cooling			
CFC FIC_ServMedium	vmer CFC CFC Sim_Temperature		
JacketTemp			
CFC TIC_Jacket CFC YC_Jacket	et_C CFC YC_Jacket_H CFC Sim_JacketTemp		
Pressure			
CFC PIC_Pressure	agen CFC CFC Sim_Pressure		
Level			
CFC LIC_Reactor YC_Poly	mer CFC CFC Sim_Level		

In der folgenden Abbildung ist die Struktur des PCS 7 Multiprojekts dargestellt.

# 6 Anhang

### 6.1 Service und Support

#### **Industry Online Support**

Sie haben Fragen oder brauchen Unterstützung?

Über den Industry Online Support greifen Sie rund um die Uhr auf das gesamte Service und Support Know-how sowie auf unsere Dienstleistungen zu.

Der Industry Online Support ist die zentrale Adresse für Informationen zu unseren Produkten, Lösungen und Services.

Produktinformationen, Handbücher, Downloads, FAQs und Anwendungsbeispiele – alle Informationen sind mit wenigen Mausklicks erreichbar: https://support.industry.siemens.com

#### **Technical Support**

Der Technical Support von Siemens Industry unterstützt Sie schnell und kompetent bei allen technischen Anfragen mit einer Vielzahl maßgeschneiderter Angebote – von der Basisunterstützung bis hin zu individuellen Supportverträgen.

Anfragen an den Technical Support stellen Sie per Web-Formular: <u>www.siemens.de/industry/supportrequest</u>

#### SITRAIN – Training for Industry

Mit unseren weltweit verfügbaren Trainings für unsere Produkte und Lösungen unterstützen wir Sie praxisnah, mit innovativen Lernmethoden und mit einem kundenspezifisch abgestimmten Konzept.

Mehr zu den angebotenen Trainings und Kursen sowie deren Standorte und Termine erfahren Sie unter: www.siemens.de/sitrain

#### Serviceangebot

Unser Serviceangebot umfasst folgendes:

- Plant Data Services
- Ersatzteilservices
- Reparaturservices
- Vor-Ort und Instandhaltungsservices
- Retrofit- und Modernisierungsservices
- Serviceprogramme und Verträge

Ausführliche Informationen zu unserem Serviceangebot finden Sie im Servicekatalog: https://support.industry.siemens.com/cs/sc

#### Industry Online Support App

Mit der App "Siemens Industry Online Support" erhalten Sie auch unterwegs die optimale Unterstützung. Die App ist für Apple iOS, Android und Windows Phone verfügbar:

https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/sc/2067

74

### 6.2 Links und Literatur

Nr.	Thema	
\1\	Siemens Industry Online Support	
	https://support.industry.siemens.com	
\2\	Link auf die Beitragsseite des Anwendungsbeispiels	
	https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/84061788	
/3/	SIMATIC PCS 7 Übersicht (Link-Sammlung zu FAQ, Handbüchern, Kompendium, Forum, Anwendungsbeispielen und Videos)	
	https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/63481413	
\4\	Regleroptimierung mit PID-Tuner	
	https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/8031495	
\5\	Technische Funktionen für PCS 7 am Beispiel der Chemischen Industrie	
	https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/53843373	
\6\	PCS 7 Unit Template am Beispiel der Chemischen Industrie "Rührkesselreaktor"	
	https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/60546560	
\7\	PCS 7 Unit Template am Beispiel der Chemischen Industrie "Fermenter"	
	https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/68098270	
\8\	PCS 7 Unit Template am Beispiel der Chemischen Industrie "Destillationskolonne"	
	https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/48418663	
\9\	PCS 7 Unit Template am Beispiel der Chemischen Industrie "Trockner"	
	https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/74747848	
\10\	Wie beziehen Sie PCS 7 Dokumentationen (Inklusive der PCS 7 Manual Collection)?	
	https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/59538371	
\11\	Integration von Advanced Process Graphics in SIMATIC PCS 7	
	https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/89332241	
\12\	Praxisbuch für Regelungen mit SIMATIC S7 und SIMATIC PCS7 für die Prozessautomatisierung	
	Müller, Jürgen / Pfeiffer, Bernd-Markus / Wieser, Roland, Publicis Kommunikationsagentur ISBN 978-3895783401	

## 6.3 Änderungsdokumentation

Version	Datum	Änderung
V1.0	04/2014	Erste Ausgabe
V1.1	08/2014	Erweiterung um APG, siehe Kapitel 4.12 und 2.4.4
V1.2	09/2015	Update auf PCS 7 V8.1
V1.3	08/2018	Update auf PCS 7 V9.0 SP1, Integration von Smart Alarm Hiding, Hinweis zum Managed System Services im Kapitel 1.3