

ADCO (4.5)

(ADaptive COntroller für ABB Freelance ab 7.1)

1	
1. Einleitung	2
2	
2. Konfiguration/Programmierung des Reglers	4
3	
3. Einstellen der Reglerparameter	14
4	
4. Sichern der Reglerparameter	17
5	
5. Kontinuierliche Adaption	17
6	
6. Kaskadenregelkreis	18
7	
7. Tipps und Tricks	19
8	
8. Einblendbild	22
9	
9. Dialogmasken	25

i.p.a.s.-systeme

1. Einleitung

Das Einstellen (Parametrieren) von PID-Reglern erfolgt überwiegend durch sogenannte "Trial and Error"-Methoden. Dies erfordert spezielle Erfahrung und ist, insbesondere bei langsamen Prozessen (z.B. Temperaturstrecken), äußerst zeitaufwendig. Darüber hinaus wird meist nur eine "akzeptable" Regelgüte erzielt, die selbst aber noch relativ weit vom Optimum entfernt liegt. Ändert sich der Prozess zeit- oder arbeitspunktabhängig, so wird die Reglereinstellung nochmals um ein vielfaches schwieriger.

In all diesen Punkten schafft der adaptive Regler ADCO Abhilfe. Er passt sich schnell und automatisch an veränderliche Prozesseigenschaften an, kann aber auch - als bessere Alternative zum PID-Regler - mit festen Parametern betrieben werden, indem die Adaption nach erstmaliger Reglerparameteroptimierung ausgeschaltet wird. Eine Nachoptimierung kann dann bei Bedarf zu einem späteren Zeitpunkt beliebig oft durchgeführt werden.

ADCO liefert eine hervorragende Regelgüte bei Prozessen mit reinen Verzögerungsgliedern, bei Prozessen mit Integralanteil und bei Prozessen mit beinahe beliebig großen Totzeitanteilen, die mit herkömmlichen Reglern nur sehr schwer zu regeln sind.

Im Unterschied zum PID-Regler liefert ADCO eine gleichermaßen optimale Regelgüte sowohl im Führungs- (Sollwertänderungen) als auch im Störverhalten (Störeinflüsse auf die Regelgröße).

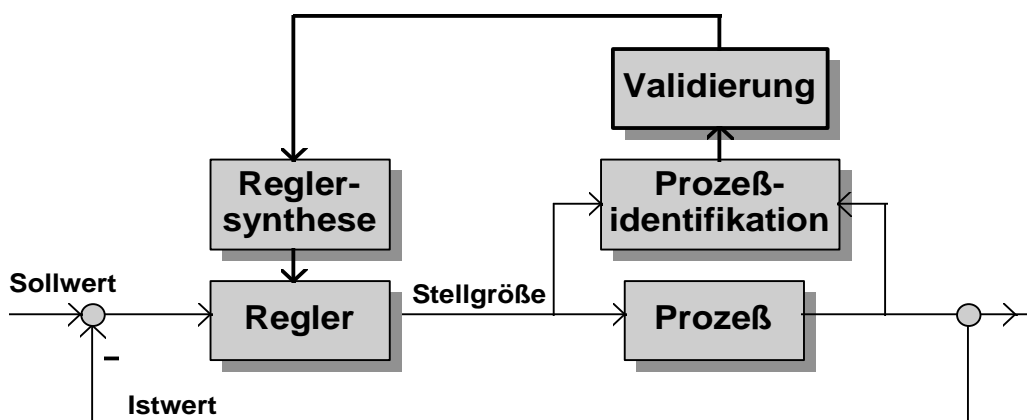


Bild 1.1: Blockstruktur des adaptiven Regelkreises

ADCO besteht im wesentlichen aus zwei Teilen:

- * Der Schätzalgorithmus zur Bestimmung des Prozessmodells basiert auf einer Methode, die unter der Bezeichnung DSF (Discrete Square Root Filtering) oder SRIF (Square Root Information Filter) bekannt ist. Diese Prozedur errechnet ein parametrisches Modell des zu regelnden Prozesses, indem die Prozesssignale (Prozessvariable, Stellgröße) nach oben erwähnter Methode ausgewertet werden.
- * Die Regleroptimierung basiert auf dem geschätzten und durch eine Überwachungsebene validierten Prozessmodell. Der Algorithmus realisiert einen optimalen Zustandsregler, der neben der aktuellen Abweichung der Prozessvariablen vom Sollwert noch weitere Zustände, die eine Aussage über zukünftige Werte der Prozessvariablen erlauben, ausregelt. Da dieser Regler wesentlich mehr Informationen über den Prozess verarbeitet als ein PID-Regler, ist er diesem selbst bei einfachen Prozessen deutlich überlegen. Nach einer Sollwertänderung oder einer Störung auf den Prozess werden alle Zustandsabweichungen auf den Wert 0 reduziert. Das Regelverhalten hängt von einem einzigen Einstellparameter (Reglersensitivität) ab, der Werte zwischen -100 und 150 annehmen kann. Die Standardbelegung für diesen Parameter beträgt 50 und muss bei den meisten Prozessen nicht angepasst werden. Prinzipiell bedeutet eine Erhöhung des Parameters eine Erhöhung der Regleraktivität. Dies bedeutet, dass der Regler stärker eingreift, aber auch mehr Stellenergie benötigt.

Herausragende Vorteile gegenüber herkömmlichen Reglern:

- * wesentliche Zeiteinsparung bei der Reglerparametrierung
- * prinzipiell bessere Regelgüte
- * signifikant bessere Regelung bei Prozessen mit Integral- oder Totzeitanteilen
- * optimale Führungs- und Störgrößenregelung
- * Adaption an veränderliche Prozesseigenschaften
- * asymptotisches Einschwingen der Regelgröße

i.p.a.s.-systeme

Gegenüber Version 4.0 wurde ein ST (Structured Text) Fehler in Freelance durch eine Umprogrammierung eliminiert.

Gegenüber Version 4.1 kann nun auch mit einer Regelungstoleranz geregelt werden. Hierzu kann im Dialogeditor unter „Einstellen“ im Feld „Regelungstoleranz“ ein Wert in [EU] eingetragen werden. Der Regler „toleriert“ dann eine Prozessgröße, die vom Sollwert (nach oben und nach unten) um einen in „Regelungstoleranz“ eingetragenen Wert abweicht. Ein Reglereingriff erfolgt erst dann wieder, wenn dieser Toleranzbereich verlassen wird.

Gegenüber Version 4.2 wurde die Handhabung der Grenzwerteingabe geändert. So kann jetzt definiert werden, ob Grenzwerte im Einblendbild angepasst werden dürfen.

Gegenüber Version 4.3 wurden einige kleine Fehler im Einblendbild (z.B. Grenzen des Stellgrößen-Bargraphs) korrigiert.

Gegenüber Version 4.4 wurde die „absolute Regelungstoleranz“ eingeführt. Wird dieser Bool'sche Wert aktiviert, dann reagiert der Regler innerhalb eines spezifizierten Bereichs (CTOL) um den Sollwert überhaupt nicht mehr.

2. Konfiguration/Programmierung des Reglers

Wie Standardfunktionsbausteine und -module von Freelance wird auch der adaptive Zustandsregler im Funktionsplan durch Verbindung der Ein-/Ausgänge mit Variablen, Konstanten oder Ein-/Ausgängen anderer Funktionsbausteine parametrisiert.

i.p.a.s.-systeme

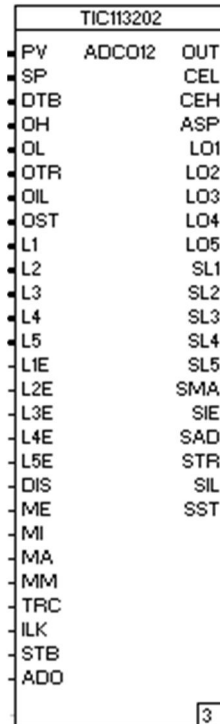


Bild 2.1: ADCO Funktionsbaustein innerhalb des ControlBuilders F

Nachfolgend werden die Ein-/Ausgänge und die internen Parameter des Funktionsbausteins näher erläutert (Parameter, auf die nur der interne Algorithmus zugreift, werden nicht beschrieben):

Eingänge (Inputs):

PV: Prozessvariable des Regelkreises in physikalischen Einheiten. Hier wird der zu regelnde Messwert (Istwert) angegeben.

SP: Hier wird der externe Sollwert (in physikalischen Einheiten) angeschlossen. Dies ist notwendig, um z.B. Reglerkaskaden zu erstellen.

DTB: Über diesen Eingang kann eine Störgrößenaufschaltung erfolgen. Dieser Wert wird direkt auf die Stellgröße (OUT) addiert bzw. von ihr abgezogen.

OH: Obere Begrenzung der Stellgröße innerhalb des physikalischen Stellgrößenbereichs.

OL: Untere Begrenzung der Stellgröße innerhalb des physikalischen Stellgrößenbereichs.

i.p.a.s.-systeme

- OTR: Hier wird der Track-Wert (siehe auch Track-Mode – TRC) auf den Regler geschaltet.
- OIL: Hier wird der Verriegelungswert (siehe auch Verriegelungs-Modus – ILK) auf den Baustein geschaltet.
- OST: Hier wird der Standbywert (siehe auch Standby-Modus – STB) auf den Baustein geschaltet.
- L1: Low/low Alarmgrenze (in physikalischen Einheiten innerhalb des Prozessvariablen-Bereichs).
- L2: Low Alarmgrenze (in physikalischen Einheiten innerhalb des Prozessvariablen-Bereichs).
- L3: High Alarmgrenze (in physikalischen Einheiten innerhalb des Prozessvariablen-Bereichs).
- L4: High/high Alarmgrenze (in physikalischen Einheiten innerhalb des Prozessvariablen-Bereichs).
- L5: Abweichungs-Alarmgrenze (in physikalischen Einheiten).
- L1E: Ein wahrer Wert (TRUE) an diesem diskreten (Bool'schen) Eingang aktiviert das Meldesystem für den Low/low Alarm.
- L2E: Ein wahrer Wert (TRUE) an diesem diskreten (Bool'schen) Eingang aktiviert das Meldesystem für den Low Alarm.
- L3E: Ein wahrer Wert (TRUE) an diesem diskreten (Bool'schen) Eingang aktiviert das Meldesystem für den High Alarm.
- L4E: Ein wahrer Wert (TRUE) an diesem diskreten (Bool'schen) Eingang aktiviert das Meldesystem für den High/high Alarm.
- L5E: Ein wahrer Wert (TRUE) an diesem diskreten (Bool'schen) Eingang aktiviert das Meldesystem für den Abweichungs-Alarm.
- DIS: Ein wahrer Wert (TRUE) an diesem diskreten (Bool'schen) Eingang deaktiviert das komplette Meldesystem.
- ME: Ein wahrer Wert (TRUE) an diesem diskreten (Bool'schen) Eingang schaltet den Regler in den Externen-Sollwert-Modus.

i.p.a.s.-systeme

- MI:** Ein wahrer Wert (TRUE) an diesem diskreten (Bool'schen) Eingang schaltet den Regler in den Internen-Sollwert-Modus. Dieser Eingang hat Vorrang, falls sowohl ME als auch MI wahr sein sollten.
- MA:** Ein wahrer Wert (TRUE) an diesem diskreten (Bool'schen) Eingang schaltet den Regler in den Automatik-Modus.
- MM:** Ein wahrer Wert (TRUE) an diesem diskreten (Bool'schen) Eingang schaltet den Regler in den Manuell-Modus. Dieser Eingang hat Vorrang, falls sowohl MA als auch MM wahr sein sollten.
- TRC:** Ein wahrer Wert (TRUE) an diesem Eingang schaltet einen definierbaren Wert (siehe OTR) auf den Reglerausgang (Stellgröße), d.h. der Regler geht in den Track-Modus. Diese Nachfolgeschaltung (Track) kann z.B. dazu benutzt werden, die Modus-Umschaltung in Kaskadenkreisen zu vereinfachen (siehe auch Kap. 6).
- ILK:** Ein wahrer Wert (TRUE) an diesem Eingang schaltet den Regler in den Verriegelungsmodus, d.h. die Adaption wird deaktiviert, der Regler geht in den Manuell-Modus und die Stellgröße nimmt den durch OIL (siehe oben) spezifizierten Wert an.
- STB:** Ein wahrer Wert (TRUE) an diesem Eingang schaltet den Regler in den Standby-Modus, in dem der Regler parallel zu einem existierenden Regelkonzept betrieben werden kann. Über den Eingang OST (siehe oben) wird dann die Stellgröße des aktiven Reglers in den adaptiven Algorithmus eingespeist. Mit Hilfe dieses Signals kann zusammen mit der Prozessvariablen ein Prozessmodell aufgebaut und anschließend der Zustandsregler optimiert werden. Die vom adaptiven Regler generierte Stellgröße sollte in diesem Modus die Ventilstellung im Feld nicht beeinflussen (dies ist durch entsprechende Verschaltung des Reglerausgangs sicherzustellen). Die Stellgröße sollte lediglich mitgeschrieben werden und kann dann qualitativ mit dem Stellgrößenverlauf des aktiven Regelkonzeptes verglichen werden, was i.a. eine Aussage über die Güte des adaptiven Algorithmus' erlaubt. So kann der adaptive Regler getestet werden, ohne dass man prozesseitig ein Risiko eingeht.

i.p.a.s.-systeme

ADO: Ein Aktivieren dieses Eingangs (TRUE) zwingt den Regler in den nicht-adaptiven Modus. Dies ist z.B. dann sinnvoll, wenn die reale Prozessvariable durch einen Sensorfehler ausfällt. Falsche Zusammenhänge (Stellgröße <-> Istwert) würden ansonsten bei weiterlaufender Adaption in das Modell projiziert werden. Ist der Grund für diese Umschaltung (Override) nicht länger existent, so geht der Regler nicht von selbst in den adaptiven Modus zurück. Dies kann nur durch einen expliziten Eingriff des Anwenders (Anlagenfahrers) erfolgen.

Ausgänge (Outputs):

OUT: Stellgrößen Ausgang.

CEL: Momentaner Reglerfehler unterhalb des Sollwertes.

CEH: Momentaner Reglerfehler oberhalb des Sollwertes.

ASP: Aktiver Reglersollwert.

LO1: Die Low/low Alarmgrenze steht hier am Blockausgang zur Verfügung

LO2: Die Low Alarmgrenze steht hier am Blockausgang zur Verfügung

LO3: Die High Alarmgrenze steht hier am Blockausgang zur Verfügung

LO4: Die High/high Alarmgrenze steht hier am Blockausgang zur Verfügung

LO5: Die Abweichungs-Alarmgrenze steht hier am Blockausgang zur Verfügung

SL1: Dieser Ausgang zeigt an, ob die Low/low Alarmgrenze verletzt ist. Der Ausgang wird bei einer Verletzung der Alarmgrenze immer gesetzt, auch wenn der binäre Eingang L1E nicht aktiviert ist.

SL2: Dieser Ausgang zeigt an, ob die Low Alarmgrenze verletzt ist. Der Ausgang wird bei einer Verletzung der Alarmgrenze immer gesetzt, auch wenn der binäre Eingang L2E nicht aktiviert ist.

i.p.a.s.-systeme

- SL3: Dieser Ausgang zeigt an, ob die High Alarmgrenze verletzt ist. Der Ausgang wird bei einer Verletzung der Alarmgrenze immer gesetzt, auch wenn der binäre Eingang L3E nicht aktiviert ist.
- SL4: Dieser Ausgang zeigt an, ob die High/high Alarmgrenze verletzt ist. Der Ausgang wird bei einer Verletzung der Alarmgrenze immer gesetzt, auch wenn der binäre Eingang L4E nicht aktiviert ist.
- SL5: Dieser Ausgang zeigt an, ob die Abweichungs-Alarmgrenze verletzt ist. Der Ausgang wird bei einer Verletzung der Alarmgrenze immer gesetzt, auch wenn der binäre Eingang L5E nicht aktiviert ist.
- SMA: Dieser Ausgang zeigt den Regler-Modus an (FALSE: Manuell; TRUE: Automatik).
- SIE: Dieser Ausgang zeigt den Sollwert-Modus an (FALSE: interner Sollwert; TRUE: externer Sollwert).
- SAD: Dieser Ausgang zeigt den Adaption-Modus an (FALSE: Adaption aus; TRUE: Adaption an).
- STR: Dieser Ausgang zeigt den Track-Modus an (FALSE: Ausgangstrack aus; TRUE: Ausgangstrack an).
- SIL: Dieser Ausgang zeigt den Verriegelungs-Zustand an (FALSE: Verriegelung nicht aktiv; TRUE: Verriegelung aktiv).
- SST: Dieser Ausgang zeigt den Standby-Modus an (FALSE: Parallelbetrieb nicht aktiv; TRUE: Parallelbetrieb aktiv).

Parameter (PARA_DPS):

- Mba: Messbereichsanfang für die Prozessvariable in physikalischen Einheiten.
- Mbe: Messbereichsende für die Prozessvariable in physikalischen Einheiten.
- MEX: Dieser Parameter definiert die Sollwert-Quelle (FALSE: interner Sollwert; TRUE: externer Sollwert).

i.p.a.s.-systeme

Wi: Interner Regler-Sollwert in physikalischen Einheiten.

Wl: Untergrenze für Sollwerte in physikalischen Einheiten.

Wh: Obergrenze für Sollwerte in physikalischen Einheiten.

Rw: Mit diesem Wert wird die maximale Sollwertänderung begrenzt (in physikalischen Einheiten / [min]). Eine 0.0 schaltet die Sollwertänderungs-Begrenzung aus.

OUTLR: Untere Bereichsgrenze für die Stellgröße.

OUTH: Obere Bereichsgrenze für die Stellgröße.

Yi: Stellgröße im Manuell-Modus.

Ry: Der Wert in diesem Feld beschränkt die Änderungsgeschwindigkeit der Stellgröße (physikalische Änderung - i.a. % - pro [min]). Dies kann z.B. für Ventile sinnvoll sein, deren Öffnungs- und Schließgeschwindigkeiten prozessbedingt limitiert werden müssen. Im Ausgangs-Track-Modus und im manuellen Modus ist diese Limitierung nicht relevant. Eine 0.0 schaltet die Stellgrößenänderungs-Begrenzung aus.

TTIME: Die Übergangszeit (Definition in Kap. 3) muss während der Konfiguration hier oder später beim Anfahren des Reglers im entsprechenden Einzelbild eingegeben werden. Die Dimension des Eintrags ist [min]. Die Übergangszeit bestimmt, mit welcher Abtastzeit der Regler intern arbeitet (interne Abtastzeit = Übergangszeit/60). Die Abtastzeit des Funktionsbausteins sollte so gewählt werden, dass die mit obiger Formel errechnete Abtastzeit überhaupt realisierbar ist. Der Grund für die Spezifikation einer überlagerten Abtastzeit liegt darin, dass es keinen Sinn ergibt, einen trägen Prozess (z.B. Temperaturstrecken) im [msec]-Bereich zu regeln. Die sich aus dieser Abtastzeit ergebenden Signaldifferenzen liefern nämlich keine Informationen über das Prozessverhalten. Sie besitzen einen Rauschanteil von annähernd 100%. Wird in diesen Blockeingang eine 0 eingetragen, so wird die interne Abtastzeit mit der Abtastzeit des Funktionsbausteins gleichgesetzt.

i.p.a.s.-systeme

DTIME: Der Zustandsregler eignet sich, wie bereits erwähnt, besonders zur Regelung von Totzeitprozessen. Die Prozesstotzeit (Definition in Kap. 3) wird jedoch nicht automatisch ermittelt, sondern muss vorgegeben werden (in [min]). Bei der Berechnung der Stellgröße wird dieser Eintrag ausgewertet. Mit anderen Worten, die Berechnung der Stellgröße bezieht sich bei Vorgabe einer Totzeit nicht auf die aktuelle Prozessvariable, sondern auf einen zukünftigen Prozesswert, der mit Hilfe des Prozessmodells und der eingegebenen Totzeit errechnet wird. Die Totzeit kann online an sich ändernde Prozesscharakteristiken angepasst werden.

SENS: Die Sensitivität des Reglers ist eigentlich der einzige „Tuning Parameter“, der vom Anwender eingestellt werden kann. Dieser Eingang sollte mit einem Standardwert (25; Bereich: -100 ... 150) vorbelegt werden und muss im Regelfall nicht geändert werden. Prinzipiell bedeutet eine Erhöhung der Sensitivität eine Verstärkung der Regleraktivität.

DIRECT: Die Eingabe spezifiziert, ob bei einer Erhöhung der Stellgröße die Prozessvariable auch mit einer Erhöhung reagiert (TRUE: DIRECT) oder ob der Wert der Prozessvariablen abnimmt (FALSE: UMGEKEHRT). In dem hier vorliegenden Algorithmus wird die Spezifizierung der Regleraktion mit dazu benutzt, das in der Identifikation geschätzte Prozessmodell zu validieren. „DIRECT“ bedeutet nämlich, dass das Prozessmodell einen positiven Verstärkungsfaktor haben muss. „UMGEKEHRT“ muss einen negativen Verstärkungsfaktor zur Folge haben. Das sich aus der Parameterschätzung ergebende Prozessmodell wird erst dann an das interne Modul „Regleroptimierung“ weitergegeben, wenn der Verstärkungsfaktor des geschätzten Modells mit der Spezifikation im „DIRECT“-Eingang übereinstimmt. Für Prozesse mit integrierendem Verhalten ist dieser Eintrag nicht relevant, da dort kein Prozessverstärkungsfaktor definiert ist.

MAU: Über diesen Parameter wird der Reglermodus eingestellt (FALSE: Manuell; TRUE: Automatik).

MAD: Über diesen Parameter wird die Adaption des Reglers aktiviert (FALSE: Adaption aus; TRUE: Adaption an).

RESET: Über diese Parameter wird bestimmt, ob der adaptive Regler zurückgesetzt werden soll. Rücksetzen bedeutet, dass der Regler alle evtl. vorher gesammelten Informationen über das

i.p.a.s.-systeme

Prozessverhalten verliert und demzufolge neu optimiert werden muss (FALSE: kein Rücksetzen; TRUE: Rücksetzen).

IDENT: Ist die Adaption eingeschaltet und erkennt der Algorithmus eine „genügende“ Anregung der Prozessvariablen, so wird die Identifikation, d.h. die Berechnung bzw. Anpassung des Prozessmodells aktiviert. Dies wird durch Setzen dieses Parameters angezeigt.

VAL_M: Das geschätzte Prozessmodell wird, bevor es zur Reglerparameteroptimierung herangezogen wird, umfangreichen Validierungsschritten unterzogen. Erst wenn alle Überprüfungen ein positives Ergebnis zeigen, wird das Prozessmodell freigegeben. Dies wird durch Setzen dieses Parameters angezeigt.

ORIG_M: Dieser Parameter zeigt an, dass bereits ein erstes gültiges Prozessmodell gefunden wurde und der Regler demzufolge auch in den Automatik-Modus geschaltet werden kann.

SAMPLE_T: Abtastzeit des Funktionsbausteins in [sec].

NO_VAL: Das geschätzte Prozessmodell wird, bevor es zur Reglerparameteroptimierung herangezogen wird, umfangreichen Validierungsschritten unterzogen. Erst wenn alle Überprüfungen ein positives Ergebnis zeigen, wird das Prozessmodell freigegeben. In diesem Feld kann die Prozessmodellüberprüfung ausgeschaltet werden. Dies sollte jedoch nur dann getan werden, wenn z.B. bedingt durch sehr stark verrauschte Signale kein gültiges Modell gefunden werden kann. Dies sollte aber nur äußerst selten der Fall sein (FALSE: Prozessmodellüberprüfung; TRUE: keine Prozessmodellüberprüfung).

OUTINI: Hier wird festgelegt, mit welchem Stellgrößenwert ein neu konfigurierter Regler bei seiner ersten Aktivierung auf den Prozess wirken soll. Ein von 0 abweichender Wert muss meistens bei sogenannten Split-Range-Regelungen eingegeben werden, um beide vom Regler beeinflussten Ventile in der sicheren (stromlosen) Stellung hochzufahren.

NO BUM: Wird, wie in Kaskadenkreisen üblich, der Sollwert eines Reglers von extern in den Baustein übertragen, so ist es mit dieser Einstellung dennoch möglich, einen stoßfreien Übergang

i.p.a.s.-systeme

vom manuellen in den automatischen Modus sicherzustellen, indem der Reglerausgang temporär einer Tiefpassfilterung unterworfen wird (FALSE: keine Tiefpassfilterung; TRUE: Tiefpassfilterung).

OSHT: In diesem Auswahlfeld wird definiert, ob der Regler nach der Umschaltung in den Verriegelungsmodus sofort wieder bedienbar sein soll oder ob der geschaltete Zustand eingefroren wird, solange der Verriegelungseingang gesetzt ist (FALSE: Verriegelungszustand eingefroren; TRUE: Regler sofort wieder bedienbar).

STRT_MAN: In diesem Auswahlfeld wird definiert, ob der Regler bei einem Systemneustart im zuletzt aktiven oder aber im manuellen Modus angefahren werden soll (FALSE: anfahren im zuletzt aktiven Modus; TRUE: anfahren im manuellen Modus).

Dim: Physikalische Einheit der Prozessvariablen (max. 8 Zeichen; z.B. „m³/h“).

VERSION: Versionsnummer adaptiven Reglers (max. 8 Zeichen; z.B. „4.5“).

SP_TRK_ON: Um einen stoßfreien Übergang des Reglers vom manuellen in den automatischen Modus zu ermöglichen, kann der Sollwert im manuellen Modus dem Wert der Prozessvariablen gleichgesetzt werden. Beim Umschalten in den automatischen Modus ist der Regelfehler (Sollwert - Istwert) gleich 0, was bedeutet, dass keine sprunghaftigen Änderungen am Reglerausgang (Stellgröße) generiert werden (FALSE: kein Sollwert-Track-Modus; TRUE: Sollwert-Track-Modus).

CTOL: Regelungstoleranz in [EU]. Der Regler „toleriert“ dann eine Prozessgröße, die vom Sollwert (nach oben und nach unten) um einen in „Regelungstoleranz“ (Dialogeditor -> Einstellen) eingetragenen Wert abweicht. In diesem Fall ist das Ziel der Regelung, den Istwert nicht mehr exakt auf den Sollwert zu fahren, sondern ihn irgendwo innerhalb des Toleranzbereichs zur Ruhe zu bringen. Diese Aussage gilt dann, wenn die absolute Regelungstoleranz (siehe unten - CTABS) nicht eingeschaltet ist. Ein „normaler“ Reglereingriff erfolgt erst dann wieder, wenn dieser Toleranzbereich verlassen wird. Ein Wert von 0.0 deaktiviert die „Toleranzregelung“.

i.p.a.s.-systeme

CTABS: Absolute Regelungstoleranz. Ist ein Regelungstoleranzwert (CTOL) spezifiziert und CTABS aktiviert (TRUE), dann reagiert der Regler überhaupt nicht mehr, wenn sich der Istwert innerhalb des Toleranzbereichs (um den Sollwert) befindet. Ansonsten (CTABS = FALSE) versucht der Regler, wie oben bereits beschrieben, den Istwert irgendwo innerhalb des Toleranzbereichs zur Ruhe zu bringen.

L1INT: Interne Low/low Alarmgrenze (in physikalischen Einheiten innerhalb des Prozessvariablen-Bereichs).

L2INT: Interne Low Alarmgrenze (in physikalischen Einheiten innerhalb des Prozessvariablen-Bereichs).

L3INT: Interne High Alarmgrenze (in physikalischen Einheiten innerhalb des Prozessvariablen-Bereichs).

L4INT: Interne High/high-Alarmgrenze (in physikalischen Einheiten innerhalb des Prozessvariablen-Bereichs).

L5INT: Interne Abweichungs-Alarmgrenze (in physikalischen Einheiten).

L1REM: Dieser Parameter gibt an, woher die Low/low Alarmgrenze kommt (FALSE: interner Wert; TRUE: externer Wert als Blockeingang).

L2REM: Dieser Parameter gibt an, woher die Low Alarmgrenze kommt (FALSE: interner Wert; TRUE: externer Wert als Blockeingang).

L3REM: Dieser Parameter gibt an, woher die High Alarmgrenze kommt (FALSE: interner Wert; TRUE: externer Wert als Blockeingang).

L4REM: Dieser Parameter gibt an, woher die High/high Alarmgrenze kommt (FALSE: interner Wert; TRUE: externer Wert als Blockeingang).

L5REM: Dieser Parameter gibt an, woher die Abweichungs-Alarmgrenze kommt (FALSE: interner Wert; TRUE: externer Wert als Blockeingang).

3. Einstellen der Reglerparameter

Wird ein neuer Regler konfiguriert oder ein existierender initialisiert, so besitzt der Regelalgorithmus zunächst keine Information über das Prozessverhalten. Die Regleroptimierung, die auf einem geschätzten Prozessmodell aufsetzt, kann demzufolge nicht durchgeführt werden. In dieser Situation verhindert der Algorithmus ein Umschalten in den Automatik-Modus. Durch manuelle Prozessanregungen müssen der Modellschätzung Informationen über die Prozesscharakteristika vermittelt werden.

Zunächst benötigt der Regler aber grundlegende Informationen über das dynamische Verhalten des Prozesses (Übergangszeit) und über eventuelle Totzeitanteile. Die Übergangszeit (siehe Bild 3.1) ist definiert sowohl für Ausgleichsprozesse als auch für Prozesse mit integrierendem Verhalten. Bei Prozessen mit Ausgleich ist die Übergangszeit die Zeit, die der Prozess benötigt, um nach einem Stellgrößenprung von einem stationären Zustand in den nächsten zu gelangen. Bei integrierenden Prozessen ist die Übergangszeit die Zeit, die der Prozess benötigt, um aus einem stationären Zustand (Beharrungszustand) bei einer n-prozentigen Stellgrößenänderung n/2 Prozent des Prozessvariablenbereiches zu überwinden (z.B. 20%-ige Stellgrößenänderung -> 10%-ige Änderung der Prozessvariablen). Die Übergangszeit muss nur als

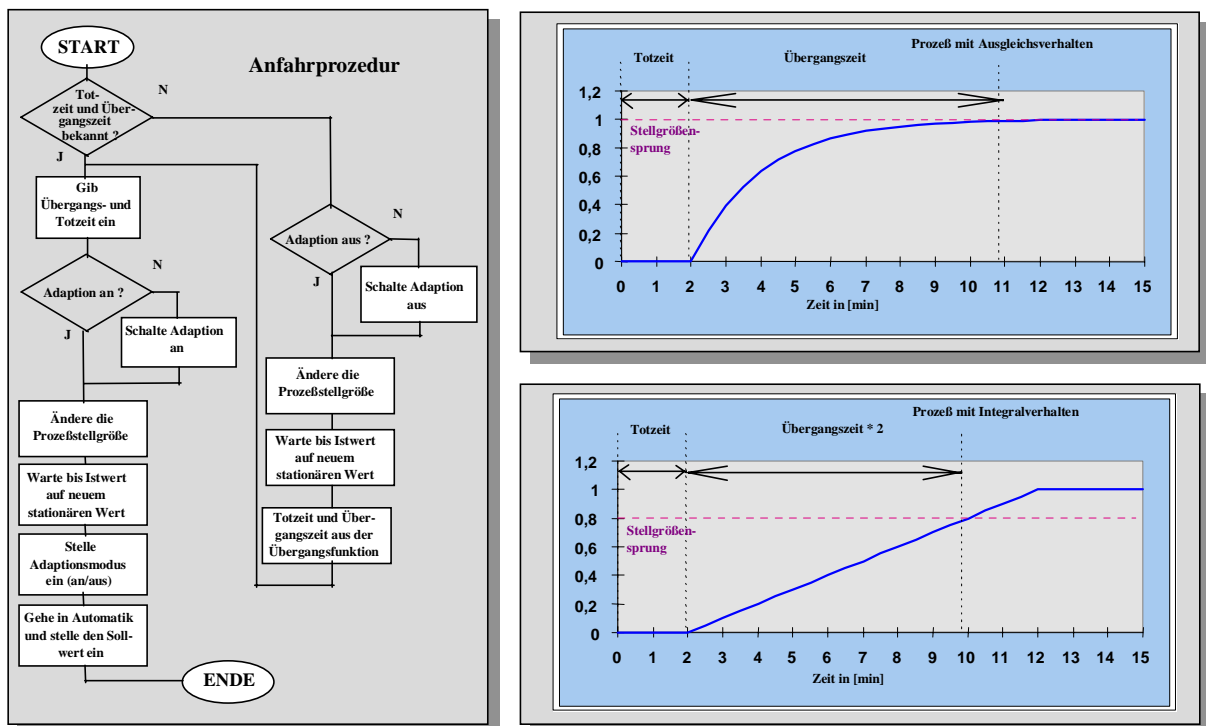


Bild 3.1: Ablaufschema zum Anfahren des Reglers

i.p.a.s.-systeme

ungefährer Wert in [min] eingegeben werden. Der Regelalgorithmus ist so robust, dass der eingegebene Wert fünfmal größer oder fünfmal kleiner als die reale Übergangszeit sein kann, ohne dass die resultierende Regelqualität beeinträchtigt wird. Die Totzeit [min] sollte dagegen mit einem höheren Genauigkeitsgrad eingegeben werden.

Sind diese Zeiten nicht bekannt, so müssen sie zuerst durch einen Stellgrößensprung bei abgeschalteter Adaption und anschließendem Ablesen der Kennwerte aus dem Prozessvariablenverlauf ermittelt werden. Während der eigentlichen Lernphase (Adaption an!!) kann eine klassische Übergangsfunktion als Folge eines Stellgrößensprungs aufgenommen werden. Die Stellgröße kann in der Lernphase aber auch beliebig oft angepasst werden. So ist es z.B. denkbar, die Prozessvariable durch mehrfach manuelles Ändern der Stellgröße zum Sollwert zu führen (manuelles Einregeln). Sobald der Algorithmus sein erstes gültiges Prozessmodell gefunden hat, kann der Regler in den Automatik-Modus geschaltet werden, d.h. die Verriegelung, die den Regler im manuellen Modus hält, wird aufgehoben. Bei den meisten Prozessen ist es nicht notwendig, den Regler im kontinuierlich-adaptiven Modus zu betreiben. Der Regler kann dort mit einem festen Reglerparametersatz (nach Abschalten der Adaption) arbeiten.

i.p.a.s.-systeme

4. Sichern der Reglerparameter

Im Control Builder Inbetriebnahmebereich müssen alle Parameter, die als "abweichend" deklariert sind hochgeladen, d.h. korrigiert werden (Laden -> Parameter...). Zuvor müssen aber alle Parameter mit einem Check-Mark versehen werden (Check-Box auf der linken Seite).

5. Kontinuierliche Adaption

Bei Prozessen mit nichtlinearen Anteilen oder bei Prozessen mit zeitveränderlichen Verhaltensmustern kann es notwendig sein, den Regler im kontinuierlich-adaptiven Modus zu betreiben. Hierdurch wird der Regler über die Prozessmodelladaptation und das anschließende Nachfahren der Reglerparameter den sich ändernden Prozesseigenschaften angepasst.

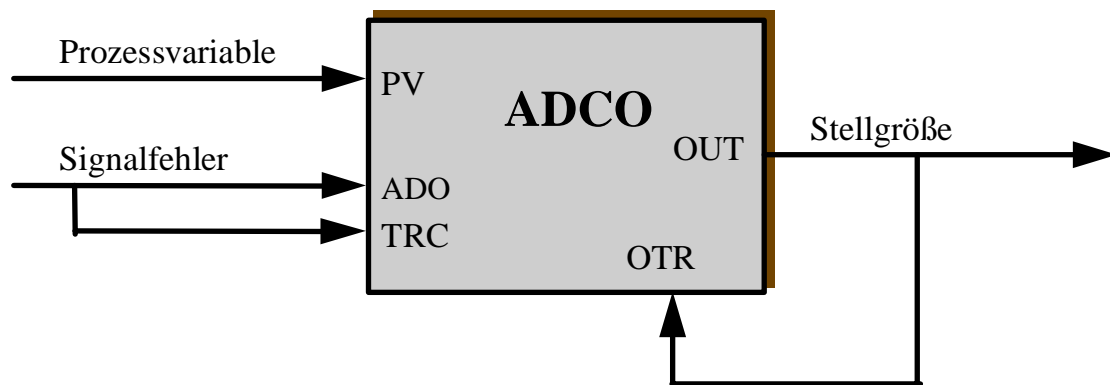


Bild 5.1: Blockschaltbild bei kontinuierlicher Adaption

Da die Prozessidentifikation des Reglers alle Prozessein-/ausgangswerte in das Prozessmodell einbringt, sollten Vorkehrungen gegen fehlerhafte Prozesssignale getroffen werden. In Bild 5.1 schaltet ein Prozesssignalfehler (sofern erfassbar) die Adaption aus und den Regler gleichzeitig in den Ausgangs-Track Modus. Da die Stellgröße auf den Trackingeingang geführt wird, wird der Reglerausgang bei einem Signalfehler auf dem letzten gültigen Wert gehalten.

6. Kaskadenregelkreis

Der adaptive Zustandsregler eignet sich auch für den Einsatz im Kaskadenregelkreis. Die in Bild 6.1 gezeigte Verschaltung vereinfacht die Bedienung des Gesamtregelkreises.

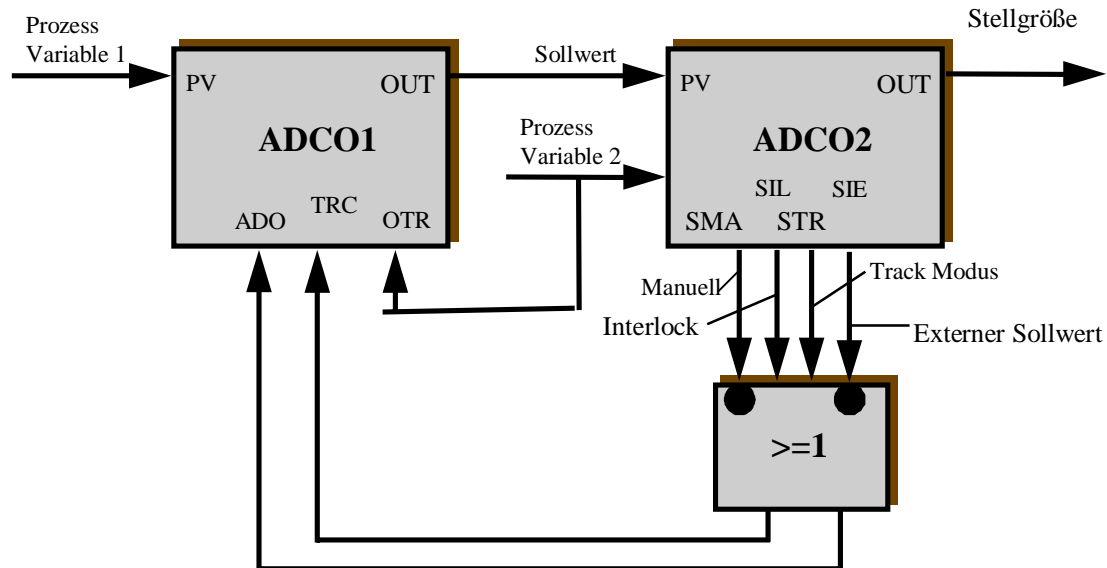


Bild 6.1: Blockschaltbild im Kaskadenkreis

Wird der innere Regler (ADCO2) in den manuellen Modus, den Track Modus, den Verriegelungsmodus oder auf lokalen Sollwert gestellt, so hat dies zur Folge, dass die Adaption des äußeren Reglers (ADCO1, Führungsregler) abgeschaltet wird und dass dieser Regler in den Ausgangs-Track Modus gesetzt wird. Der Reglerausgang von ADCO1 (Sollwert für ADCO2) folgt nun dem Wert der Prozessvariablen des inneren Reglers. Somit kann ADCO2 jederzeit stoßfrei in den regulären Betriebsmodus zurückgeschaltet werden, was die Gesamtfunktionalität der Kaskade wiederherstellt.

Bei Bedarf muss dann lediglich die Adaption des Führungsreglers (ADCO1) wieder eingeschaltet werden.

In einem Kaskadenregelkreis sollten nie beide Regler im kontinuierlich-adaptiven Modus betrieben werden, da gegenseitige Rückkopplungen die Qualität der Regelung stark beeinträchtigen können.

7. Tipps und Tricks

- Prinzipiell kann die Lernphase zur Ermittlung eines Prozessmodells mit anschließender Optimierung des Zustandsregler zu jedem beliebigen Zeitpunkt gestartet werden. In der ersten Lernphase (d.h. nach der Konfiguration des Reglers oder nach einer Initialisierung) soll aber darauf geachtet werden, dass die Suche nach einem Prozessmodell in einem (annähernd) statischen Arbeitspunkt beginnt und in einem anderen, wiederum (annähernd) statischen Arbeitspunkt endet. Der Grund hierfür ist, dass beim Übergang aus einer statischen in eine dynamische Phase und beim Übergang aus einer dynamischen in eine statische Phase die jeweils „beste Prozessinformation“ in das Prozessmodell transferiert werden kann (siehe Bild 7.1). Diese Vorgehensweise macht sich später, im geschlossenen Regelkreis in einer sehr guten Regelgüte bemerkbar. Eine Nachoptimierung (aufbauend auf einem bereits existierenden Prozessmodell) kann jedoch auch während eines dynamischen Übergangs gestartet werden.

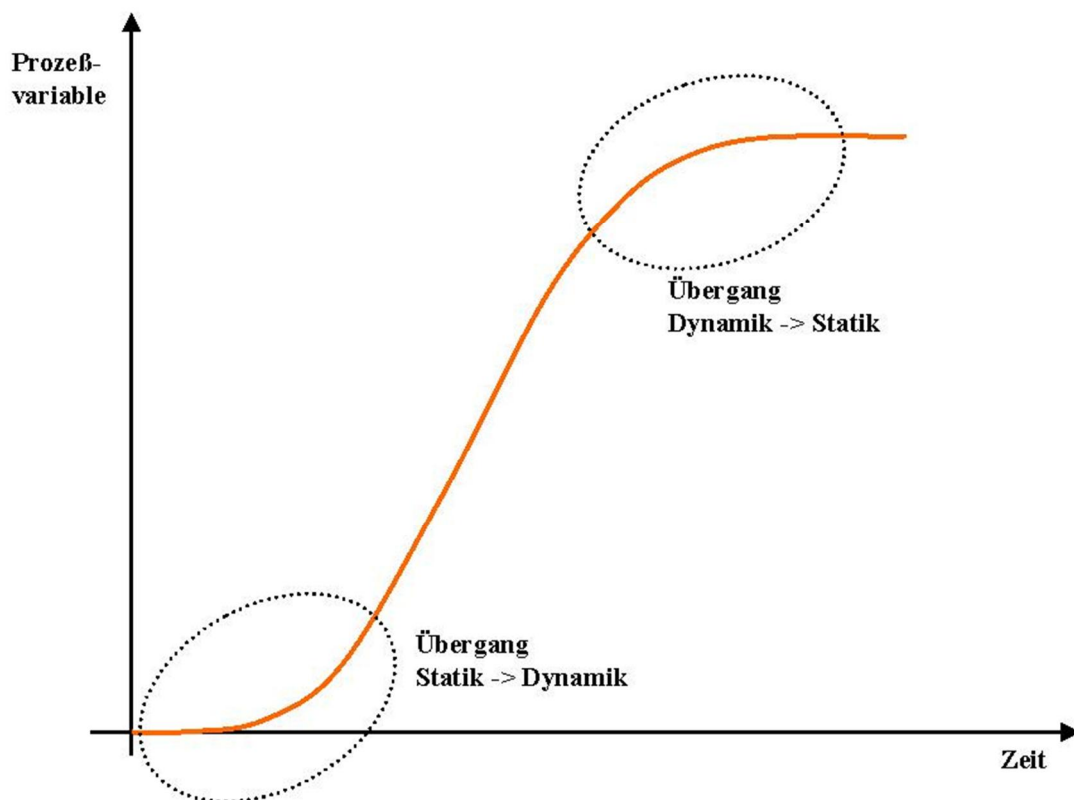


Bild 7.1: Übergangsphasen mit informationstechnisch hohem Gehalt

i.p.a.s.-systeme

- Wird der Regler mit kontinuierlicher Adaption betrieben, so ist es sinnvoll, die Änderungsgeschwindigkeit der Stellgröße (LMN_DEL) zu begrenzen. Diese Begrenzung führt dazu, dass der Regelalgorithmus bei einem falsch geschätzten Prozessmodell, das die Validierungsroutinen nicht bemerken (dies sollte nur äußerst selten vorkommen), so stark oszilliert, dass die Prozessvariable einen annähernd konstanten Wert annimmt und das Prozessmodell aus diesem Grund nicht mehr korrigiert werden kann. Auf welchen Wert die Änderungsgeschwindigkeit begrenzt werden sollte, hängt von dem zu regelnden Prozess und den Anforderungen an die Regelgüte ab, so dass hier kein allgemein gültiger Wert angegeben werden kann.
- Beinhaltet das Prozessverhalten einen signifikanten Totzeitanteil, so sollte die bei der Regleroptimierung einzugebende Totzeit (DTIME) immer kleiner als oder höchstens so groß wie die reale Totzeit sein. Der Grund hierfür ist, dass die Regelgüte nur relativ langsam sinkt, wenn eine zu kleine Totzeit eingegeben wird. Wird die Totzeit jedoch zu groß gewählt, so verschlechtert sich das Regelverhalten sehr schnell.
- Um eine optimale Regelgüte zu erreichen, ist eine möglichst genaue zyklische Abtastung (Äquidistanz!!) notwendig. Darüber hinaus ist darauf zu achten, dass die Zykluszeit, mit der der adaptive Algorithmus bearbeitet wird, nicht kürzer ist als die Zykluszeit, mit der die Prozessvariable als analoger Eingang aufgefrischt wird. Wird diese Forderung nicht beachtet, d.h. wird der Algorithmus bei einem dynamischen Übergang mehrfach mit demselben Prozessvariablenwert bearbeitet, so kann die Qualität der Regelung ebenfalls negativ beeinflusst werden.
- Wenn der Prozess bei verschiedenen Übergängen unterschiedliche dynamische Charakteristiken besitzt (z.B. kann ein Temperaturprozess beim Aufheizen und Abkühlen vollkommen unterschiedliche Charakteristiken haben), dann sollte der schnellere Übergang benutzt werden, um den Regler zu optimieren. Unter der Voraussetzung, dass das Abkühlen im Vergleich zum Aufheizen die schnellere Dynamik besitzt, sollte man bei obigem Beispiel den Prozess zunächst mit abgeschalteter Adaption aufheizen. Anschließend sollte die Adaption eingeschaltet und die Kühlung aktiviert werden. Der resultierende Regler (mit konstanten Reglerparametern) beherrscht nun beide Übergänge mit einer guten Regelqualität.

i.p.a.s.-systeme

- Wenn der Regler zu stark auf den Prozess einwirkt, so dass sich ein schwingendes Stellgrößenverhalten und demzufolge eine schwingende Regelgröße (bis in den instabilen Bereich) ergibt, so können folgende Eingriffe (in der unten beschriebenen Reihenfolge) durchgeführt werden:
 - Reduzierung des Sensitivitätsfaktors (SENS) – wenn nötig auf -100.
 - Begrenzung der maximalen Stellgrößenänderung (LMN_DEL). Der Wert, der hier einzustellen ist, hängt im wesentlichen von der Prozessdynamik ab. Als Ausgangspunkt kann dieser Wert so eingestellt werden, dass eine maximale Änderung der Stellgröße von 100% innerhalb eines Schwingungszyklus' möglich wird. Schwingt die Regelgröße mit einer Zykluszeit von z.B. 0,5 min, dann sollte LMN_DEL zunächst auf 200 eingestellt werden

- Wenn der Regler zu träge auf den Prozess einwirkt, so können folgende Eingriffe (in der unten beschriebenen Reihenfolge) durchgeführt werden:
 - Erhöhung der maximalen Stellgrößenänderung (LMN_DEL), um die Eingriffsmöglichkeiten des Reglers zu verbessern. Der Wert kann auch auf 0 gesetzt werden, um eine Begrenzung der Stellgrößenänderung zu eliminieren.
 - Erhöhung des Sensitivitätsfaktors (SENS) – wenn nötig auf 150.

8. Einblendbild

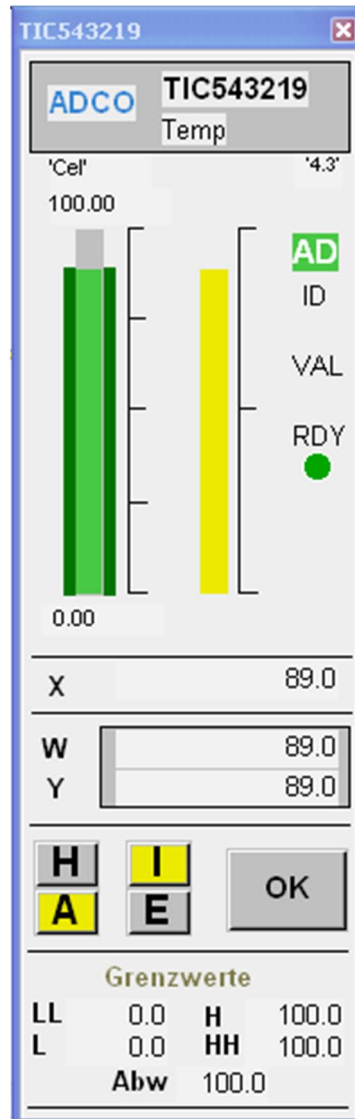


Bild 8.1: ADCO Einblendbild

Das ADCO Einblendbild ist weitgehend dem Freelance PID-Faceplate angepasst. Einige Abweichungen gibt es in den Statusanzeigen rechts vom Stellgrößen-Bargraph.

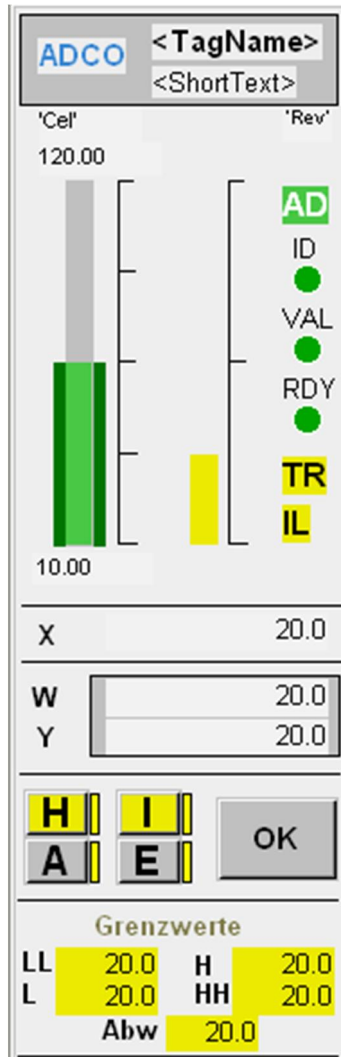


Bild 8.2: ADCO Einblendbild (aus Entwicklungsumgebung)

Mit Hilfe von Bild 8.2 können die Unterschiede zum Standard-PID-Einblendbild erläutert werden.

- Rechts neben dem Stellgrößen-Bargraph sind folgende Indikatoren (Anzeigen) platziert:
 - AD: Wird sichtbar, wenn sich der Regler im adaptiven Modus befindet.
 - "LED" unterhalb von ID: Wird sichtbar, wenn die Adaption angeschaltet ist und genügend Dynamik im Prozess detektiert wird, um Daten für eine Verbesserung des Prozessmodells zu gewinnen.
 - "LED" unterhalb von VAL: Wird sichtbar, wenn die Adaption angeschaltet ist und das gefundene Prozessmodell alle Validierungschecks (VAL) erfolgreich bestanden hat.

i.p.a.s.-systeme

- “LED” unterhalb von RDY: Wird sichtbar, sobald das allererste gültige (validierte) Prozessmodell gefunden wurde. Dieser Indikator zeigt, dass der Regler betriebsbereit ist, d.h. dass er z.B. in den Automatik-Modus geschaltet werden kann. Diese Anzeige bleibt dann auch sichtbar, wenn die Adaption ausgeschaltet ist.
- TR: Diese Anzeige ist auch bei PID vorhanden.
- IL: Wird sichtbar, wenn sich der Regler im Verriegelungszustand (Interlock) befindet.
- Werte (W und Y) und Grenzwerte (LL, L, etc.) werden im ADCO-Einblendbild immer parallel dargestellt.
Das Feld W kann nur bedient werden, wenn der Sollwert-Modus nicht auf extern geschaltet ist.
Das Feld Y kann nur bedient werden, wenn der Regler im manuellen Modus ist.
Die Felder Grenzwerte (LL, L, etc.) können nur bedient werden, wenn die jeweiligen Grenzwertquellen nicht auf extern geschaltet sind.
- Wie im PID-Einblendbild wird über die Betätigung der Tasten H / A und I / E nur die Anforderung einer Modus-Umschaltung generiert. Die eigentliche Umschaltung erfolgt durch Betätigung der Taste OK. Um anzuzeigen, dass eine Anforderung zur Modus-Umschaltung durchgeführt wurde, wird rechts neben dem entsprechenden Bedienfeld ein kleiner gelber Streifen sichtbar. Dieser Streifen verschwindet nach erfolgter Umschaltung (Taste OK) wieder.

9. Dialogmasken

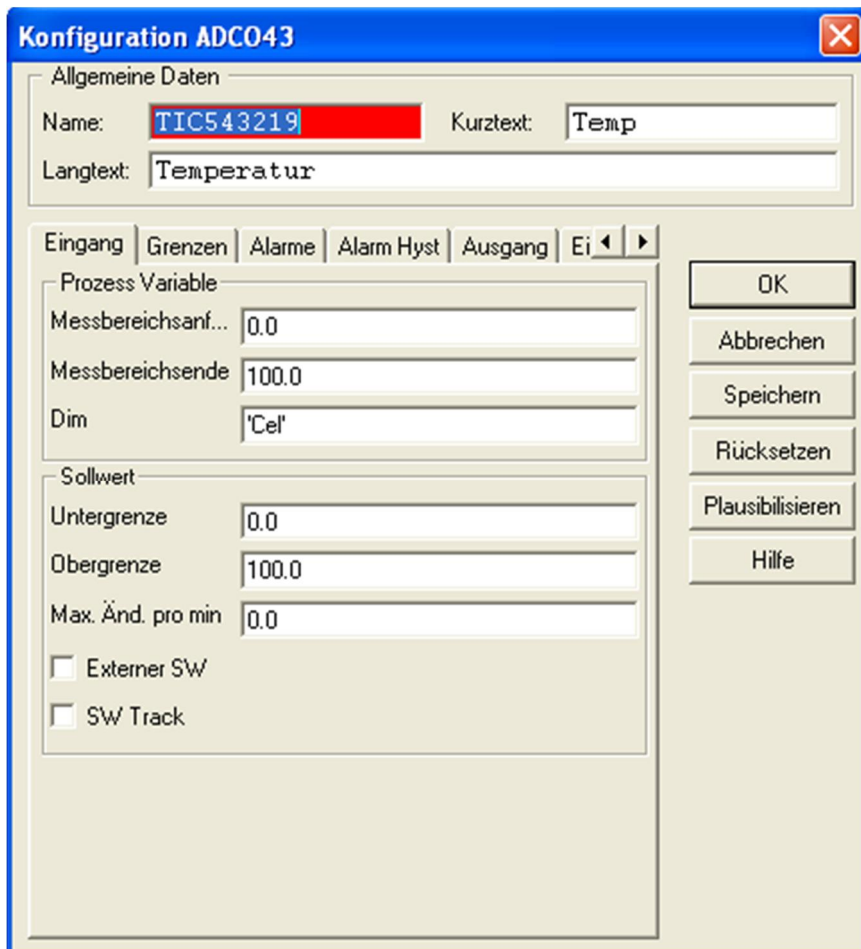


Bild 9.1: Dialogmaske "Eingang"

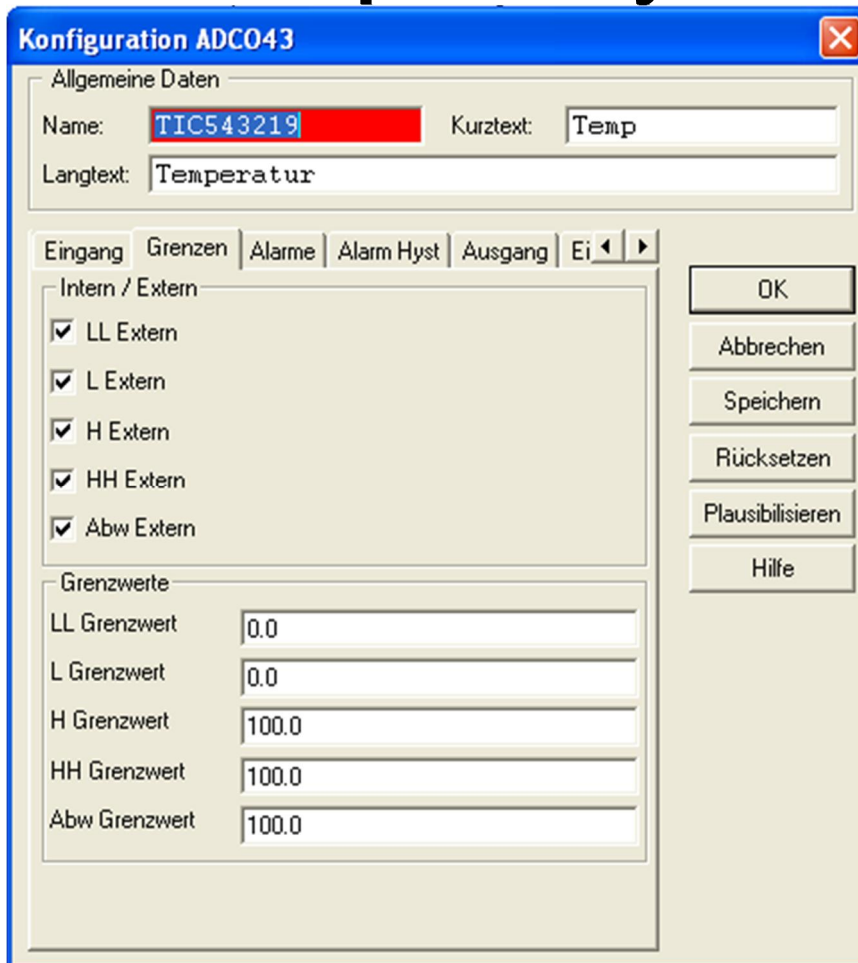


Bild 9.2: Dialogmaske "Grenzen"

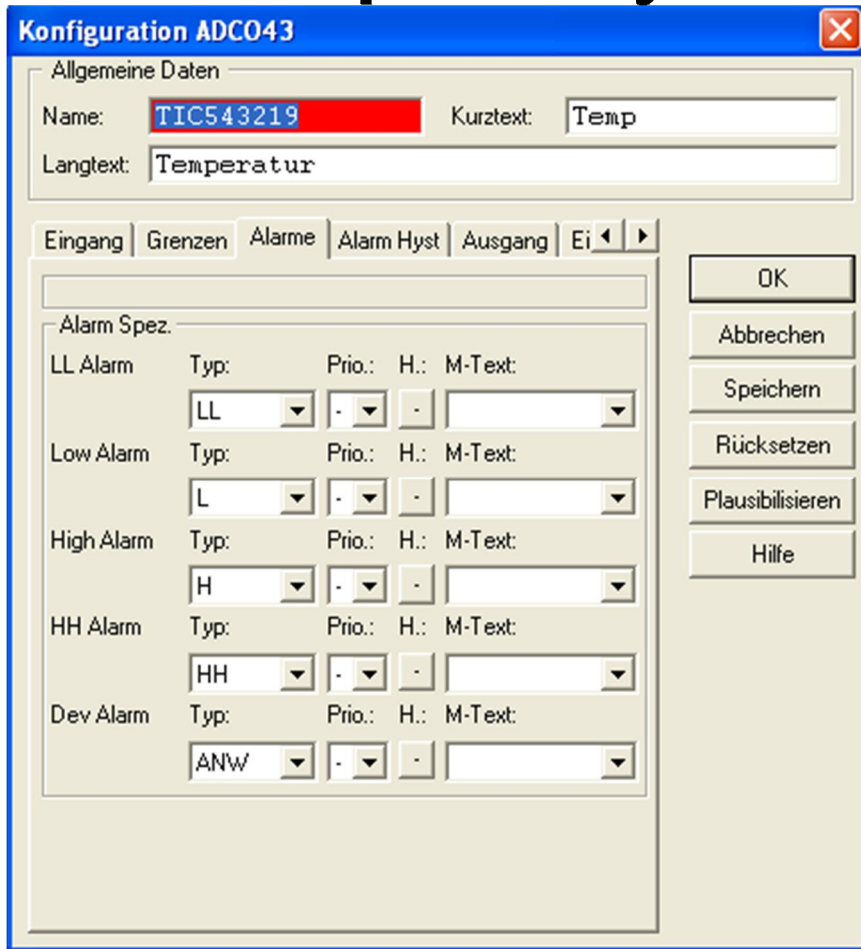


Bild 9.3: Dialogmaske "Alarmer"

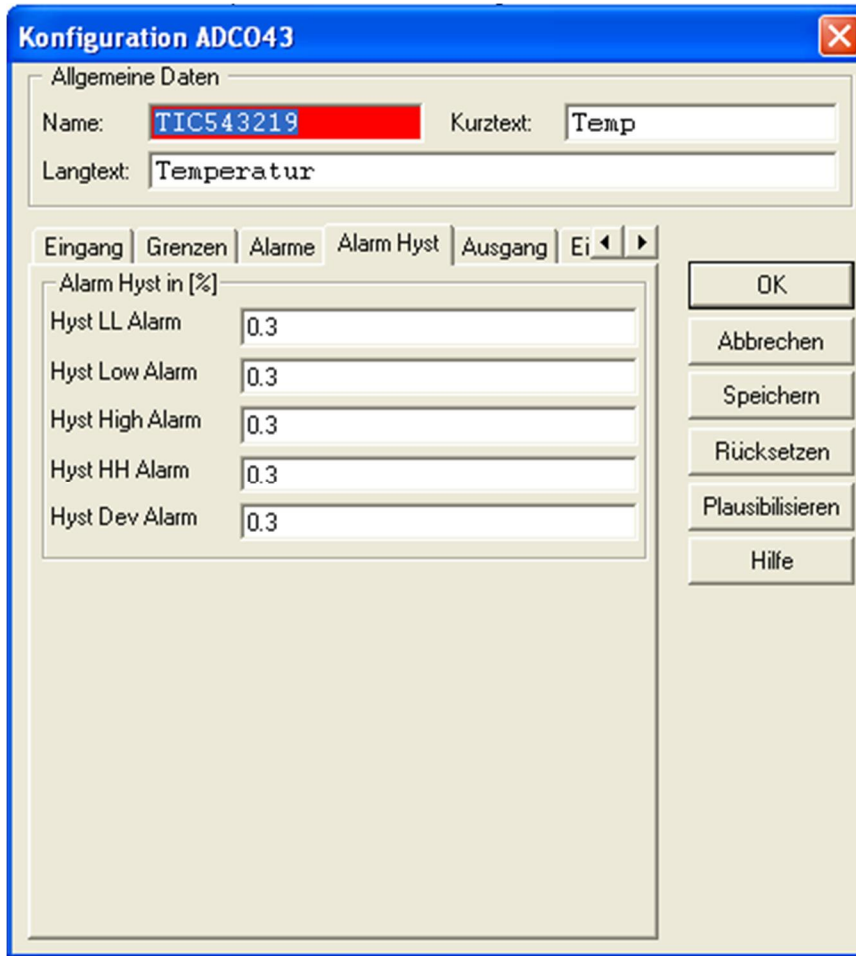


Bild 9.4: Dialogmaske "Alarm Hyst"

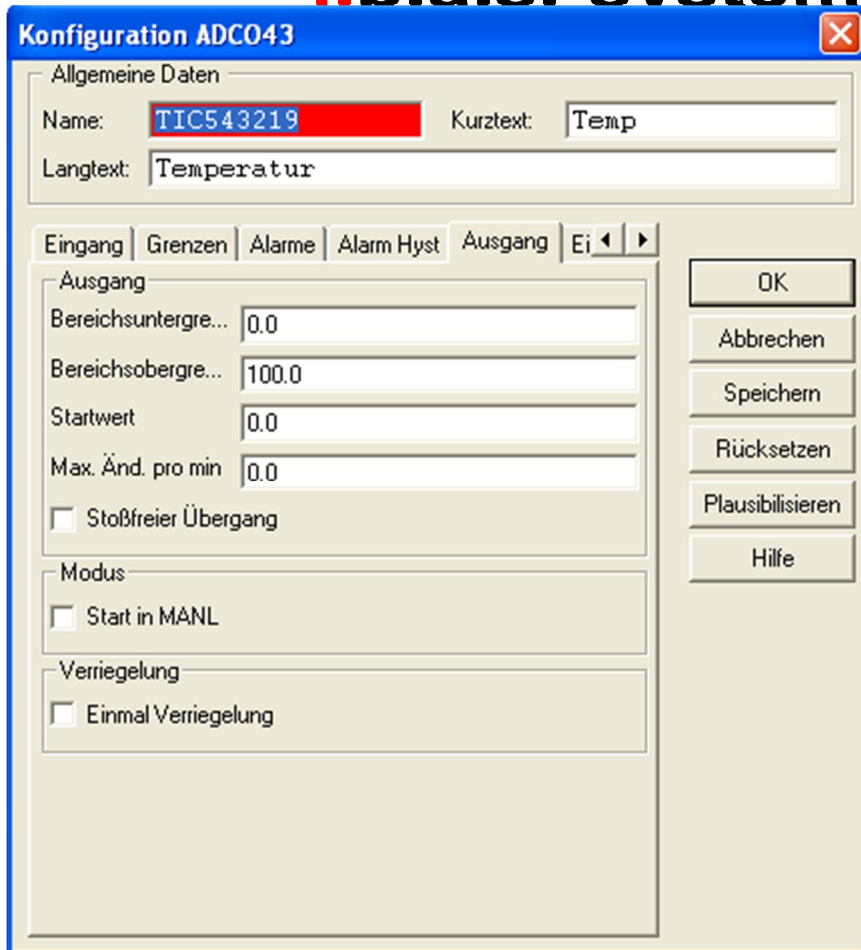


Bild 9.5: Dialogmaske "Ausgang"

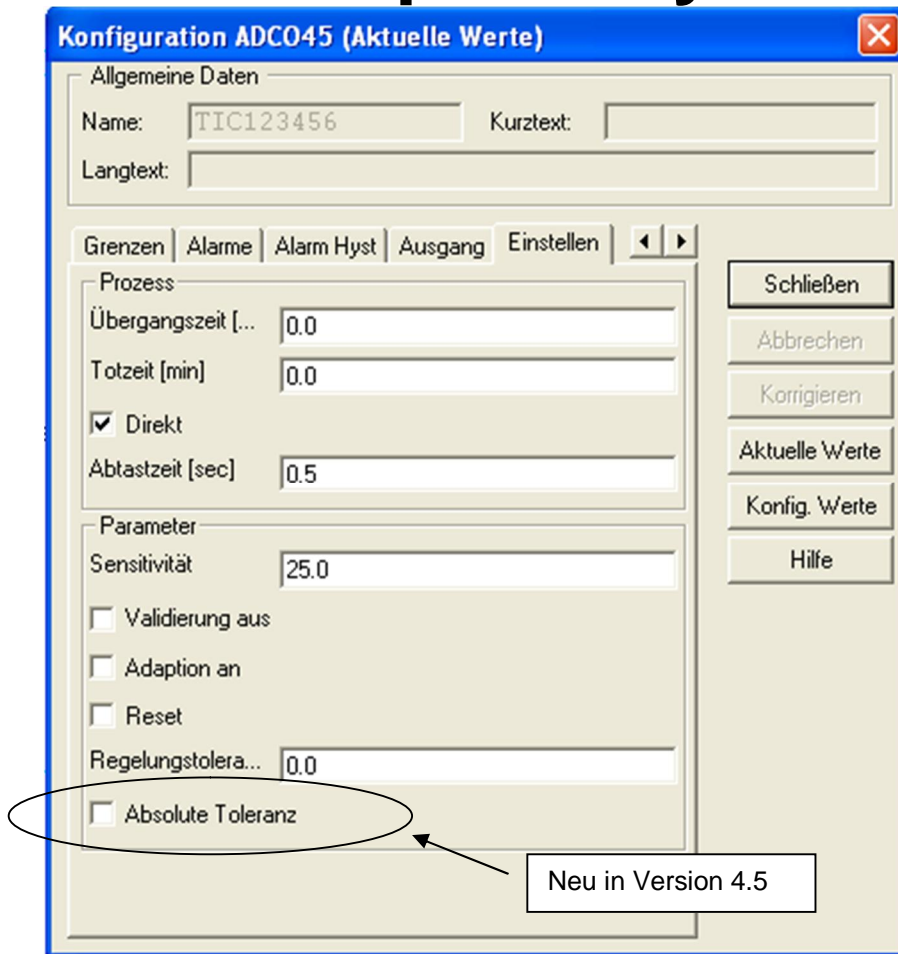


Bild 9.6: Dialogmaske "Einstellen"