

xPert^{Optimize}

Alles läuft. Rund und effizient!

Einführung

Wer sind wir?

ELSE Automation ist ein erstklassiges Kompetenzzentrum in Form eines erfahrenen Engineering-Pools, das technische Dienstleistungen im Bereich der Prozessleittechnik anbietet.

ELSE Automation besteht aus einem Team von Anwendungsspezialisten, die über langjährige Erfahrung in der Automatisierungsindustrie verfügen und zu den Besten ihres Fachs gehören.

Wo arbeiten wir?

- Pharmazie und Chemie
- Verbrennungsanlagen
- Energieerzeugung
- Zementwerke
- Druckerei
- ...

Zitat

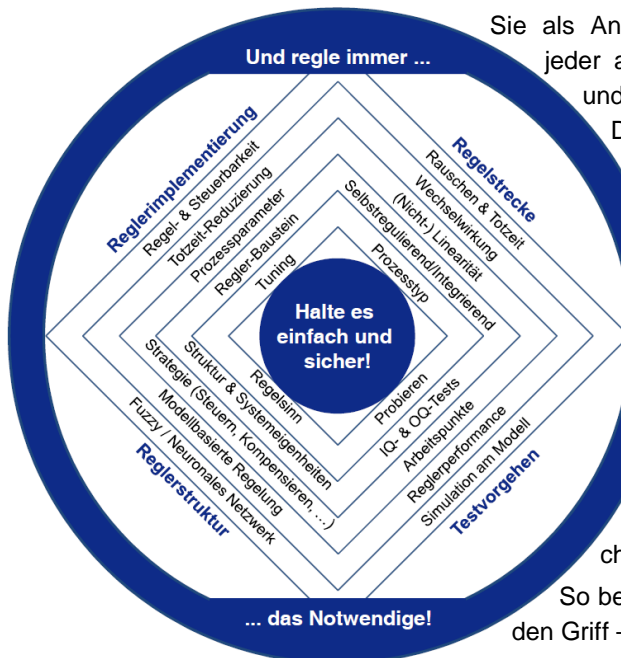
„90 Prozent aller Regelkreise der Welt sind ungenügend!“ (aus „Advanced Control Unleashed“, ISA)

Was ändert mit einer besseren Regelgüte ?

- Kleinere Durchlaufzeiten
- Kleinerer Energieverbrauch
- Höhere Produktequalität
- ...

Mess- und Regeltechnik *Regelkreise haben Ecken und Kanten!*

Haben Sie herausfordernde Regelstrecken zu meistern? Ist es die falsche Reglereinstellung, oder sogar die Regelungsstrategie? Geht es auch anders, auch einfacher und besser?



Sie als Anlagenbetreiber wissen das besser als jeder andere: Ihre Regelkreise haben Ecken und Kanten. Das kann an unerwarteten Details, aber auch an grundlegenden Problemen liegen.

Die ELSE Automation AG nimmt sich diesen Herausforderungen gerne an. Wir wissen, wo man ansetzt. Ihre Regelkreise werden systematisch untersucht: von der Parametrierung des Reglers im einfachsten Fall bis hin zur Umsetzung und Inbetriebnahme einer besseren Regelungsstrategie. Unsere Erfahrungen zeigen es: Oft geht es anders, einfacher, besser!

So bekommen Sie Ihre Regelkreise wieder in den Griff – auf dass alles wieder rund läuft.

Prozessoptimierung *Alles einfach halten und Gutes besser machen*

Steigern Sie die Produktivität Ihrer Anlage, senken Sie Ihre Produktionskosten – und bekommen Sie so einen Mehrwert!

Haben Sie manchmal das Gefühl, dass Ihre Anlagen und Prozesse aus Sicht von Energieverbrauch, Batchdauer und Ausbeute noch besser gestaltet werden könnten? Die ELSE Automation



pflichtet Ihnen bei. Oft lohnt es sich, über die Regelkreise hinaus die Prozesse als Ganzes zu betrachten.

Dank unseres Prozessverständnisses und des Wissens um Mess- und Regeltechnik sowie Erfahrungen mit Modellierung und Simulation haben wir Werkzeuge in der Hand, von denen Sie wirklich profitieren können.

Philipp Heger

Dipl. Masch. Ing. ETH
Senior Project Engineer

T: +41 (0)79 371 49 53
ph@else-automation.com



Stichworte

Saugzug, Verbrennungsanlage, Druckregler, Parameteroptimierung, Messfehler, Personensicherheit

Auftraggeber

Hr. Johannes Allesch
Kehrichtverwertungsanlage
Industrielle Werke Basel

Zitate

„Der Regler arbeitet zufriedenstellend ... und auch die Sprengreinigung verlief gut!“

„Wir haben dadurch eine Verbesserung – also kleinere Druckausschläge nach oben und vor allem nach unten – erreicht.“

Kontakt

ELSE Automation AG

Hauptstrasse 5
CH-4127 Birsfelden
T: +41 (0)61 481 55 44

Mellingerstrasse 2a
CH-5400 Baden
T: +41 (0)56 406 04 30

Ausgangslage *Eine Frage der Personen- und Anlagensicherheit*

Die Kehrichtverwertungsanlage der Industriellen Werke Basel (IWB) verwertet Haushalts- und Industriemüll mit einer Kapazität von 190'000 t. Der Verbrennungsteil der Anlage verfügt über mehrere Ofenlinien.

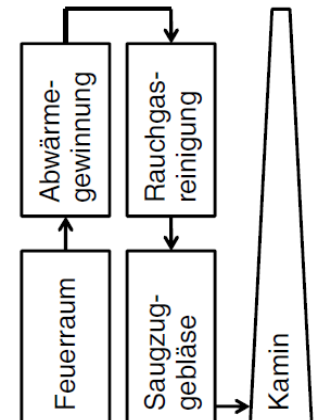
Nach einem Umbau der Ofenlinie 2 wurde beobachtet, dass der leichte Unterdruck im Feuerraum massiv schlechter gehalten wird. Es wurde vermutet, dass die Einstellungen des Saugzugreglers dafür verantwortlich seien. Der Saugzug ist ein Gebläse, das sich ganz am Ende des Rauchgaswegs befindet und für den Druck im Feuerraum und das Abziehen des Rauchgases verantwortlich zeichnet. Wenn der Regler nicht funktioniert, dann wird's gefährlich und ineffizient: Überdrücke führen zum Austritt giftiger Rauchgase in die Umgebung; Unterdrücke hingegen, vor allem während der Sprengreinigungen, führen zur Notabschaltung des Ofens.



Ziele und Vorgehensweise

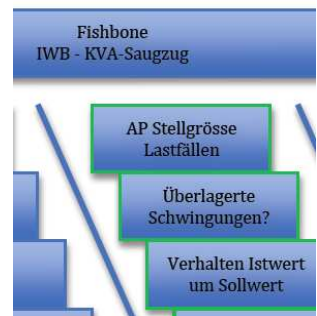
Der Saugzugregelkreis sollte soweit stabilisiert und optimiert werden, dass der Feuerraumunterdruck im Bereich von -2.5 bis -0.5 mbar gehalten wird. Im Idealfall und bei guter Stabilität könnte dann der Sollwert nach oben geschoben werden, um die Effizienz der Anlage zu steigern.

Die Ofenlinie wurde nun systematisch auf ihre Dynamik untersucht: Es wurden Betreiber befragt, typische Lastfälle gefahren, Trenddaten ausgewertet und Statistik betrieben. Diese Untersuchungen führten unter anderem zu interessanten Feststellungen über die Totzeit der Strecke, und vor allem wurden die verschiedenen Messungen des Feuerraumdrucks in Frage gestellt. Zudem konnten so Störgrößen und Wechselwirkungen ausgeschlossen werden.



Resultate *Überraschend & erfolgreich!*

Vorweg gesagt: Der Regler war bereits gut eingestellt. Jedoch hat jeder Regelkreis mehrere Elemente, die zu einem schlechten Verhalten führen können. Im Falle des Saugzugs wurde klar, dass die Druckmessung zeitgefiltert war und eine Drift von 1 mbar hatte – dies entspricht hier einem Messfehler von zehn Prozent! Diese Punkte wurden bereinigt und eine Optimierung des Regler-D-Anteils während des Normalbetriebs durchgeführt. So konnten alle Ziele sogar während des heftigen Sprengreinigungs erreicht werden – um einer neuen überraschenden Einsicht Platz zu machen: Nicht das Sprengen, sondern das Öffnen bzw. Schliessen der Ofenluken führte zu Druckstössen.



	A	B	C
1	Perzentilen		
2	0%	-2.42	-2.13
3	5%	-2.05	-1.96
4	10%	-1.91	-1.84
5	15%	-1.80	-1.76
6	20%	-1.73	-1.70
7	25%	-1.67	-1.66
8	30%	-1.65	-1.63
9	35%	-1.63	-1.59
10	40%	-1.57	-1.57
11	45%	-1.52	-1.52
12	50%	-1.49	-1.47
13	55%	-1.46	-1.44
14	60%	-1.42	-1.39
15	65%	-1.35	-1.34
16	70%	-1.23	-1.30
17	75%	-1.16	-1.24
18	80%	-1.10	-1.19
19	85%	-0.97	-1.14
20	90%	-0.86	-1.07
21	95%	-0.53	-0.98
22	100%	0.11	0.07
23			
24	Mittelwert	-1.41	-1.45
25	Varianz	0.23	0.10
26	Korrelation	0.60	0.51
27			
28			
29			
30	Zeit	Feuerraum 1	Feuerraum 2
31	22452P005_C001.VALUE	22452P005_C001.VALUE	22452P013_C001.VALUE

Philipp Heger

Dipl. Masch. Ing. ETH
Senior Project Engineer

T: +41 (0)79 371 49 53
ph@else-automation.com



Stichworte

Produktqualität, Temperaturregelung, I-Anteil, Regelstrategie, Überschwingern Vakuumtrocknung

Auftraggeber

Dr. Dan Neville
WSH2084
Novartis Pharma AG

Zitate

„Jetzt halten wie die Registrierungsvorgaben ein, wir fahren keine Abweichungen mehr ein.“

„Wir sollten diese Lösung auch auf den Trocknern der anderen Anlagen haben.“

Kontakt

ELSE Automation AG

Hauptstrasse 5
CH-4127 Birsfelden
T: +41 (0)61 481 55 44

Mellingerstrasse 2a
CH-5400 Baden
T: +41 (0)56 406 04 30

Ausgangslage *Wenn die Qualität um schonendes Anhalten bittet*

Sind Sie dem Reglerintegralanteil, kurz I-Anteil, schon einmal begegnet? Vielleicht während der Ausbildung oder in einer Produktionsanlage? Wie haben Sie ihn in Erinnerung?

Ich nehme an, in guter! Immerhin findet er für uns selbständig den Reglerarbeitspunkt. Schauen wir aber genauer hin, so übergibt er uns immer wieder Probleme: Überschwinger, Zeitverlust, Energieverlust, um nur einige zu nennen.

Beim hier vorgestellten Trocknungsprozess war der I-Anteil Schuld, dass die Temperatur als qualitätsrelevanter Parameter nicht eingehalten werden konnte. Gefordert wurde in der Produktvorschrift schonendes Aufheizen bei maximalem Überschwingen von 1°C. Das Produkt musste aber real Übertemperaturen von bis zu 1.7°C hinnehmen. Diese Abweichungen haben übrigens viel Papierarbeit und Zeitaufwand verursacht.

Ziele und Vorgehensweise

Das eine Ziel, den Sollwert maximal um 1°C zu über- oder unterschreiten, war bereits vorgegeben. Die Lösung durfte aber auch die anderen qualitätsrelevanten Parameter wie z. B. die Aufheizrampe nicht beeinflussen.

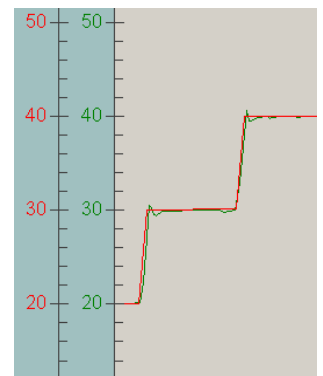
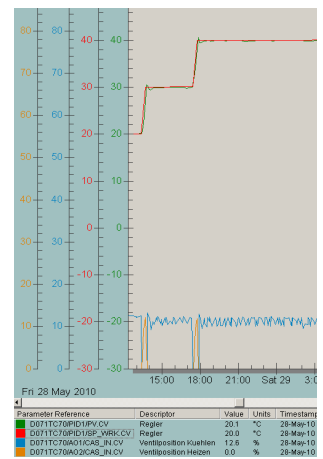
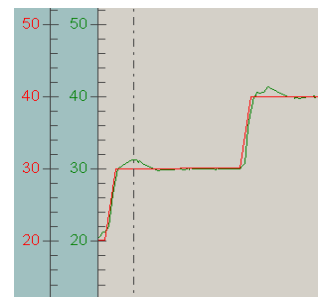
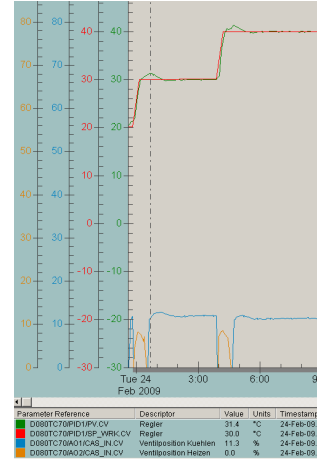
Zuerst wurde lediglich der I-Anteil geschwächt, um das Ziel zu erreichen. Erstaunlicherweise gab es den Überschwinger dennoch, nun einfach zu einem späteren Zeitpunkt: verursacht durch den Energieeintrag der Kreislaufpumpe. Der schwache I-Anteil hatte dem nichts entgegen zu setzen.

Deshalb wurde der Regler in einem zweiten Zug zum reinen P-Regler umfunktioniert und der I-Anteil extern berechnet. Als präzise einstellbarer I-Anteil, der nur in gewissen Bändern um den Sollwert herum aktiviert ist – dafür mit enormer Wirkung.

Resultate *Kleinere Über- und Unterschwinger, kleinere Batchlaufzeit*

Das Ändern der Reglerstruktur und der Regelstrategie mit dem neuen, präziseren I-Anteils brachte den Erfolg. Die Über- und Unterschwinger wurden um den Faktor drei auf rund 0.5°C reduziert. Dazu ergab sich die angenehme Folgeerscheinung, dass der Trocknungsprozess früher "im Band" war und so auch die Batchlaufzeit verkleinert werden konnte. Dazu die Bilder rechts: Die beiden oberen Trends zeigen das Temperaturprofil vor der Optimierung, die beiden unteren Bilder dieselben Ausschnitte danach (rot: Sollwert, grün: Istwert).

Seien Sie also vorsichtig, wenn Sie ein nächstes mal dem I-Anteil begegnen... halten Sie ihn am besten schonend an!



Philipp Heger

Dipl. Masch. Ing. ETH
Senior Project Engineer

T: +41 (0)79 371 49 53
ph@else-automation.com



Stichworte

Softsensor, Differentialgleichung, Mathematisches Modell, Steuerung, Energieverbrauch

Auftraggeber

Hr. Lothar Hoehne
Global Engineering
Novartis Pharma AG

Zitate

„Insbesondere können die Messstellen- und Installationskosten eingespart werden!“

„Die Genauigkeit des Softsensors genügt der Aufgabenstellung bei weitem.“

Kontakt

ELSE Automation AG

Hauptstrasse 5
CH-4127 Birsfelden
T: +41 (0)61 481 55 44

Mellingerstrasse 2a
CH-5400 Baden
T: +41 (0)56 406 04 30

Ausgangslage *Wie messen, wenn nichts da ist?*

Das Design von Heiz-/Kühlkreisläufen hat sich in den letzten Jahren gewandelt. Durch die permanente Diskussion über die Anzahl der Automations-elemente wurden „unnötige“ Komponenten, wie z.B. die Rücklauf-temperaturmessung, eingespart. Dies hat dazu geführt, dass die früher übliche Rücklauf-temperaturweiche nicht mehr realisiert werden kann. Diese Heiz-/Kühlkreisläufe lassen es zu, dass heisses Medium in den kalten Rücklauf gelangt und kaltes Medium in den heissen. Dies führt dazu, dass bei Lastwechseln Energie vernichtet wird, indem das Medium für eine gewisse Zeit in den energetisch ungünstigeren Rücklauf ausgeschleust wird. Das Energiesparpotential pro Lastwechsel ist gross.

Ziele und Vorgehensweise

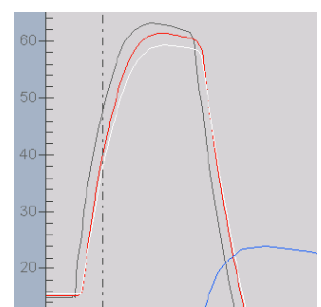
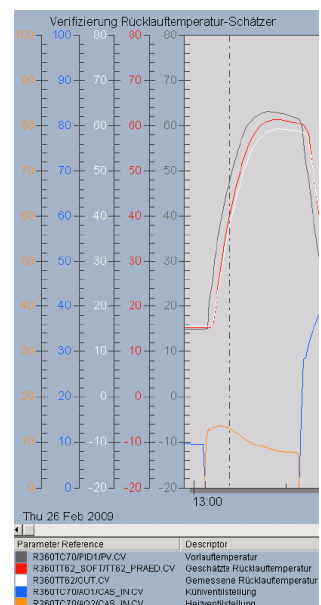
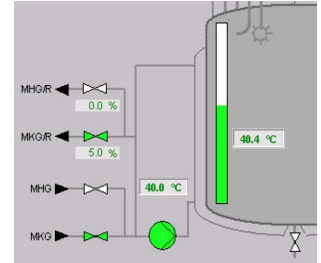
Vor dem Hintergrund der Verpflichtung zur Energieeinsparung wurde vom Auftraggeber nach einer Alternative gesucht. Ist die Rücklauf-temperatur eines Heiz-/Kühlkreislaufmediums bekannt, so kann die richtige, also die energetisch sinnvolle Rücklauf-schiene ausgewählt werden. Die Rücklauf-temperatur muss dazu nicht unbedingt gemessen werden, sie ist unter gewissen Voraussetzungen auch schätzbar – dadurch entfallen die Messstellen- und Installationskosten. Der vorgeschlagene Rücklauf-temperatur-Softsensor greift auf eine Differentialgleichung erster Ordnung zurück. Er ist einfach in Betrieb zu nehmen: Die Parameter der Gleichung können aus den üblichen verfahrenstechnischen Auslegungsparametern bestimmt werden.

$$\frac{d\vartheta_{MR}}{dt} = \frac{m_{FM}}{m_M} (\vartheta_{MV} - \vartheta_{MR}) - \frac{k \cdot A}{m_M \cdot c_M} (\vartheta_{MV} - \vartheta_R) = \frac{1}{\text{SysTimeJMass}} (\vartheta_{MV} - \vartheta_{MR}) - \frac{1}{\text{SysTimeJTherm}} (\vartheta_{MV} - \vartheta_R)$$

ϑ_{MR}	Manteltemperatur Rücklauf [°C]	m_M	Masse HK-Medium im Mantel [kg]
ϑ_{MV}	Manteltemperatur Vorlauf [°C]	k	Wärmedurchgangszahl [kW/(m ² ·K)]
ϑ_R	Innentemperatur Behälter [°C]	A	Wärmetausfläche [m ²]
m_{FM}	Massendurchfluss HK-Medium im Mantel [kg/s]	c_M	Wärmekapazität [kJ/(kg·K)]

Resultate *Der Wert des Softsensors*

Der Softsensor (s. Trend rechts in rot) wurde beispielhaft auf einem Prozessleitsystem umgesetzt und an Hand einer realen Messung (weiss) verifiziert. Die Schätzung interessiert insbesondere im Bereich der Schienenumschaltung bei 20-80°C: Beim Durchlaufen dieses Bereichs erreicht die Dynamik der Schätzung eine Genauigkeit von ca. 2°C im Vergleich zur realen Messung. Diese Resultate sind sehr zufriedenstellend.



Philipp Heger

Dipl. Masch. Ing. ETH
Senior Project Engineer

T: +41 (0)79 371 49 53
ph@else-automation.com



Stichworte

Reglereinstellung, Durchlaufzeit, Überschwingen, I-Anteil, Regelstrategie, Temperaturregelung

Auftraggeber

Hr. Richard Haller
WSH2084
Novartis Pharma AG

Zitate

„Die Durchlaufzeit eines Batches ist nun rund drei Stunden kürzer.“

„Auch der Folgeregler reagiert seit der Optimierung um einiges flinker.“

Kontakt

ELSE Automation AG

Hauptstrasse 5
CH-4127 Birsfelden
T: +41 (0)61 481 55 44

Mellingerstrasse 2a
CH-5400 Baden
T: +41 (0)56 406 04 30

Ausgangslage *Zeit ist Geld ist I-Anteil*

Heiz-/Kühlsysteme können sehr träge sein und werden deshalb oft mit einer Kaskadenregelung betrieben: Der Führungsregler regelt die schwerfällige Innentemperatur, der Folgeregler widmet sich der spritzigeren Mantelvorlauftemperatur. Diese Strategie ist sinnvoll und effizient, kann aber – Schuld sind die Wärmespeicherkapazitäten des Kesselinhalts und seines Mantels – zu Problemen führen. Insbesondere bei einem starken I-Anteil des Führungsreglers können produkt-schädigende Überschwinger auftreten. Dies geht immer Hand in Hand mit erhöhtem Energieverbrauch und längeren Durchlaufzeiten. Bei einem schwachen I-Anteil hingegen kann die Innentemperatur (s. Trend rechts oben in hellgrün) zu langsam werden. Auch dies geht auf Kosten der Durchlaufzeit. Offensichtlich ist nicht allein die Regelungsstrategie entscheidend, sondern auch die Struktur (P/I/D) der beiden Regler.

Ziele und Vorgehensweise

Im Zentrum der Optimierung stand die Minimierung der Batchdurchlaufzeit. Als weitere Auflage wurde definiert, dass die Innentemperatur den Sollwert von 0°C möglichst nicht übertreten soll, dies aus Gründen des Produkteschutzes.

Eine Optimierung der Reglereinstellungen alleine stand aus letzterem Grund nicht zur Diskussion. In Frage gestellt wurde aber die Struktur der Kaskadenregler; beide waren als PI-Regler ausgeführt und damit quasi in sich schon ein schwingungsfähiges System.

Als Lösung wurde die sogenannte Wotherschaltung eingebaut: Der Führungsregler erhält eine P(D)-Struktur und den Sollwert als Arbeitspunkt, dem Folgeregler hingegen wird ein „schnelleres“ Verhalten eingestellt.

Resultate *Minus drei Stunden!*

Das „Entfernen“ des I-Anteils am Führungsregler reduziert die Schwingungsfähigkeit des Innentemperaturregelkreises. Durch das Abstimmen des P-Anteils und das schnellere Verhalten des Folgereglers wird die ganze Kaskade sichtbar wendiger und atemberaubend schnell – zumindest aus Sicht dieses thermischen Prozesses (s. Trend rechts unten).

Da während eines Batches mehrere Temperatursollwerte angefahren werden, reduziert sich die Durchlaufzeit um gute drei Stunden. Auch die Auflage „Produkteschutz“ wird nun besser wahrgenommen, da der Führungsregler eine Sollwertübertretung viel stärker und vor allem schneller bestraft.

