



© Igaris - Fotolia.com

Der Regler

Und wie stellt man ihn ein?

B. Kusserow

Regler zu verstehen ist eine Sache, sie sauber einzustellen eine andere. In diesem Artikel wird das manuelle Einstellen an einem konkreten Beispiel vorgeführt. Es handelt sich um eine echte Strecke, aufgrund des niedrigen Verzugs allerdings um eine ziemlich einfache, nämlich um die im letzten Teil (GIT 6/15, S. 62) bereits behandelte Druckregelung.

Wann immer man vor eine Regelaufgabe gestellt wird, sollte man zuerst über die zu regelnde Strecke nachdenken. Es handelt sich in diesem Falle also um eine Druckregelung mit laufendem Gasverlust. Damit liegt eine Strecke mit Ausgleich vor.

Wie steht es mit Verzug? Wenn nicht ein umfangreiches Rohrnetz zwischen dem Gaseinlassventil und dem Drucksensor liegt, wird der Verzug gering sein, Gas breitet sich schnell aus. Aus diesem Grund wird auch das Gaseinlassventil (es ist gleichzeitig das Regelventil!) einen eher niedrigen Querschnitt aufweisen. Wenn es es bereits bei geringer Öffnung zu viel Gas durchfließt, wäre Überschwingen zu befürchten.

Optimierung der Reglereinstellung

Als zweites folgt die Analyse des gewünschten Prozesses. Nehmen wir an, wir wollen den Reaktor möglichst schnell auf Solldruck bringen

und dann gegen den Gasverlust auf Soll-druck halten. Das Ausmaß des Gasverlusts ist je nach Reaktionsbedingungen variabel und muss daher als unbekannt gelten. Es wird sich aber nicht plötzlich ändern, daher brauchen wir Störungen nicht zu befürchten.

Man kann also annehmen, dass es sinnvoll ist, das Ventil sofort auf 100% Öffnung zu bringen. Wenn der Istwert in mbar gemessen wird, ist das schon bei recht kleinem P zu erreichen: Von 1000 auf 5000 mbar ergibt ein Δ von 4000, schon ein P von 0,1 ergäbe also anfänglich 400 und fällt erst über 4000 mbar ($\Delta < 1000$) unter 100%. Man beginnt immer erst mit einer reinen P-Regelung und optimiert die anderen Parameter später. Versuchen wir es zuerst damit (Abb. 1).

Das Resultat sieht schon ganz ordentlich aus. Aber vielleicht lässt es sich mit größerem P noch verbessern (Abb. 2)

Noch überschwingt der Druck nicht, aber vor allem an der Stellgröße lässt sich bereits eine abklingende Schwingung erkennen. Nimmt man noch den notwendigen I-Anteil dazu, vergrößert man auf jeden Fall das Schwingungsrisiko. Das P ist daher deutlich zu hoch. Ein Versuch mit $P = 0,5$ ergab immer noch eine leichte Schwingung (Abb. 3).

Bei $P = 0,3$ ist keine Schwingung mehr zu erkennen. Das P kann als Basis für die weitere Optimierung so bleiben. Um die bleibende Regelabweichung zu beseitigen, wird ein I-Anteil dazugenommen.

Auch dazu eine kurze Überlegung: Aus dem letzten Schritt der P-Optimierung sieht man, dass mit Einstellzeiten von etwa einer Minute zu rechnen ist. Die Stellgröße liegt am Ende bei knappen 40% der maximalen Stellgröße. Der I-Anteil darf in dieser Zeit also nicht über 40% ansteigen, sonst ist Überschwingen absolut sicher. Die Rechnung ist allerdings nicht so einfach, da ja mit Annäherung an den Sollwert auch der Zuwachs an Stellgröße laufend sinkt, wie auch oben in der Abbildung des reinen I-Reglers zu sehen ist.

Für eine erste Annäherung daher eine Vereinfachung: Als Startwert für die Nachstellzeit nehmen wir die 60 s, die der reine P-Regler zum Einregeln benötigt hat. Verwenden wir diesen Wert als erste Hypothese (Abb. 4).

Es funktioniert, ein Überschwingen ist wohl nicht zu befürchten. Aber es geht deutlich zu langsam. Da I im Nenner steht müssen wir den Wert verringern. Um ein Gefühl dafür zu bekommen, nehmen wir die Hälfte des bisherigen Wertes (Abb. 5).

Besser, aber noch nicht gut. Jetzt probieren wir einen größeren Schritt und vierteln den Wert – großzügig gerundet – auf 8 s. Das war etwas zu viel, der Regler schwingt leicht über (Abb. 6). Vergleicht man das mit $I = 30$ s, ist der optimale Wert wohl nahe bei 8 s zu erwarten. Versuchen wir es mit 10 s.

Dieses Ergebnis kann man als optimal betrachten (Abb. 7). Zwischen dem Punkt,

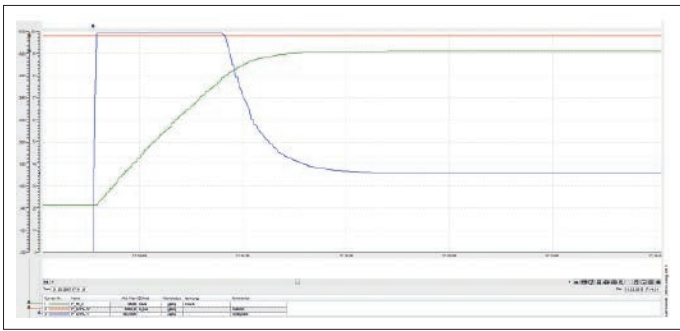


Abb. 1: Optimierung: Reiner P-Regler, $P = 0,1$

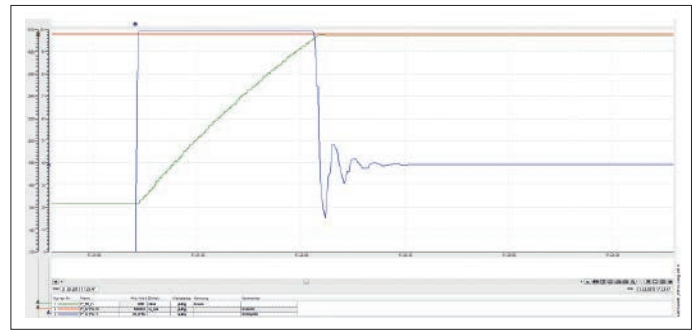


Abb. 2: Optimierung: Reiner P-Regler, $P = 1$

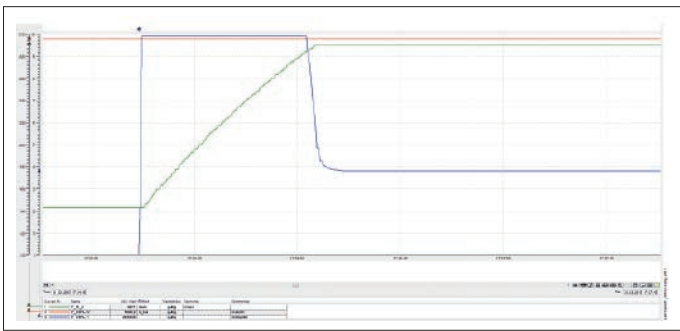


Abb. 3: Optimierung: Reiner P-Regler, $P = 0,3$

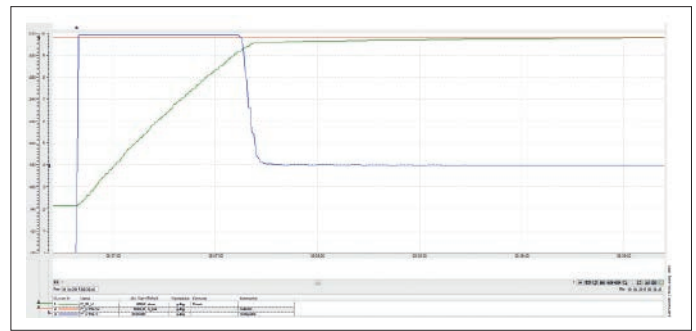


Abb. 4: Optimierung: PI-Regler, $P = 0,3, I = 60 \text{ s}$

an dem die Stellgröße unter 100% fällt und dem Erreichen des Sollwerts liegen gerade einmal 17 Sekunden. Die Einstellzeit liegt insgesamt bei 67 Sekunden. Weitere Optimierung kann da höchstens noch ein paar Sekunden herausholen, das lohnt den Aufwand nicht.

Das Ergebnis aus Abbildung 7a in GIT0615 wurde übrigens mit $P = 0,2$ und $I = 15 \text{ s}$ erzielt. Das Ergebnis waren 72 Sekunden Einstellzeit. Das zeigt, dass eine gewisse Flexibilität bei den Einstellungen existiert.

Einstellregeln, Automatische Regleroptimierung (Autotune)

Es gibt auch mehrere systematischere Einstellverfahren. Sie sind jedoch ebenfalls halb empirisch, lassen sich aber automatisiert durchführen. Die meisten beruhen auf der Analyse der sogenannten Sprungantwort. Dabei wird eine bestimmte Stellgröße fest vorgegeben und der daraus resultierende Verlauf des Istwerts beobachtet und ausgewertet (Abb. 8).

In die Istwertkurve wird am Wendepunkt eine Tangente eingezeichnet, deren Schnittpunkt mit der Zeitachse und des resultierenden Beharrungswerts (Istwert, der sich als Endresultat ergibt) ergeben zwei Strecken: Die Verzugszeit T_u und die Ausgleichzeit T_g . Als dritten Parameter erhält man den Beharrungswert K .

Physikalisch zwingende Gründe für diese Konstruktion gibt es nicht, aber sie lässt sich halt einfach und reproduzierbar durchführen. Diese Parameter werden dann nach empirisch

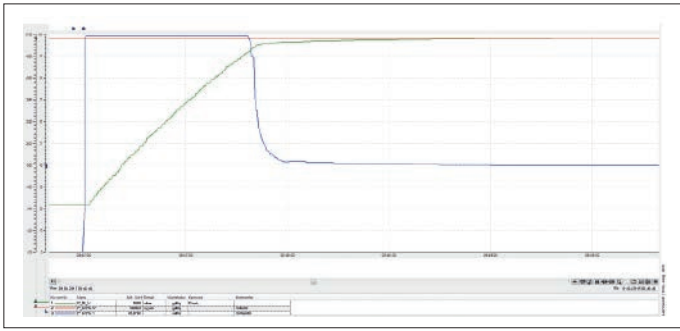


Abb. 5: Optimierung: PI-Regler, $P = 0,3$, $I = 30$ s

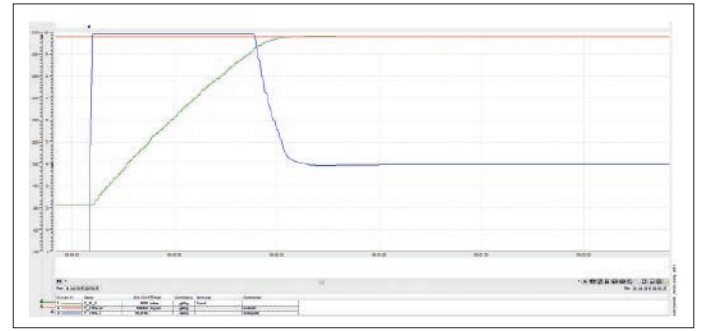


Abb. 6: Optimierung: PI-Regler, $P = 0,3$, $I = 8$ s

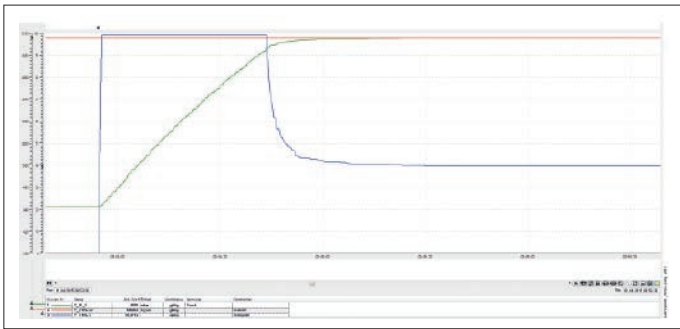


Abb. 7: Optimierung: PI-Regler, $P = 0,3$, $I = 10$ s

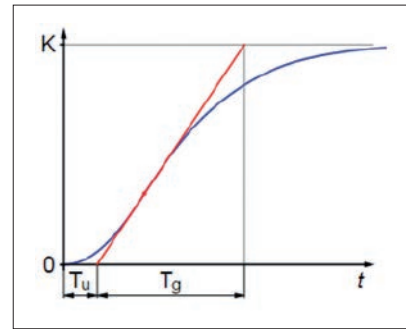


Abb. 8: Sprungantwort

ermittelten Faustformeln zu den Parametern P , I und D verrechnet. Die umfangreichste Tabelle liefern die Autoren Chien, Hrones und Reswick, zum Beispiel für einen PI-Regler für schnelle Einstellung ohne Überschwinger:

$$P = 0,35 \times T_g / (T_u \times K)$$

$$I = 1,2 \times T_g$$

Den vollständigen Satz finden Sie im Crossmediabalken.

Versucht man das Verfahren am obigen Beispiel durchzuführen, erkennt man schnell ein Problem: Der Druck steigt lange Zeit konstant an, es existiert kein Wendepunkt im eigentlichen Sinne. Die aus einer Tangente resultierende Verzugszeit wäre 0, eine Division durch 0 ist unzulässig. Diese Folge der begrenzten Ventilöffnung verhindert die Anwendung des Verfahrens mit Sprungantwort.

Weitere Einstellverfahren sind die nach Ziegler und Nichols (Ebenfalls aus der Sprungantwort) und das Schwingverfahren. Auch sie haben einen eingeschränkten Arbeitsbereich, ein wirklich universelles Verfahren gibt es leider noch nicht.

Der größte Vorteil dieser Einstellverfahren liegt darin, dass sie sich automatisiert durchführen lassen. Diese, meist Autotune genannten, Einstellautomatismen liefern für eine Reihe von Regelstrecken brauch-

bare Ergebnisse. Erwarten Sie aber nicht allzu viel, die Regeln sind so ausgelegt, dass sie zu möglichst vielen Fällen passen. Eine sorgfältige manuelle Optimierung liefert in fast allen Fällen erheblich bessere Ergebnisse. Nützlich sind sie dennoch: Sie liefern einen Parametersatz, mit dem man die manuelle Optimierung beginnen kann. Gerade bei Temperaturregelungen mit ihren erheblichen Verzugszeiten kann man viel Zeit damit verbringen, einen ersten, wenigstens brauchbaren, Parametersatz zu finden.

Die Regeln zur Reglereinstellung basieren auf der Annahme linearer Regelstrecken. In der Praxis verhalten sich die Strecken aber oft nichtlinear. Ein Heiz-/Kühlthermostat z.B. heizt nicht schneller, wenn man den Sollwert verdoppelt, denn die Heizleistung ist begrenzt. Das führt dazu, dass die nach bekannten Einstellregeln nur näherungsweise funktionieren.

Erschwerend kommt hinzu, dass sich PID-Regler für die Regelung solcher Strecken nicht optimal eignen. Hier bedarf es spezieller, sg. anwendungsorientierter Regler und spezieller Autotune Programme, die für das nichtlineare Verhalten ausgelegt sind.

Mit dem PID Regler kann man im Grunde die meisten regelungstechnischen Aufgaben mehr oder weniger gut bewältigen, voraus-

gesetzt man verfügt über ausreichend regelungstechnische Kenntnisse.

In Praxis fährt man besser mit den sg. anwendungsorientierten Reglern für Reaktorinnentemperatur-, Dosier-, pH-Regelung etc. die die jeweiligen Besonderheiten berücksichtigen.

KONTAKT |

Burkhard Kusserow
HiTec Zang GmbH
Herzogenrath
burkhard.kusserow@hitec-zang.de