

# Grenzwertregelung

## Eine einfache Technologie für große Einsparungen

*Mit in paar Tagen Aufwand Einsparungen von mehreren 10.000 €, manchmal sogar 100.000 € pro Jahr zu erwirtschaften - und zwar jedes Jahr, immer wieder - erscheint auf den ersten Blick eher Wunschenken als Realität zu sein. Und doch ist dies durchaus keine Utopie.*

Eine der Techniken, die genau das möglich machen, ist die Grenzwertregelung („constraint control“). Eine andere, beinahe ebenso unbekannt und wenig genutzte, ist die modellfreie Optimierung.

Beide Technologien haben einiges gemeinsam:

- Zum ersten können tatsächlich erhebliche Einsparungen mit minimalem Aufwand erzielt werden.
- Beide sind viel einfacher als hinlänglich angenommen.
- Beide können direkt im Leitsystem eingesetzt werden.

Bei der Grenzwertregelung gilt es eine Zielgröße so weit wie möglich in die gewünschte Richtung zu treiben. Mit anderen Worten: Die Zielgröße soll ihren (je nach Aufgabenstellung maximal oder minimal möglichen) Wert erreichen, ohne dass begrenzende Randbedingungen verletzt werden.

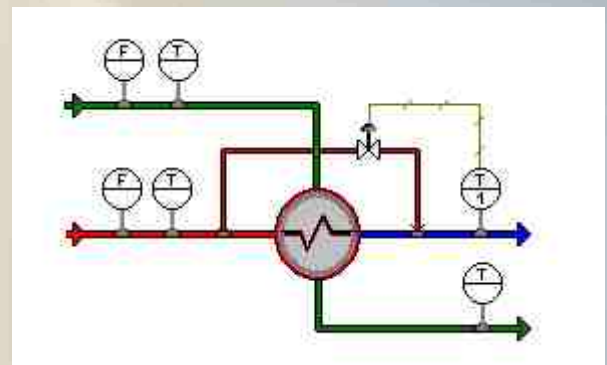
Ein weit verbreitetes Beispiel ist die Abkühlung eines Produktes durch einen Wärmetauscher, der mit Kühlwasser betrieben wird. Die Ablauftemperatur des Produktes muss geregelt werden, daneben soll aber auch noch versucht werden den Produktdurchsatz zu maximieren. Dabei müssen jedoch zwei Randbedingungen eingehalten werden: Die Austrittstemperatur des Kühlwassers soll einen bestimmten Wert nicht überschreiten um Feststoffabscheidungen zu verhindern, und das Regelventil im Bypass soll nicht unter einem bestimmten Öffnungsgrad geschlossen werden.

Die Grenzwertregelung erhöht nun so lange die Produktmenge bis zumindest eine der Begrenzungen erreicht wird, im hier aufgeführten Beispiel ist es die Austrittstemperatur des Kühlwassers.

Ändert sich z.B. die Kühlwassertemperatur (Tag-Nacht- bzw. Sommer-Winter-Effekt), dann nimmt die Regelung sofort die notwendige Anpassung der Produktmenge vor. Damit kann unmittelbar und wesentlich schneller als durch einen Operator auf veränderte Randbedingungen reagiert werden.

In dem in TOPAS gezeigten Fall (siehe Abbildung) kann die Produktmenge um nahezu 3 m<sup>3</sup>/h erhöht werden.

Der resultierende wirtschaftliche Vorteil hängt vom Produkt und dessen Erlös ab, überwiegt aber in jedem Fall den Entwicklungsaufwand der Regelung bei weitem.



Die Druckminimierung von Destillationskolonnen, um den Energieaufwand zu minimieren, ist eine der häufigsten Anwendungen. Daher gibt es auch ausreichend Daten und die Ergebnisse können sich sehen lassen: In der Regel wird eine Reduzierung von 3 - 5% erreicht. Das ergibt im Mittel jährliche Einsparungen von ca. 800 € pro Tonne Einsatz, bei z.B. 50 t/h Einsatz immerhin 40.000 € - jedes Jahr - und das mit einem Entwicklungsaufwand von zwei bis drei Tagen!

**Der Hauptvorteil dieser Art Regelung liegt darin, dass auch bei wechselnden Randbedingungen, wie sie ja immer auftreten, die maximale Nutzung der Ausrüstung bzw. Ressourcen immer sichergestellt ist.**

**Für mehr Informationen dazu sprechen Sie uns bitte an.**

**ACT**

[www.act-control.com](http://www.act-control.com)

# Modellfreie Optimierung

## Eine einfache Technologie für große Einsparungen

Modellfreie Optimierung („evolutionary optimization“ EVOP) ist eine weitere Technik, die es ermöglicht mit in paar Tagen Aufwand Einsparungen von mehreren 10.000 €, manchmal sogar 100.000 € pro Jahr zu erwirtschaften - und zwar jedes Jahr, immer wieder.

Einige Eigenschaften teilt die Modellfreie Optimierung mit der umseitig beschriebenen Grenzwertregelung:

- Zum ersten können tatsächlich erhebliche Einsparungen mit minimalem Aufwand erzielt werden.
- Beide sind viel einfacher als hinlänglich angenommen.
- Beide können direkt im Leitsystem eingesetzt werden.

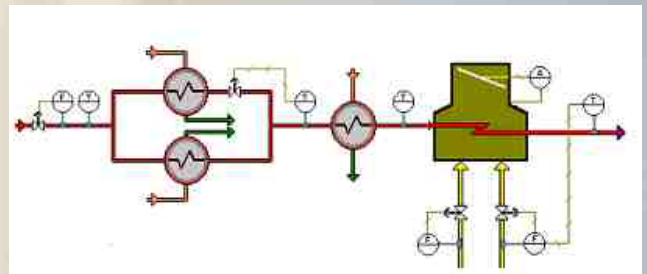
Bei der modellfreien Optimierung wird der optimale Betriebspunkt durch einen speziellen Algorithmus empirisch ermittelt. Sehen wir uns dazu ein weit verbreitetes Beispiel an: Die Aufwärmung eines Produktes, erst durch zwei (oder mehrere) Wärmetauscher, die Abwärme liefern, und schließlich durch einen Ofen.

Die Frage ist hier: Wie ist die beste Lastverteilung, d.h. die beste Verteilung des Produktstroms über die parallel geschalteten Tauscher? „Beste“ heißt hier diejenige, bei der die maximale Aufwärmung und somit der niedrigste Brennstoffverbrauch im Ofen erzielt wird.

Die Regelung verändert dazu in regelmäßigen Zeitabständen die Lastverteilung, bis die maximale Temperatur vor dem Ofen erreicht wird. Und sie testet kontinuierlich weiter und passt die Verteilung sofort wieder an, wenn sich z.B. die Temperatur oder Menge des Wärmeträgers an einem der Tauscher ändert oder auch der Wärmeübergang im Tauscher selbst.

Damit kann unmittelbar und viel schneller auf veränderte Randbedingungen reagiert werden als ein Operator und somit stets die geringste Belastung des Ofens sichergestellt werden.

Im dem in TOPAS gezeigten Fall kann die Ofeneintrittstemperatur um beinahe 3 Grad erhöht werden. Die dadurch erzielten Brennstoffeinsparungen hängen von der Produktmenge etc. ab.



Als Faustformel kann man ansetzen, dass bei den derzeitigen Energiepreisen (Ölpreis 80 US\$/bbl) Einsparungen von 500 € pro Jahr, m<sup>3</sup>/h Produktdurchsatz und Grad Temperatursteigerung erzielt werden können.

Im vorliegenden Beispiel mit 50 m<sup>3</sup>/h Produktdurchsatz ergäbe sich somit eine Einsparung von über 70.000 € pro Jahr bei einem Aufwand von zwei bis drei Tagen für die Regelung.

**Der Hauptvorteil dieser Art Regelung liegt darin, dass auch bei wechselnden Randbedingungen, wie sie ja immer auftreten, die maximale Nutzung der Ausrüstung bzw. Ressourcen immer sichergestellt ist.**

**Für mehr Informationen dazu sprechen Sie uns bitte an.**

**ACT**

[www.act-control.com](http://www.act-control.com)

## Modellgestützte Prädiktive Regelung auf einfache Weise!

### Gründe für Modellgestützte Regelung (MBC)

MBC ist **die** technologische Lösung für den Fall, dass der PID nicht mehr die geforderte Leistung erbringen kann. Problemsituationen, die für den Einsatz sprechen, sind:

- Schwierige Prozessdynamik: Lange Totzeit (Controllability Ratio  $CR > 2$ ), „inverse response“, starke Wechselbeziehungen zwischen den Variablen, etc.
- Hohe Qualitätsanforderungen: Die Regelgröße muss eng am Sollwert oder Grenzwert gehalten werden, kein Überschwingen oder „double kick“ zulässig
- Vorsichtiger Eingriff in den Prozess notwendig: Wichtig für Wärmeintegration, sensitive Ausrüstung, minimalen Verbrauch der Ressourcen
- Möglichkeit von Voraussagen und verbessertes Monitoring (Erkennen langsamer Effekte)
- Einfachere Reglereinstellung - abhängig vom Ansatz.

Typische MBC Anwendungen sind:

- Qualitätsregelungen mit langer Totzeit, irregulärer Messwertauffrischung
- Destillationskolonnen: Ausbeute- und Qualitätsregelung
- Ofen-, Reaktor-, FCC-Regelungen, Mischungsregelungen
- Batchreaktor Temperaturregelung, u.v.a.

➔ **Trotz dieser Stärken wird MBC viel zu selten eingesetzt, da diese Technologie von vielen noch immer als komplex, schwierig und nicht ohne extra Rechnerplattform zu verwenden angesehen wird.**

### Vorteile des AMC Reglers

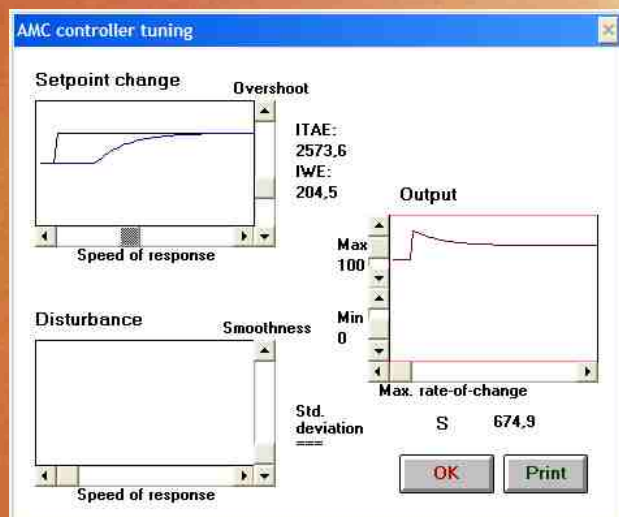
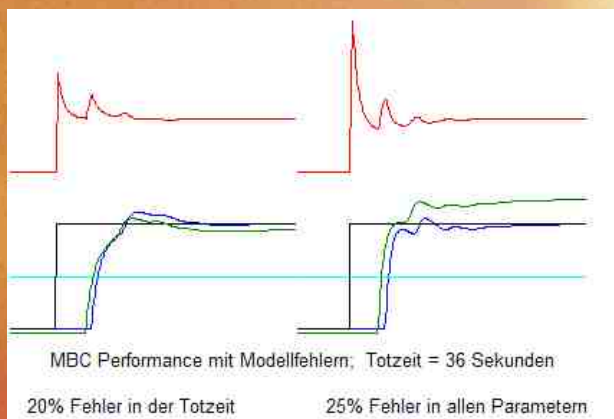
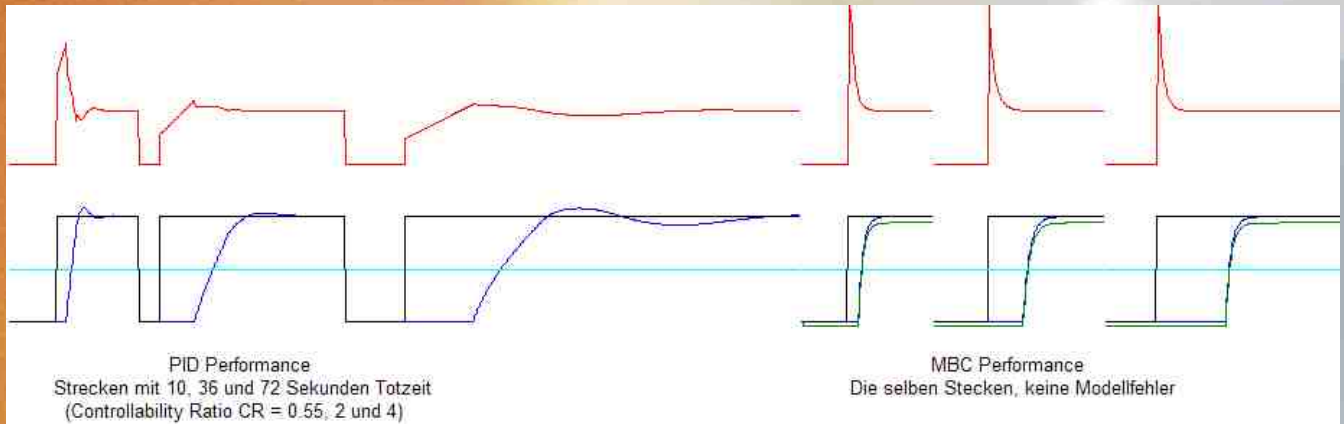
All dies trifft aber nicht für ACTs AMC Regler zu. Ganz im Gegenteil, seine Stärken sind:

- Extrem einfach: Kurze Entwicklungszeit, sofortige Operatorakzeptanz. Unser Rekord: Eine Reaktorregelung inkl. Feedforward in nur 10 Stunden
- Direkt einsetzbar in jedem Leitsystem
- Hohe Leistung und besondere Robustheit gegenüber Modellfehler, wichtig für nicht-lineare Strecken
- Separates Tuning für Störungen und Sollwertänderungen - unerreicht einfach und schnell
- Einfache Anwendung von Störgrößenaufschaltungen, Begrenzungen (absolut oder inkrementell)
- Benutzung 'echter' physikalischer Streckenparameter - leicht verständlich, leichtes Updaten
- Einfache Erweiterung zu adaptiver Regelung.

➔ **Ergebnis: Wesentliche Verbesserungen bei optimalem Nutzen-Kosten-Verhältnis.**

# AMC

Das nachstehende Bild zeigt einen Vergleich mit TOPAS zwischen einem gut eingestellten PID und dem AMC Regler (mit perfektem Modell) bei verschiedenen Totzeiten: Obwohl der PID ähnliche Performance bei kurzer Totzeit erbringt (CR = 0.55), fällt er in allen anderen Fällen weit ab.



In den Tests (links) benutzt der AMC Regler ein Modell mit Fehlern, zuerst allein in der Totzeit und dann mit 25% Fehler in allen Parametern. Das Verhalten ist weniger gleichmäßig, die Leistung aber kaum schlechter, fern von Instabilität.

Eine Besonderheit von AMC ist das extrem einfache Einstellen: Dies geschieht allein mit dem Schieberegler und separat für Sollwertveränderungen oder für Störungen und löst sich das bekannte Dilemma des PID: Der Regler muss zwei verschiedene Aufgaben beherrschen, hat aber nur einen Satz Einstellparameter.

Sie geben einfach das gewünschte Verhalten vor: Schneller oder langsamer, mit oder ohne Überschwingen, mit oder ohne Begrenzungen an der Stellgröße. Die erreichte Performance können Sie direkt am Bildschirm sehen und die Ergebnisse auch sofort mit der in TOPAS integrierten Simulationsumgebung austesten.

**MBC ist die Technologie für Fälle, bei denen der PID nicht mehr die Leistung erbringen kann. AMC löst diese Aufgaben auf einfache und schnelle Weise, direkt im Leitsystem.**

**Außerdem kostet AMC nur einen Bruchteil anderer MBC Regler. Daher ist es mit AMC möglich, all jene Potenziale auszuschöpfen, für die die „großen“ Ansätze zu teuer und komplex sind.**

Für nähere Informationen sprechen Sie uns bitte an!

**ACT**  
www.act-control.com

D.I. Hans H. Eder KG

Phone & Fax (32)-2-767-0895  
e-mail: office@act-control.com