

Systemteknik/Processreglering F1

- ▶ Vad är systemteknik/reglerteknik/processreglering?
- ▶ Grafiska systemrepresentationer
- ▶ Fundamentala reglertekniska principer

Läsanvisning: *Systems Engineering and Process Control*: 1.1–1.4

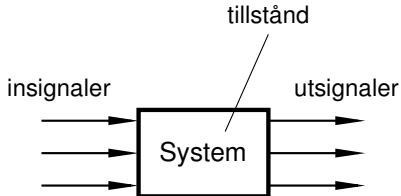
Vad är systemteknik?

Systemteknik handlar allmänt om **dynamiska system**

- ▶ Hur kan man modellera dynamiska system?
- ▶ Hur kan man förstå hur ett komplext system bestående av många delsystem beter sig?
- ▶ Hur kan man få ett system att bete sig som man vill?

Vad är ett dynamiskt system?

- ▶ **Dynamiska** system har ett "minne" — ett **tillstånd**
- ▶ Utsignalerna beror inte direkt på insignalerna; det finns en tröghet
- ▶ Modelleras ofta abstract med block-diagram:



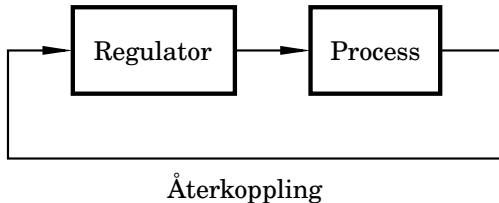
Exempel: Klimatet

Chalmers Climate Calculator:

[<http://dhcp2-pc011135.fy.chalmers.se/EXEC/0/1vv2ohh0ynuz6c1gtawc71ejg9xx>]

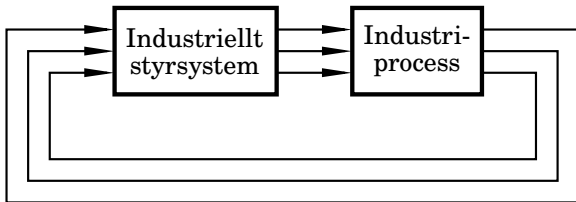
Vad är reglerteknik?

- ▶ Behandlar **återkopplade** dynamiska system.
- ▶ Mål: att styra system (processer) så att de beter sig som önskat.
- ▶ Schematisk bild av återkopplat system:



Vad är processreglering?

- ▶ Styrning av industriprocesser för att uppnå önskat beteende.
- ▶ Typiska mål: säkerhet, förutsägbarhet, ekonomisk lönsamhet
- ▶ (Del av reglertekniken)



Återkoppling

Tidigt reglertekniskt exempel

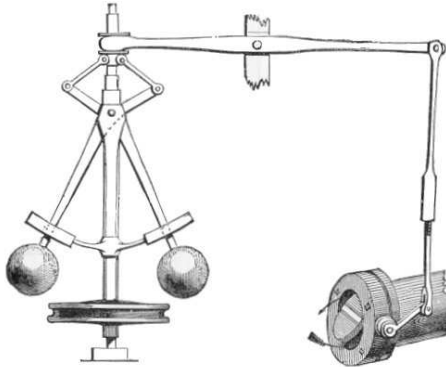
Watts ångmaskin (första från 1775)



- ▶ Förhöjd effektivitet jämfört med tidigare varianter
- ▶ Kunde köra med konstant fart trots störningar

Ångmaskinen, forts

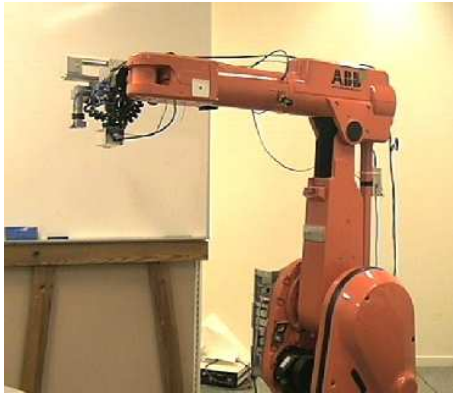
Centrifugalregulator



- ▶ Mätning av varvtalet
- ▶ Korrigerar inflödet av ånga baserat på maskinens varvtal
- ▶ Beteendet analyserades i [Maxwell, *On Governors*, 1868]

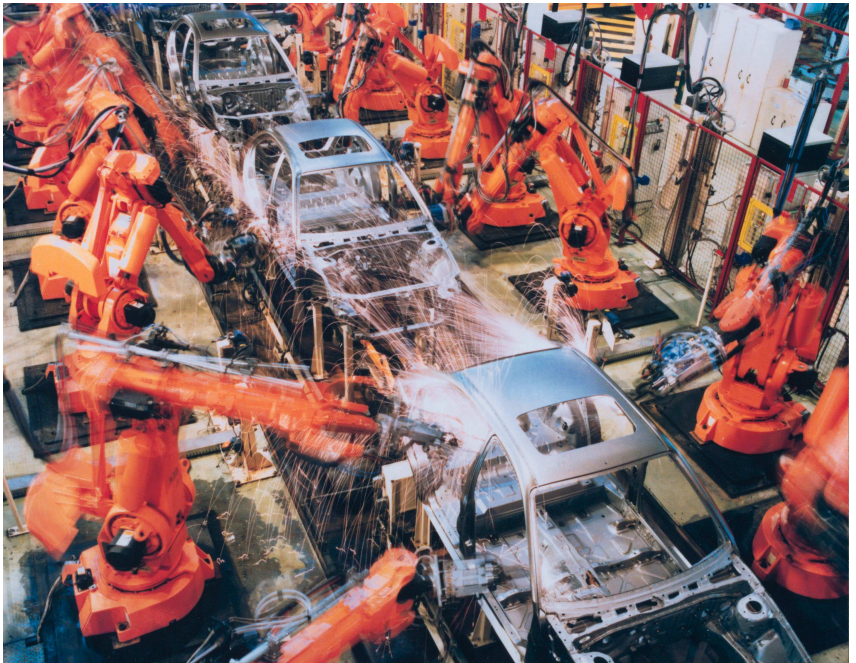
Nutida reglertekniska exempel

ABB IRB 2000



- ▶ Axlar: 6
- ▶ Maxlast: 10 kg
- ▶ Räckvidd: 1542 mm
- ▶ Repetitionsnogrannhet: ± 0.1 mm
- ▶ Massa: 350 kg

Designkompromiss: Kraft, fart, styvhet, repeterbarhet **mot** kostnad, vikt, strömförbrukning



Stabilisering

Många system behöver stabilisering
m.h.a. reglering för att fungera

- ▶ Flygplan
- ▶ Cyklar
- ▶ Segway
- ▶ Raketer
- ▶ Exoterma reaktioner
- ▶ ...



Segway

- Reglersystemet håller balansen på segwayen



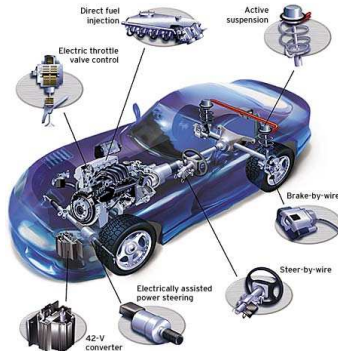
Segway variant:



- Grundläggande reglerproblem: Balancera en inverterad pendel

Bilar

- ▶ Motorreglering
- ▶ Kraftöverföring
- ▶ (Adaptiv) Farthållning
- ▶ Antisladdsystem
- ▶ Filassistans
- ▶ Antikrocksystem
- ▶ Parkeringsassistans
- ▶ ...



Autonoma flygfarkoster

Obemannade stealth-flygplan



Kvadrokopter



Diverse

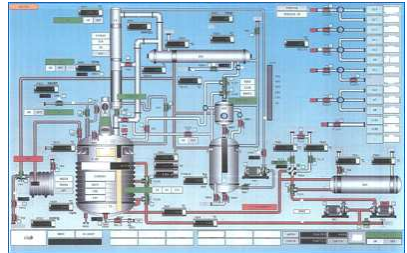
[<https://vimeo.com/110346531>]

[Raffaello D'Andrea, Institute for Dynamic Systems and Control, ETH, Switzerland, 2015]

Processindustri



Perstorp ABs kemikalieproduktions-
anläggning i Stenungsund



Schematisk bild av processanläggning

Optimal odling av bakterier

- ▶ Produktion av protein från bakterier
- ▶ Celler matas med glukos
- ▶ Undvik svält och övermatning
- ▶ Avsaknad av viktiga mätningar försvårar optimal tillförsel av glukos



Biologi

Feedback is a central feature of life. The process of feedback governs how we grow, respond to stress and challenge, and regulate factors such as body temperature, blood pressure, and cholesterol level.

The mechanisms operate at every level, from the interaction of proteins in cells to the interaction of organisms in complex ecologies.

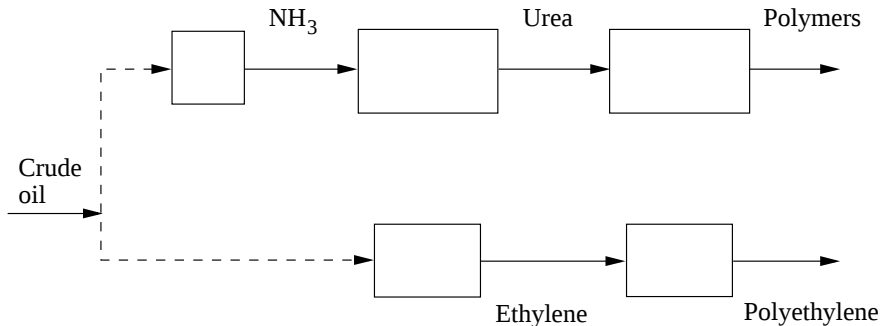
[Mahlon B. Hoagland and B. Dodson. The Way Life Works, 1995]

Grafiska processrepresentationer

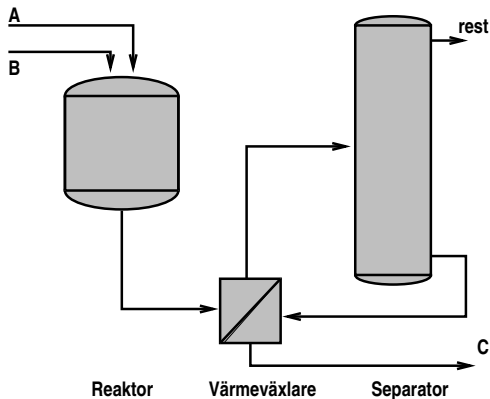
- ▶ Översiktsskiss
- ▶ Processchema
- ▶ P/I-diagram
- ▶ Blockdiagram

Översiktsskiss

- Grov skiss av materialflöde vid polymer/polyetentillverkning

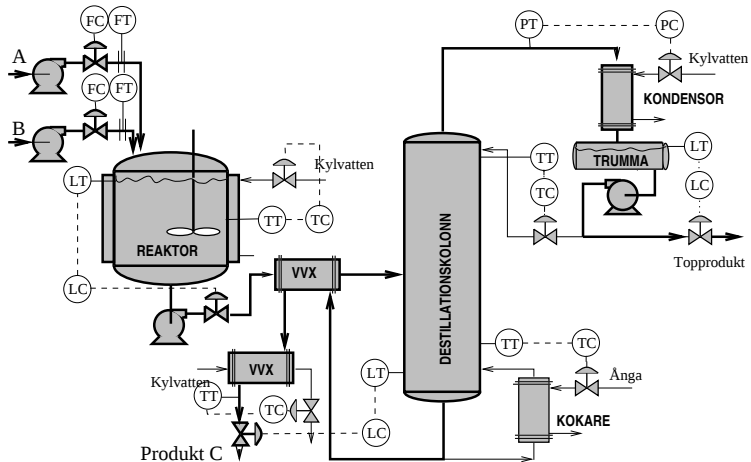


Processchema



- ▶ produktflöden
- ▶ viktiga enhetsoperationer
- ▶ principiell sekvens av operationer

Process- och instrumentdiagram (P/I-diagram)



detaljerat processchema utökat med: instrument (mätgivare, regulatorer, styrdon) samt informationsflöden

Instrumentsymboler



Första bokstaven: **storhet**

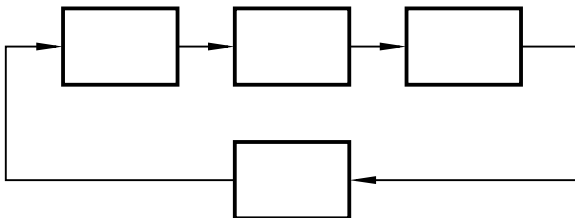
- ▶ T = temperature
- ▶ L = level
- ▶ F = flow
- ▶ P = pressure
- ▶ (C/Q = concentration)
- ▶ (X = power)

Andra och ev tredje bokstaven:
funktion

- ▶ T = transmitter (sensor)
- ▶ C = controller
- ▶ I = indicator
- ▶ R = recorder
- ▶ A = alarm

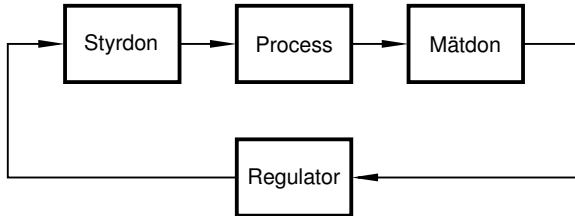
Standardiserat i *ISA Standard S5.1*

Blockdiagram



- ▶ Blockdiagram återspeglar *informationsflödet* mellan olika delsystem
- ▶ Sammanfaller *inte* nödvändigtvis med systemets fysikaliska flöden
- ▶ Pilarna överför alltså *information*
- ▶ Kan rita olika blockdiagram för samma fysiska system beroende på
 - ▶ önskad detaljnivå
 - ▶ syfte med regleringen

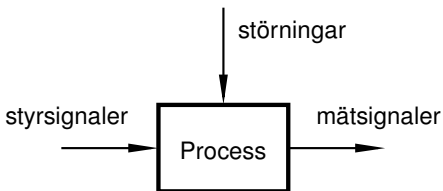
Reglersystemets delar



- ▶ Mätdon/mätgivare (*sensor/transmitter*)
 - ▶ Något som kan mäta vad som händer med systemet
- ▶ Regulator (*controller*)
 - ▶ Något som bestämmer hur systemet ska styras
- ▶ Styrdon/ställdon (*actuator*)
 - ▶ Något som kan påverka systemet

Styrdon och mätdon ritas ofta inte ut utan bakas in i processen

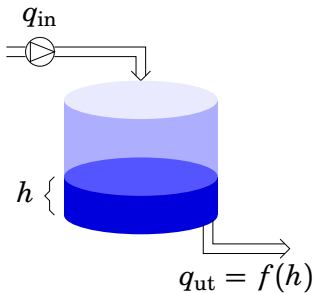
Blockdiagram för en (del)process



- ▶ Processens påverkbara insignaler kallas styrsignaler (*control signals/manipulated variables*)
- ▶ Processens icke påverkbara insignaler kallas störningar (*disturbances*)
- ▶ Processens mätbara utsignaler kallas mätsignaler (*measurement signals/measured variables*)

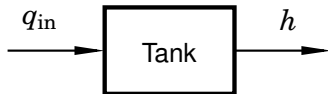
Exempel: Tankprocess

Verklighet:



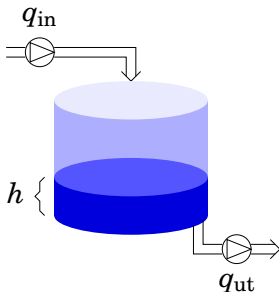
- ▶ Vi styr inflödet q_{in}
- ▶ Vi mäter höjden h

Blockdiagram:



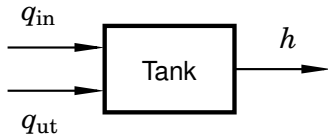
Exempel: Tankprocess

Verklighet:



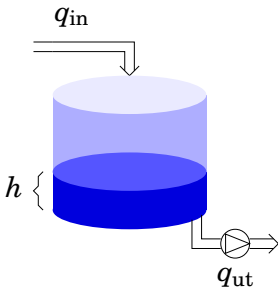
- ▶ Vi styr:
 - ▶ inflödet q_{in}
 - ▶ utflödet q_{ut}
- ▶ Vi mäter höjden h

Blockdiagram:



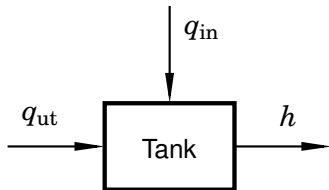
Exempel: Tankprocess

Verklighet:



- ▶ Vi styr utflödet q_{ut}
- ▶ Vi mäter höjden h
- ▶ Inflödet q_{in} är en yttre störning (som vi inte kan påverka)

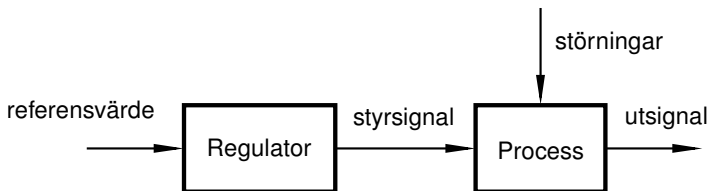
Blockdiagram:



Fundamentala reglertekniska principer

- ▶ Öppen styrning / framkoppling
- ▶ Sluten styrning / återkoppling

Öppen styrning



- ▶ Regulatorn försöker styra utsignal till referensvärdet (*setpoint*)
- ▶ Får ingen information/återkoppling (*feedback*) från processen
- ▶ Bara information/framkoppling (*feedforward*) från referensvärdet
- ▶ Öppet system (*open-loop system*)

För- och nackdelar med öppen styrning

Fördelar:

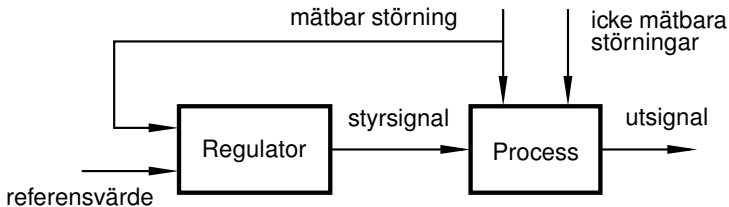
- ▶ Enkelt
- ▶ Kräver inga mätton

Nackdelar:

- ▶ Fungerar bara för stabila processer
- ▶ För bra prestanda krävs noggrann modell av systemet (processen)
- ▶ Kan inte kompensera för okända störningar och modellfel

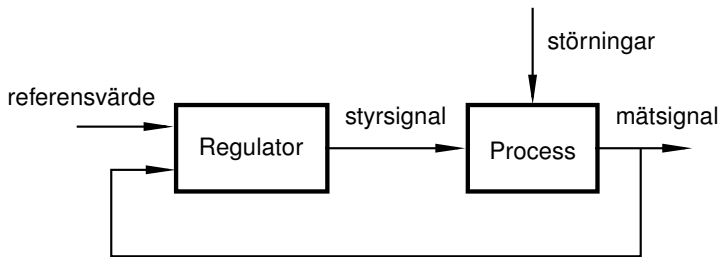
Öppen styrning med framkoppling

Om någon störning är mätbar kan man framkoppla även från den:



- ▶ Kräver mätdon
- ▶ Kräver modell av hur störningen påverkar processen
- ▶ Andra störningar samt modellfel kan fortfarande ge fel i utsignalen

Sluten styrning



- ▶ Återkoppling från mätsignalen
- ▶ Regulatorn styr så att mätsignalen närmar sig referensvärdet
- ▶ Slutet system (*closed-loop system*)

För- och nackdelar med sluten styrning

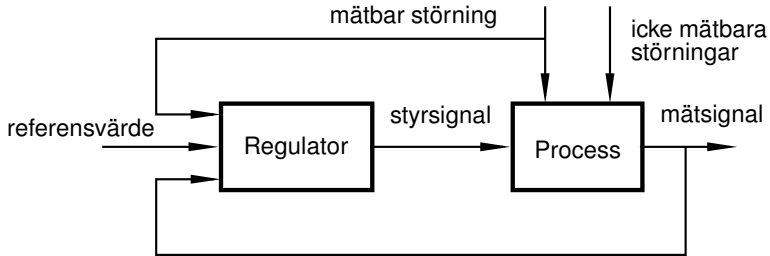
Fördelar:

- ▶ Kan minska störningspåverkan, öka snabbhet, förbättra noggrannhet
- ▶ Kan stabilisera ett instabilt system
- ▶ Räcker ofta med en enkel modell av systemet
- ▶ Kan möjliggöra helt nya produkter och systemlösningar

Nackdelar:

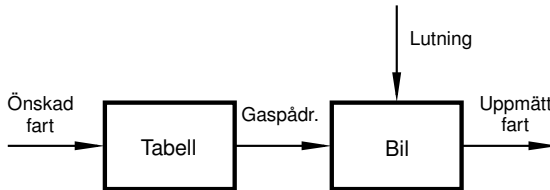
- ▶ Kräver mätton
- ▶ Kan leda till självsvängningar och instabilitet
- ▶ Mätstörningar förs tillbaka till processen

Sluten styrning med framkoppling



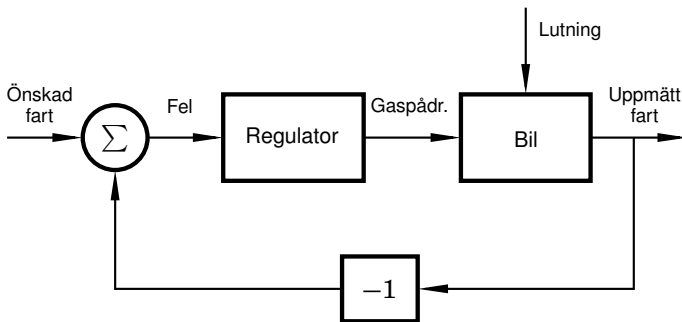
- ▶ Mätbara störningar kompenseras genom framkoppling
- ▶ Övriga störningar och modellfel kompenseras genom återkoppling

Exempel: Farthållare med framkoppling



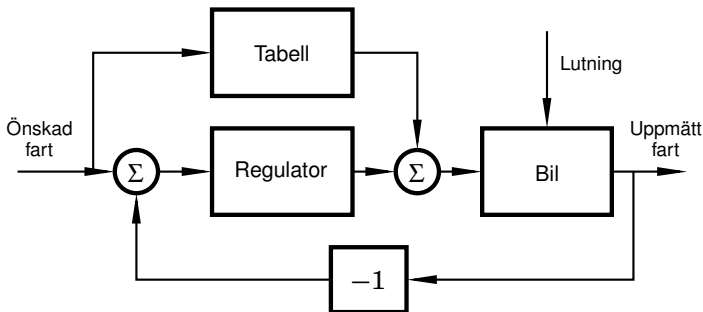
- ▶ Öppen styrning
- ▶ Problem?

Exempel: Farthållare med återkoppling



- ▶ Sluten styrning
- ▶ Regulator:
 - ▶ $Fel > 0$: öka gaspådrag
 - ▶ $Fel < 0$: minska gaspådrag
 - ▶ (Men hur mycket?)

Exempel: Farthållare med fram- och återkoppling



- ▶ Både proaktiv och reaktiv
- ▶ Skulle även kunna framkoppla från:
 - ▶ lutningen (GPS)
 - ▶ avstånd till framförvarande bil (radar/kamera)