

Hoofdstuk 3 Regeltechnische termen

DOELSTELLINGEN

- Onderstaande begrippen kunnen verklaren, voorbeelden kunnen geven en plaatsen in de regelkring:
 - Regelaar
 - Vergelijkend orgaan
 - Gewenste waarde, instelwaarde of setpoint (w)
 - Werkelijke waarde, proces value of gemeten waarde (x)
 - Regelwaarde of stuurwaarde (y)
 - Storing
 - Corrigerend orgaan
 - Het proces
 - Het meetorgaan of de sensor

3.1 De regelaar

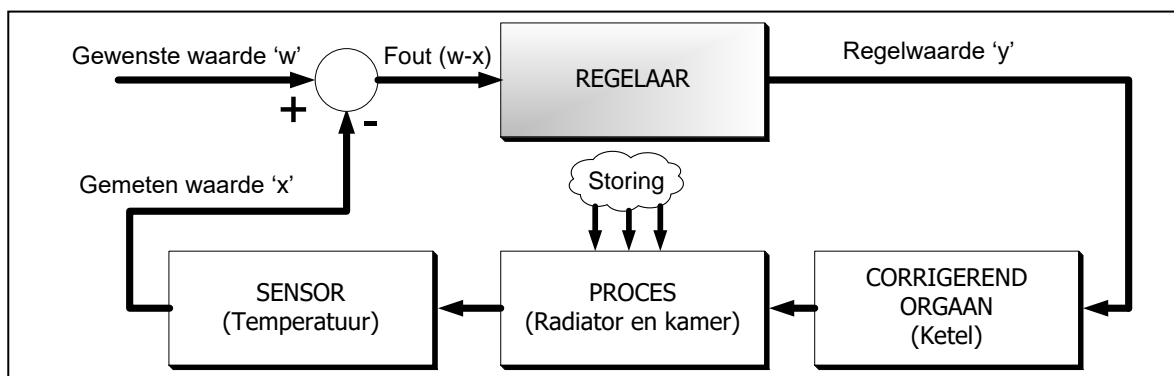
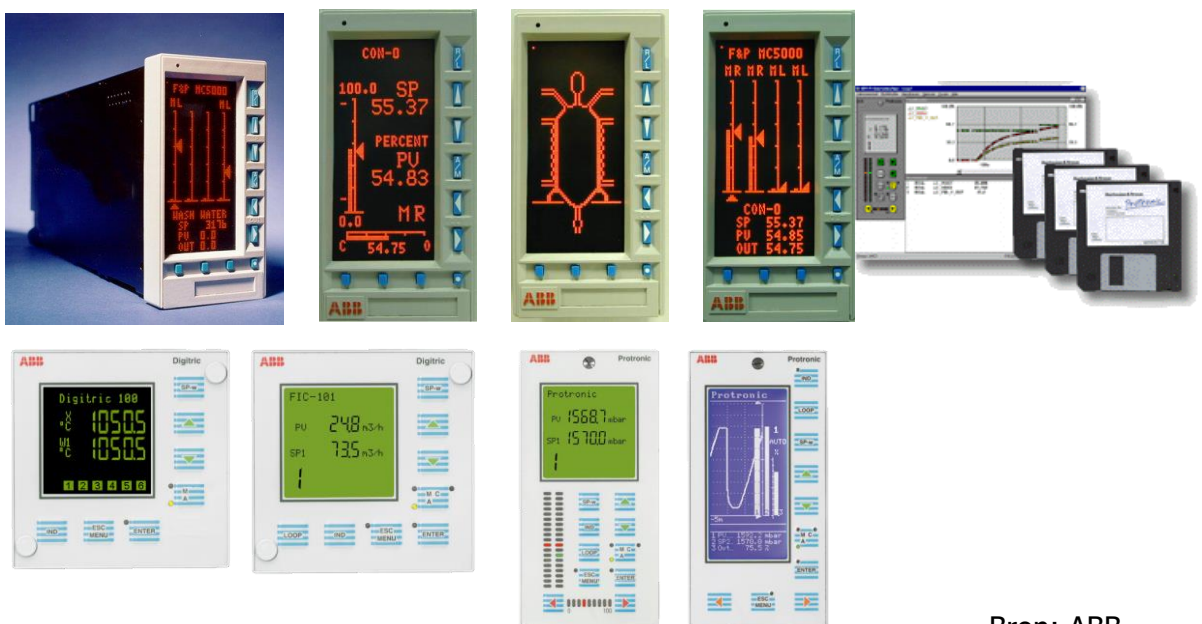


Fig. 3.1 De regelaar

Hieronder ziet u enkele foto's van verschillende moderne regelaars. Deze regelaars kunnen via de knoppen op de voorkant bediend worden, maar de afstelling ervan is dikwijls eenvoudiger via de computer.



Bron: ABB

- Als de gemeten waarde (x) kleiner is als de gewenste waarde (w), dan moet de regelaar de regelwaarde (y) bijregelen zodat de gemeten waarde (x) stijgt.
- Als de gemeten waarde (x) groter is als de gewenste waarde (w), dan moet de regelaar de regelwaarde (y) bijregelen zodat de gemeten waarde (x) daalt.
- Als de gemeten waarde (x) hetzelfde is als de gewenste waarde (w), dan moet de regelaar de regelwaarde (y) stabiel houden.

- Eenvoudige aan-uit regelaar
- P, PI, PD, PID regelaar
- Fuzzy-logic regelaar

Eenvoudige regelaars hebben gewoon draaiknopjes en duurdere regelaars gebruiken meer en meer LCD schermen en digitale regelknoppen.

- Een proces dat reeds aanstaat, maar waar de gewenste waarde wordt veranderd, zo snel en stabiel mogelijk naar zijn nieuwe gewenste waarde brengen.
- Een proces dat reeds aanstaat, maar waarbij er zich een storing voordoet, zo snel en stabiel mogelijk terug naar de gewenste waarde brengen.
- Een proces dat afstaat, zo snel en stabiel mogelijk naar zijn gewenste waarde brengen.

The diagram illustrates a closed-loop control system for a radiator. It consists of the following components and signal flow:

- Gewenste waarde 'w'**: The desired temperature setpoint, entering the system from the left.
- Gemeten waarde 'x'**: The measured temperature, entering the system from the bottom.
- Summing Junction**: A circular node where the desired value 'w' and the measured value 'x' are compared. The difference is labeled **Fout (w-x)**.
- REGELAAR**: The controller, which receives the error signal and outputs the **Regelwaarde 'y'**.
- Storing**: A cloud symbol representing a storage or delay element, which receives the control signal from the controller.
- PROCES (Radiator en kamer)**: The process, which receives the control signal and outputs the measured temperature 'x' to the sensor.
- CORRIGEREND ORGAAN (Ketel)**: The correcting organ (boiler), which receives the control signal and outputs the measured temperature 'x' to the process.
- SENSOR (Temperatuur)**: The sensor, which receives the measured temperature 'x' and outputs it to the summing junction.

```
graph LR; w[Gewenste waarde 'w'] --> Sum((+)); x[Gemeten waarde 'x'] --> Sum; Sum -- "Fout (w-x)" --> Regelaar[REGELAAR]; Regelaar -- "Regelwaarde 'y'" --> Storing((Storing)); Storing --> Proces[PROCES (Radiator en kamer)]; Proces --> Sensor[SENSOR (Temperatuur)]; Sensor --> Sum; Proces --> x; Storing --> Corrigerend[CORRIGEREND ORGAAN (Ketel)]; Corrigerend --> Proces;
```

Het vergelijkend orgaan voert de bewerking $(w-x)$ uit op de gewenste waarde (w) en de gemeten waarde (x). Dit $(w-x)$ signaal dat naar de regelaar gaat, is het fout-sig-naal.

- Is dit signaal positief, dat is $w > x$
- Is dit signaal negatief, dan is $w < x$
- Is dit signaal = 0, dan is $w = x$

Dit vergelijkend orgaan wordt vandaag meestal geïntegreerd in de regelaar zelf. Enkel de gemeten waarde komt nu binnen op de regelaar, omdat de instelling van de gewenste waarde op de regelaar zelf gebeurt. Denk maar aan de thermostaat die bij u in huis hangt.

Voor de duidelijkheid bekijken we het hier toch nog even afzonderlijk.

3.3 De gewenste waarde, instelwaarde of setpoint (w)

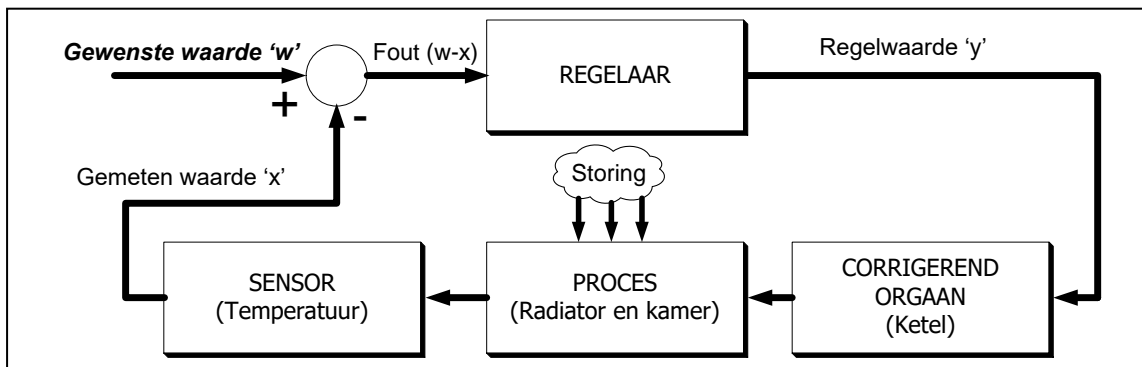


Fig. 3.3 De gewenste waarde

Met de gewenste waarde (w) stel je de waarde in waarmee de gemeten waarde (x) wordt vergeleken.

Pas als de gemeten waarde (x) gelijk wordt aan de gewenste waarde (w), zal de regelaar niet meer moeten bijregelen.

In oudere systemen werd de gewenste waarde ingesteld op een afzonderlijk toestel, maar tegenwoordig zit deze instelling mee op de regelaar zelf. D.m.v. een regelknop of een digitale instelling kan je nu op de regelaar zelf de gewenste waarde instellen.

3.4 De werkelijke waarde, proces value of gemeten waarde (x)

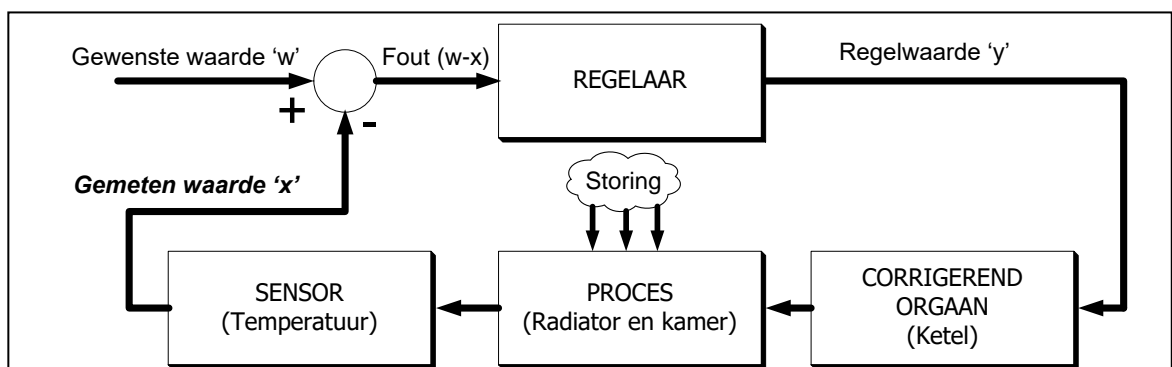


fig. 3.4 gemeten waarde

De werkelijke waarde, proces value (pv) of gemeten waarde (x) zijn verschillende termen voor hetzelfde.

Om een gesloten regelkring te hebben, moet je de proceswaarde die je wil regelen, ook meten. Het is de meting van de proceswaarde die je naar het vergelijkend orgaan (of rechtsreeks naar een moderne regelaar) stuurt, die we de **gemeten waarde (x)**, **proces value (pv)** of de **werkelijke waarde** noemen.

Deze waarde is meestal niet rechtstreeks de waarde die uit de sensor komt, maar wordt door een **transmitter** omgezet in een standaardsignaal van **4-20mA** zodat elke regelaar dit signaal kan 'lezen'.

Een **transmitter** zet dus signalen van sensoren om in standaardsignalen.

In moderne sensoren zit meteen een transmitter ingebouwd die de gemeten waarde omzet in een bruikbaar standaardsignaal (4-20mA). Onderstaande foto laat de zogenaamde meetkopomvormers of transmitters zien die in de sensoren zijn ingebouwd.



Foto ingebouwde transmitters in sensoren (bron:ABB)

3.5 De regelwaarde of stuurwaarde (y)

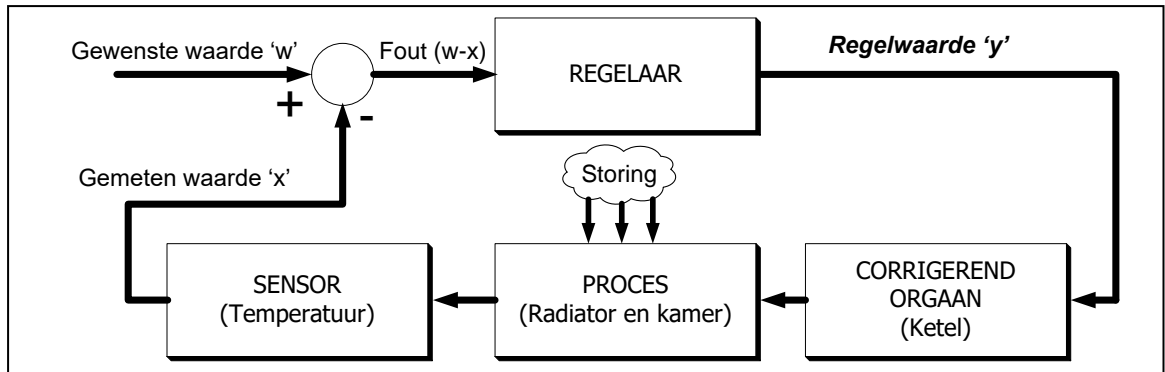


Fig. 3.5 regelwaarde of stuurwaarde

De regelwaarde of stuurwaarde zijn verschillende termen voor hetzelfde.

De regelaar stuurt een signaal naar het corrigerend orgaan om de proceswaarde (x) gelijk te maken of te houden aan de gewenste waarde (w). Dit signaal van regelaar naar corrigerend orgaan noemen we de **regelwaarde (y) of de stuurwaarde (y)**.

De regelaar stuurt een regelwaarde als standaardsignaal (**bijvoorbeeld 4-20mA**) naar het corrigerend orgaan. Deze kleine stromen zijn natuurlijk onvoldoende voor bijvoorbeeld de rechtstreekse aansturing van een klep (corrigerend orgaan) en dienen dan ook te worden omgezet naar stuursignalen die dit wel kunnen. Het component dat deze omzetting van 4-20mA naar een sterke mechanische kracht (nodig om een bijvoorbeeld een zware klep te kunnen bedienen) voor zich neemt, noemen we de omvormer.

3.6 De storing

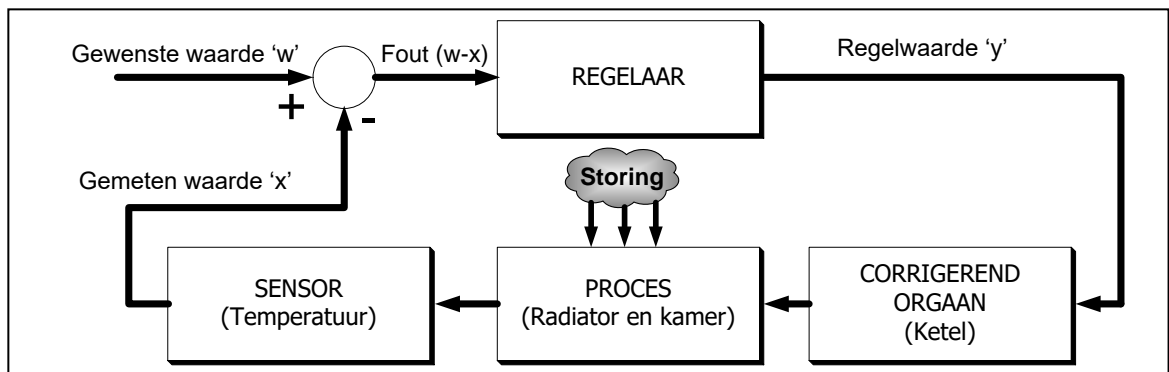


Fig. 3.6 De storing

Een storing zorgt ervoor dat het proces uit evenwicht geraakt. Met andere woorden, een storing zorgt ervoor dat de gemeten waarde gaat verschillen van de gewenste waarde.

Storingen kunnen zich voordoen op:

- Het proces
 - Een raam dat wordt geopend bij de temperatuur-regeling van een kamer.
 - Een emmer koud water die wordt toegevoegd aan een vat warm water.
 - Een serieuze windstoot op een vliegtuig dat met auto-pilot vliegt.

De regelaar moet zo afgesteld zijn dat de gevolgen van de storingen in het proces worden weggeregeld.

3.7 Het corrigerend orgaan

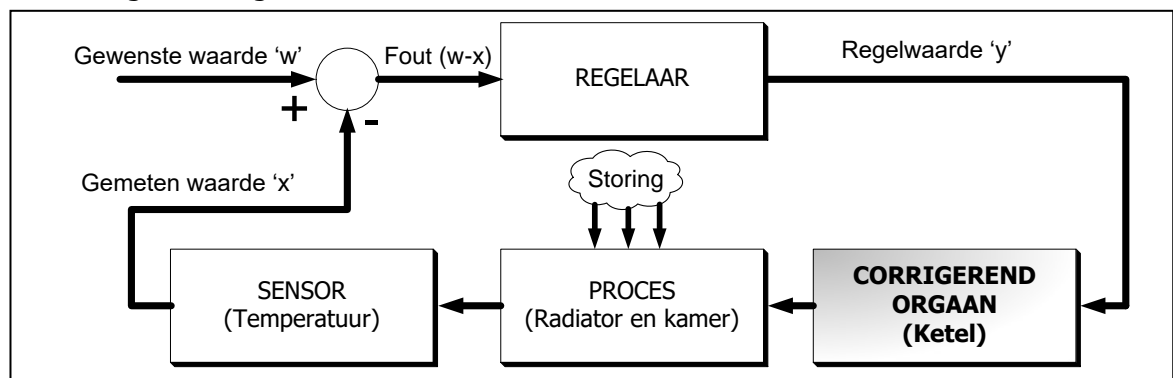


Fig. 3.7 Het corrigerend orgaan

Het corrigerend orgaan is het orgaan waarmee het proces rechteen kan worden bijgesteld. Met een kleine regelwaarde (y) kan via dit orgaan toch een groot proces worden bijgesteld.

Het corrigerend orgaan bestaat uit:

- Een **omvormer** die het zwakke signaal van de regelwaarde (4-20mA) omzet naar een signaal of kracht, sterk genoeg om het corrigerend orgaan te sturen.
- Een **corrigerend orgaan** dat de proceswaarde kan bijregelen

Voorbeelden van corrigerende organen zijn:

- Kleppen
- Verwarmingselementen
- Frequentiesturingen voor toerentallen van motoren
- Elektronische vermogensturingen
-

Onderstaande figuren en foto's zijn voorbeelden van corrigerende organen. Zij zetten een klein stuursignaal (4-20mA) om in een krachtige mechanische beweging (roterend of lineair) om zo bijvoorbeeld een grote klep verder open of dicht te kunnen draaien. Je begrijpt wel dat voor grote kleppen krachtigere corrigerende organen (ook wel actuators of positioners genoemd) nodig zijn.

Je ziet dat op een aantal positioners ook nog een hendel zit om handmatig een klep te openen of te sluiten. Dit is nodig om met stroompannes niet in gevaarlijke situaties terecht te komen en de klep nog met de hand te kunnen bedienen.



Foto positioners (bron: ABB)

3.8 Het Proces

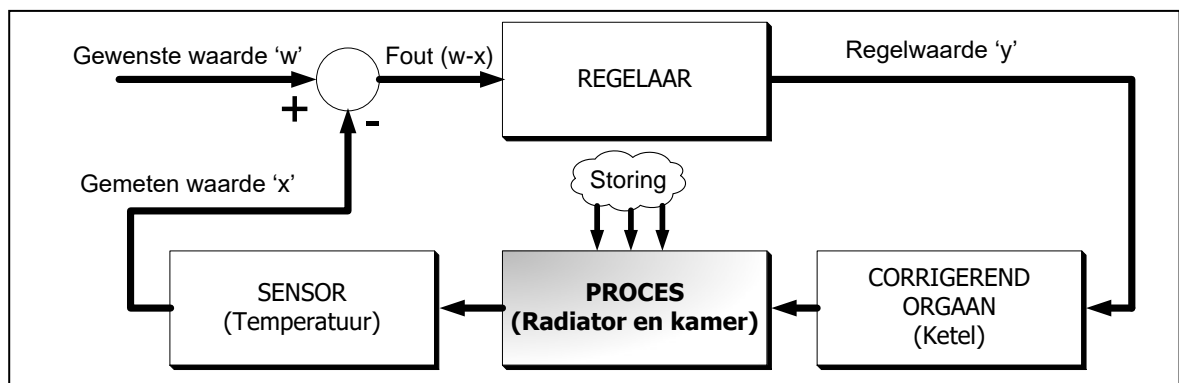


Fig. 3.8 Het Proces

Een proces is een fysisch of chemisch gebeuren met heel wat eigenschappen die eigen zijn aan dat proces in die specifieke situatie.

Er zijn evenveel verschillende processen als er regelkringen zijn en het zijn juist al die verschillende eigenschappen van die verschillende processen die de instelwaarden voor de regelaar gaan bepalen.

Processen onderscheiden zich door een aantal zaken:

- Type proces (0-de, 1-ste, 2^e en hogere orde processen)
- De versterkingsfactor van het proces (Heeft een kleine bijsturing van het corrigerend orgaan reeds grote uitwijkingen van de sensor tot gevolg of juist niet?)
- De tijdsconstante (Hoe snel reageert het proces?)
- Dode tijd (Hoe lang duurt het voor een bijregeling van het corrigerend orgaan ook door de sensor wordt opgemerkt?)

Voorbeelden van processen:

- De temperatuur in een kamer
- Het waterniveau in een tank
- De vliegroute en hoogte van een vliegtuig
- Het toerental van een motor (benzine of elektrisch)
- Temperatuur van een oven
-

De hoofdstukken 5 en 6 zijn volledig gewijd aan de technologie van processen.

3.9 Het meetorgaan of de sensor

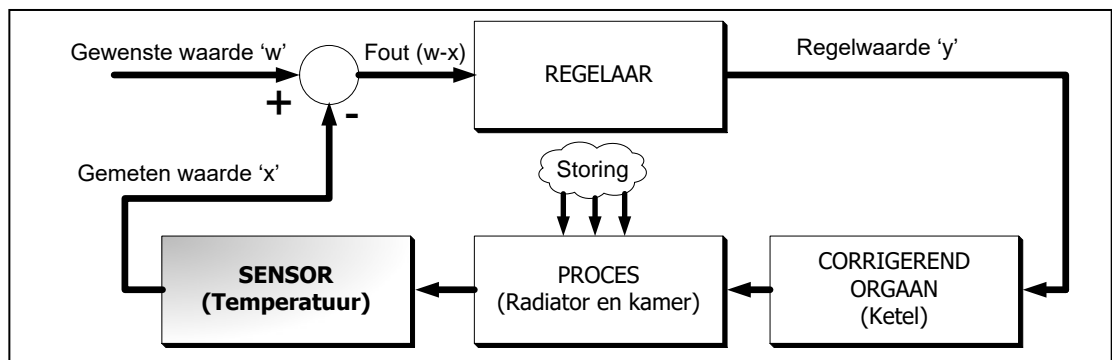


Fig. 3.9 Het meetorgaan of de sensor

Een meetorgaan, ook sensor genoemd, meet de procesgrootte en stuurt deze waarde naar de regelaar zodat die op zijn beurt weet of de regeling die de regelaar doet, wel degelijk het gewenste resultaat heeft.

Het signaal dat rechtstreeks uit de sensor komt is meestal nog geen standaard signaal (4-20mA) en moet dus nog worden omgevormd door een **transmitter** om zo naar de regelaar te kunnen worden gestuurd.

Deze transmitters kunnen door de fabrikant van de sensoren ook ineens in de sensor worden ingebouwd.

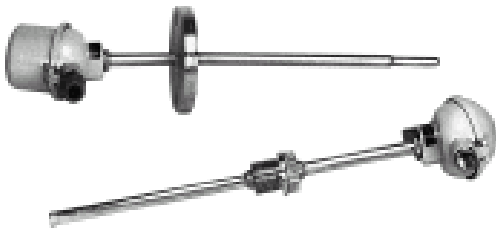
Enkele voorbeelden van sensoren:

- temperatuur
- druk
- volume
- debiet
- gewicht
- niveau
- verplaatsing
- snelheid
- ...

De technologie achter deze sensoren wordt uitgebreid behandeld in hoofdstuk 4.

Hieronder ziet u afbeeldingen van verschillende sensoren. Dit zijn moderne sensoren met ingebouwde transmitters (modules die de gemeten fysische grootte druk, temperatuur, ... omzetten naar een standaard signaal van 4-20mA en/of één van de andere bussen)

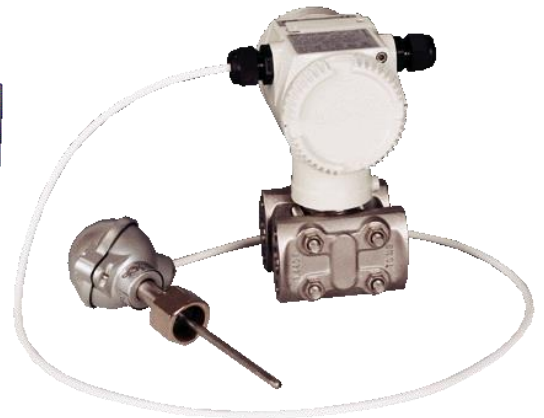
Temperatuursensor



Ph-meting



druksensor



debietmetingen



Foto's sensoren (bron ABB)

3.10 Oefeningen:

1. Tot hertoe behandelden we steeds een blokschematisch voorbeeld van een regelkring 'op de oude wijze'. Dit doen we voor de volledigheid, maar we zagen ook dat moderne regelaars een ingebouwd corrigerend orgaan hebben en dat ook de gewenste waarde nu op de regelaar zelf kan worden ingesteld.

Teken hieronder zelf terug zo'n volledige regelkring, echter nu gebruik makend van een moderne regelaar.

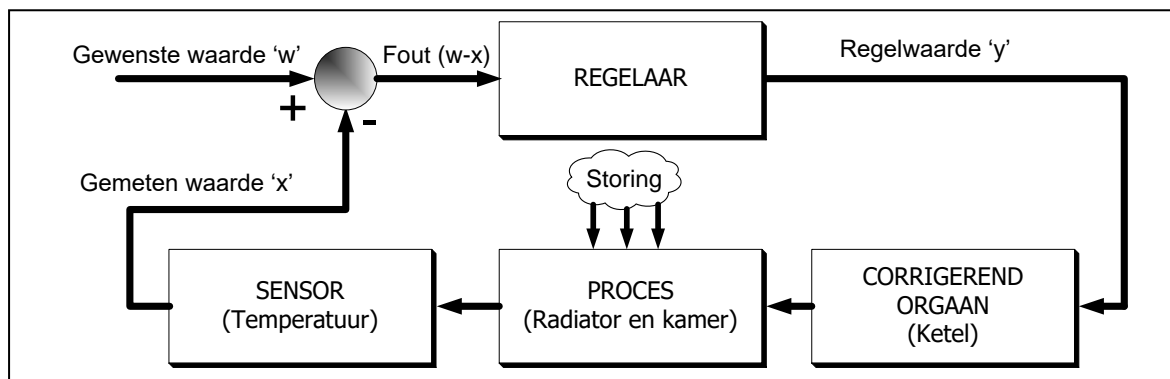


Fig 3.10 oefening omzetting van 'oude' naar moderne opstelling

2. Teken de regelkring van een frituurketel en duid hierop duidelijk regelaar, proces, sensor en corrigerend orgaan aan.
Tekening:

3. Leg in eigen woorden uit wat jij verstaat onder een 'corrigerend orgaan'.
