

# Hoofdstuk 1

## Inleiding

**Nederland snakt naar productieautomatisering.**

**Heel Nederland steunt en kreunt over het tekort aan arbeidskrachten.**

**Met meer en betere scholing lossen we dat probleem niet meer op, vooral niet in de techniek. De aanwas van mensen, het geboortecijfer, is domweg te beperkt.**

**Er is maar één branche die de oplossing heeft: industriële automatisering.**

**De omzet en orderintake zijn recent fors gestegen.**

Bron: [www.engineersonline.nl](http://www.engineersonline.nl)

### Leerdoelen

Een student kan, na bestudering van dit hoofdstuk:

- omschrijven wat het belang is van besturingen;
- omschrijven waarom ingenieurs kennis moeten hebben van besturingen;
- omschrijven waarom er bij een andere seriegrootte van het product een ander type besturing wordt gekozen.

Producten, machines en installaties worden steeds geavanceerder doordat er steeds goedkopere en slimmere besturingen mogelijk zijn.

De kosten van de elektronica zijn laag omdat er maar weinig materiaal voor nodig is en door productie in grote aantallen. Ook bij een besturing voor een kleine serie machines is de elektronica relatief goedkoop wanneer de componenten ook in andere toepassingen (zoals pc's of mobiele telefoons) worden gebruikt.

Soms kan de snelheid van een machine door een slimme besturing omhoog, waardoor minder machines nodig zijn voor de totale productie.

Ook zijn vaak andere voordelen mogelijk, zoals:

- betere en meer constante kwaliteit van het product, waardoor er ook minder uitval is (bijvoorbeeld door een constante snelheid of temperatuur tijdens de productie);
- bewaking en borging (zekerstellen) van de productkwaliteit (productieomstandigheden per product zijn bekend, eventueel automatische kwaliteitsmetingen);
- minder loonkosten (automatische bewegingen in plaats van handmatig, één persoon kan een hele productielijn bewaken);
- minder energiekosten (automatisch uitschakelen, temperatuur niet te hoog);
- veiliger productie (de te bewerken gevaarlijke stoffen komen niet rechtstreeks in contact met werknemers).

## 1.1 Ethische aspecten van automatisering

In de vorige opsomming is een aantal voordelen van automatisering genoemd. Het voordeel ‘minder loonkosten’ geldt natuurlijk vooral voor de eigenaren van een bedrijf. Voor degenen van wie de baan verdwijnt, ligt dat anders. Zeker als de werknemer al wat ouder is en geen ander werk kan krijgen. Werkgevers zullen daarbij vaak komen met het argument dat ze moeten automatiseren omdat ze anders de concurrentie met lagelonenlanden niet aankunnen. Als dat zo is kun je de automatisering als positief zien (er blijven banen in Nederland behouden). Je kunt het ook negatief bekijken: automatisering hier houdt de ontwikkeling van de economie in lagelonenlanden tegen.

Behalve dat een deel van het werk verdwijnt, zal het overgebleven werk ook anders zijn. Wanneer het betekent dat het zware en repeterende werk door de machine gebeurt en er een meer verantwoordelijke functie overblijft, is dat goed. Wanneer de overgebleven functie saai is, of gedictieerd wordt door het tempo van de machine, kan het ook ongunstig zijn.

Als de situatie op wereldschaal wordt bekeken, kun je zeggen dat automatisering een noodzaak is om meer mensen welvaart te geven. Als een auto nog handmatig zou worden geproduceerd, dan zouden maar weinig mensen zich een auto kunnen veroorloven.

Vóór de automatisering in de agrarische sector kostte het verbouwen van voedsel zoveel tijd dat een groot deel van de bevolking boer was. Door de landbouwautomatisering kwamen er meer mensen beschikbaar voor de productie van goederen. Ook deze productie is momenteel in de westerse landen sterk geautomatiseerd. Een steeds groter percentage van de mensen werkt dan ook in de dienstverlening. Een deel van deze sector (bijvoorbeeld banken) heeft inmiddels ook te maken met verregaande automatisering.

In veel landen, zoals China, is pas kortgeleden gestart met landbouwmechanisering en industrialisatie. Nu groeit ook daar de groep die een zekere welvaart heeft. Natuurlijk is dat een voordeel voor deze personen en zorgt de goedkope productie daar ervoor dat de prijzen hier laag zijn. Door deze industrialisatie is de vraag naar olie, staal en andere grondstoffen wel gestegen, waardoor deze duur worden en mogelijk uitgeput raken.

## 1.2 Waarom moet een ingenieur iets weten van besturingen?

Voor een ingenieur die producten, machines of installaties ontwerpt of beheert, worden kennis van besturingen en de mogelijkheden die daardoor ontstaan steeds belangrijker. Dit omdat de besturing een steeds groter deel van de waarde voor de klant bepaalt.

Zowel kennis van de productieautomatisering met bijbehorende actuatoren (elektrisch/pneumatisch/hydraulisch), sensoren en besturingen (PLC/PAC), als de mechatronische besturingen zoals in consumentenproducten gebruikt worden, is daarbij van belang.

Uiteindelijk moet de ingenieur de besturing kunnen begrijpen, eventueel ontwerpen, of ten minste in zijn ontwerp rekening houden met de mogelijkheden die er zijn dankzij de besturingstechniek. Hij moet in samenspraak met leveranciers een keuze kunnen maken voor de benodigde componenten.

De ingenieur moet ook weten wat niet mogelijk is, om te voorkomen dat er een machine aangeboden wordt met onmogelijk te realiseren eigenschappen.

### 1.3 Veiligheidsaspecten

De ontwerper van de machine is verantwoordelijk voor de veiligheid ervan. Om aan te geven dat de machine voldoet aan de Europese veiligheidseisen plaatst de leverancier een CE-markering op de machine. Ook een machine voor gebruik in het eigen bedrijf, of een machinelijn die samengesteld is uit bestaande componenten, moet een CE-markering krijgen. De leverancier mag een CE-markering alleen aanbrengen als hij zich gehouden heeft aan de geldige normen, eventueel de benodigde keuringsinstanties heeft ingeschakeld, sterkteberekeningen en een handleiding heeft gemaakt, en een risicoanalyse heeft uitgevoerd. Behalve de wettelijke verplichting is ook aansprakelijkheid voor schade als onvoldoende maatregelen zijn getroffen, een stimulans om de veiligheid te verhogen.

Behalve door afscherming van gevaarlijke delen, wordt de veiligheid voor een groot deel door de besturing bepaald. Te denken valt aan:

- Voldoende noodstopknoppen en op de juiste plaatsen. De noodstop zorgt er (behalve bij machines met speciale veiligheidssystemen) voor dat de voeding wordt uitgeschakeld. De machine moet zo ontworpen zijn dat de machine dan altijd op een veilige wijze reageert. Als de bedieningsman beklemd dreigt te worden, moet hij bij het tijdig bedienen van de noodstop altijd vrij komen.
- Als een machine niet altijd afgeschermd kan zijn (bijvoorbeeld vanwege het inleggen van een product of de noodzaak voor onderhoud), moeten er extra veiligheidsvoorzieningen zijn, bijvoorbeeld een scherm dat dichtgaat voor de pers in werking komt, een sensor die bij het openen van een klep de machine uitschakelt, enzovoort.
- Vooral manipulators en industriële robots die soms onverwachte bewegingen kunnen maken, moeten goed beveiligd worden. Soms wordt het totale werkgebied afgeschermd door een hekwerk, een contactgevoelige mat of een optisch detectiesysteem. Wanneer er iemand in het werkgebied is, mag de robot hooguit bewegen met langzame snelheid en alleen zolang de operator de ‘dodemansknop’ ingedrukt houdt.

### 1.4 Het belang van de seriegrootte bij het ontwerp van de besturing

Wanneer er algemeen toegepaste componenten worden gebruikt voor een besturing, kunnen de hardwarekosten heel laag zijn. Een chip met een kostprijs van een euro is al ‘slim’ genoeg om bijvoorbeeld een wasmachine te besturen. De ontwikkelkosten voor de software van een nieuw product zijn wel hoog, maar wanneer het gaat om massaproductie en de software (in verbeterde vorm) opnieuw kan worden gebruikt in de volgende versie, zijn de kosten per product toch laag.

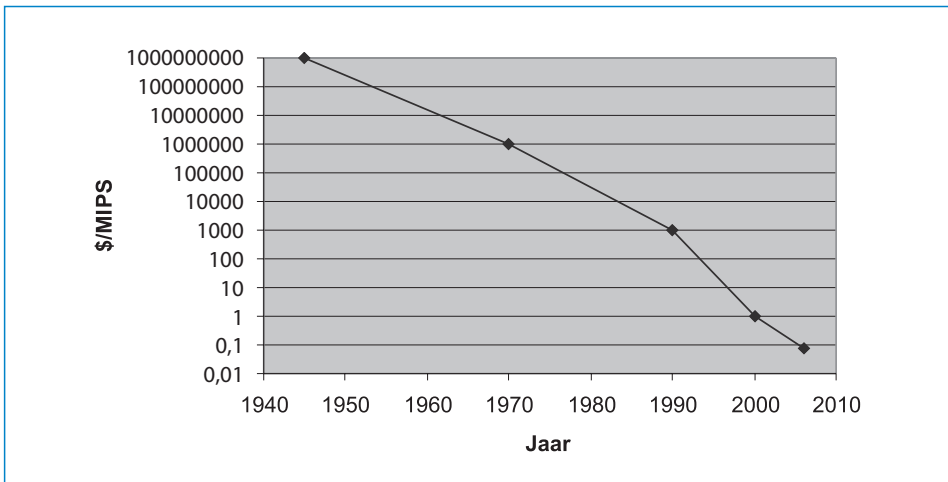
Bij kleinere seriegroottes (bijvoorbeeld bij een dure Mercedes) zal de fabrikant proberen per product een hoger bedrag aan softwarekosten door te berekenen aan de klant. Enkele jaren later kan dan dezelfde feature (bijvoorbeeld ABS) ook in goedkopere modellen worden toegepast.

Wanneer software gemaakt wordt voor een dure productiemachine waarvan er maar een paar worden verkocht, mogen de kosten per besturing hoger zijn. Er wordt dan duurdere hardware gebruikt, die makkelijker en dus goedkoper te programmeren is. Door de lagere aantallen zijn de kosten van zowel de hardware als de software per machine hoog.

De besturing van een verpakkingslijn die ongeveer een half miljoen euro kost, mag best tien- of twintigduizend euro kosten. Daarbij is bijvoorbeeld vijftig procent van de kosten voor het aanschaffen en aansluiten van de hardware, en de andere helft voor het maken en testen van de software. Als de besturing zo slim is dat de machine sneller is of betere producten maakt, mag de besturing nog meer kosten.

Van een dvd-speler, die voor twintig euro te koop is, mag de besturing maar ongeveer een euro kosten. Omdat er een miljoen identieke dvd-spelers worden verkocht, mag het ontwikkelen van de software voor deze besturing wel honderdduizend euro kosten. Dat is per dvd-speler maar tien eurocent.

Net als bij andere in massa geproduceerde producten zijn de ontwikkelingskosten hoog, maar de kosten per product laag. Bij mechanische systemen beperkt de prijs per kilo van het materiaal de kostendaling. Omdat bij besturingen het materiaalverbruik laag is, is de afname van de prijs bij massafabricage groter dan bij mechanische systemen.



**Figuur 1.1** De kosten van computersystemen per hoeveelheid rekenkracht in MIPS (miljoen instructies per seconde) nemen sterk af. Hierdoor wordt het mogelijk om ook in goedkope producten steeds meer intelligentie in te bouwen.

## 1.5 Opdrachten

1. Beschrijf in eigen woorden de voordelen van een moderne besturing voor:
  - a. een wasmachine;
  - b. een lasrobot.
2. Beschrijf waarom ook de werktuigbouwkundig ontwerper van een lasrobot kennis moet hebben van de werking en mogelijkheden van de besturing.
3. Er is de keuze tussen:
  - Een PLC-besturing, die 300 euro per stuk kost, maar waarbij een programmeerinstructie gemiddeld 10 euro aan programmeerkosten vraagt.
  - Een microprocessorbesturing, die 10 euro per stuk kost, maar waarbij een programmeerinstructie gemiddeld 30 euro aan programmeerkosten vraagt en er bovendien (eenmalig) 2000 euro besteed moet worden om het processorboard te ontwikkelen.

Laat zien wat de meest economische besturing is voor:

- a. een verpakkingsmachine, waarvan er waarschijnlijk 30 verkocht worden, en waarvan het programma 500 instructies bevat;
- b. een spuitgietmachine, waarvan er waarschijnlijk 1000 verkocht worden, en waarvan het programma 1500 instructies bevat;
- c. een testmachine, waarvan er waarschijnlijk 1 verkocht wordt, en waarvan het programma 500 instructies bevat;
- d. een wasmachine, waarvan er waarschijnlijk 1 miljoen verkocht worden, en waarvan het programma 500 instructies bevat.

## 1.6 Samenvatting

- Productieautomatisering kan in sommige gevallen banen kosten, en het kan met hetzelfde aantal werkenden meer welvaart opleveren.
- Door kennis van automatisering kan een ingenieur goedkopere en betere machines ontwerpen.
- Bij het ontwerpen van machines is veiligheid van groot belang, automatisering kan daarbij helpen.
- Bij enkelstuksproductie (van machines) zijn de ontwerpkosten belangrijk, bij massa-productie (van consumentenproducten) zijn de kosten van de hardwarecomponenten belangrijker.



# Hoofdstuk 2

## Voorbeelden van besturingen uit diverse vakgebieden

Grofweg 90 procent van de innovaties in de automobielenindustrie is mogelijk dankzij elektronica en software. Het gaat inmiddels al om de helft van de ontwikkelkosten voor een nieuw model auto. Zo heeft een Mercedes of BMW uit de dure klasse meer dan 60 microprocessoren aan boord.

Bron: [www.itea-office.org](http://www.itea-office.org)

### Leerdoelen

Een student kan, na bestudering van dit hoofdstuk:

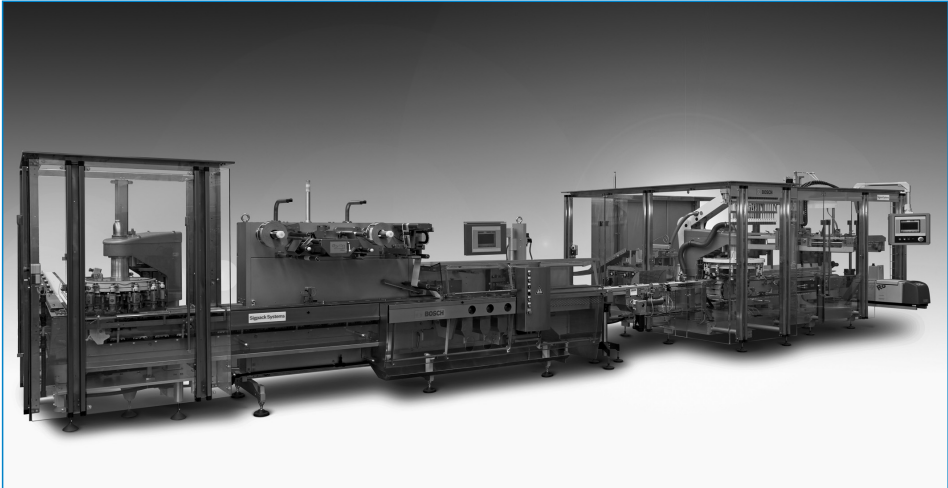
- met voorbeelden het belang van besturingen voor specifieke machines en producten toelichten;
- zelf verbeteringen bedenken en benoemen van producten en machines door toepassing van slimme besturingen;
- omschrijven wat de betekenis is van de begrippen PID, DCS, SCADA, Fuzzy Logic en netwerken.

### 2.1 Besturingstechniek bij een verpakkingslijn

Voedingsmiddelen die te koop zijn in de supermarkt worden geleverd met steeds meer verpakkingsmateriaal. Dat is soms vervelend (afvalproblematiek, moeilijk te openen), maar heeft natuurlijk ook voordelen (mooi uiterlijk in de winkel, na het openen van de verpakking blijven de artikelen vers omdat ze apart verpakt zijn). Voor de verpakking is een verpakkingslijn nodig die al gauw een half miljoen euro kost. Vanwege de hoge productieaantallen per lijn zijn de kosten per verpakking meestal slechts een klein deel van de kosten van het product.

Bij het verpakken wordt vaak gebruikgemaakt van flowwrappers (zie figuur 2.1), met toevoer- en buffertransportbanen. Al heel lang worden elektronische besturingen (PLC's, Programmable Logic Controllers) gebruikt voor de besturing. Het is bij verpakkingsmachines belangrijk zeker te weten dat de verplaatsing van het product precies synchroon (gelijk) loopt met de toevoer van het verpakkingsmateriaal, zodat het plaatje precies midden boven het product uitkomt. Dit gaat zeker goed als beide aandrijvingen via een ketting gekoppeld zijn. Deze koppeling is dan echter afhankelijk van de productlengte, waardoor

bij overgang op een andere productmaat een ombouw nodig is. Bij moderne machines is deze koppeling vaak geregeld via metingen van snelheden en posities en een softwarematige besturing. Een andere productlengte instellen is dan een kwestie van het oproepen van een andere instelling uit het geheugen van de besturing.



**Figuur 2.1** Een moderne verpakkingslijn. Bron: Bosch

De toepassing van moderne besturingstechniek in verpakkingslijnen heeft verder als voordelen:

1. De productielijn bestaat uit eenvoudig aan elkaar te koppelen modules met elk een eigen besturing die communiceert met een centrale besturing.
2. Het is eenvoudiger bedienen vanaf een centraal besturingspaneel met grafische interface.
3. Er is een koppeling van de besturing met de plannings- en productiebesturingssoftware.
4. De machines zijn beter beveiligd.

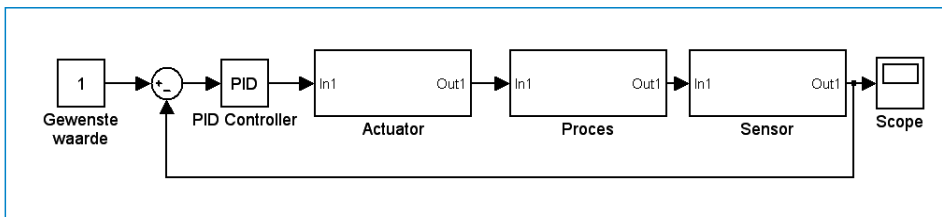
## 2.2 Besturingstechniek in de procesindustrie

In de procesindustrie bestaat een groot deel van de investeringskosten uit automatisering. Een chemisch proces werkt alleen goed bij een juiste waarde van druk, temperatuur en debiet (hoeveelheid/seconde). Hoe beter de parameters geregeld worden, hoe hoger het rendement, hoe minder vervuiling ontstaat en hoe hoger de kwaliteit van het eindproduct. Automatisering is nodig om in een centraal punt de totale *plant* te kunnen besturen door enkele operators, die alle informatie tot hun beschikking hebben. Vanwege de hoge kosten van de totale plant en de veiligheidsaspecten, wil het management alle informatie gedigitaliseerd opslaan.



Een deel van de procesregelingen kan met aan/uit-regelingen. Dit werkt net zoals de meeste cv-installaties thuis. De thermostaat in de woonkamer zet de cv aan als het te koud wordt en schakelt weer uit als de woonkamer op temperatuur is. Het duurt echter even voordat de warmte van de verwarming in de woonkamer is aangekomen en de temperatuur kan dan eerst nog verder zakken. Het is daarom vaak beter om een regeling te gebruiken die de cv alvast een beetje aanzet als de temperatuur in de buurt van het minimum komt.

Als een aan/uit-regeling niet voldoet, gebeurt het regelen van een temperatuur, druk of debiet vaak met een PID-regelaar (proportionele, integrerende en differentiërende). Een PID-regelaar kan een elektronische schakeling zijn of kan in software worden uitgevoerd. De PID-regelaar maakt onderdeel uit van een regelkring, bestaande uit een sensor, de regelaar die (afhankelijk van de gemeten waarde, de gewenste waarde en de instelling van de PID-regelaar) een signaal uitstuurt, een actuator die afhankelijk van het door de PID-regelaar uitgestuurde signaal iets doet (bijvoorbeeld een motor sneller laten draaien of een verwarmingselement meer vermogen geven) en het proces zelf.



**Figuur 2.2** PID-regelkring.

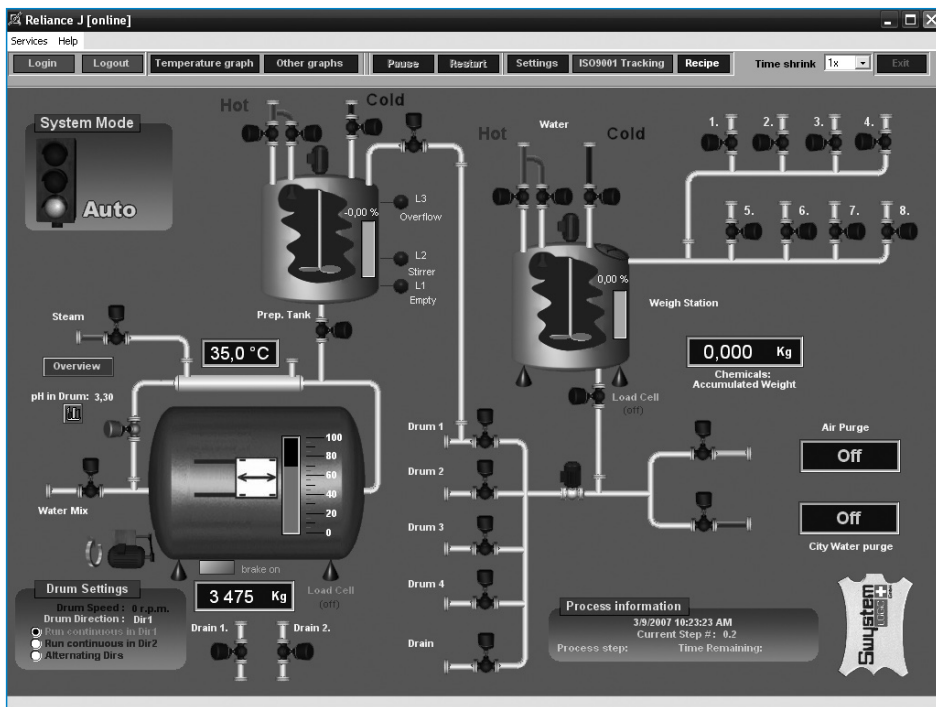
In de procesindustrie worden vaak vele PID-regelkringen vanuit een DCS-computersysteem (Digital Control System) aangestuurd.

Stel dat er een regelkring is om de temperatuur in een reactorvat te regelen. In het DCS is het recept met de proceswaarden per product opgeslagen. Een van deze proceswaarden is de gewenste temperatuur in een reactorvat. Tijdens de productie wordt de temperatuur in het reactorvat constant gemeten. Het verschil tussen deze waarde en de gewenste temperatuur is het ingangssignaal van de PID-regelaar. De bedoeling van de PID-regelaar is dat deze een zodanig signaal uitstuurt naar een klepbesturing voor de brandstoftoevoer, of een verwarmingssysteem (een actuator), dat het verschil tussen ingestelde en werkelijke waarde (de fout) kleiner wordt. De PID-regelaar bevat drie instelbare parameters (P, I en D), die zo moeten zijn afgesteld dat dit zo goed mogelijk lukt. Het signaal uit de PID-regelaar bestaat uit een deel dat evenredig is met de fout (de P of proportionele actie; dat wil zeggen dat het uitgestuurde signaal evenredig is met de fout), een deel dat groter wordt naarmate de fout langer blijft bestaan (de I of integrerende actie) en een deel dat sterker reageert als de fout snel verandert (de D of differentiërende actie).

Vanwege de veiligheid en de kosten van productieverlies worden ook bijvoorbeeld de trillingen bij de motor van het roerwerk gemeten en geregistreerd. Door slijtage van de lagers zullen de trillingen in de motor langzaam toenemen. Bij een bepaald trillingsniveau

worden de motor of de lagers tijdens een maandelijks of wekelijks onderhoud vervangen. Hierdoor wordt voorkomen dat een storing tijdens bedrijf optreedt of dat de motor vervangen wordt terwijl het nog niet nodig is (toestandsafhankelijk onderhoud).

Vanwege wettelijke eisen wordt de hoeveelheid en de samenstelling van de afvalstoffen continu gemeten en de informatie wordt opgeslagen voor latere rapportage aan de milieudienst. Tegelijk met de gegevens over de variaties van de procesomstandigheden worden de gegevens over de opbrengst van het proces bewaard. Soms worden de procesomstandigheden bewust een beetje gevarieerd en wordt gemeten wat de beste resultaten oplevert, om in de praktijk het proces steeds beter te optimaliseren. Ook kunnen de gegevens worden gebruikt om achteraf te analyseren hoe het proces nog beter kan worden geregeld.



Figuur 2.3 Bewakings scherm in de procesindustrie. Bron: Reliance SCADA-software

## 2.3 Besturingstechniek voor een spuitgietmachine

Veel producten zijn (deels) gemaakt van kunststoffen (plastics). Veel van deze plastic onderdelen zijn gemaakt door spuitgieten. Hierbij trekt een draaiende worm (schroef) plasticorrels (granulaat) in de spuitgietmachine. Door wrijving en extra warmtetoevoer wordt het plastic plastisch gemaakt. Als er genoeg materiaal plastisch is, wordt dit door het naar voren drukken van de worm in een matrijsholte (vorm) gespoten. Na afkoeling gaat de matrijs open en wordt het product uitgestoten.