

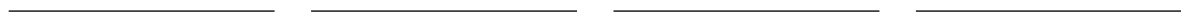
Processen en procesgegevens

Processen en procesgegevens Theorie

F. Hermans, Helicon MBO Boxtel

eerste druk, 2001





Artikelcode: 25059-2

Colofon

Auteurs team	F. Hermans, J. de Jong, P. de Jongh, C. Schils, P. Veenstra
Resonans	H. van de Wetering
Onderwijskundige	A. Oosterhoff
Illustraties	Verbaal - bureau voor visuele communicatie
Redactie	Studio Maan, A. Breemhaar en J. van Oijen

© 2001 Ontwikkelcentrum, Ede, Nederland
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Ontwikkelcentrum.

Voorwoord

Voor je ligt de onderwijseenheden 'Processen en procesapparatuur' en 'Procesgegevens verwerken' van de deelkwalificatie Uitvoeren bedrijfsmilieuzorg. Voor de onderwijseenheid is er een uitgave met opdrachten en bronnen en een uitgave met theorie.

Opdrachten

Aan het begin van elke opdracht staat het opdrachtdoel. Daar staat wat je aan het einde van de opdracht moet kunnen. De opdrachten bevorderen de zelfwerkzaamheid. Met de opdrachten kun je je kennis in de praktijk toetsen of bepaalde vaardigheden trainen.

Als je alle opdrachten met voldoende resultaat hebt uitgevoerd, beheers je de stof.

Bronnenoverzicht

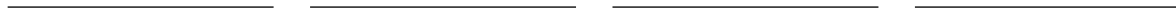
Om de opdrachten uit te voeren heb je informatie nodig. Hiervoor kun je het bijbehorende theorieboek gebruiken. Maar je kunt ook andere bronnen raadplegen. In het bronnenoverzicht staat een aantal bronnen waar je informatie kunt vinden over de onderwerpen van deze onderwijseenheid. Dit kunnen boeken zijn, maar ook vakbladen, folders, video's, het internet enzovoorts.

Theorie

Het theorieboek bevat de theorie die je het meest nodig hebt en die niet gauw verandert. Om het bestuderen en verwerken van de tekst gemakkelijker te maken kun je aan het einde van elke paragraaf verwerkingsvragen maken.

Ik wens je veel succes bij het werken met de uitgave Processen en procesgegevens.

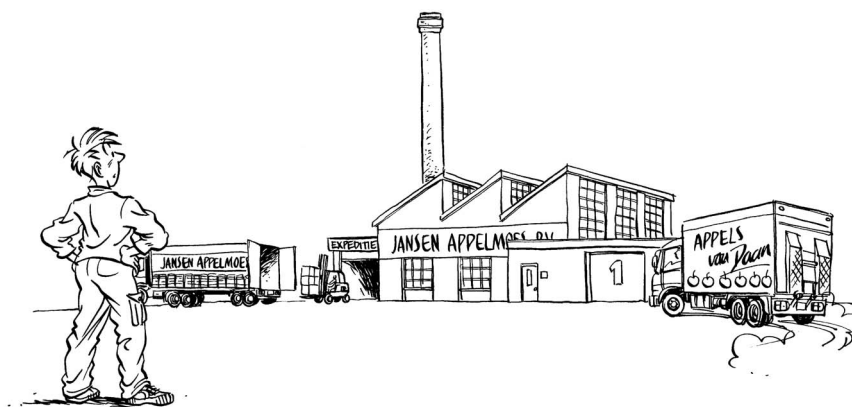
De auteur,
François Hermans



Inleiding

Als je in een winkel iets koopt, vraag je jezelf eigenlijk nooit af hoe het artikel gemaakt is. Sterker nog, je zult vaak geen flauw idee hebben van wat er in een fabriek allemaal voor nodig is om zelfs ogenschijnlijk eenvoudige artikelen, zoals bijvoorbeeld een balpen of een pot appelmoes, te maken.

Fig. 0.1



Bedenk, dat dag in dag uit honderdduizenden verschillende artikelen door talloze bedrijven gemaakt worden. Het is daarom onmogelijk om alles te weten van al die verschillende bedrijfsprocessen.

De meeste consumenten interesseert het nauwelijks welke productieprocessen aan een product ten grondslag liggen. De consument vindt het des te belangrijker dat de kwaliteit van een product aan zijn wensen voldoet. Naast de kwaliteit speelt hierbij natuurlijk ook de prijs die de consument bereid is te betalen een belangrijke rol. Bedrijven doen er dan ook alles aan om voor een redelijke prijs een goed product te maken. Ze moeten bovendien meestal concurreren met andere bedrijven die soortgelijke producten maken.

De consument kan kiezen uit concurrerende producten. Daarbij kijkt hij niet alleen naar de kwaliteit maar ook naar de prijs. De producent wordt dus gedwongen om zijn productieproces doelmatig, dus zo goedkoop mogelijk, in te richten. Het product moet namelijk een optimale prijs-kwaliteit verhouding hebben om concurrerend te kunnen zijn. Om dit voor elkaar te krijgen, is het nodig dat van tevoren goed over het productieproces wordt nagedacht. Hier volgt een aantal vragen die de ondernemer zich zoal kan stellen.

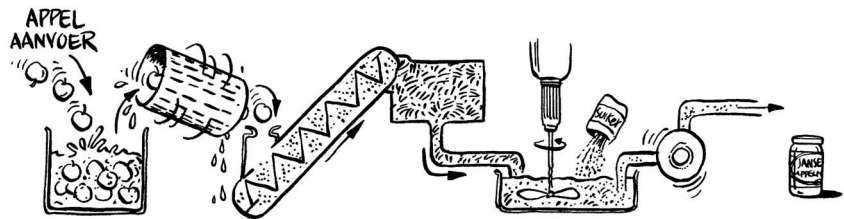
- Welke machines moeten gekocht worden?
- Waar moeten die in de fabriek komen staan?
- Welke materialen en grondstoffen moeten worden ingekocht?
- Wanneer moeten die worden ingekocht?
- Hoe moeten de grondstoffenmagazijnen worden ingericht?
- Hoe moeten de magazijnen voor het gereed product worden ingericht?

-
- Welke personeelsbezetting is het doelmatigst?
 - Waar kan ik, door de doelmatigheid op te voeren, kosten besparen?

Door een productieproces uit te tekenen, krijg je inzicht in het proces. Je kunt dan op papier zien waar en wat in dat proces allemaal gebeurt.

In de hierna aangeboden lessen zul je kennismaken met de verschillende processen in de industriële sector en de machines die daarbij horen.

Fig. 0.2

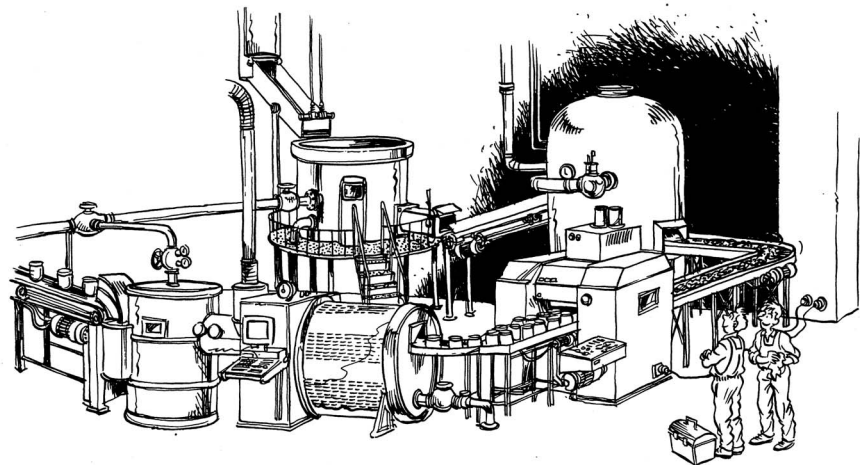


Inleiding

In de leereenheid Processen en Procesapparatuur heb je geleerd een bedrijfsproces in een blokschema weer te geven. Naast het blokschema zijn er in de praktijk diverse andere processchema's in gebruik. Voor welk type processchema gekozen wordt, heeft te maken met wat je van een proces precies in kaart wilt brengen. In hoofdstuk 1 ga je aan de slag met verschillende typen processchema's.

In hoofdstuk 2 en 3 wordt ingegaan op zaken die met het sturen van een proces te maken hebben. Een ongecontroleerd verlopend proces veroorzaakt chaos op de werkvloer en leidt vaak tot onnodige milieubelasting. Daarom worden metingen verricht aan de stofstroom en de wijze waarop ze deelnemen aan het proces. Dit levert kennis op waarmee je het proces kunt bijsturen als dat nodig is. Je maakt kortom kennis met de manier waarop de controle op het procesverloop werkt in de praktijk.

Fig. 0.3



Tot slot staan we in deze leereenheid stil bij plattegrondtekeningen. Deze geven informatie over de bedrijfsgebouwen, de opstelling van apparatuur en de aanwezige milieutechnische voorzieningen. Het kunnen lezen van een plattegrondtekening is verplichte kost voor de milieufunctionaris.

Inhoud

Voorwoord 5

Inleiding 7

Inleiding 9

1 Productieprocessen 15

- 1.1 Wat zijn processen? 15
- 1.2 Typen productieprocessen 18
- 1.3 Bewerkingen in een productieproces 21
- 1.4 Procesbeschrijving 22
- 1.5 Processchema's 23
- 1.6 Afsluiting 26

2 Procesapparatuur 27

- 2.1 De functie van procesapparatuur 27
- 2.2 Typen procesapparatuur 28
- 2.3 Het herkennen van procesapparatuur 29
- 2.4 Bereidingsapparatuur 30
- 2.5 Bewerkingsapparatuur 40
- 2.6 Technische gegevens 45
- 2.7 Afsluiting 46

3 Overige procesapparatuur 47

- 3.1 Transporteren 47
- 3.2 Verwarmen en koelen 61
- 3.3 Afsluiting 64

4 Werken met processchema's 67

- 4.1 Soorten processchema's en symbolen 68
- 4.2 Afsluiting 71

5 Het sturen van een bedrijfsproces 72

- 5.1 Controlepunten in een proces 73
- 5.2 Procesgegevens 77
- 5.3 De regelkring 81
- 5.4 Werken met meetgegevens 86
- 5.5 Afsluiting 90

6 Weten door meten 91

- 6.1 Begrippen in de meettechniek 91
- 6.2 Meetapparatuur nader bekeken 94
- 6.3 Werkingsprincipes en gebruik 97
- 6.4 Afsluiting 108

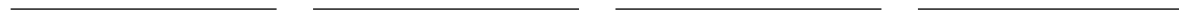
7 Bedrijfsplattegronden 109

- 7.1 Bouwkundige plattegrondtekeningen 111
- 7.2 De milieutechnische plattegrondtekening 115
- 7.3 Afsluiting 118

Trefwoordenlijst 119



Onderwijseenheid Processen en procesapparatuur



1 Productieprocessen

Oriëntatie

In de winkels zijn talloze producten te koop. Het ligt dus voor de hand dat er heel veel verschillende productieprocessen nodig zijn om al die verschillende producten te kunnen maken.

Goulash en pannenkoeken bijvoorbeeld, worden in de keuken van een restaurant op totaal verschillende manieren bereid. Afhankelijk van het soort gerecht, wordt in een restaurant dus volgens een ander recept gewerkt. Ook in een restaurant is er dus sprake van verschillende productieprocessen. Daarbij verschillen niet alleen de gebruikte ingrediënten maar ook de toegepaste bereidingswijzen.

Een appelmoesfabrikant lijkt het wat gemakkelijker te hebben. Hij heeft slechts te maken met één productieproces. Het kernproces is immers niet meer dan dat appels tot appelmoes worden verwerkt. Als je dit tamelijk eenvoudige productieproces in de keuken onder de knie hebt, dan weet je ook welke bewerkingen de appels in de fabriek ondergaan.

Maar, de appelmoesfabrikant krijgt weer te maken met productie-aspecten die in een restaurant niet aan de orde zijn. Zo zal hij zijn product moeten steriliseren en daarna verpakken in glazen potten of blikken. En de potten en blikken zullen vervolgens geëtiketteerd moeten worden. Het zal je duidelijk zijn geworden dat er bij de meeste productieprocessen meer om de hoek komt kijken dan je in eerste instantie zou denken.

1.1 Wat zijn processen?

proces De meest eenvoudige omschrijving van een *proces* luidt: 'wijze van behandeling'. Met deze omschrijving kun je alle kanten op. Zo werkt een boekhouder op een bepaalde manier de cijfers van een bedrijf voor de boekhouding, bakt de bakker brood uit deeg en zal een verpakkingsmachine producten op een bepaalde manier inpakken. In al deze gevallen vinden processen plaats, maar ze zijn totaal verschillend.

grondstoffen De kern van ieder productieproces bestaat uit de toevoer van *grondstoffen* die in een eindproduct
bewerkingsproces worden omgezet tot het *gewenste eindproduct*. Uit aardappelen worden bijvoorbeeld frieten gemaakt. De machines die van de aardappelen frieten maken, werken alleen als de stekker in het stopcontact zit! Ook moet de temperatuur bij bepaalde bewerkingen voldoende hoog of laag zijn om de frieten de juiste kwaliteit te geven. Kortom, zonder de inzet van energie kan een proces niet zijn beloop hebben.

hulpstoffen In bijna ieder productieproces worden ook *hulpstoffen* gebruikt. Dit zijn stoffen die noodzakelijk zijn om het proces te kunnen uitvoeren, maar deze komen uiteindelijk niet in het eindproduct terecht. Om uit aardappelen frites te maken is schoon leiding- of grondwater nodig voor wassen en transport. Dit water is in dit geval een hulpstof,

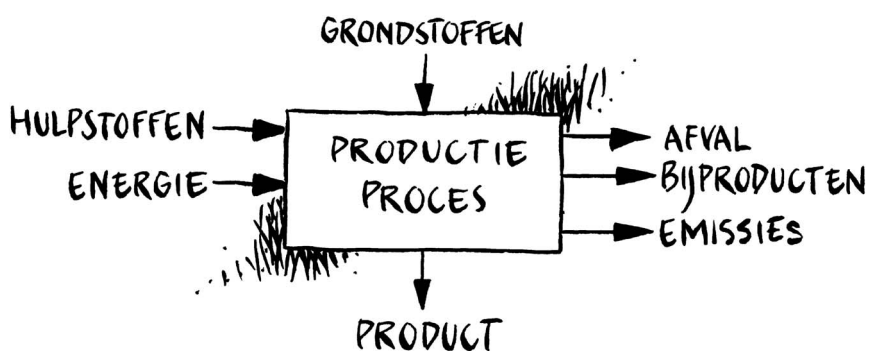
want het komt niet in de frites terecht. Ook elektriciteit kun je als hulpstof zien.

afvalstoffen In elk productieproces komen *afvalstoffen* vrij. Sommige afvalstoffen kunnen in hetzelfde of een ander proces weer gebruikt worden. Deze afvalstoffen worden dan *bijproducten* genoemd. Bij de bereiding van boter komt bijvoorbeeld karnemelk als bijproduct vrij en spoelwater als afvalstof. Afvalstoffen die worden uitgestoten via de

emissies schoorsteen of worden geloosd op het riool, noem je *emissies*. Het spoelwater dat vrijkomt bij de boterbereiding is een emissie van afvalwater.

In productieprocessen worden door een combinatie van grondstoffen, productie-apparatuur en andere bedrijfsmiddelen producten gemaakt. Deze eindproducten zijn gereed voor direct gebruik of worden als onderdeel weer in een volgend productieproces gebruikt. Aan de koplamp van een fiets heb je niets als je de rest van de fiets niet hebt. De koplamp zelf is een product van de processen in de koplampenfabriek. Voor de fietsenfabriek is het slechts een onderdeel of halfproduct.

Fig. 1.1
Elementen van een
productieproces



Productieprocessen moeten aan een groot aantal eisen voldoen. Ten eerste wil de overheid dat de bedrijfsprocessen aan de veiligheids- en milieuregels voldoen. Ten tweede wil de klant een betaalbaar product van goede kwaliteit. Ten derde moet het bedrijf er genoeg mee kunnen verdienen om te kunnen blijven bestaan. Het doel van een productieproces is dus zo rendabel mogelijk produceren waarbij aan alle regels wordt voldaan. Om dat voor elkaar te krijgen, moet er dus over alle onderdelen van het productieproces terdege nagedacht worden voordat een bedrijf er mee aan de gang gaat.

Hulpstoffen

In de praktijk verlopen processen niet zonder de inzet van grond- en hulpstoffen. De grondstoffen vind je uiteindelijk terug in het eindproduct, hulpstoffen niet. Je kunt hulpstoffen in diverse verschijningsvormen op de werkvloer tegenkomen. Hieronder volgt een overzicht van veel gebruikte hulpstoffen.

Stoom

In veel processen zijn hoge(re) temperaturen van een materiaalstroom nodig om een bewerking uit te voeren. De temperatuur werkt dan mee aan het maken van een goed of gaar product. Denk aan het pasteuriseren van bonen in een glazen pot, of het gaarstoven van de appels om er appelmoes van te maken. Veel bedrijven zetten hiervoor stoom in die in het bedrijf zelf wordt gemaakt in een speciale stoomketel.

Brandstof

Brandstoffen zijn er in vele soorten. Brandstoffen zet je in voor verwarmings- en transportdoeleinden. Aardgas, butaan en propaan zijn de meest milieuvriendelijke brandstoffen. Bij de verbranding van diesel, huisbrandolie en stookolie komen roetdeeltjes vrij. Daarom moet je deze brandstoffen het liefst zo min mogelijk gebruiken.

Proceswater

Water is een veelzijdige hulpstof. Je kunt ermee wassen, schoonmaken, transporteren en koelen. Daarom kun je proceswater inzetten voor vele doeleinden. Steeds vaker wordt onderscheid gemaakt in hoog- en laagwaardige inzet van proceswater. *hoogwaardig proceswater* Hoogwaardig proceswater moet van een bepaalde standaardkwaliteit zijn terwijl *laagwaardig proceswater* laagwaardig proceswater net goed genoeg moet zijn. De eerste wassing van een partij bonen kun je doen met het (afval)water van de tweede wassing van een vorige partij. Zowel drinkwater, grondwater en oppervlaktewater kun je als proceswater gebruiken. Om grondwater en oppervlaktewater in een proces te kunnen inzetten kan het echter wel nodig zijn dit water eerst te behandelen. Zo kan er bijvoorbeeld te veel ijzer in het grondwater zitten of moeten verontreinigingen uit het oppervlaktewater gefilterd worden.

Koelwater

Als koelwatergebruik je meestal oppervlaktewater en grondwater. Daarna zou je dit water nog als schoonmaakwater kunnen gebruiken. Als je met een rendabele installatie de warmte uit het koelwater op een andere plek weet te benutten, kun je met een veel kleinere hoeveelheid opgepompt nieuw proceswater toe. In de grote koeltorens die je aantreft bij elektriciteitscentrales, koelt het oppervlaktewater het opgewarmde proces(koel)water. Het verwarmde oppervlaktewater gaat terug de rivier in.

Perslucht

In veel bedrijven regelt perslucht de aandrijving van apparaten en gereedschappen. Ergens in het bedrijf staat een compressor opgesteld die lucht tot hoge druk samenperst. Een leidingensysteem leidt deze luchtdruk naar de gewenste plaats. Speciaal gereedschap is met een luchtslang aan de leiding gekoppeld. Op deze manier gebruik je dus perslucht als alternatief voor elektriciteit. Met perslucht kun je natuurlijk ook uitstekend apparaten of producten stofvrij blazen.

Gassen

In de industrie gebruik je behalve aardgas, nog heel veel andere soorten gassen. Deze zet je in bij de meest uiteenlopende unit-operations. De gassen worden in reservoirs gedistribueerd naar de bedrijven. Binnen het bedrijf zijn speciale locaties ingericht om de gasflessen te parkeren voor gebruik ter plaatse of om ze aan te sluiten op het leidingnet voor gebruik op meerdere plaatsen tegelijk. In metaalbewerkingsbedrijven vind je gassen als zuurstof, argon en acetyleen in flessen die verschillend gekleurd zijn.

Katalysator

Een katalysator is een stof die in een relatief kleine hoeveelheid een chemische reactie versnelt of vertraagt zonder daarbij zelf te worden verbruikt. Katalysatoren zet je vaak

in bij bereidingsprocessen van chemicaliën. De katalysator van een nieuwe auto werkt op dezelfde manier. De reacties in de katalysator verminderen de nog schadelijke bestanddelen in de uitlaatgassen van een verbrandingsmotor met 90%. De katalysator raakt niet vlug uitgeput en kun je daarom lang gebruiken.

Elektriciteit

Elektriciteit is weliswaar niet te zien, maar je gebruikt het wel in nagenoeg elk productieproces. Hierdoor kun je elektriciteit toch als een heel belangrijke hulpstof beschouwen.

Overige vloeistoffen en vaste stoffen

In veel processen gebruik je behalve water ook andere vloeistoffen. Een spuitertij zal alvorens te gaan lakken, de te spuiten auto eerst vetvrij maken met een ontvetter. Dit is veelal een organisch oplosmiddel dat snel vervluchtigt. Ook vaste stoffen kunnen als hulpstof dienst doen. Zo gebruik je bijvoorbeeld vormzand bij het gieten van metalen voorwerpen in vormen.

Vragen 1.1

- a Welk doel heeft een productieproces voor een bedrijf?
- b Noem tenminste 2 grondstoffen en 2 hulpstoffen die nodig zijn bij de bereiding van saus. Verklaar je antwoorden.
- c Wat is het verschil tussen een afvalstof en een bijproduct?
- d Omschrijf met eigen woorden wat in figuur 1.1 is uitgebeeld.
- e Geef een omschrijving van het begrip hulpstof.
- f Noem ten minste vijf veel gebruikte hulpstoffen en geef aan welk belang ze hebben voor een proces.
- g Uit welke bronnen kan een bedrijf zijn proceswater betrekken?
- h Wat zullen de gevolgen voor het milieu zijn van het voortdurend lozen van te warm koelwater in het oppervlaktewater?
- i In hoeverre kun je elektriciteit als hulpstof beschouwen?
- j Is een batterij een grondstof of een hulpstof voor je walkman?

1.2 Typen productieprocessen

In een productieproces ondergaan de grond- en hulpstoffen allerlei soorten bewerkingen die een product tot resultaat hebben.

Afhankelijk van het type bewerking dat plaatsvindt, kan een productieproces worden ingedeeld bij één van de drie volgende typen processen:

- bereidingsprocessen;
- bewerkingsprocessen;
- ondersteunende processen.

Bereidingsprocessen

In bereidingsprocessen worden de producten, volgens een vaste volgorde van bewerkingen, bereid uit de grondstoffen zoals het geval is bij een gerecht in de keuken. Elke bewerkingsstap die iets met het product doet tijdens het proces, wordt ook wel

eenheidsbewerking genoemd. Voorbeelden van eenheidsbewerkingen die worden ingezet bij bereidingsprocessen zijn mengen, verwarmen, filtreren, drogen en snijden.

Voorbeelden van bereidingsprocessen zijn:

- het maken van benzine uit aardolie;
- het branden van koffiebonen;
- het op kleur brengen van verf;
- het maken van kunststof korrels als basis voor talloze kunststof voorwerpen;
- het maken van frisdrank.

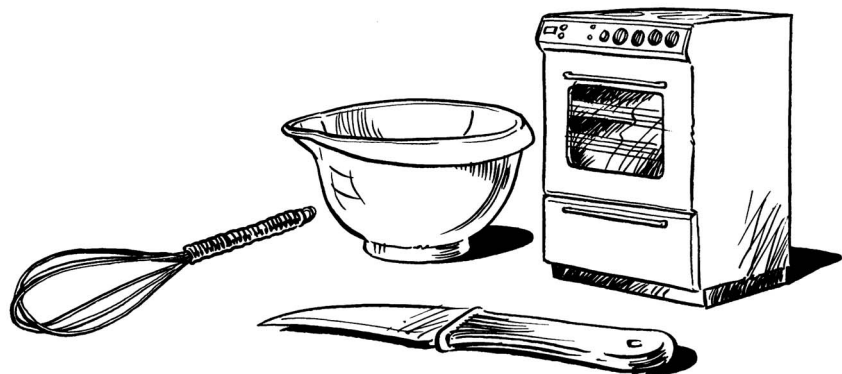
Je kunt de eindproducten van bereidingsprocessen algemeen omschrijven met het begrip '*stofproducten*'.

continuproces Er zijn twee vormen van bereidingsprocessen. Processen kun je als *continuproces* of ladingsgewijs, dus als een niet-continuproces, uitvoeren.

In een continuproces is er in principe een constante invoer van grond- en hulpstoffen in het proces met een onophoudelijke stroom van gereed product.

batchproces Bij een ladingsgewijs productieproces, ook wel een *batchproces* genoemd gaat dat anders. Dan doorloopt telkens een vaste hoeveelheid grond- en hulpstoffen het gehele proces. Pas als het product klaar is, kan de volgende lading grondstoffen bewerkt worden.

Fig. 1.2
'Bereidingsgereedschap'



Bewerkingsprocessen

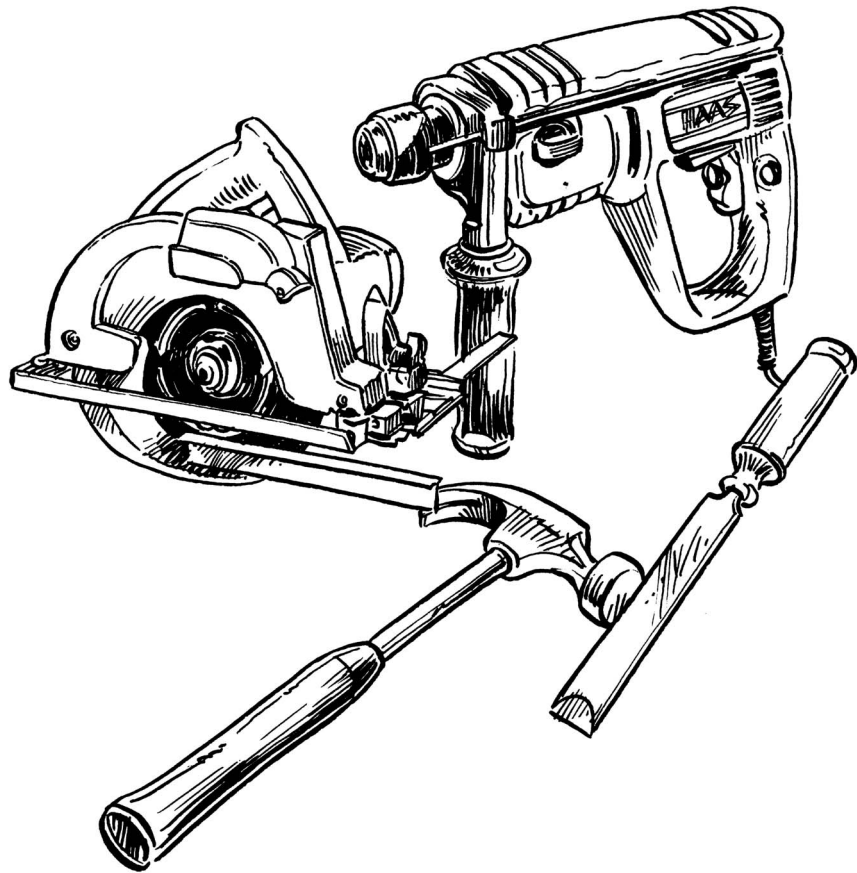
vormproducten Bewerkingsprocessen worden veelal toegepast op zogenaamde '*vormproducten*'. Vormproducten worden hierdoor in één of meer stappen geschikt gemaakt voor gebruik of verwerking in een product. Kenmerk van bewerkingsprocessen is, dat de ruwe uitgangsvorm van het vormproduct bij elke bewerking een stap dichterbij de gewenste eindvorm komt.

Voorbeelden van bewerkingsprocessen zijn:

- een stalen balk op de juiste lengte zagen, knippen of slijpen;
- een plank op de juiste plaatsen voorboren voor montage doeleinden;
- het lassen van een fietsframe;
- het verven van een product.

Bij vormproducten kan onderscheid gemaakt worden tussen enkelvoudige producten zoals een schroef of spijker en samengestelde producten zoals een fiets.

Fig. 1.3
'Bewerkingsgereedschap'

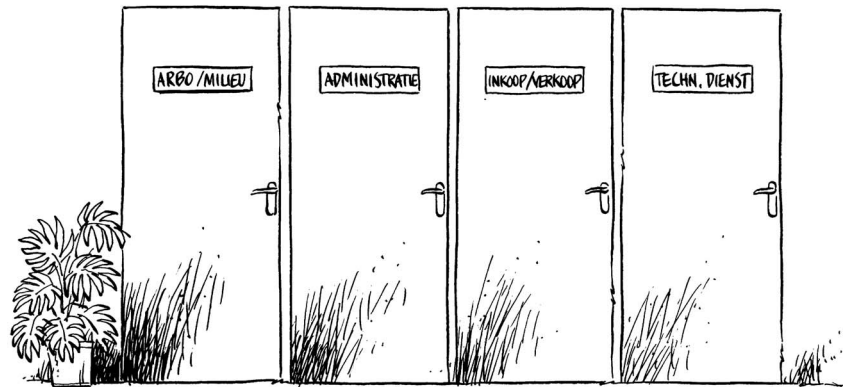


Ondersteunende processen

Tot nu toe heb je alleen kennis gemaakt met processen die de productie betreffen. Daarnaast zijn binnen een bedrijf echter nog talloze andere activiteiten noodzakelijk om het productieproces soepel te laten verlopen. Deze zogenaamde ondersteunende processen betreffen:

- de inkoop van grond-, hulpstoffen en verpakkingsmaterialen;
- de kwaliteitscontroles;
- het machineonderhoud en de procescontrole;
- onderzoek en ontwikkeling;
- arbo en milieu;
- de administratie;
- verkoop en marketing;
- het management.

Fig. 1.4
'Ondersteunende
gereedschappen'



- Vragen 1.2**
- a Welke drie typen productieprocessen kunnen worden onderscheiden?
 - b Geef van elk type productieproces een voorbeeld.
 - c Wat is een continuproces?
 - d Wat is een batchproces?
 - e Wat is het verschil tussen een vorm- en een stofproduct?
 - f Geef aan waarom een productieproces niet zonder ondersteunende processen kan?
 - g Tot welk type productieproces behoort het proces van saus maken?
 - h Noem twee ondersteunende processen bij het proces van saus maken.

1.3 Bewerkingen in een productieproces

In een productieproces wordt in verschillende, opeenvolgende stappen naar een eindproduct toegewerkt. Het eindproduct is daarom een optelsom van de verschillende bewerkingen.

stofstroom
unit-operation

Elke bewerking waarbij veranderingen optreden aan de *stofstroom* wordt een *unit-operation* of eenheidsbewerking genoemd. Deze unit-operations volgen elkaar logisch op. Door water en meel te mengen tot deeg is de bakker een stapje dichterbij het eindproduct 'brood' gekomen. Door ruwhouten planken op maat te zagen is de timmerman een stapje dichterbij het eindproduct 'tafel' gekomen.

Om tot een goed en betaalbaar product te komen, zijn de noodzakelijke unit-operations in een bepaalde volgorde gerangschikt in een productieproces. Je kunt het vergelijken met een puzzel. Ieder stukje moet op de juiste plaats zijn neergelegd anders klopt de puzzel niet. Dat is ook het geval met de verschillende 'onderdelen' van een productieproces. Iedere unit-operation heeft binnen een productieproces een vaste plaats. Als de verschillende unit-operations niet goed 'passen' in het productieproces, dan verloopt de productie niet soepel, dus niet efficiënt.

1.4 Procesbeschrijving

In een procesbeschrijving staat beschreven welke handelingen en bewerkingen de grondstoffen ondergaan om ze te verwerken tot een eindproduct. Hierbij wordt ook vaak de gebruikte apparatuur genoemd. Zo wordt de lezer van een procesbeschrijving door het hele productieproces gevoerd, van grondstof tot eindproduct.

Het recept van je favoriete gerecht is in feite de procesbeschrijving van dat gerecht. Deze procesbeschrijving is geschreven voor toepassing op kleine schaal, namelijk in de keuken van een huishouden of klein restaurant. Zou hetzelfde gerecht op grote schaal in een fabriek gemaakt worden dan, zal dat 'recept' een wat ander verhaal zijn. Hoeveelheden en 'keukengeri' zullen in een fabriek namelijk behoorlijk afwijken van die in je kookboek. Ook kunnen de bewerkingstijden afwijken.

Procesbeschrijving van industriële appelmoesbereiding

Hierna zie je wat er allemaal bij komt kijken voordat er potten appelmoes klaar staan om vervoerd te worden naar de winkels. Er zijn 11 stappen te onderscheiden.

- 1 Bij aankomst wordt een vrachtwagenlading appels in een waterbassin gestort waarin ze grondig worden gewassen.
- 2 Een transportband brengt de appels naar een trommeldroger. Daarin wordt het aanhangende water van de appels verwijderd.
- 3 Vervolgens worden de appels in een snijmachine verkleind. De appelstukken gaan een appelstomer in, waar ze na 15 minuten gaar uitkomen.
- 4 De gestoomde delen komen terecht in de passeermachine waar de schillen en pitten van de moes gescheiden worden.
- 5 De moes wordt in grote mengbakken opgevangen en gezoet met suiker waardoor de appelmoes op een suikerpercentage van 18% gebracht wordt.
- 6 Via een afvoerleiding zuigt een pomp de appelmoes naar de doseermachine waar de appelmoes in de glazen potten wordt gedaan.
- 7 Via een lopende band komen de potten met appelmoes bij de machine die de potten met schroefdeksels afdicht.
- 8 De potten worden vervolgens 8 minuten gepasteuriseerd bij 85° C.
- 9 Na te zijn afgekoeld tot onder 20° C krijgen de potten in de etiketteermachine een etiket opgeplakt.
- 10 Dan worden de glazen potten door een verpakkingsmachine per 12 stuks verpakt in een kartonnen doos.
- 11 Tenslotte worden de dozen op pallets gestapeld en afgevoerd naar de afdeling Expeditie.

- Vragen 1.3** Als gevolg van verschillen in schaalgrootte zijn er tussen gelijksoortige productieprocessen verschillen in de procesuitvoering. Vergelijk de bovenstaande procesbeschrijving van industriële appelmoesbereiding met de beschrijving in het appelmoespracticum van opdracht 1.6 en met die uit een kookboek.
- a Welke overeenkomsten merk je op?
 - b Welke verschillen constateer je?

1.5 Processchema's

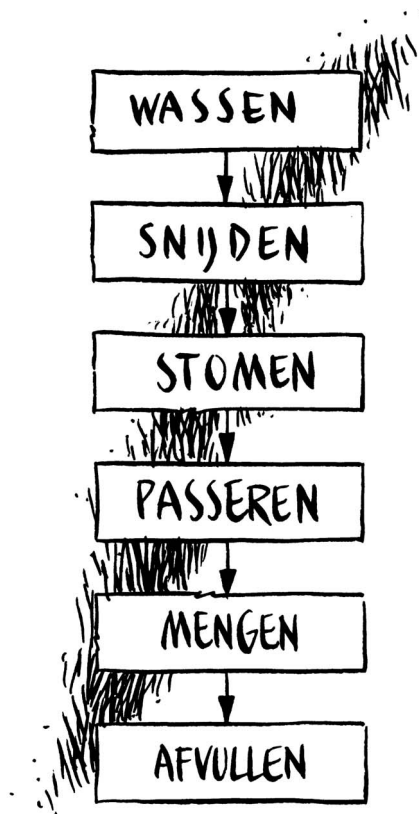
Een productieproces kan ook worden weergegeven in een processchema. Een veelgebruikte wijze van procesweergave is die op basis van de unit-operations van een proces. De lezer krijgt een nauwkeurig overzicht van de volgorde van de verschillende procesbewerkingen.

stroomschema Een processchema op basis van de unit-operations wordt een *stroomschema* genoemd. In een stroomschema lees je welke bewerkingen de stofstromen in welke volgorde ondergaan. In een volledig uitgewerkt stroomschema zie je ook in één oogopslag wat er bij het betreffende proces allemaal in- en uitgaat. Ook zie je bij welke unit-operation dit plaats vindt. De milieumedewerker kan in het stroomschema van het proces dus zien waar de milieu-aspecten van het productieproces zich (kunnen) bevinden. Zo kan uit een stroomschema worden opgemaakt waar uitstoot naar bodem, water of lucht plaatsvindt. De bekendste stroomschema's zijn het *blokschemablokschema* en de flowsheet.

Het blokschema

In een blokschema worden alle handelingen binnen de unit-operations van een proces aangegeven. Hiervoor worden hele werkwoorden gebruikt zoals 'snijden', 'afvullen' en 'verpakken'. Elke handeling wordt in een 'blok' gezet. De verschillende 'blokken' worden in de juiste volgorde van het proces onder elkaar geplaatst en onderling verbonden met een lijn. Het appelmoesproces ziet er dan uit zoals in figuur 1.5.

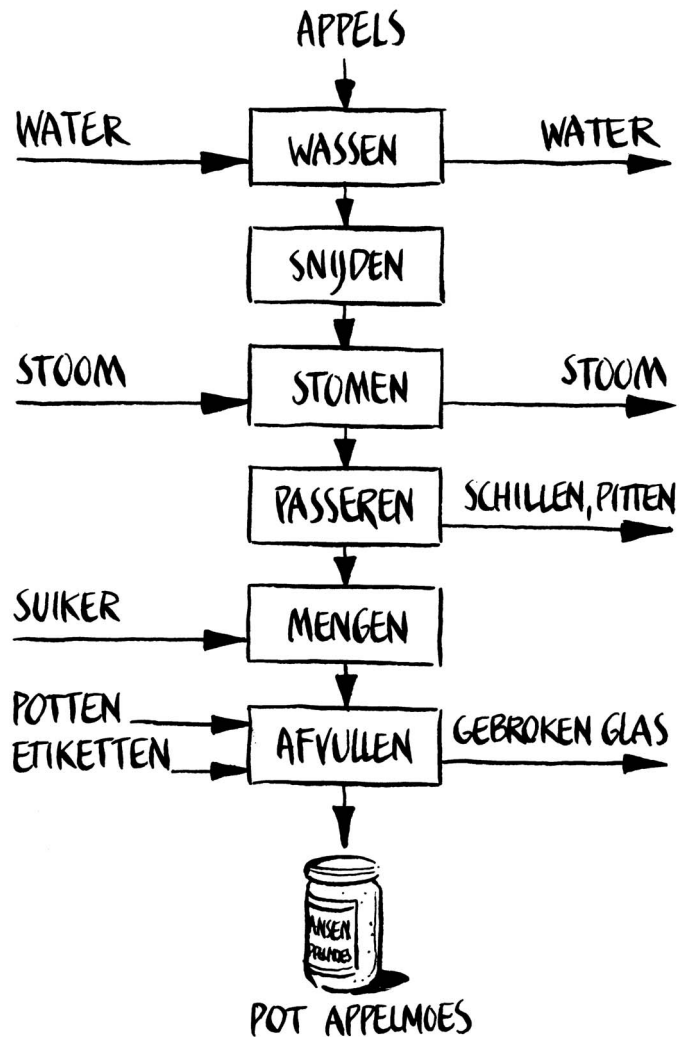
Fig. 1.5
Deelprocessen van de
appelmoesbereiding in
blokschema



In een volledig uitgewerkt blokschema van het appelmoesproces zijn nauwkeurig ook alle stofstromen aangegeven die het proces ingaan en/of uitgaan. Je kunt er op eenvoudige wijze uit opmaken waar grond- en hulpstoffen in het proces komen en waar welke bijproducten en afvalstoffen ontstaan. Als milieumedewerker kun je uit een volledig blokschema onder andere aflezen in welke unit-operation bijvoorbeeld veel energie nodig zal zijn (als gevolg van bijvoorbeeld verwarmingsprocessen) en waar welke afvalstoffen ontstaan.

Met afvalstoffen worden de uit het proces gestoten stofstromen bedoeld die via een afvalverwerker worden opgeruimd. Afvalstoffen die naar de lucht of via de riolering worden afgevoerd, worden emissies genoemd.

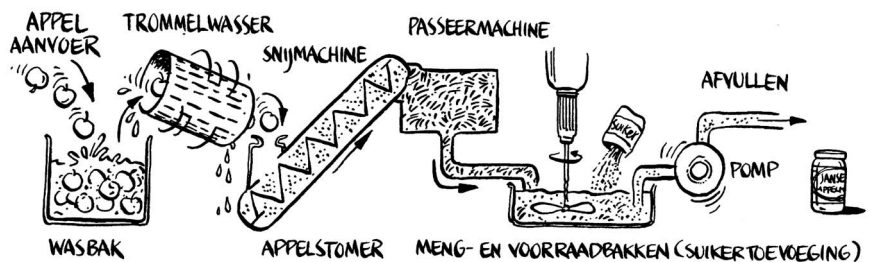
Fig. 1.6
Input en output bij
deelprocessen



De flowsheet

In een flowsheet worden de apparaten die gebruikt worden tijdens de productie in de juiste volgorde na elkaar getekend. Dit gebeurt in de vorm van eenvoudige schetsen van de apparaten waarbij de apparaten met naam worden genoemd. In figuur 1.7 is een flowsheet van het appelmoesproces getekend.

Fig. 1.7
Flowsheet van
appelmoesbereiding



-
- Vragen 1.4**
- a Welke informatie kun je lezen in een processchema?
 - b Noem 2 typen processchema's
 - c Wat zijn de verschillen tussen deze processchema's?

1.6 Afsluiting

Een bedrijfsproces kun je op verschillende manieren op papier zetten. Je kunt informatie over een bepaald proces krijgen door de procesbeschrijving nauwkeurig te lezen. Ook kun je uit het stroomschema van een proces de gang van zaken in het proces aflezen. Hierbij geeft een flowsheet met name informatie over de volgorde van de apparaten in het proces. Het blokschema geeft je met name informatie over de unit-operations die plaatsvinden. Daarnaast worden in het blokschema alle in- en uitgaande stoffen vermeld. Aan de hand van een goed blokschema kan een milieumedewerker zien waar in het proces op het milieu gelet moet worden.

2 Procesapparatuur

Oriëntatie

Een product maken zonder dat je gebruik maakt van de een of andere vorm van gereedschap is onmogelijk. Zo komen bij de bereiding van appelmoes heel wat gereedschappen aan de orde.

Voor het maken van appelmoes op kleine schaal, thuis of in een restaurant, heb je lepels en messen nodig maar ook pannen, een fornuis, een zeef en een weegschaal. Ga je kijken in een appelmoesfabriek, dan zie je een vergelijkbaar proces maar met heel andere 'gereedschappen'. In een fabriek zijn de keukengereedschappen vaak niet meer herkenbaar omdat ze 'verpakt' zijn in veelal grote apparaten. Met het omzetten van een schakelaar beginnen deze te werken en voeren ze een bepaalde unit-operation uit die je in de keuken meestal met de hand doet. Je zult je kunnen voorstellen dat er ongelooflijk veel verschillende apparaten in de industrie nodig zijn om al die verschillende unit-operations voor al die ontelbare producten uit te voeren!

- Vragen 2.1**
- Noem tenminste 5 apparaten op die bij je thuis in de keuken te vinden zijn en schrijf ze onder elkaar op een velletje papier.
 - Schrijf achter elk apparaat welke bewerking je ermee kan doen.
 - Schrijf achter elke bewerking hoe het apparaat die bewerking uitvoert.

2.1 De functie van procesapparatuur

procesapparatuur | Onder *procesapparatuur* kunnen alle apparaten worden gerekend die op de een of ander manier deel uitmaken van een productieproces.

Afhankelijk van de functie die een apparaat vervult in het bedrijfsproces, kan het in één van de onderstaande groepen worden ingedeeld:

- 1 apparatuur om grondstoffen te bewerken binnen de unit-operaties;
- 2 transportapparaten om unit-operations met elkaar te verbinden;
- 3 regelapparatuur om de unit-operations intern te regelen en/of op elkaar af te stemmen;
- 4 apparatuur om energiestromen en/of temperatuur te regelen;
- 5 apparatuur om informatiestromen te verwerken.

productieapparatuur | Apparatuur die wordt ingezet voor de vervaardiging en/of bewerking van een product wordt *productieapparatuur* genoemd.

- Vragen 2.2**
- Bestudeer figuur 1.7 nog een keer. Deel vervolgens alle apparaten in onder één van de in deze paragraaf genoemde apparaatgroepen.

2.2 Typen procesapparatuur

De verschillende bedrijfsprocessen zorgen voor een zeer afwisselend apparatenpark in de productiebedrijven. In hoofdstuk 1 is het onderscheid in bedrijfsprocessen besproken: er zijn bewerkingsprocessen, bereidingsprocessen en, zoals je je nog wel herinnert, ondersteunende processen. De bewerkings- en bereidingsprocessen vormen samen de productieprocessen van een bedrijf, maar ze vereisen beide hun eigen apparatuur.

In bereidingsprocessen worden producten samengesteld of gescheiden. In het appelmoesproces scheidt een passeerzeef de schillen en pitten van de moes. Een stap later wordt suiker in de appelmoes gemengd. Voorbeelden van soorten *bereidingsapparatuur* zijn doseerders, mixers, persen en kneeders maar ook zeven, afscheiders, filters en centrifuges worden tot de groep bereidingsapparaten gerekend.

In bewerkingsprocessen worden half- en bijproducten door één of meer vormveranderingen tot een eindproduct bewerkt of verwerkt.

Er wordt in het bovenstaande uitgegaan van een basisproduct dat nog verder moet worden bereid tot een eindproduct. Dat geldt niet alleen voor de appelmoesproductie, maar feitelijk voor alle producten. De koplamp van een fiets wordt niet bereid maar vervaardigd, dat zal je duidelijk zijn. De koplampenfabrikant heeft daarom te maken met *bewerkingsapparatuur* en niet met bereidingsapparatuur. In zijn fabriek zul je vrijwel zeker geen kneedmachine voor deeg tegenkomen, maar wel diverse metaalbewerkingsmachines zoals metaalpersen, walsen, freesmachines en metaaldraaibanken.

bewerkingsapparatuur

Of het nu om bereidingsmachines of om verwerkingsmachines gaat, je zult ze, als ze in een proces opgesteld staan, zo goed mogelijk op elkaar moeten afstellen. Als er per uur 1000 liter appelmoes uit het mengvat komt, moeten er per uur ook 1000 potten van 1 liter afgevuld kunnen worden, anders wordt het een puinhoop aan het eind van de productielijn. Alle apparaten zullen dus ook in hun *verwerkingscapaciteit* op elkaar moeten zijn afgestemd.

verwerkingscapaciteit

Vragen 2.3

- Wat is het verschil tussen de werking van een zeef en een menger?
- Is het gieten van staal een bereidings- of een bewerkingsproces? Verklaar je antwoord.
- Waarom moet de bewerkingscapaciteit van de apparaten in een proces op elkaar zijn afgestemd?
- Noem enkele bewerkingsapparaten uit de gereedschapskist bij jou thuis.
- Noem enkele bereidingsapparaten van de warme bakker.

2.3 Het herkennen van procesapparatuur

Als je een procesbeschrijving leest, dan kun je uit het verhaal vaak opmaken welke bewerkingen de grondstoffen achtereenvolgens ondergaan.

bewerking Aan de *bewerking* die een procesapparaat uitvoert, kun je een apparaat herkennen. Als je het proces in een blokschema zet, wordt meestal gelijk duidelijk wat voor soort productieapparatuur je waar in het proces moet inzetten.

Vragen 2.4 Ook al weet je tot nu toe weinig of niets van metaalbewerkingprocessen, als je de procesbeschrijving kunt lezen, kun je erover meepraten!
Lees de onderstaande procesbeschrijving en beantwoord daarna de vragen.

Procesbeschrijving van een stalen brug

- 1 In de constructiewerkplaats van een metaalbedrijf wordt een boogvormige stalen brug gemaakt met een overspanning van 6 meter. Hiervoor zal hoogwaardig roestbestendig metaal worden gebruikt.
Als grondstof voor de brug worden zowel ronde pijpvormige delen gebruikt voor onder meer de brugleuning, als stevige stalen balken die als dragende overspanning moeten dienen. Het totale gewicht van de grondstof bedraagt 6.500 kg.
- 2 Als eerste unit-operation worden de verschillende delen op maat gezaagd met een cirkel-, een beugel-, of een lintzaagmachine. Tijdens het zagen worden snijvloeistoffen voor de koeling gebruikt die overigens telkens worden hergebruikt.
- 3 Na het zagen worden de verschillende delen verder bewerkt. Daarbij worden diverse verspanende bewerkingen toegepast.

Achtergrondinformatie

Verspanende bewerkingen zijn bewerkingen waarbij afvaldeeltjes ontstaan doordat delen van het materiaal worden weggenomen om het in de vereiste vorm te krijgen. Daarvoor kun je verschillende machinegereedschappen gebruiken, zoals draaibanken, freesbanken en boor-, slijp-, en schuur- machines.

Een gedeelte van de brugdelen wordt gefreesd, waarbij een draaiend gereedschap (de frees) materiaal van het werkstuk wegneemt. Ook dienen er gaten geboord te worden om later de constructie mogelijk te maken. Als afwerking dienen de brugonderdelen geschuurd of gepolijst te worden. Bij al deze verspanende bewerkingen wordt een gedeelte van het materiaal weggenomen en resteert dus een kleiner gedeelte van de stofstroom voor het product.

- 4 Nadat alle brugdelen op deze wijze zijn voorbereid, moet het dragende deel nog vervormd worden omdat de brug een gebogen vorm moet krijgen. De draagconstructie wordt daarom in door middel van een pers tot de juiste kromming gebogen. Dit is uiteraard een 'niet-verspanende bewerking' omdat er bij het persen geen afvaldeeltjes ontstaan.

-
- 5 Nu alle onderdelen de vereiste voorbereidende unit-operations of bewerkingen hebben ondergaan, kan de eigenlijke constructie beginnen. In de metaalconstructie zijn vele verbindingstechnieken mogelijk. Het dragende deel van deze brug wordt geconstrueerd door de verschillende onderdelen te verbinden door lassen.

Achtergrondinformatie

Onder lassen verstaat men het hecht verbinden van metalen of kunststoffen door samensmelting. Daartoe worden de te verbinden materialen tijdelijk, soms onder druk, door verhitting plastisch of vloeibaar gemaakt en tegen elkaar gehouden. Na afkoeling zijn de te verbinden delen één geheel geworden. Soms moet je een toevoegmateriaal gebruiken om het lasproces goed te kunnen laten verlopen.

- 6 Nadat de brug geconstrueerd is, ondergaat hij een oppervlaktebehandeling. In dit geval wordt de brug, na gereinigd en ontvet te zijn, nogmaals gepolijst en daarna van weerbestendige lakken voorzien. De brug weegt 6.200 kg wanneer deze geplaatst wordt.
- a Maak van het hierboven beschreven proces een zo volledig mogelijk blokschema.
 - b Geef in het processchema bij elke unit-operation aan, welk type apparaat wordt ingezet.
 - c Geef in het processchema aan, waar verspanende machines gebruikt zullen worden.

2.4 Bereidingsapparatuur

De onderdelen van de unit-operations in het blokschema vertellen je al veel over welke typen productieapparatuur in de afzonderlijke productiefases worden gebruikt. We gaan van een aantal veel gebruikte productieapparaten het werkingsprincipe bekijken. We onderscheiden daarbij twee soorten productieapparaten: bereidingsapparaten en bewerkingsapparaten. In deze paragraaf nemen we een aantal bereidingsapparaten onder de loep. In paragraaf 2.5 gaan we nader in op veel gebruikte bewerkingsapparaten.

Het principiële verschil tussen bereidings- en bewerkingsapparaten is je al bekend. Bij 'bereiden' werk je volgens een recept (bijvoorbeeld als je een saus moet maken), bij 'bewerken' vervorm je grondstoffen om het gewenste half- of eindproduct te verkrijgen (denk aan het maken van een brug).

We bespreken verschillende bereidingsapparaten die worden toegepast om te mengen, doseren, zeven en persen.

Mengen

In de unit-operation 'mengen' zul je een mengmachine moeten installeren. Bij het mengen worden (grond)stofdeeltjes gelijkmatig door de gehele massa verspreid. De technische uitvoering van de *menger* zal afhangen van de aard van de stoffen die je moet mengen. Je kunt van één en hetzelfde mengapparaat moeilijk verwachten dat het geschikt is voor én gassen én vloeistoffen én vaste stoffen of combinaties daarvan.

De aard van de te mengen stoffen zal daarom voor een belangrijk deel het werkingsprincipe van de menger bepalen. Zo kan meel met water in een menger met roerarmen worden gemengd tot deeg. Dergelijke apparaten zijn natuurlijk volledig ongeschikt om gassen te mengen. Ze zouden immers direct ontsnappen uit de mengbak!

Mengers voor vaste stoffen

Er zijn drie belangrijke typen mengers voor vaste stoffen te onderscheiden. In de volgende figuren worden de werkingsprincipes duidelijk gemaakt.

Fig. 2.1
Mengers met roerarmen

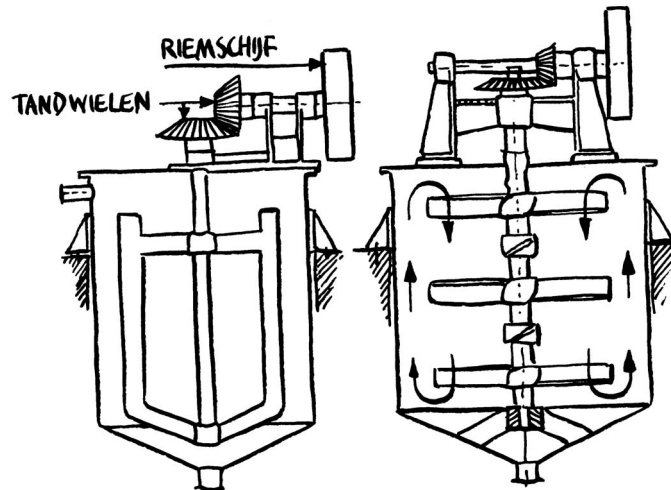


Fig. 2.2
Kneeder

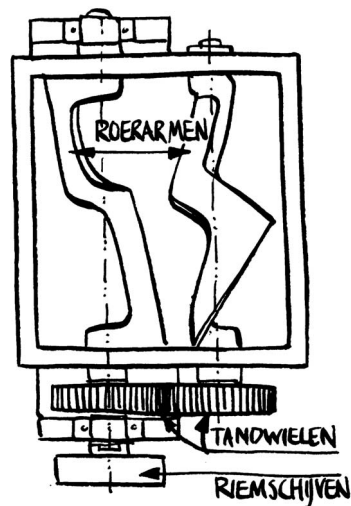
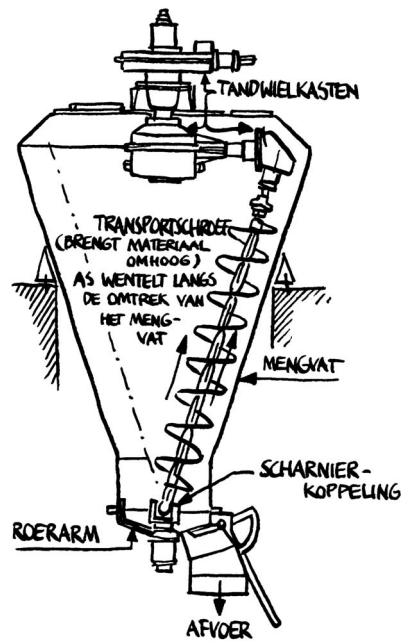


Fig. 2.3
Snelmenger van Nauta



Mengers voor gassen

Gassen worden gemengd met behulp van een mengkamer of worden door een mengbuis geleid. Mengbuizen zijn er in twee soorten: met gaten of met platen. De werkingsprincipes van deze twee methodes worden duidelijk met figuur 2.4 en figuur 2.5.

Fig. 2.4
Mengkamer

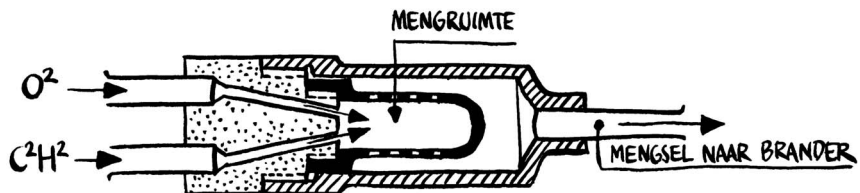


Fig. 2.5
Mengbuizen



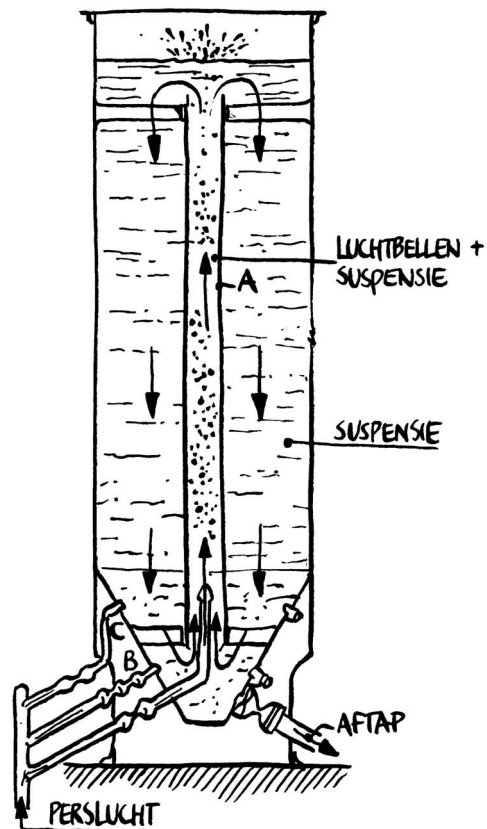
Mengers voor gassen met vloeistoffen

Om gassen met vloeistoffen te mengen kun je gebruik maken van de apparaten die in figuur 2.6 en figuur 2.7 schematisch zijn afgebeeld.

Fig. 2.6
Injector



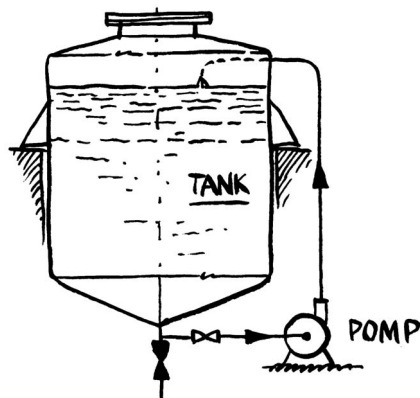
Fig. 2.7
Agitator van Pachuca



Mengers voor vloeistoffen

Om vloeistoffen te mengen of gemengd te houden kun je gebruik maken van een rondpompinrichting, zoals in figuur 2.8 is weergegeven.

Fig. 2.8
Rondpompinrichting



Vragen 2.5

- Wat is mengen?
- Verklaar de variatie aan apparaten binnen de groep mengers.
- Geef van elk mengertype tenminste één voorbeeld en beschrijf de werking ervan.
- Beschrijf kort de werkwijze van de mengapparaten die zijn afgebeeld in de figuren 2.1 tot en met 2.8. Kijk goed naar de tekeningen. Je schrijft dus in je eigen woorden op, hoe de menging van de grondstoffen in het apparaat tot stand komt.

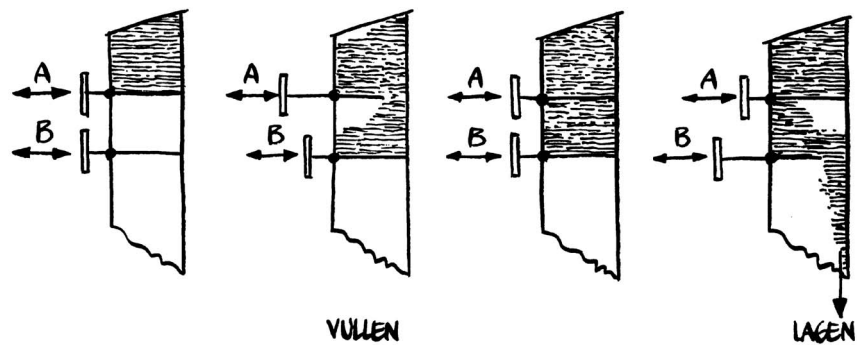
Doseren

Bij doseren wordt een stof uit een voorraad in een juiste hoeveelheid in een unit-operation ingebracht.

Doseren van vaste stoffen

doseerders Vaste stoffen kunnen met onderstaande *doseerders* worden afgemeten. Doseren kan op verschillende manieren, met een doseersluis, een doseerschroef, een doseerband of door middel van een weeginrichting.

Fig. 2.9
Doseersluis



Opmerking

doseerschuif Heb je maar één schuif dan heb je geen sluis meer en zal het doseren onnauwkeuriger gebeuren. We spreken dan van een *doseerschuif*. Een enkelvoudige doseerschuif is dus altijd onnauwkeuriger dan een met twee schuiven uitgevoerde doseersluis.

Fig. 2.10
Doseerschroef

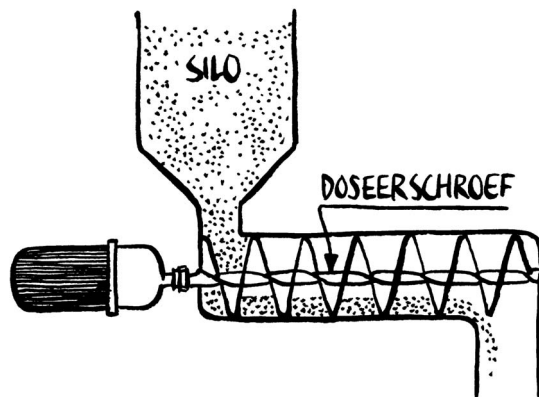


Fig. 2.11
Doseerband

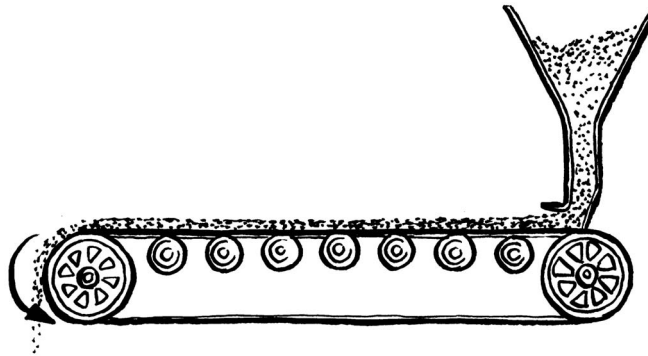
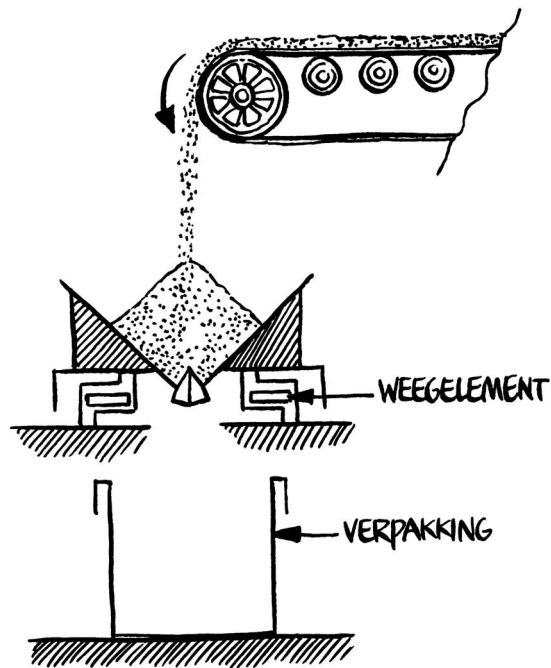


Fig. 2.12
Weeginrichting



Doseren van vloeistoffen

Vloeistoffen kunnen met afsluiters, pompen en injectiespuiten worden gedoseerd. Het verschil met het doseren van vaste stoffen is niet erg groot.

Fig. 2.13 Afsluiters

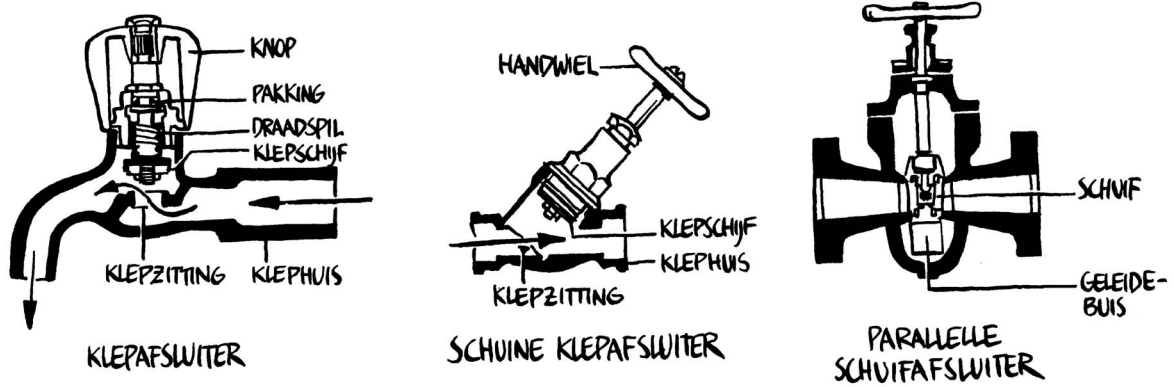


Fig. 2.14 Pompen

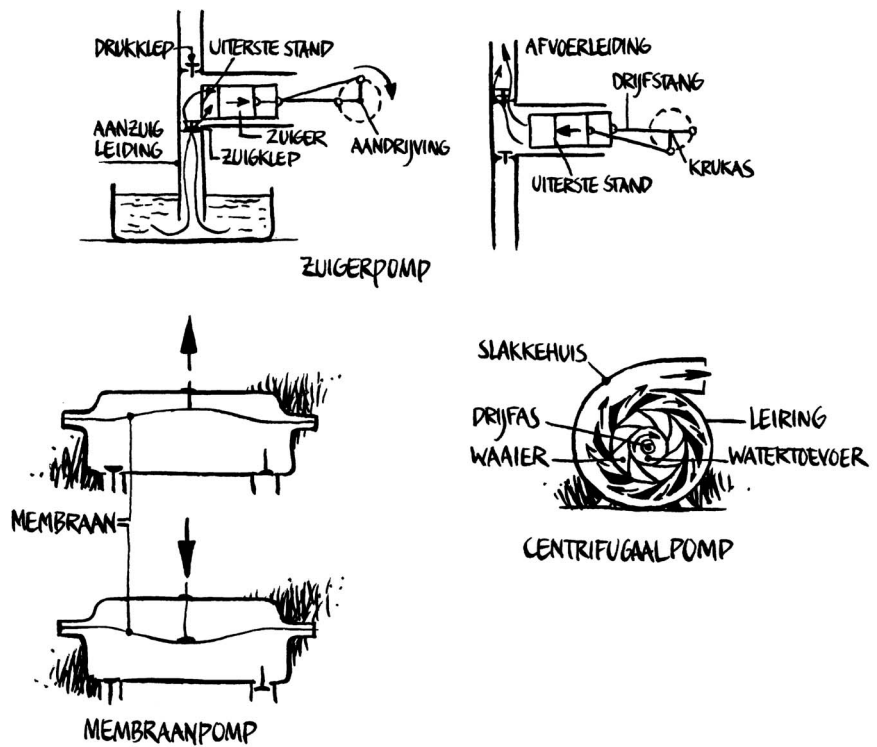
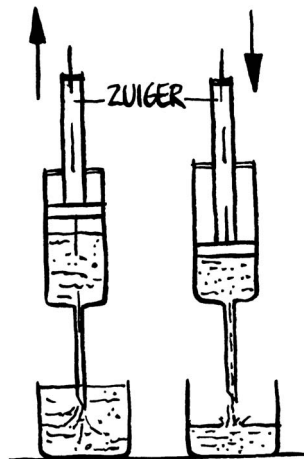


Fig. 2.15
Injecteren

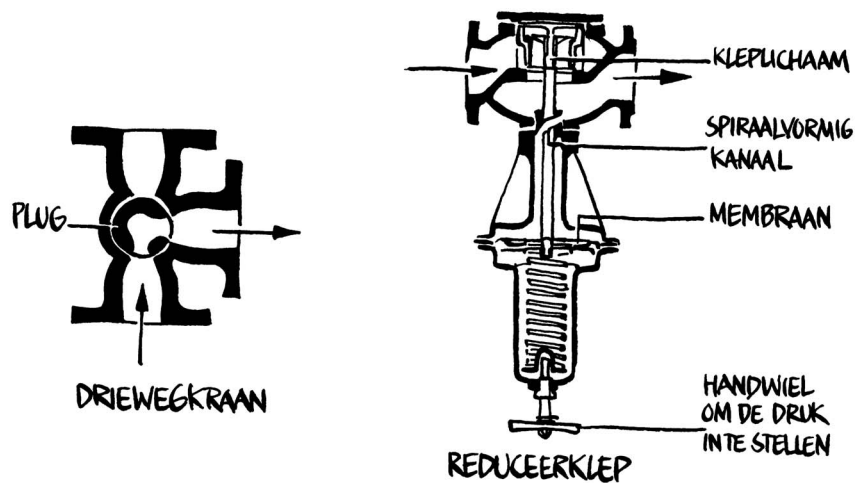


VULLEN EN LEGEN VAN EEN INJECTIESPUIT

Doseren van gassen

Het doseren van gassen geschiedt met behulp van kranen, die doorgaans worden aangeduid met het woord 'afsluiters'. Je zou dit passieve dosering kunnen noemen. Ook met pompen kan gedoseerd worden. Hoe harder de pomp werkt, hoe meer toevoer van gassen er is. Dit zou je actieve dosering kunnen noemen.

Fig. 2.16
Gasdoseerders



Zeven

scheidingsmethode

Zeven is een *scheidingsmethode* en dat is in feite het omgekeerde van mengen. Bij het zeven is de scheiding gebaseerd op de deeltjesgrootte. De mazen in de zeef laten de kleinere deeltjes door en die worden zo van de grote deeltjes gescheiden. Zeven kunnen van diverse materialen gemaakt zijn. Welk zeefmateriaal gebruikt wordt, is afhankelijk van de aard van de te zeven stoffen en het scheidingsdoel. Hieronder zijn voorbeelden van *zeven* opgenomen die vaste deeltjes uit een mengsel kunnen scheiden.

zeven

Zeven van vaste stoffen

Er zijn drie zeefmethoden die nogal vaak voorkomen. Die drie methoden worden je duidelijk gemaakt aan de hand van de volgende figuren.

Fig. 2.17
Spleetzeef

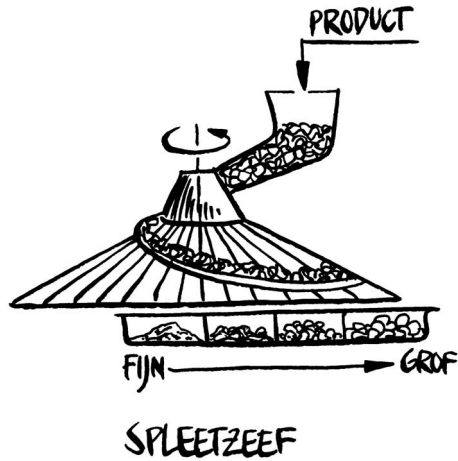


Fig. 2.18
Schudzeef

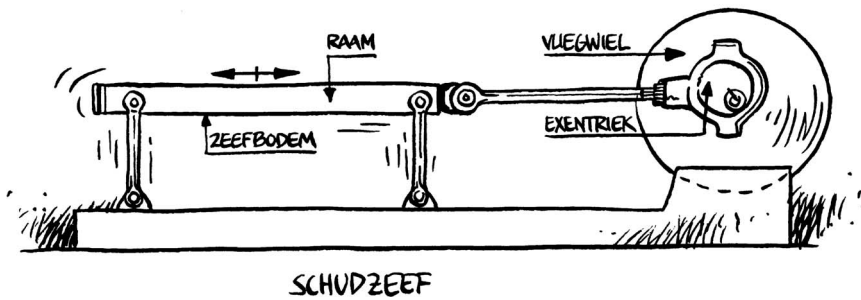
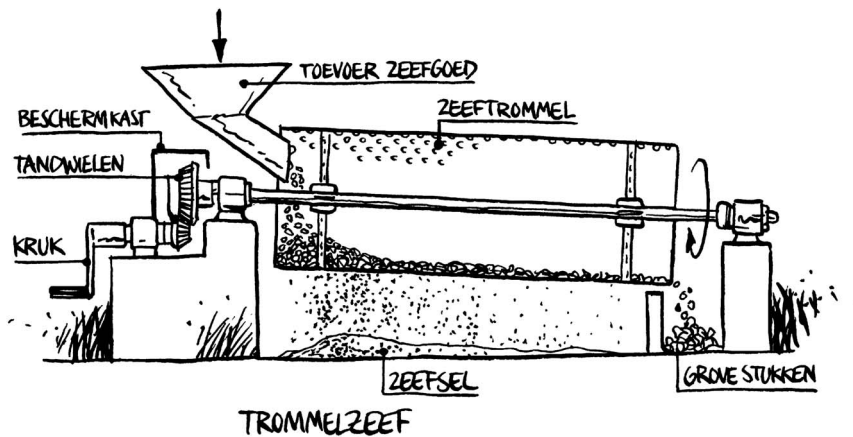


Fig. 2.19
Trommelzeef



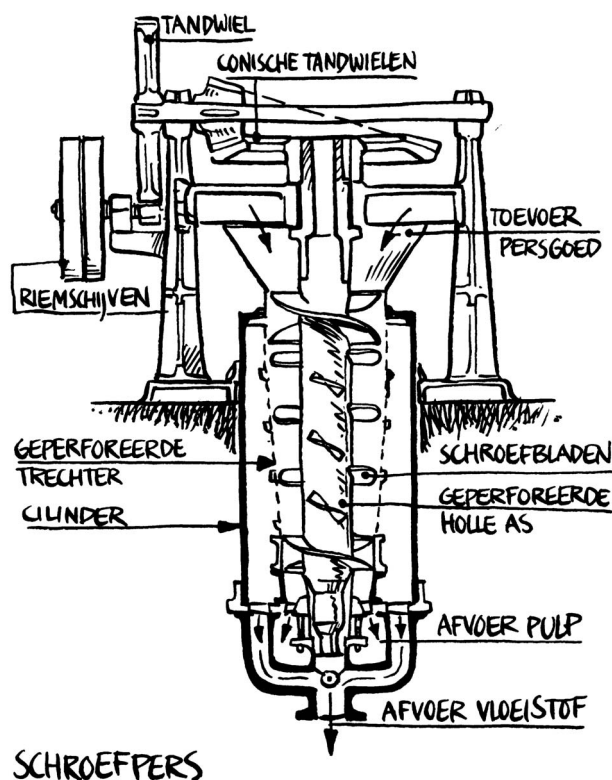
Zeven van vloeistoffen en gassen

Zeefapparatuur voor vloeistoffen en gassen wordt veel ingezet bij het schoon of schoner maken van water en/of rookgassen voordat deze een proces verlaten. Deze complexe apparatuur zal besproken worden in moduulboek LBCD bij het bespreken van Zuiveringstechnologieën.

Persen

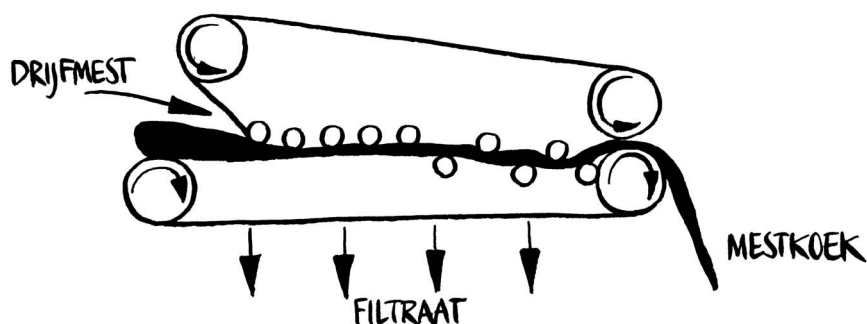
Door persen kunnen de vloeibare en vaste delen van een stof of een product van elkaar worden gescheiden. Je hebt dat gezien bij het maken van de appelmoes. De gare appelschijven worden met een metalen schroef door een (passeer)zeef gedrukt. De moesfractie loopt door de zeef terwijl de vaste fractie, bestaande uit de schillen en de pitten, in de zeef achterblijft. Een fabriekversie van de schroefpers ziet er als volgt uit.

Fig. 2.20
Schröepers



Een andere veelvoorkomende pers is de zeefbandpers.

Fig. 2.21
Zeefbandpers



Vragen 2.6 Neem onderstaand rijtje bereidingsprocessen over in je schrift en geef het doel van de genoemde unit-operation erbij aan:

- doseren;
- mengen;
- persen;
- zeven;
- afscheiden.

Raadplaag eventueel een woordenboek.

2.5 Bewerkingsapparatuur

Bij 'bewerken' vervorm je grondstoffen om het gewenste half- of eindproduct te verkrijgen. In de meeste gevallen volgt na het bewerken nog een constructie-fase waarin het product in elkaar wordt gezet.

We bespreken in deze paragraaf de benodigde apparatuur voor de volgende bewerkingsprocessen:

- breken;
- malen;
- pletten of walsen;
- persen;
- verspanen.

Breken

Breken heeft meestal de verkleining van vaste materialen tot doel. In de volgende figuren zie je drie soorten *brekers*.

brekers

Fig. 2.22
Kaakbreker

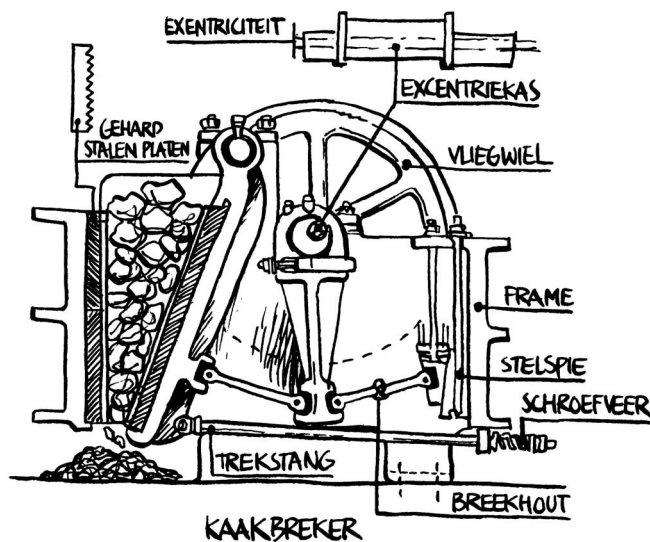


Fig. 2.23
Shredder

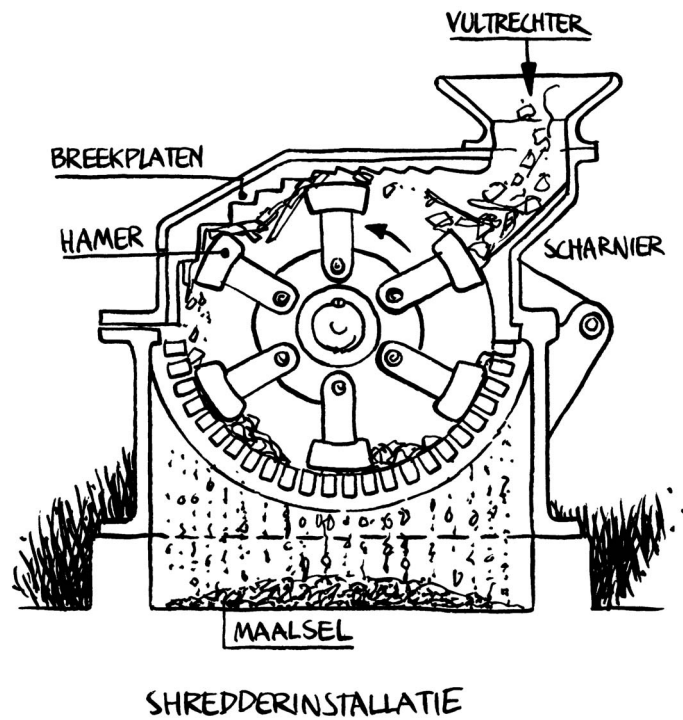
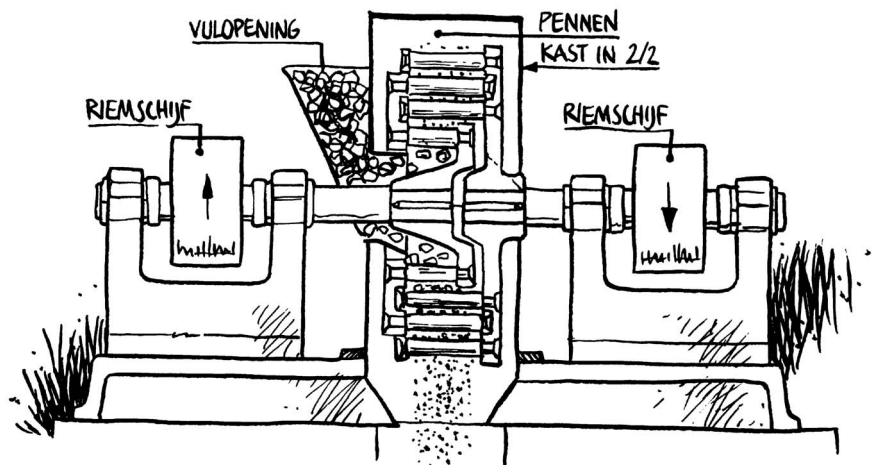


Fig. 2.24
Kruisslagmolen



Malen

maalwerktuig Malen is een vorm van breken. We spreken van malen als het gaat om het verkleinen tot zeer kleine deeltjes. Het oudst bekende *maalwerktuig* is de maalstoel die werd gebruikt om graan tot meel te vermalen. Met een walswerktuig kun je een grondstof ook tot zeer kleine deeltjes verkleinen.

Fig. 2.25
Maalstoel

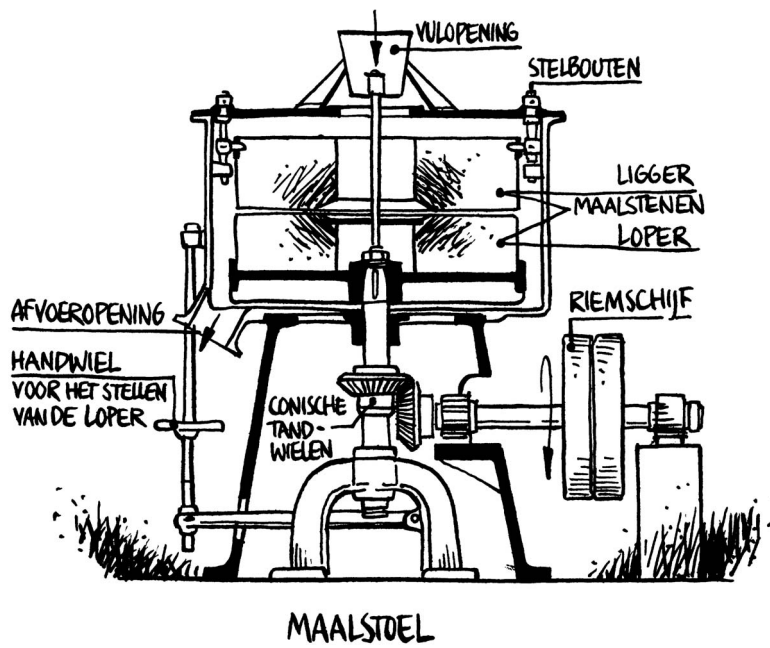
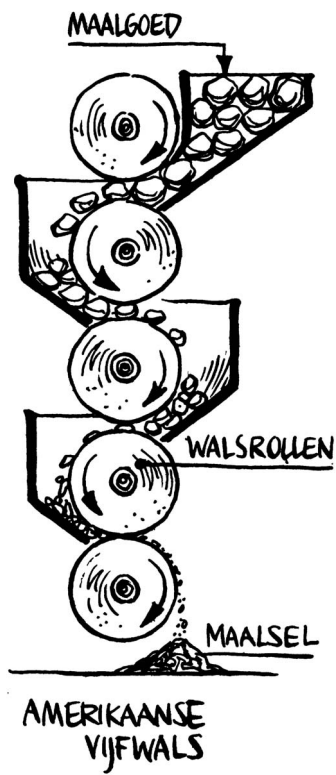


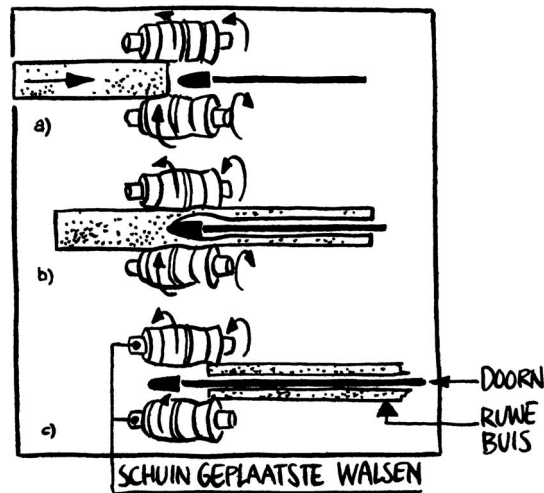
Fig. 2.26
Amerikaanse vijfvals



Pletten of walsen

Door pletten of walsen wordt de doorsnede of dikte van het materiaal verkleind. Dit proces wordt veel toegepast in de metaalindustrie. Gloeiende, nog plastische metaalblokken of metaalstaven worden door walsen geplet tot platen of vervormd tot profielen zoals draagbalken met (bijvoorbeeld) een H-profiel of buizen met een O-profiel.

Fig. 2.27
Het walsen van een buis



Persen

Persen dienen om materiaal en werkstukken te vervormen door middel van hoge druk. Naar hun bouw kunnen ze worden onderscheiden in hydraulische en mechanische persen.

Fig. 2.28 Hydraulische pers

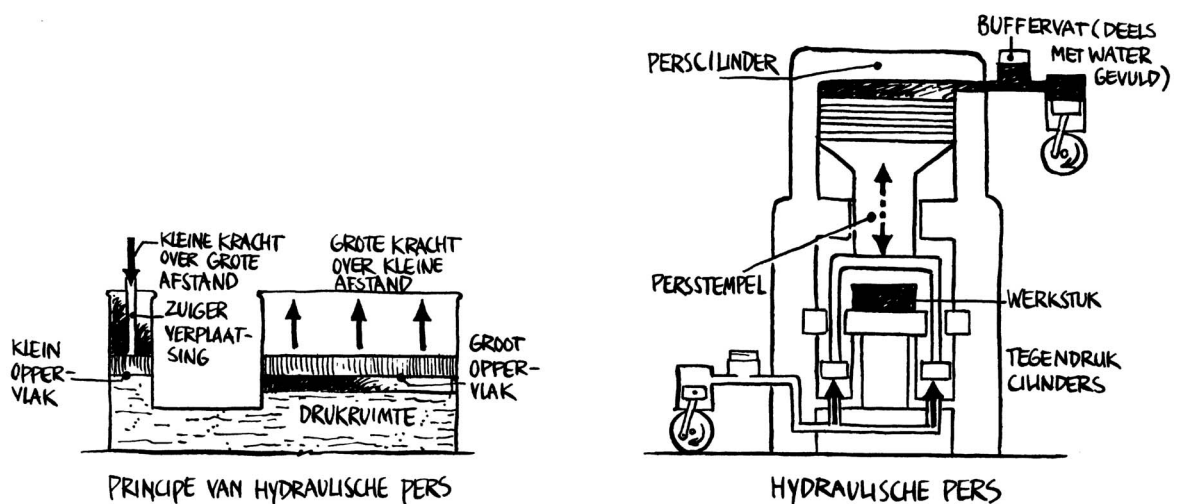


Fig. 2.29
Schroefpers

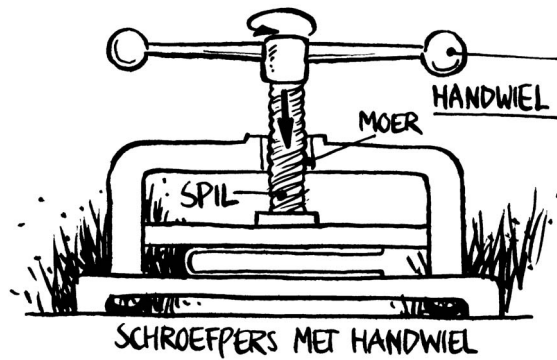
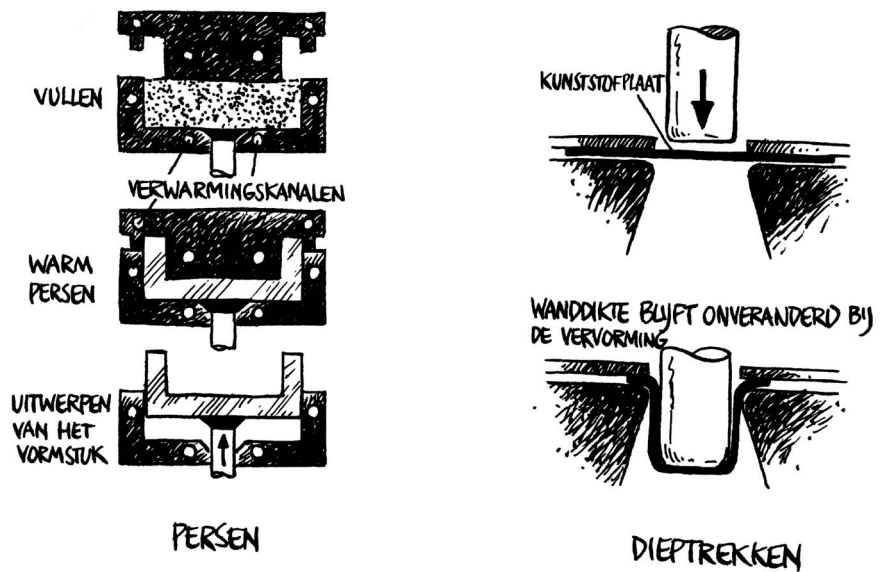


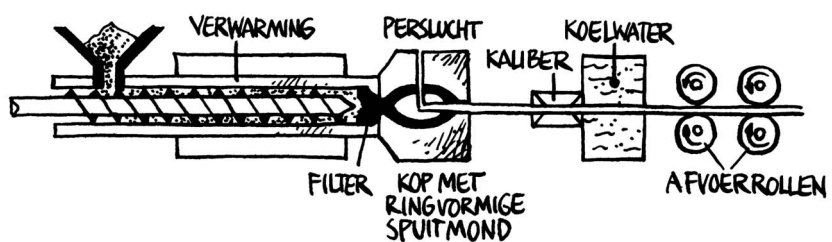
Fig. 2.30
Persen en dieptrekken
van kunststof



sputgieten

Veel kunststof producten worden door *sputgieten* gevormd. In dit procédé wordt extruder een vloeibare kunststof massa in een *extruder* door een mal geperst tot de gewenste vorm.

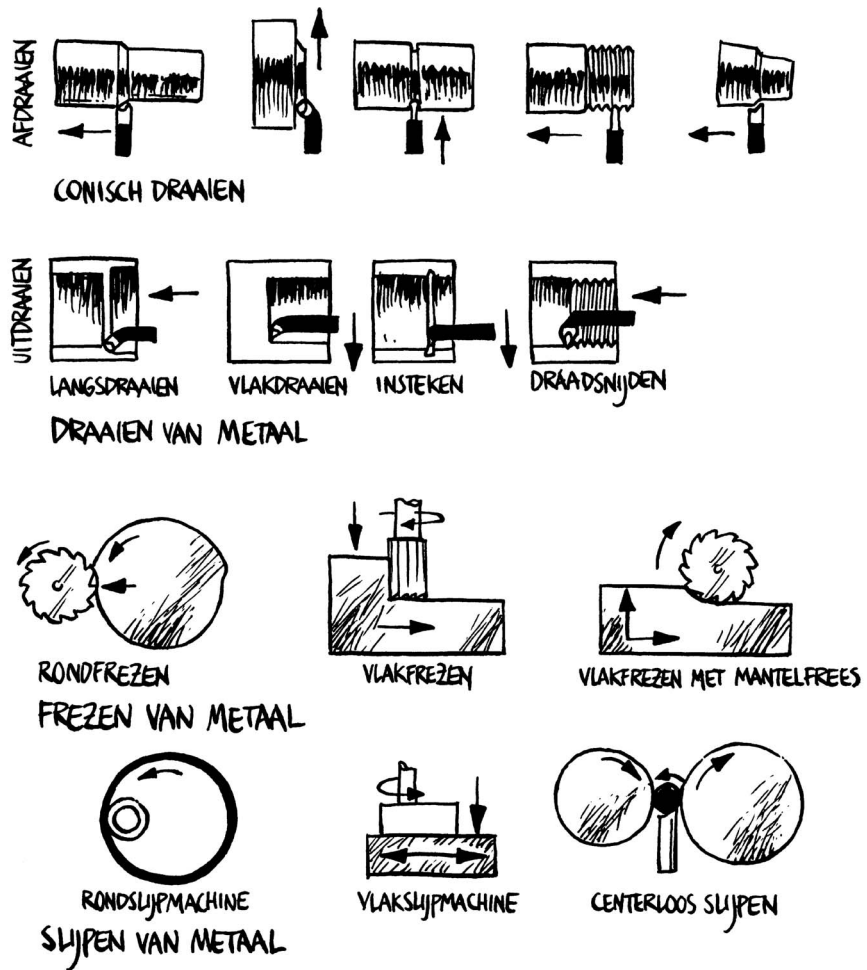
Fig. 2.31
Extruder



Verspanen

Verspanen is een proces waarbij een product de gewenste vorm krijgt door materiaal weg te nemen. Het aantal verspanende bewerkingstechnieken voor hout en metalen loopt in de tientallen. De meest bekende zijn: zagen, schaven, boren, frezen, slijpen en draaien.

Fig. 2.32
Verspanende
bewerkingen



- Vragen 2.7** Neem onderstaand rijtje bewerkingsprocessen over in je schrift. Schrijf achter elk begrip de betekenis. Raadplaag eventueel een woordenboek. Wat is de betekenis van:
- breken;
 - malen;
 - pletten;
 - verspanen;
 - frezen;
 - draaien.

2.6 Technische gegevens

Elk apparaat heeft zijn eigen specifieke eigenschappen. Kijk maar eens naar de wasmachine die thuis staat. In de handleiding of op een plaatje of sticker aan de achterzijde van het apparaat vind je deze eigenschappen. Ze worden de technische gegevens genoemd.

De technische gegevens van een wasmachine kunnen zijn:

- afmetingen: hoogte x breedte x diepte = 85 x 60 x 57 cm;
- netspanning: 220 -230 V / 50 Hz;

-
- aansluitwaarde: 3150 W;
 - zekering: minimaal 16 A;
 - waterdruk minimaal: 5 N/cm², maximaal = 80 N/cm²;
 - maximum vulgewicht: katoen =5 kg, synthetica =2 kg, wol =1 kg;
 - centrifuge-toerental: 1100 omwentelingen per minuut.

Voor een TV zijn de technische gegevens misschien als volgt:

- beeldbuisdiagonaal: 51 cm;
- audiovermogen: 2 x 30 W;
- vermogen: 85 W;
- afmetingen: 512 x 449 x 456 mm;
- gewicht: 26,5 kg;

2.7 Afsluiting

In dit hoofdstuk heb je kennis gemaakt met diverse aspecten van productieapparatuur. De aard van de grondstoffen (vast, vloeibaar, gas) en de bewerking (breken, mengen) die uitgevoerd moet worden, zijn bepalend voor het werkingsprincipe dat ingezet moet worden. De capaciteit van een apparaat zal moeten aansluiten bij die van de apparaten in de andere unit-operations van het proces. De fabrikant moet vervolgens een keuze maken uit de verschillende typen apparaten die verkrijgbaar zijn en hetzelfde werkingsprincipe hebben.

3 Overige procesapparatuur

Oriëntatie

Een bedrijfsproces is een samenspel van mensen en machines. Dit samenspel zorgt ervoor dat grondstoffen en/of werkstukken tot een eindproduct worden verwerkt. In hoofdstuk 2 hebben we met name de productieapparaten besproken. Daarnaast zijn er echter vaak nog talloze andere apparaten aanwezig in een bedrijfsproces. In paragraaf 2.1 zijn de andere vier apparaatgroepen reeds opgesomd.

Alle verschillende apparaten zijn binnen een proces zodanig opgesteld en ingesteld dat de grondstoffen of werkstukken hun weg door het proces makkelijk kunnen vervolgen. De volgorde van verschillende unit-operations moet een verwerking in de juiste volgorde bewerkstelligen. De productie zal haperen als de productiemachines niet goed werken. Maar datzelfde gebeurt als een apparaat uit een andere apparaatgroep niet goed werkt. Denk maar eens aan het stilvallen of te snel draaien van een lopende band. De in- of output van een unit-operation stagneert dan. Ook de voorraden en toevoer van grond- en hulpstoffen alsmede de afvoer en opslag van afvalstoffen moeten op het proces zijn afgesteld.

- Vragen 3.1**
- a Welke andere apparaatgroepen kunnen naast de productieapparatuur voorkomen in een proces?
 - b Voor het maken van appelmoes heb je naast de productieapparatuur ook apparatuur uit één of meer van de andere apparaatgroepen nodig gehad. Welke? Benoem niet alleen het apparaat maar ook de apparaatgroep.
 - c Bij welke unit-operations wordt deze ondersteunende apparatuur ingezet? Geef dit aan in het blokschema, zie hiervoor hoofdstuk 1.
 - d Is de glazen pot die je gebruikt een hulpstof of grondstof als je het eindproduct bekijkt?
 - e Op welke plaatsen in het blokschema spelen de toe- of afvoer van grond- en hulpstoffen en energie een rol?

3.1 Transporteren

Binnen een productieproces is altijd sprake van verplaatsing en van aan- en afvoer van grondstoffen, hulpstoffen en producten. De manier waarop dit transport plaatsvindt kan sterk verschillen.

Er is een aantal factoren die de manier van transport bepalen. Er zijn vijf *transportfactoren*.

- 1 De aard van de stof. Hebben we te maken met een vaste stof, een vloeistof of een gas? Dit is van groot belang voor de technische uitvoering van een transportsysteem.
- 2 De afstand die overbrugd moet worden. Voor de aanvoer van grondstoffen naar de fabriek gebruik je een ander transportsysteem dan bij de inbreng van grondstoffen in het bedrijfsproces.
- 3 De hoeveelheid te transporteren stof.
- 4 De gevaren bij een transport. Met name bij het transporten van gevaarlijke stoffen moeten de nodige veiligheidsmaatregelen getroffen worden.
- 5 Is het proces een continu of een discontinu proces? Bij een continu proces moeten de grondstoffen ook continu aangevoerd worden. Bij een discontinu proces moeten de grondstoffen telkens in een bepaalde hoeveelheid worden aangevoerd.

Transport van vaste stoffen

Het transport van vaste stoffen kunnen we onderscheiden in mechanisch, hydraulisch en pneumatisch transport. Deze transportsystemen spelen vooral in continu werkende bedrijven een belangrijke rol.

Bij het bespreken van de transportsystemen beperken we ons tot de continu werkende transporteurs voor los gestorte, vaste materialen. De niet continu werkende of niet vast opgestelde transporteurs laten we buiten beschouwing (zoals transportwagens, hijswerktuigen, kranen, vorkheftrucks).

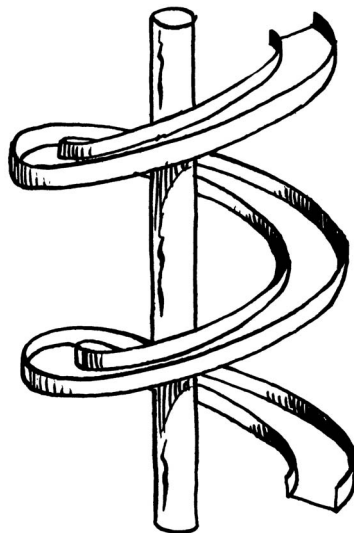
In het algemeen kun je stellen dat de transportmiddelen die een rol vervullen in een stroomschema nauwkeurig regelbaar moeten zijn. Bereidingsapparaten en bewerkingsapparaten werken immers met een bepaalde capaciteit en snelheid waarop de transportsystemen moeten inspelen.

Mechanisch transport

transporteurs Bij mechanisch transport wordt de vaste stof vervoerd via *transporteurs*. Er zijn diverse mechanische transporteurs voor vaste stoffen. De belangrijkste systemen kun je als volgt indelen:

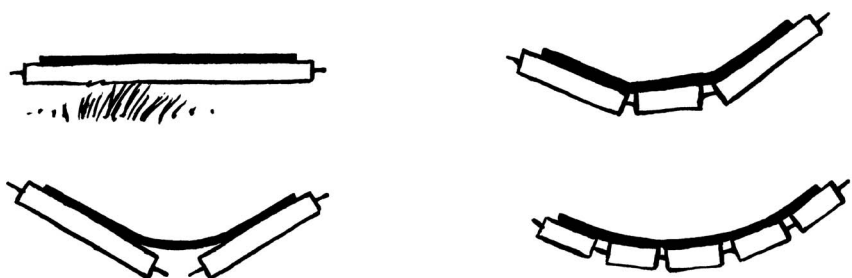
- transporteurs op basis van de zwaartekracht;
- transportbanden;
- kettingtransporteurs;
- kabeltransporteurs;
- schroeftransporteurs;
- transporteurs met trillende beweging.

Fig. 3.1
'Zwaartekracht-transport' in wentelgoot



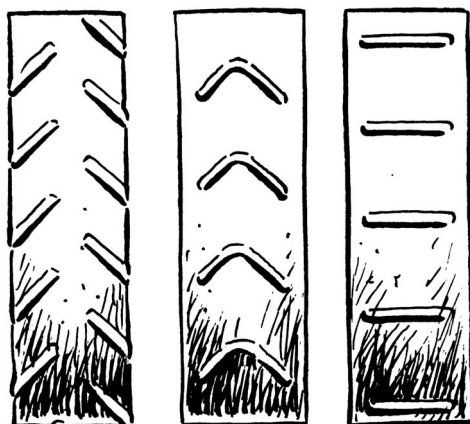
WENTELGOOT

Fig. 3.2
Ondersteuning bij bandtransporteur



ONDERSTEUNING VAN TRANSPORTBAND

Fig. 3.3
Profielen op bandtransporteurs



MEENEMERS OP EEN TRANSPORTBAND

Fig. 3.4
Bandreinigers op
transportbanden

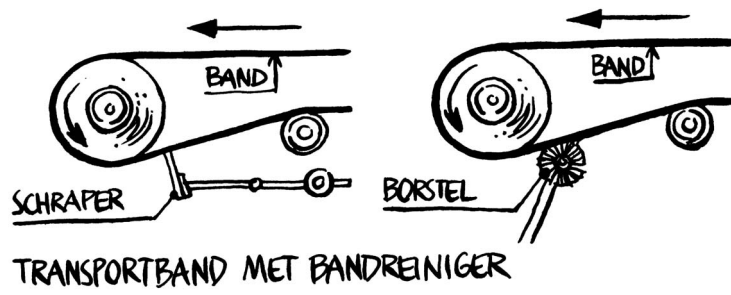


Fig. 3.5
Verticaal werkende
transportband:
bandelevator

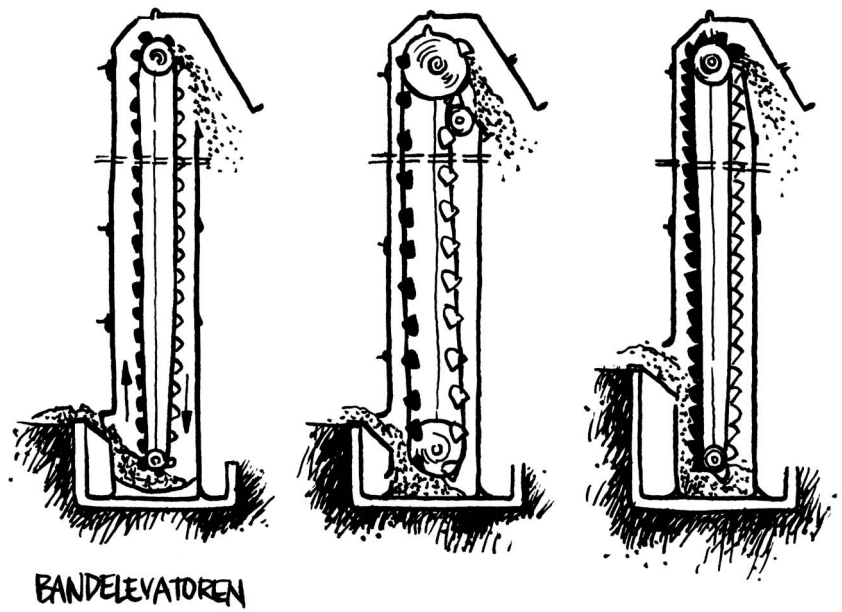


Fig. 3.6
Kettingtransporteur

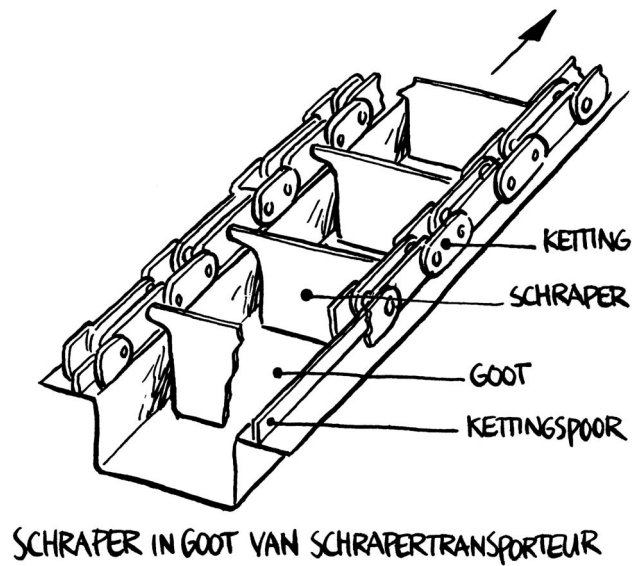


Fig. 3.7
Schroeftransporteur

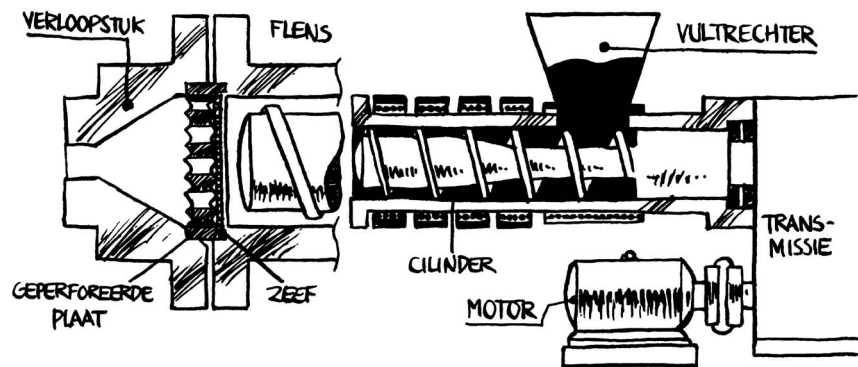
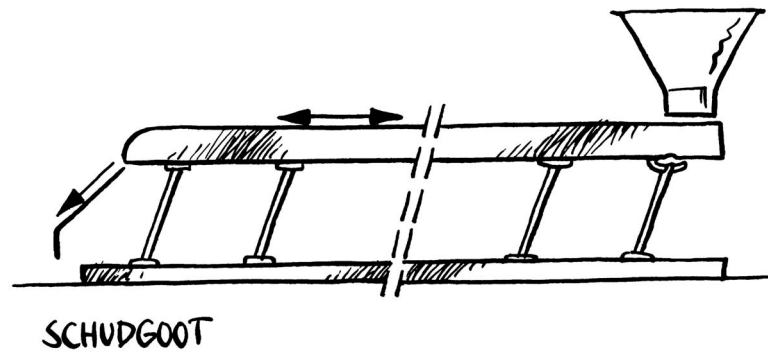


Fig. 3.8
Schutgoot

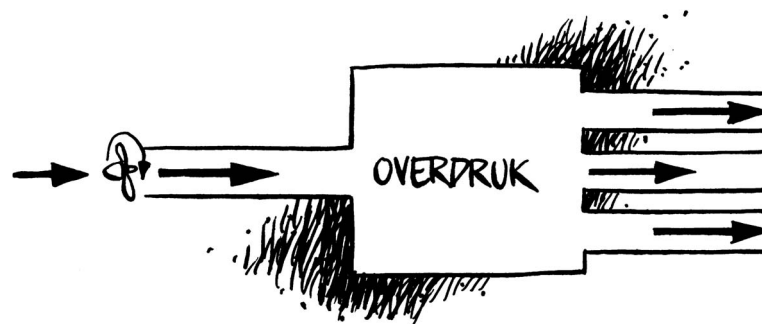


Pneumatisch transport

Bij pneumatisch transport worden vaste stofdeeltjes verplaatst doordat ze meegevoerd worden in een luchtstroom. De luchtstroom in het systeem wordt veroorzaakt door speciale ventilatoren die we ook wel blowers noemen. Dit type transport speelt zich geheel af in zogenaamde gesloten (buis)systemen. Als dergelijke systemen ergens een lekkage vertonen, zal dit meteen de werking ervan beïnvloeden. We kunnen hier twee systemen toepassen: blazen en zuigen.

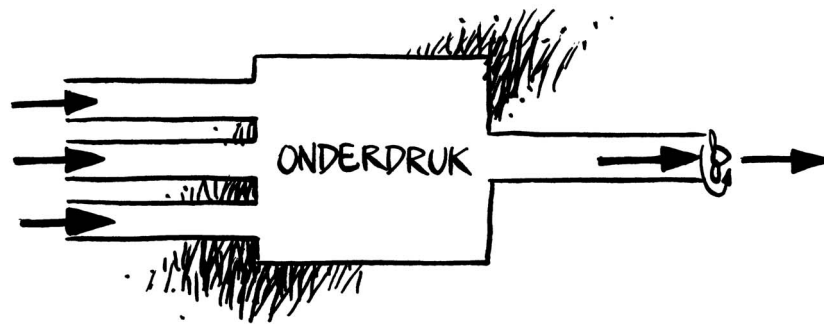
overdruk Bij blazen hebben we te maken met een *overdruk*. Er kan transport vanuit één punt naar meerdere punten plaats vinden (bijvoorbeeld transport van korrels uit een silo naar diverse punten in het productieproces). Bij dit systeem is een lekkage snel opgespoord.

Fig. 3.9
Systeem met overdruk



onderdruk Bij zuigen hebben we te maken met een *onderdruk* en kan transport vanuit verschillende punten naar één punt plaats vinden (bijvoorbeeld zaagsel van diverse machines naar een opvangruimte).

Fig. 3.10
Systeem met onderdruk



In beide situaties moet de snelheid van de luchtstroom groter zijn dan de luchtsnelheid bezinksnelheid van de te vervoeren deeltjes. In de praktijk bedraagt de *luchtsnelheid* 15 tot 50 meter per seconde (m/s). De capaciteit van het systeem hangt af van de beladingsgraad luchtsnelheid, de diameter van de transportbuizen en de *beladingsgraad*. Onder beladingsgraad verstaan we het volumepercentage vaste stof in de luchtstroom.

Hydraulisch transport

Bij hydraulisch transport wordt de vaste stof meegevoerd door een vloeistof. Als vloeistof wordt bijna altijd water gebruikt dat door een goot stroomt. Het product mag niet veranderen of oplossen in het water en moet weer eenvoudig van het water te scheiden zijn. Pompen zorgen voor de *stroming*. De oudste toepassing van dit transportsysteem is het vervoeren van stoffen in de stroom van een rivier. Deze methode wordt nog steeds toegepast bij het transporteren van boomstammen. In de land- en tuinbouw wordt dit transportsysteem onder meer gebruikt bij het transporteren van geplukte tomaten in een kas naar de inpakafdeling en bij de aardappel-, suikerbieten- en fruitverwerking.

Vragen 3.2

- Wat bepaalt de wijze waarop het transport van een stof het beste kan plaatsvinden?
- Op basis van welke eigenschappen worden transporteurs van elkaar onderscheiden?
- Noem minstens vier typen van mechanisch transport.
- Hoe wordt transport met behulp van een gasstroom genoemd?
- Wat gebeurt er in een systeem waarin onderdruk heerst?
- Wat is het kenmerk van een hydraulisch transportsysteem?
- Hoe wordt hydraulisch transport opgewekt?

Transport van vloeistoffen

Het principe van vloeistoftransport is betrekkelijk eenvoudig. Vanuit het reservoir wordt de vloeistof via een leiding naar de gewenste plaats gebracht. Om de stroom op gang te houden wordt een pomp gebruikt. We kennen dit systeem allemaal in de vorm van de waterleiding, bij een benzinepomp of een Centrale Verwarmingsinstallatie (CV).

leidingen
Wanneer je in de procesindustrie in een bedrijfsruimte kijkt, zie je vaak een wirwar van leidingen lopen. Vaak dienen die *leidingen* voor transport van vloeistof of gassen. Ook zul je zien dat er allerlei soorten leidingen bestaan. En ook de apparatuur in en

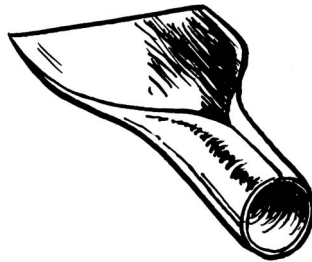
pompen

rondom de leidingen, zoals kleppen en kranen, komen in verschillende vormen voor. Hierover lees je meer in het moduulboek over het herkennen van procesapparatuur. Evenzo bestaan er diverse *pompen*, waarmee de stroom veroorzaakt wordt. We staan in deze paragraaf stil bij de leidingen en pompen.

Leidingen

Doorgaans zijn de leidingen rond van vorm. Er komen echter ook vierkante en rechthoekige leidingen voor. In dat geval is het waarschijnlijk dat ze gebruikt worden voor het transport van gassen. Verder zijn er leidingen met en zonder las in de lengterichting (zie figuur 3.11) en worden er dikwandige en dunwandige leidingen onderscheiden.

Fig. 3.11
Leiding met lasnaad



Met betrekking tot de dikte is met name de druk in de leiding bepalend voor de keuze. Leidingen zijn, afhankelijk van de te vervoeren vloeistof, van uiteenlopende materialen vervaardigd. Er worden voor de leidingen verschillende materialen gebruikt.

- Staal is stevig en gemakkelijk te bewerken. Om roesten te voorkomen wordt er ook wel roestvrij staal en gegalvaniseerd staal toegepast.
- Koper is gemakkelijk te koppelen en corrosiebestendig.
- Aluminium is erg licht en wordt veel toegepast bij corrosieve gassen.
- Kunststof is goedkoop, licht en gemakkelijk te bewerken, bestand tegen vele stoffen, maar minder bestand tegen hoge druk. Er worden verschillende kunststoffen toegepast zoals PVC (polyvinylchloride), PE (polyetheen), PTFE (polytetrafluoretheen = teflon) en PA (polyamide = nylon).
- Synthetisch rubber wordt vooral gebruikt als flexibele leidingen gewenst zijn.
- Glas is uiterst bestendig tegen allerlei stoffen en het is doorzichtig. Het is echter moeilijk te bewerken en evenmin bestand tegen plotselinge temperatuurschommelingen. Afhankelijk van de glasdikte kan een hoge druk weerstaan worden.

Pompen

Het doel van een pomp is het verplaatsen van een vloeistof. De verplaatsing wordt verkregen door op de vloeistof een druk uit te oefenen. Welke druk hiervoor nodig is, is afhankelijk van het doel, waarvoor de vloeistof moet worden verplaatst. Het doel kan tweeledig zijn.

- De vloeistof moet arbeid verrichten door bijvoorbeeld een zuiger in een cilinder te verplaatsen, waarvoor kracht nodig is.
- De vloeistof hoeft alleen maar te worden getransporteerd van de ene naar de andere plaats.

Voor ons is hier alleen het tweede aspect van betekenis.



<i>vloeistofstroom</i>	Tijdens het transport ondervindt de <i>vloeistofstroom</i> weerstand in de leidingen. Bij een horizontale verplaatsing van de vloeistof bestaat deze <i>weerstand</i> uit wrijvingen en/of wervelingen. De weerstand door wrijvingen hangt onder meer af van de ruwheid van de binnenwand van de pijpleiding en de <i>vloeistofsnelheid</i> . De weerstand door wrijving neemt niet alleen toe bij snelheidstoename van de vloeistof, maar ook als de leiding langer wordt of meer 'hindernissen' zoals bochten bevat. Bij verticale verplaatsing van de vloeistof zijn dezelfde weerstanden te overwinnen als bij de horizontale verplaatsing, maar dan moet bovendien nog rekening worden gehouden met de zwaartekracht als gevolg van hoogteverschillen. Op plaatsen, waar de vloeistof omhoog moet, werkt het hoogteverschil tegen. Daar waar de vloeistof omlaag moet, werkt het hoogteverschil mee. Om de weerstanden of een teveel aan tegenwerkend zwaartekrachteffect te overwinnen, moet de vloeistof onder <i>druk</i> gezet worden. Een pomp kan die vereiste druk leveren.
<i>weerstand</i>	
<i>vloeistofsnelheid</i>	
<i>druk</i>	
	<p>Pompen kun je in twee hoofdgroepen indelen, te weten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - verdringerpompen; - impulspompen.
	<p><i>Verdringerpomp</i></p> <p>Bij een verdringerpomp is er, afgezien van een geringe lekspleet, geen verbinding tussen de zuigzijde en de perszijde van de pomp. Verdringerpompen moeten daarom altijd de vloeistof kwijt kunnen, de pomp drukt immers door. Het verplaatsen van de vloeistof geschiedt doordat bewegende delen in de pomp de vloeistof van de zuigzijde naar de perszijde duwen. Mechanische kracht wordt hier direct omgezet in druk. Verdringerpompen hebben bewegende verdringerlichamen zoals kleppen, waarmee druk op de vloeistof wordt uitgeoefend ten einde die uit de pomp te duwen. Op basis van het type <i>verdringerlichaam</i> worden deze pompen onderverdeeld in:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pompen met een heen en weer gaande, rechtlijnige beweging; - pompen met een roterende beweging.
<i>verdringerlichaam</i>	

Fig. 3.12
Plunjerpomp

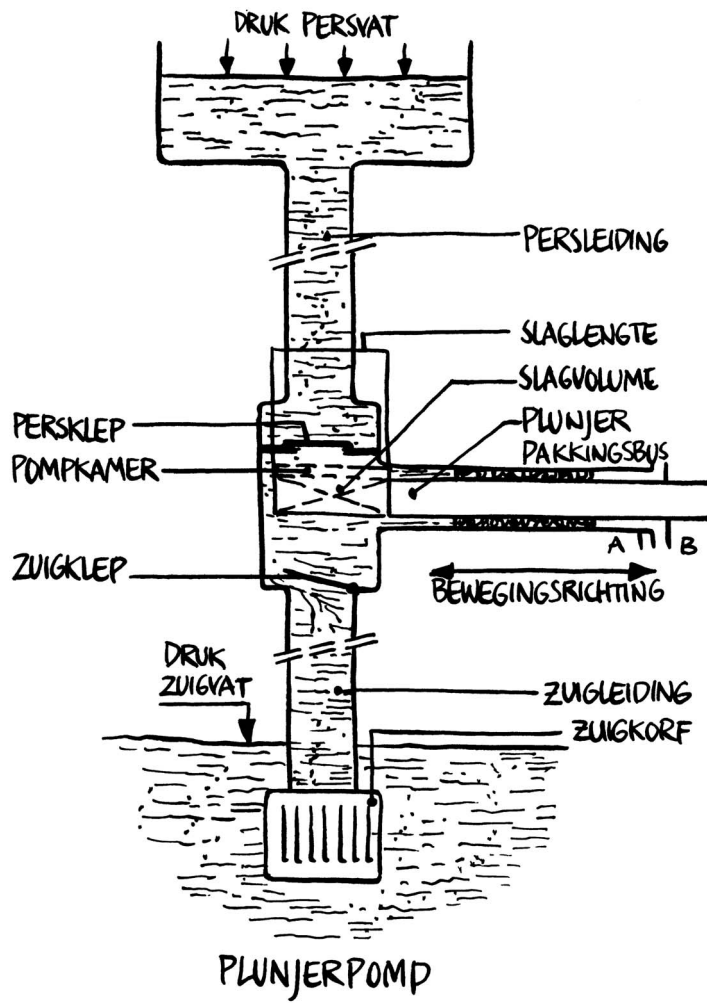


Fig. 3.13
Zuigerpomp

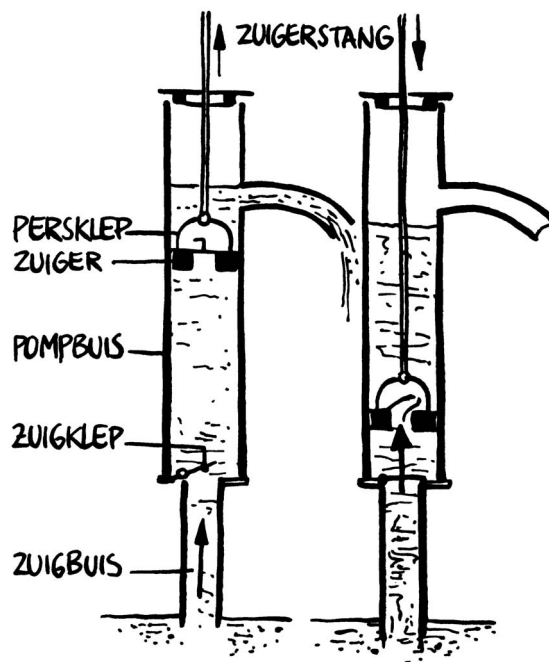


Fig. 3.14
Tandwielpomp

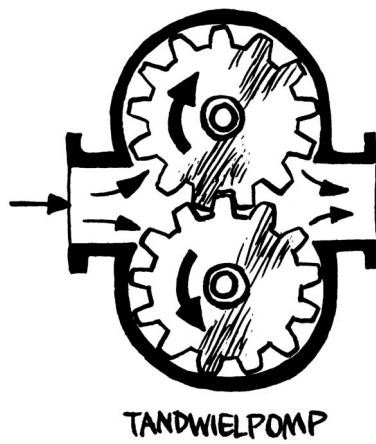
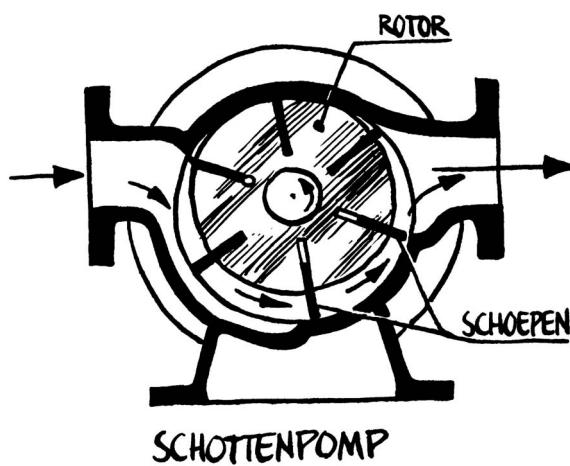


Fig. 3.15
Schottenpomp



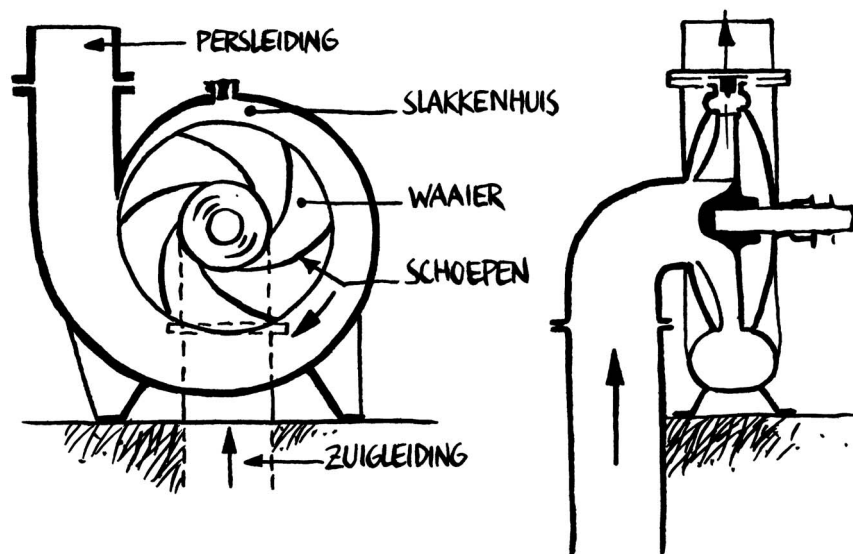
Door de middelpuntvliedende kracht die bij het draaien van de rotor optreedt, worden de schoepen van een schottenpomp tegen de binnenwand van het pomphuis gedrukt en ontstaan van elkaar gescheiden kamers.

Impulspomp

Bij de impulspomp is er in tegenstelling tot de verdringerpomp wel een inwendige verbinding tussen de zuigzijde en de perszijde van de pomp. De centrifugaalpomp is hiervan een voorbeeld. In het centrum van de waaier vindt aanzuiging plaats en aan de omtrek wordt de vloeistof weggeperst. Door de *centrifugale kracht* wordt de vloeistof naar buiten geslingerd. De vloeistof krijgt hier dus een extra impuls. Een centrifugaalpomp hoeft de vloeistof niet meteen kwijt te kunnen, de pomp kan blijven ronddraaien in de vloeistof als die niet of in niet voldoende mate kan worden afgevoerd. De pomp ondervindt dan natuurlijk wel extra weerstand.

centrifugale kracht

Fig. 3.16
Centrifugaalpomp



CENTRIFUGAALPOMP

- Vragen 3.3**
- a Op basis van welke eigenschappen worden pompen in twee groepen ingedeeld?
 - b Welk type pompen kun je verwachten in de onderstaande bedrijven? Kies per bedrijfstak uit twee mogelijkheden, te weten 'impulspompen' of 'verdringingspompen' Motiveer je antwoorden.
 - een melkfabriek;
 - een appelmoesfabriek;
 - een frisdrankenfabriek;
 - een grondsaneringsbedrijf;
 - een wasmiddelenfabrikant;
 - een verffabrikant;
 - je school.

Transport van gassen

*drukverschil
appendages*

Het transport van gassen lijkt veel op het transport van vloeistoffen. Ook hier is sprake van een stroom door leidingen als gevolg van een *drukverschil*. Om de stroom te kunnen regelen, bevatten de leidingen bij gastransport diverse *appendages* (hulpstukken). Dit is bij vloeistofleidingen overigens ook het geval. Hierop wordt in moduulboek 'Herkennen procesapparatuur' nader ingegaan. De leidingtypen hebben we al besproken.

Transport door drukverschil

Bij vloeistoffen werd een stroom onderhouden door de druk van de vloeistof te verhogen. Dit is ook bij een gas mogelijk. We passen dat dan toe aan het begin van de leiding. Een andere mogelijkheid die we bij gassen hebben om een drukverschil te bewerkstelligen, is het verlagen van de druk aan het eind van de leiding. Daar ontstaat dan een onderdruk die de gasstroom bewerkstelligt. We zullen deze twee systemen hierna apart bespreken.

Drukverhoging

overdruk

Opslag van gas vindt nagenoeg altijd plaats met *overdruk*, dat wil zeggen onder een hogere druk dan de luchtdruk. De druk kan enkele tienden van een bar tot honderden bars boven de luchtdruk liggen. Datzelfde geldt voor het transport van gassen. Indien het gas van een dergelijke opslag naar een aftappunt getransporteerd moet worden, is er reeds een drukverschil aanwezig. De hogere druk aan het begin van de leiding in gastank of gasfles is reeds tot stand gebracht bij het vullen ervan. Denk hierbij aan de gasflessen die je op een camping gebruikt. De overdruk in de gastank zorgt voor de uitstroom van het gas.

Het onderhouden van een lucht- of gasstroom is ook mogelijk door aan het begin van de leiding de druk te verhogen door pneumatische apparatuur. Het werken met *perslucht* berust op dit systeem. Een compressor zet lucht onder druk waarmee vervolgens gereedschappen in werking gezet kunnen worden (zie figuur 3.17). Het woord 'compressor' komt van het werkwoord 'comprimeren', wat 'samendrukken' betekent.

Voor het bewerkstelligen van een kleine overdruk in een ruimte kan een schroefventilator worden ingezet (zie figuur 3.18).

Fig. 3.17
 Werkingsprincipe van
 een compressor

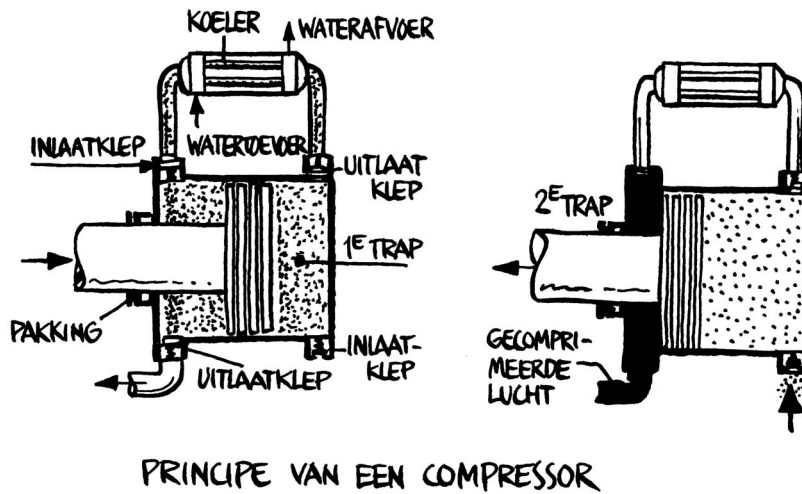
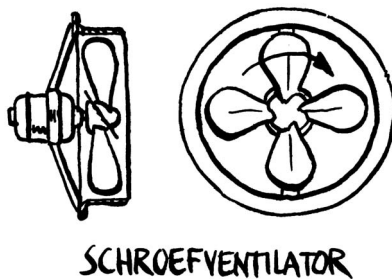


Fig. 3.18
 Schroefventilator



Drukverlaging

Wanneer we de druk aan het eind van een leiding verlagen ontstaat er ook een drukverschil in de leiding waardoor er een stroom op gang kan komen waarmee er transport plaatsvindt. Bij drukverlaging gebruiken we twee termen.

- *onderdruk* Onderdruk geeft aan dat de druk enigszins lager is dan de omgevingsluchtdruk. In veel ruimtes zoals laboratoria, stoffige ruimtes en zuurkasten moet om veiligheidsredenen en/of gezondheidsredenen de lucht afgezogen worden. Dit gebeurt door aan het eind van een luchtkanaal dat in verbinding met die ruimte staat, de druk te verlagen. Meestal wordt hiervoor een schroefventilator gebruikt.
- *vacuüm* Vacuüm betekent 'luchtledig', ofwel het vrijwel ontbreken van elke druk. In de praktijk wordt de term gebruikt voor pompen die lage drukken tussen 0,5 bar tot 0 bar kunnen bereiken.

Vragen 3.4

- a Omschrijf welk effect onderdruk en overdruk in een systeem teweegbrengt.
- b Noem twee apparaten waarmee je drukverschillen kunt bewerkstelligen.
- c Beschrijf het werkingsprincipe van een compressor.
- d Is stofzuigen een vorm van boven- of onderdruk? Verklaar je antwoord.

3.2 Verwarmen en koelen

In tegenstelling tot transportprocessen zijn verwarmen en koelen geen mechanische processen. De verandering van temperatuur kan in bereidingsprocessen smelten of stollen en het bevorderen of afremmen van chemische reacties ten gevolge hebben.

Verwarmen

energietoevoer

Onder verwarmen verstaan we zowel het verhogen van de temperatuur van een stof, als het op een hogere temperatuur houden van een stof. In beide gevallen is er sprake van *energietoevoer* in de vorm van warmte. De warmte is afkomstig van een warmtebron. Doorgaans is dit een verbrandingsinstallatie waarin fossiele brandstoffen (meestal gas) worden verbrand, maar ook elektrische verwarming wordt vaak toegepast.

De opgewekte warmte gaat van de bron naar de te verwarmen stof (dat kan een vaste stof, vloeistof of gas zijn) waarop de warmte wordt overgedragen. Uit de natuurkunde weten we dat dit op drie manieren kan.

- Door geleiding (conductie): de stof geeft de warmte door.
- Door stroming (convectie): de warmte wordt met de stof meegenomen.
- Door straling (radiatie): de warmte verplaatst zich via straling.

Fig. 3.19
Wijzen van warmte-
overdracht

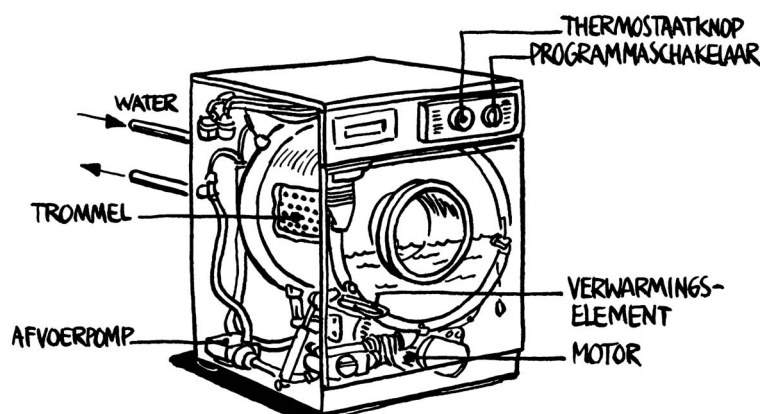


directe verwarming

Bij verwarming als deelproces kunnen we onderscheid maken tussen directe en indirecte verwarming.

Bij *directe verwarming* wordt de warmte van de bron direct overgedragen aan de te verwarmen stof. Een voorbeeld hiervan is het verwarmingselement in de wasmachine.

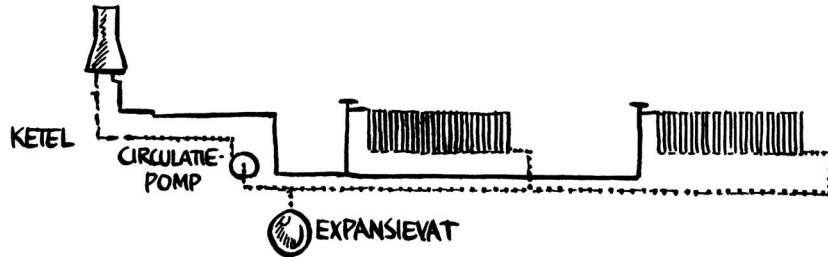
Fig. 3.20
Directe warmte-
overdracht in
wasmachine



indirecte verwarming

Bij *indirecte verwarming* wordt de warmte van de bron overgedragen aan een drager die het via stroming aan de te verwarmen stof overdraagt. Een voorbeeld hiervan is een CV-installatie. In de CV-ketel wordt water verwarmd dat die warmte vervolgens via radiatoren aan de te verwarmen ruimtes afgeeft. Het warmtetransport bij indirecte verwarming wordt verzorgd door een vloeistof (meestal water) of een gas (meestal lucht).

Fig. 3.21
Centrale verwarming



Expansievat

Bij een verwarmingssysteem met water als warmtedrager krijg je te maken met het probleem dat water uitzet (meer volume krijgt) als het verwarmd wordt. Omdat water veel meer uitzet dan metaal, zou een met water gevulde leiding kunnen barsten als het water flink verhit wordt. Om dit te voorkomen wordt in het leidingsysteem een expansievat opgenomen. Het woord 'expansie' komt van het werkwoord 'expanderen', wat 'in volume toenemen' betekent. Een expansievat neemt bij stijgende watertemperatuur de volumetoename van het water op ter voorkoming van een te hoge druk. Bij een dalende temperatuur geeft het expansievat water af ter voorkoming van onderdruk die onvolledig gevulde leidingen ten gevolge zou kunnen hebben.

Koelen

Koelen is het omgekeerde van verwarmen. Hier gaat het erom, de temperatuur van een stof te verlagen of lager te houden dan de omgevingstemperatuur. Normaal verplaatst warmte zich van een plaats met een hogere temperatuur naar een plaats met een lagere temperatuur. Bij koelen moet je als het ware tegen de stroom in roeien. Dat kost natuurlijk energie. Bij het koelen onttrek je warmte aan een stof. De aan de stof onttrokken warmte wordt afgevoerd naar de omgeving. Deze afgevoerde warmte is 'afvalwarmte' tenzij ze 'hergebruikt' wordt waar juist weer warmte nodig is.

Directe koeling

Veel koelsystemen berusten op hetzelfde principe als wanneer je transpireert: de zweetdruppeltjes op je huid verdampen en voor verdamping is warmte nodig. Die warmte moet ergens vandaan komen en wordt dus onttrokken aan de omgeving. Die omgeving -in dit voorbeeld het transpiratievocht zelf en je huid- koelt daardoor af. Deze wijze van koelen noemen we *directe koeling*.
directe koeling Ook in de industrie, zoals bijvoorbeeld in metaalsmederijen, wordt gebruik gemaakt van directe koeling.

Indirecte koeling

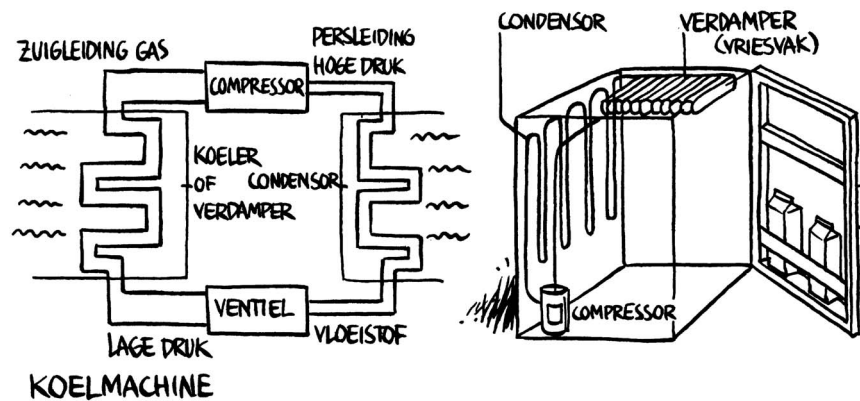
indirecte koeling Naast directe koeling wordt ook *indirecte koeling* toegepast. Het principe van indirecte koeling tref je onder meer aan in koelcellen. Daar wordt relatief warme lucht langs

buizen met koude vloeistof of damp geblazen om vervolgens afgekoeld door de koelcel te circuleren. Hier is dus sprake van een drager (een zich verplaatsende tussenstof).

Koeling kan plaats vinden door een drager uit de omgeving te gebruiken. Dat hoeft niet per se lucht te zijn, ook (oppervlakte)water kan als drager dienen.

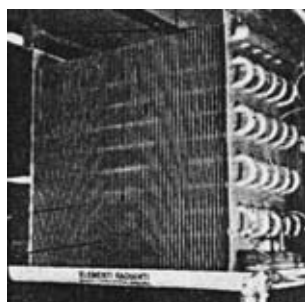
Hoe de koelbuizen worden voorzien worden van koude vloeistof of damp zie je in figuur 3.22. In feite werkt de koelkast bij je thuis niet anders.

Fig. 3.22
Indirecte koeling in de koelkast



verdamer In de *verdamer* verdampt de koelvloeistof. Daarbij wordt warmte aan de te koelen compressor ruimte onttrokken. In de *compressor* wordt de damp samengeperst, waardoor die een condensor hoge temperatuur krijgt. In de *condensor* wordt warmte aan de hete damp onttrokken. De damp condenseert daardoor tot vloeistof. Die vloeistof staat nog steeds onder hoge druk. In het regelventiel wordt de druk sterk teruggebracht, waardoor de vloeistof afkoelt. De afgekoelde vloeistof stroomt naar de verdamer en het proces wordt opnieuw doorlopen. Op de gebruikte koelvloeistoffen komen we in het derde modulboek terug. In figuur 3.23 staat een condensor van een grotere koelmachine afgebeeld.

Fig. 3.23
Condensor



koeltoren Tot slot behandelen we de *koeltoren*. In een koeltoren druppelt warm proceswater tegen een luchtstroom in naar beneden. Door het contact met de koudere lucht en vooral door de verdamping (warmte-onttrekking) koelt het water af en is het na condensatie opnieuw als koelwater bruikbaar. Koeltorens worden gebruikt als er veel koelwater vereist is en er daarvoor onvoldoende oppervlaktewater voorhanden is of als men thermische verontreiniging van het oppervlaktewater wil vermijden. Van thermische verontreiniging is sprake als de natuurlijke temperatuur van het

oppervlaktewater dusdanig verstoord is, dat de ecologische systemen in gevaar komen.

- Vragen 3.5**
- a Thuis wordt er op diverse plaatsen verwarmd. Geef daarvan twee voorbeelden en ga na in welk geval er sprake is van directe of van indirecte verwarming.
 - b Beschrijf kort de werking van het expansievat.
 - c Uit welke onderdelen bestaat het koelsysteem van een koelkast?
 - d Beschrijf vanuit de onderdelen van een koelsysteem de werking van een koelkast.

3.3 Afsluiting

In dit hoofdstuk heb je kennis gemaakt met de bedrijfsprocessen en apparatuur die rondom productieapparatuur ingezet kunnen zijn.

Afhankelijk van de aard van de te verplaatsen grondstoffen en halffabrikaten zullen de transportsystemen in een proces anders zijn uitgevoerd.

In zowel bereidings- als bewerkingsprocessen kunnen verwarmen of koelen deel uitmaken van een unit-operation. Afhankelijk van de procesomstandigheden kan dit op directe of indirecte wijze plaatsvinden.

Onderwijseenheid Procesgegevens verwerken

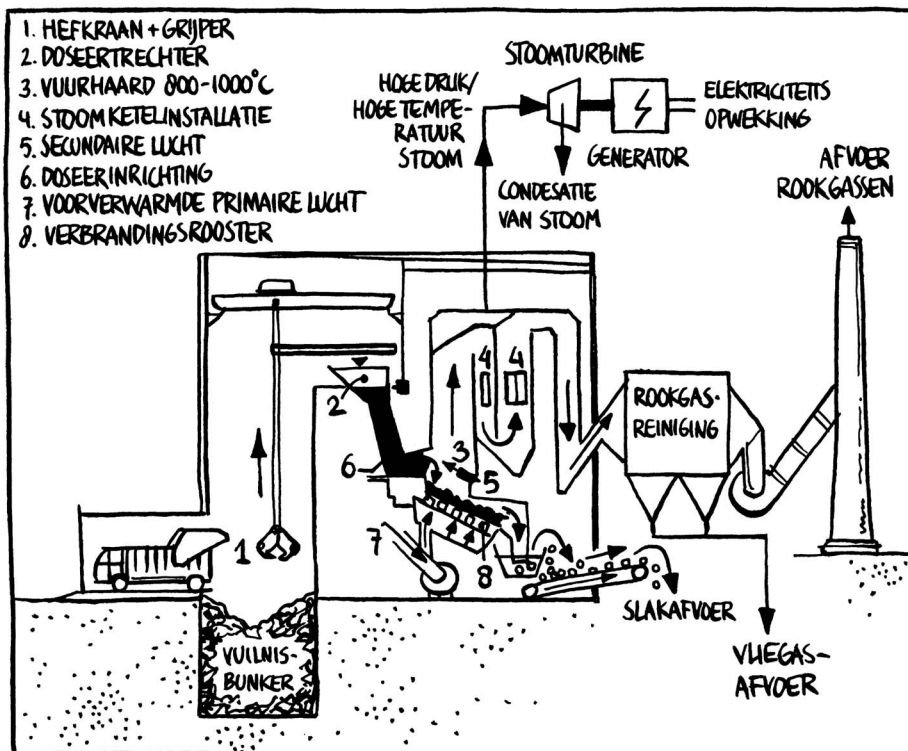
4 Werken met processchema's

Oriëntatie

In de leereenheid Processen en procesapparatuur heb je kennis gemaakt met het blokschema als wijze waarop een bedrijfsproces schematisch kan worden weergegeven. Helaas is het niet zo dat ieder bedrijfsproces altijd door blokschema's wordt weergegeven. Maar met de kennis die je nu hebt, ben je al in staat om ook vele geheimen aan andere typen processchema's te ontfutselen. Het is een kwestie van lezen en logisch nadenken!

Vragen 4.1 Bestudeer figuur 4.1 en beantwoord de vragen.

Fig. 4.1 Processchema van afvalverbranding van huishoudelijk afval



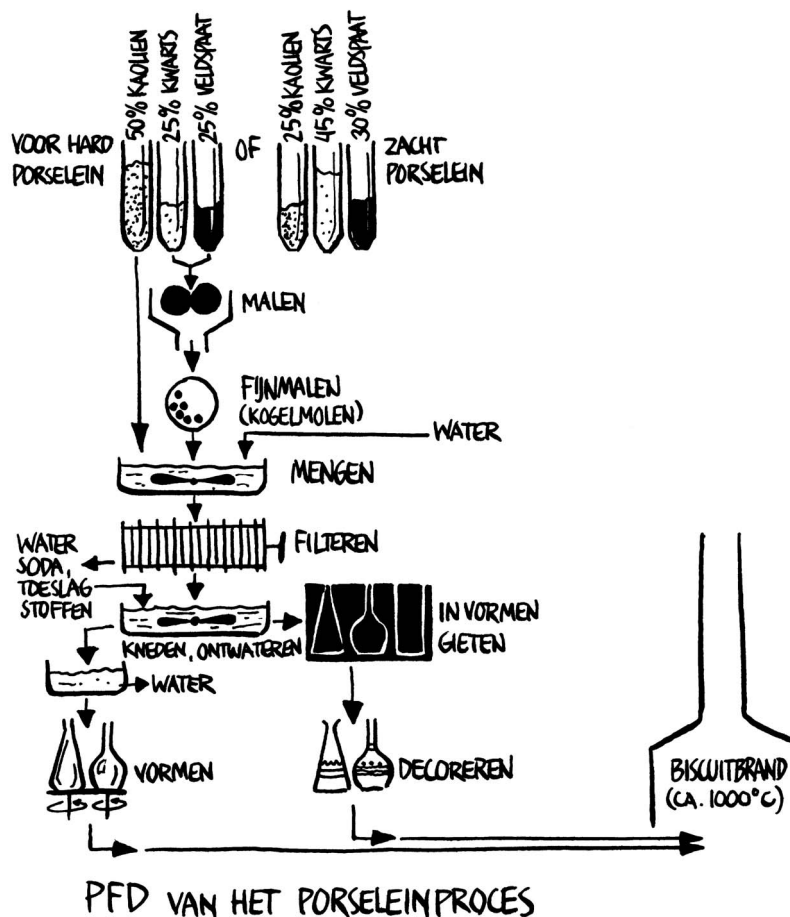
- Welke deelbewerkingen of unit-operations kun je in het hoofdproces onderscheiden?
- Welke grondstoffen en hulpstoffen worden in het proces gebruikt?
- Welke afvalstoffen en bijproducten levert dit proces op?
- Welke vormen van transport zijn ingeschakeld in dit proces?
- Welke productieapparatuur wordt in dit proces ingezet?
- Welke overige procesapparatuur is aan dit proces gekoppeld?
- Teken een blokschema van dit verbrandingsproces.

4.1 Soorten processchema's en symbolen

In de praktijk worden processchema's gebruikt voor het verkrijgen van overzicht van een bedrijfsproces. Van eenzelfde proces kunnen meerdere, verschillende processchema's gemaakt worden. Elke variant kijkt door een andere bril naar het bedrijfsproces. Het is eigenlijk maar net om welke reden het processchema is gemaakt.

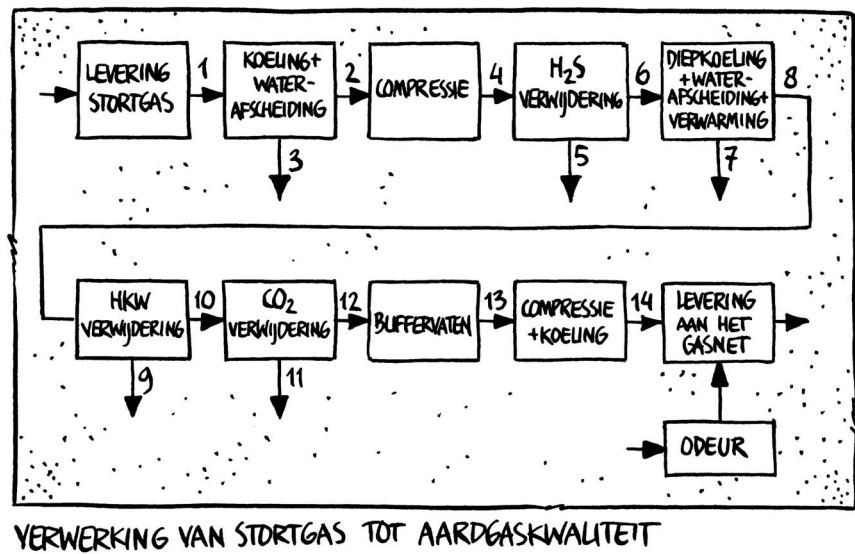
In het blokschema wordt de lezer duidelijk gemaakt welke handelingen er in het proces plaatsvinden. Eventueel is de essentiële bewerkingsapparatuur vermeld. Overige apparatuur als pompen, meet- en regelapparatuur en dergelijke wordt hierin niet vermeld. In de flowsheet worden slechts die apparaten genoemd, die procesgericht worden gebruikt. Beide typen schema's kunnen natuurlijk ook gecombineerd worden, zoals in het proces van figuur 4.2. Dit type schema wordt ook wel aangeduid als PFDProces Flow Diagram ofwel met (PFD).

Fig. 4.2
Het PFD van het
porseleinproces



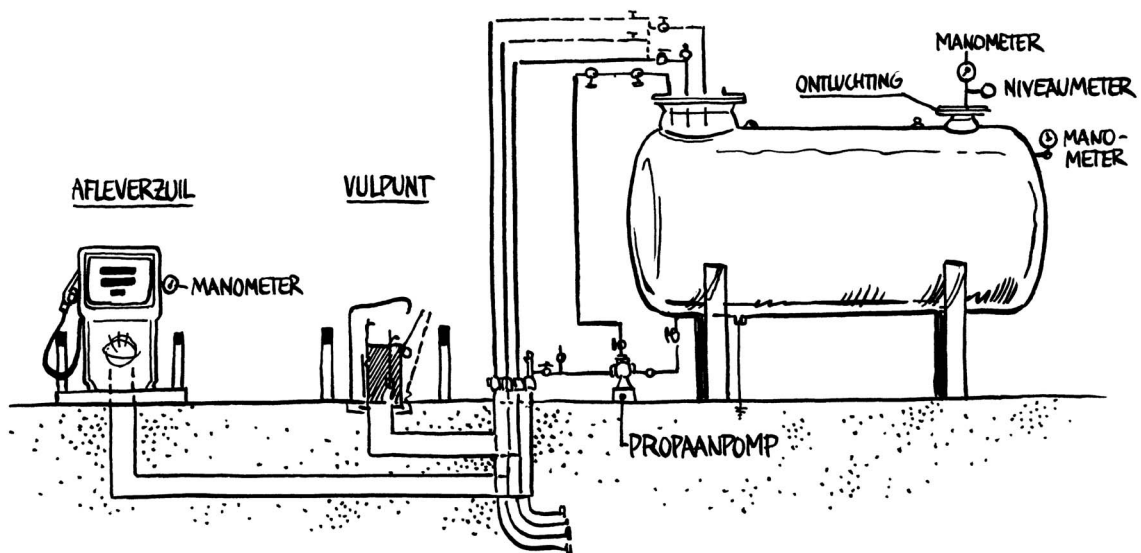
Daarnaast bestaan er processchema's van enkel en alleen de ondersteunende processen die werkzaam zijn binnen de verschillende unit-operations. Deze schema's UFD worden ook wel aangeduid met Utility Flow Diagram, ofwel met (UFD).

Fig. 4.3
 Het UFD van de
 verwerking van stortgas
 tot aardgaskwaliteit



Tot slot zijn er processchema's waarin alle apparaten, meet- en regelinstrumenten, leidingen, pompen, kleppen, monsterpunten enzovoort, zijn aangegeven. Deze PID schema's worden Piping and Instrumentation Diagram (*PID*) genoemd. Een PID is te vergelijken met de bouwtekening van een huis.

Fig. 4.4 PID Propaantank met afleverinstallatie

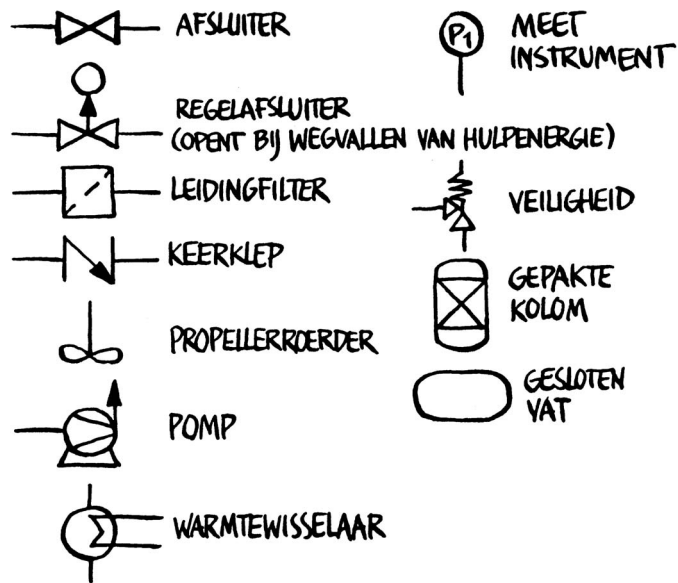


Symbolen in processchema's

De symbolen die met name in PID-processchema's worden gebruikt, zijn vaste symbolen. Zo zijn de onderdelen van heel verschillende processen toch steeds herkenbaar.

In figuur 4.5 is een aantal van de meest gebruikte symbolen afgebeeld.

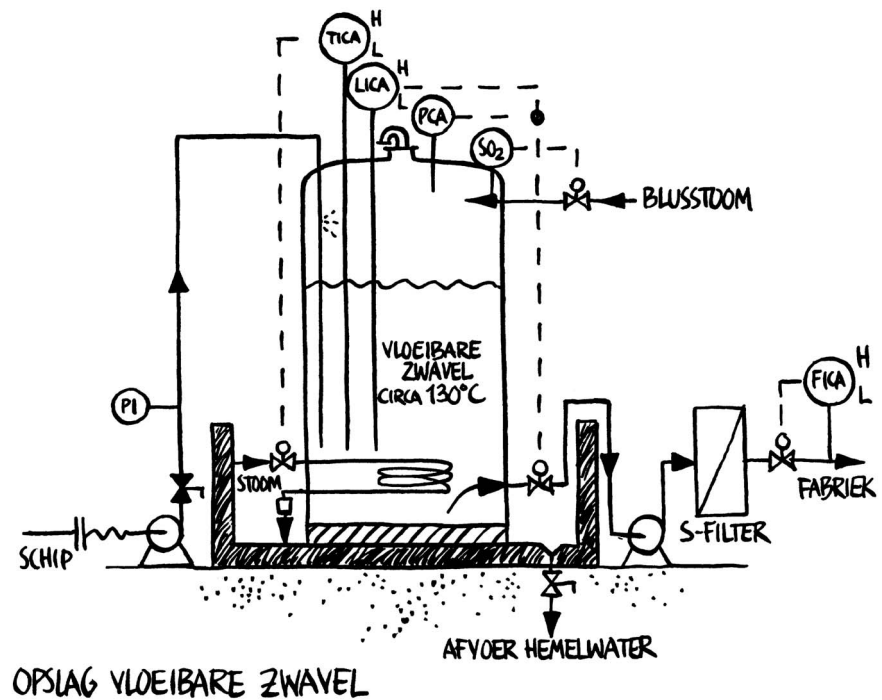
Fig. 4.5
Symbolen van apparaten



- Vragen 4.2**
- Noem de unit-operations van het porseleinproces.
 - Welke begrippen zouden in het UFD schema van het porseleinproces gebruikt worden?
 - Bij welke unit-operations uit figuur 4.3 komen emissies vrij?
 - Welke drie unit-operations kun je onderscheiden in figuur 4.4?

Vragen 4.3 In figuur 4.6 is het PID processchema van de opslag van vloeibare zwavel getekend.

Fig. 4.6
PID opslag vloeibare zwavel



Welke symbolen herken je in figuur 4.6?

4.2 Afsluiting

Je bent nu op de hoogte van de meest voorkomende vormen van processchema's. Afhankelijk van invulling van een processchema kun je spreken van een PFD, UFD of een PID schema. Elk type schema vertelt een eigen verhaal over hetzelfde proces. Met vaste symbolen worden de procesonderdelen aangeduid. PID-schema's zijn het meest gedetailleerd en geven de milieumedewerker de gewenste informatie om de plaatsen in een proces waar milieu in het geding komt te bepalen. Hier komen we in modulboek LBCD nog op terug.

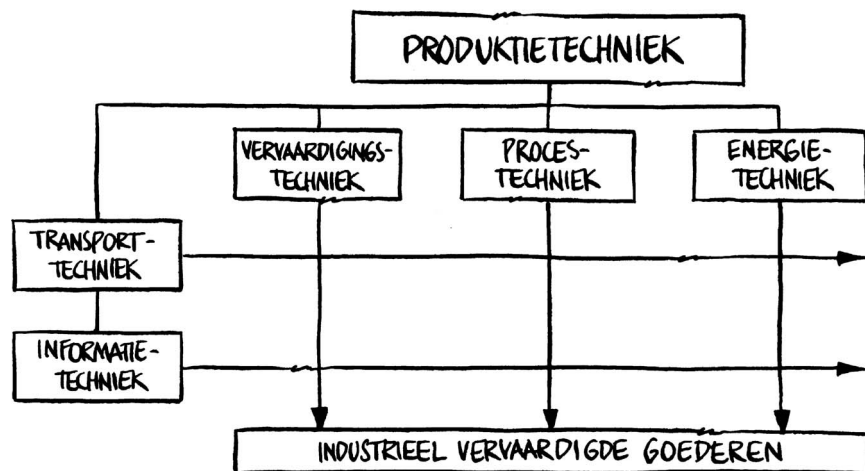
5 Het sturen van een bedrijfsproces

Oriëntatie

Voor een productieproces zijn niet enkel de productieapparaten van belang. Er zijn transporteurs nodig om de unit-operations met elkaar te verbinden. In veel gevallen worden verwarmings- of koelapparatuur en compressoren voor de perslucht toegepast. Om de processen goed te laten verlopen, is regel- en informatieapparatuur noodzakelijk. Wat dit laatste betreft, kan de mens zelf deze rol vervullen in eenvoudige processen. Kijk maar naar jezelf bij de appelmoesbereiding! Genoemde zaken worden allemaal productiefactoren genoemd, omdat ze op de een of andere wijze deel uitmaken van het proces. Als alles goed op elkaar is afgestemd, zal het proces soepel verlopen. Is er ergens een kink in de kabel, dan zal dat merkbaar zijn in het verloop van het proces. Ergens zal de productie dan stagneren.

In figuur 5.1 zijn de technische factoren die van belang zijn in een productieproces schematisch weergegeven. In dit hoofdstuk gaan we nader in op het onderdeel procestechniek.

Fig. 5.1
Technische
productiefactoren in een
bedrijfsproces



Procestechniek zorgt ervoor dat processen vaak volledig automatisch kunnen verlopen.

- Vragen 5.1** De antwoorden op deze vragen zullen je kijk op het appelmoesproces vergroten.
- Leg in je eigen woorden figuur 5.1 uit.
 - Geef van elke productiefactor een voorbeeld uit het proces van de industriële appelmoesbereiding.

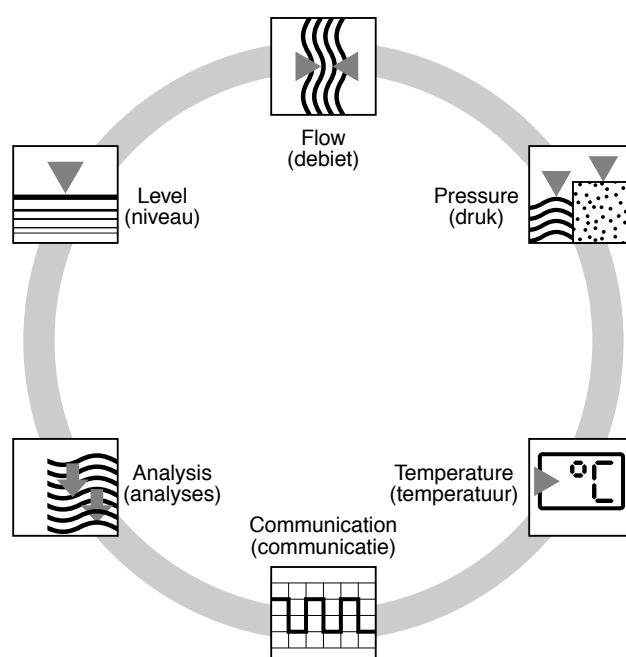
5.1 Controlepunten in een proces

In een productieproces doet één verkeerd uitgevoerde bewerking van het tussenproduct vaak al afbreuk aan de kwaliteit van het eindproduct. Dit leidt tot een onverkoopbaar eindproduct dat in veel gevallen zelfs meteen afval is geworden.

Een niet goed verlopend proces kan ook de veiligheid op de werkvloer of het milieu bedreigen. Zo kan er brand ontstaan als ergens in een proces de temperatuur te hoog oploopt of er ontstaat als gevolg van een te hoge druk, een explosie. In elk productieproces wordt daarom met meetinstrumenten controle uitgeoefend op alle relevante proceswaarden.

De belangrijkste te meten procesgrootheden binnen de voedingsindustrie zijn in figuur 5.2 aangegeven. Deze *procesgrootheden* worden ook in zeer veel andere takken van industrie nauwkeurig gevolgd. Daarnaast kan controle op andere grootheden van belang zijn zoals lichtsterkte, elektrische weerstand of toerentallen van motoren, pompen of turbines.

Fig. 5.2
Procesmetingen in de
voedingsindustrie



PID-schema

Waar in een proces wélke meting wordt uitgevoerd, vind je op papier in het leidingen- en instrumentenschema van het proces, ook wel het PID-schema genoemd. PID staat voor Piping and Instrumentation Diagram. In de module 'Het bedrijfsproces in kaart gebracht' heb je hiermee al kennis gemaakt. In een PID-schema zijn de te meten grootheden en het type meetinstrument met symbolen aangegeven binnen een kleine ovaal of cirkel. De ovaal of cirkel is met een lijntje verbonden met de controleplaats binnen het proces. De gehanteerde *codering* bestaat uit letters. De eerste letter geeft de te meten grootheid aan, de volgende letters staan voor het type meetinstrument.

codering

Eerste letter

- F = flow (debiet, massa- of volumestroom)
- P = pressure (druk)
- T = temperature (temperatuur)
- L = level (niveau)
- Q = kwaliteitsgrootte, bijvoorbeeld pH, toerental, concentratie, geleidbaarheid
- E = elektrische weerstand

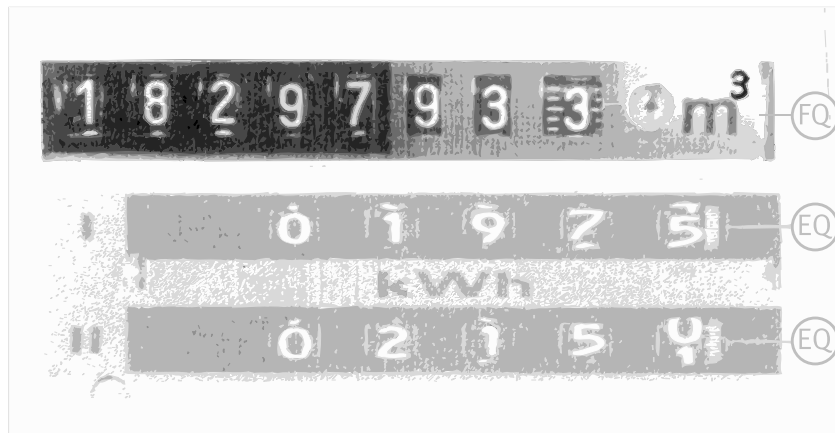
Volgende letters

- I = indicating (aanwijzend, waarde afleesbaar)
- R = recording (registrerend)
- C = controlling (automatisch regelend)
- A = alarming (alarmerend, akoestisch of optisch signaal (H = waarde te hoog, L = waarde te laag))
- Q = tellend, totaliserend

Voorbeeld: gas- en elektriciteitsmeter

Als je deze codering toepast op de gas- en elektriciteitsmeter dan levert dit de volgende coderingen op: gasmeter FQ, elektriciteitsmeter EQ. De betreffende symbolen met codering zijn in figuur 5.3 aangegeven.

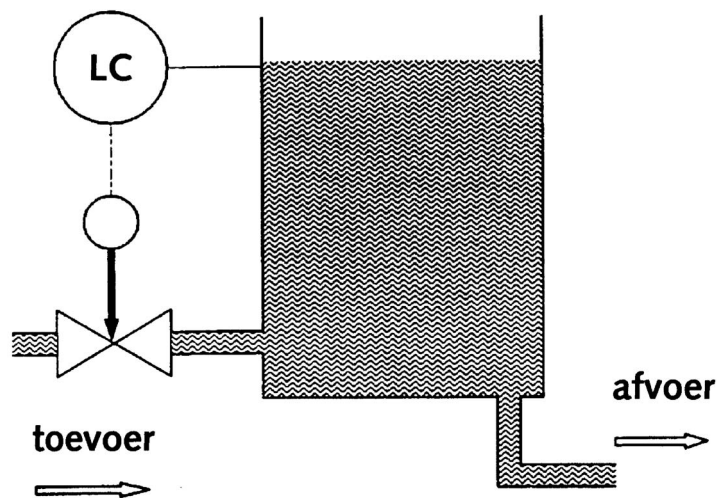
Fig. 5.3
Symbolen voor gas- en elektriciteitsmeter



Voorbeeld: automatische niveauregeling

De codering voor een automatische niveauregeling op een buffertank is geheel anders. Allereerst gaat het nu om een niveaumeter (L = level). Daarnaast regelt dit meetinstrument een apparaat dat het vloeistofniveau in de tank op peil houdt (C = controlling). Het symbool (L.C.) voor deze niveauregeling is in figuur 5.4 weergegeven.

Fig. 5.4
Niveauregeling in
buffertank

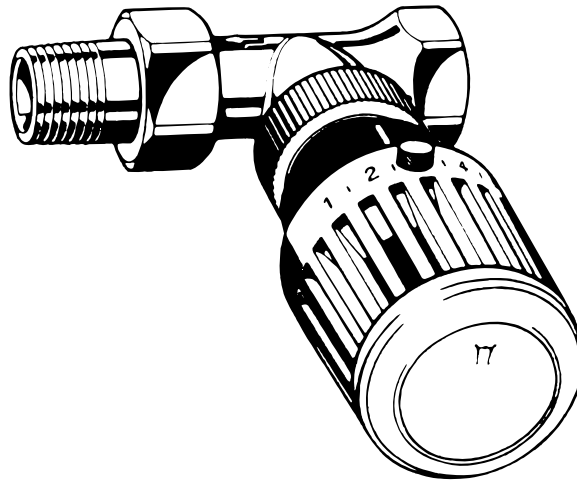


Deze niveauregeling controleert haar eigen niveau. Zolang de niveaumeter en de pomp hun werk doen, gaat alles goed. Een defect aan één van beide kan overstroming procesoperator veroorzaken of het leeg raken van de tank. In dit geval hoeft de *procesoperator* niet het vloeistofniveau te controleren maar wel de werking van de niveaumeter en de pomp. Vaak wordt aan bijvoorbeeld een pomp een alarmvoorziening gekoppeld. In veel gevallen zal een pompalarm via een beeldscherm de operator waarschuwen.

Alle controlepunten binnen een proces zijn op de besproken wijze in een PID-schema aan te geven. De codering geeft aan wat en hoe er gemeten wordt en of procescontrole automatisch plaatsvindt door C-meters of niet. Als controle niet automatisch plaatsvindt zoals bij de I-meters, dan dient de operator de meterstanden zelf te controleren. De operator zal de afwijkingen van de normale procesgang dan met de hand moeten bijsturen.

Vragen 5.2 a Wat is de lettercodering voor het meetinstrument in figuur 5.5?

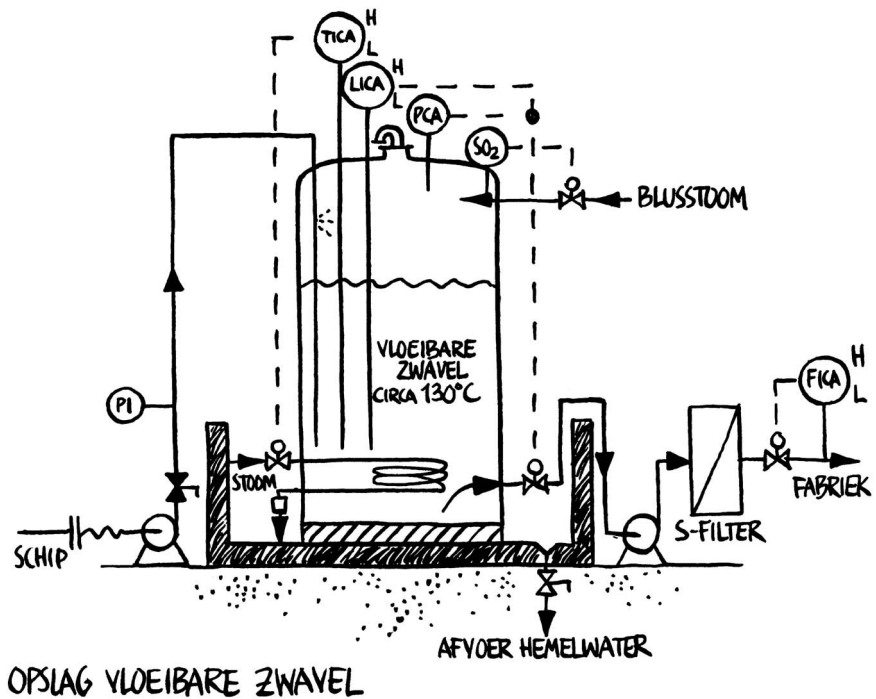
Fig. 5.5
De radiatorthermostaat



- b Beschrijf het meetinstrument met de codering FIRCAH, A = alarm, H = bij overschrijden hoogste waarde.
- c Welke informatie vind je op een PID-processchema?
- d Welke codering krijgt een brandmelder met rookdetectie in een PID-schema?
- e Noem drie redenen waarom het belangrijk is relevante proceswaarden nauwgezet te controleren.

Vragen 5.3 In figuur 5.6 is het PID-processchema van de opslag van vloeibaar zwavel getekend.

Fig. 5.6
PID-opslag vloeibare zwavel



Verklaar de lettercoderingen van de aangegeven meetinstrumenten.

5.2 Procesgegevens

Consumenten, dus jij ook, willen producten en diensten van een hoge en constante kwaliteit tegen een zo laag mogelijke prijs. Bedrijven kunnen alleen aan deze eisen voldoen als ze moderne productiemethoden toepassen. In dergelijke processen is sprake van ver doorgevoerde mechanisering en automatisering in de productie.

De steeds verdergaande mechanisering en automatisering zorgen ervoor dat er steeds minder mensen in een proces nodig zijn voor de werkelijke productie. Ook levert het een almaar groeiende stroom van (meet)gegevens op, want op vele plaatsen in een proces zal toch gecontroleerd moeten worden of alles naar wens verloopt.

Tegenwoordig verwerken steeds vaker computers (automatisch) al deze gegevens tot tabellen en grafieken.

Door deze manier van werken kun je snel storingen of afwijkingen in processen of tussen- en eindproducten signaleren. Zo kan de temperatuur bij het pasteuriseren van appelmoes in de gaten worden gehouden door een thermometer die is gekoppeld aan een computer. De computer geeft bij te hoge afwijkingen van de ideale temperatuur een signaal af. De procesoperator kan dan gericht ingrijpen.

Procesgrootheden

procesgrootheden

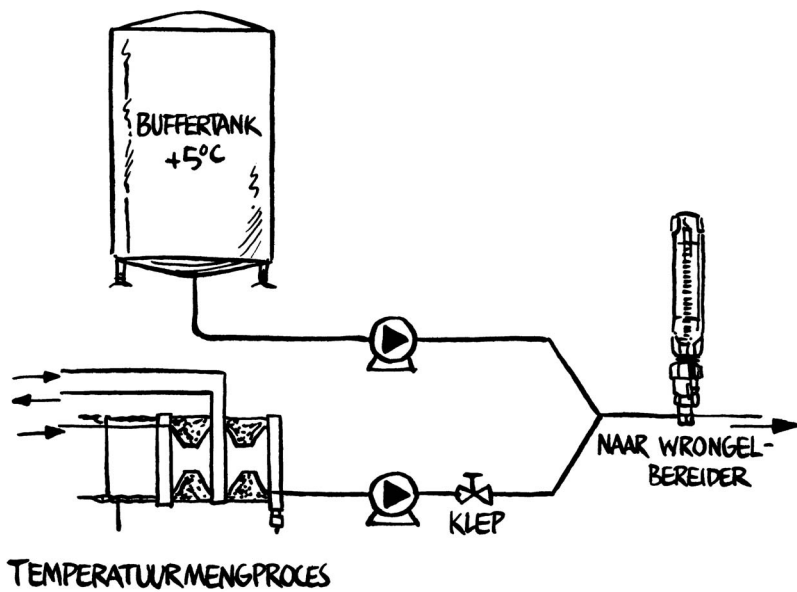
De procesoperator kan een proces alleen bijsturen als hij of zij op de hoogte is van een aantal zogenaamde *procesgrootheden*. Dit zijn bijvoorbeeld de gegevens over de afstellingen van de machines en overige procesapparatuur, de aanvoersnelheden van grond en hulpstoffen en het regelen en bijsturen van lopende processen. Dit laatste vindt plaats op basis van zowel kennis van het gedrag van een proces als kennis van het reactiegedrag van het proces. Het gedrag of karakter van proces kan worden vastgelegd in een *statische proceskarakteristiek*. Het reactiegedrag of de responsie kan worden vastgelegd in een dynamische proceskarakteristiek of *procesresponsie*. Beide worden afgebeeld als grafiek. Als een proces niet volgens de juiste karakteristiek verloopt, kan de procesoperator ingrijpen en het proces bijsturen op basis van de procesresponsie.

*statische
proceskarakteristiek
procesresponsie*

Statische proceskarakteristiek

De proceskarakteristiek geeft het gedrag weer van een proces in een evenwichtssituatie. We nemen als voorbeeld een kaasfabriek. Warme melk van de pasteur (70 °C) wordt -om energie te besparen- gemengd met koude melk uit buffertanks (5 °C). De gemengde melk wordt naar de wrongelbereider verpompt. Dit is weergegeven in figuur 5.7.

Fig. 5.7
Temperatuur-
mengproces

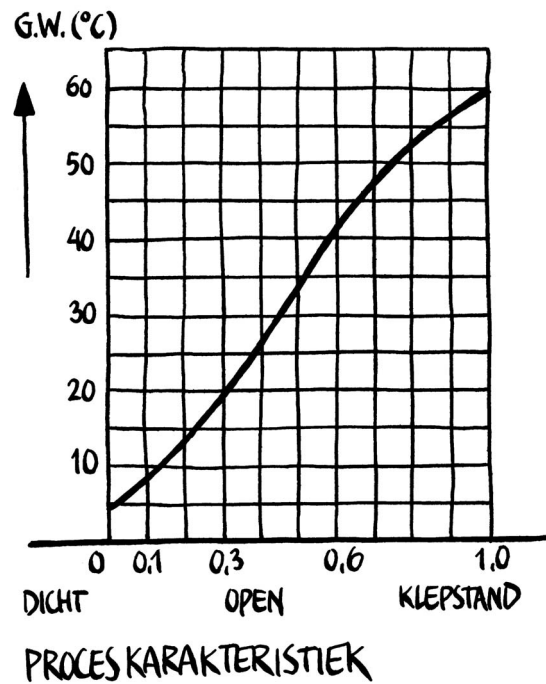


Van dit proces willen we de proceskarakteristiek bepalen. Daartoe meten we bij verschillende standen van de klep (die de toevoer van de warme melk bepaalt) de temperatuur van het mengsel. We beginnen met de klep dicht en meten na enkele seconden de temperatuur van het mengsel. Die is dan uiteraard 5 °C. Vervolgens openen we de klep voor 10% en meten na enkele seconden de temperatuur opnieuw. Vervolgens herhalen we deze handelingen stapsgewijs tot de klep geheel open staat. Dit levert de tabel in figuur 5.8 op. In figuur 5.9 worden deze waarden grafisch weergegeven.

Fig. 5.8
Temperatuurmetingen
bij diverse klepstanden

opening klep (%)	mengtemperatuur (C)
0	5
10	8
20	13
30	20
40	27
50	34
60	41
70	47
80	52
90	56
100	59

Fig. 5.9
Statische
proceskarakteristiek



De lijn in figuur 5.9 noemen we de 'statische proceskarakteristiek'. Op basis hiervan kunnen we bij elke stand van de klep zien wat de temperatuur wordt.

Dynamische proceskarakteristiek of procesresponsie

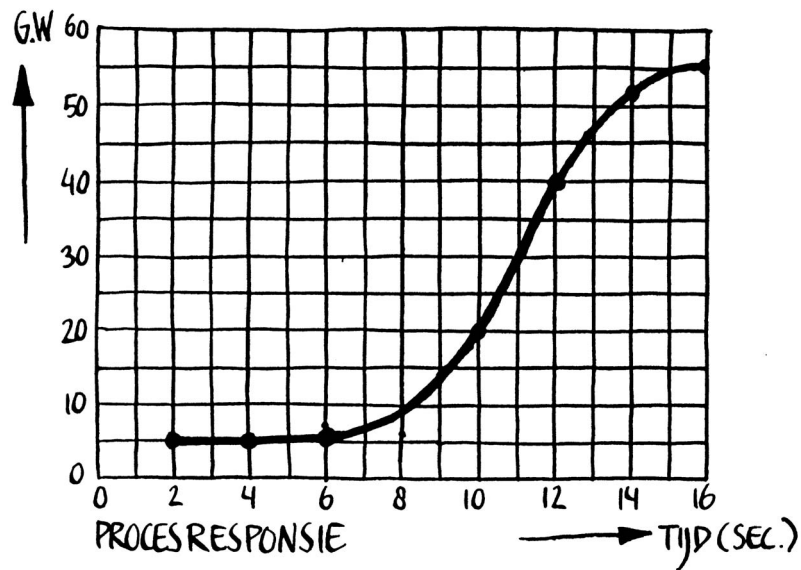
De procesresponsie geeft het reactiegedrag van het proces weer op veranderingen die plaatsvinden. Het zegt iets over hoe het proces reageert direct na veranderingen van bijvoorbeeld een klepstand.

We beschouwen nog eens de kaasfabriek en beginnen weer met een gesloten klep (dus geen toevoer van warme melk). Nu openen we de klep ineens volledig en lezen elke 2 seconden de temperatuur af. De resultaten worden weergegeven in figuur 5.10. Ze zijn grafisch uitgezet in figuur 5.11

Fig. 5.10
Temperatuur- en
tijdmetingen bij volledig
open klepstand

opening klep (%)	tijd (s)	mengtemperatuur (C)
0	2	5
100	4	5
100	6	6
100	8	6
100	10	20
100	12	40
100	14	52
100	16	60
100	18	60

Fig. 5.11
Procesresponsie



De lijn in figuur 5.11 noemen we de 'procesresponsie'. Het duurt na het openen van de klep een tijdje voordat de temperatuur reageert. We noemen deze tijd de voortplantingstijd. Zowel de voortplantingstijd als de snelheid waarmee het proces daarna reageert is voor elk proces verschillend, afhankelijk van de aanwezige apparatuur.

- Vragen 5.4**
- Beschrijf wat met de volgende termen wordt bedoeld en geef er een voorbeeld van:
 - mechanisering;
 - automatisering;
 - regelen;
 - sturen;
 - procesgrootheden.
 - Geef kort weer wat je onder de volgende zaken verstaat:
 - proceskarakteristiek;
 - procesresponsie;
 - voortplantingstijd.
 - Beredeneer wat het gevolg is van het verlengen van de toevoerleidingen in figuur 5.7 voor:
 - de proceskarakteristiek;
 - de voortplantingstijd;
 - de procesresponsie.

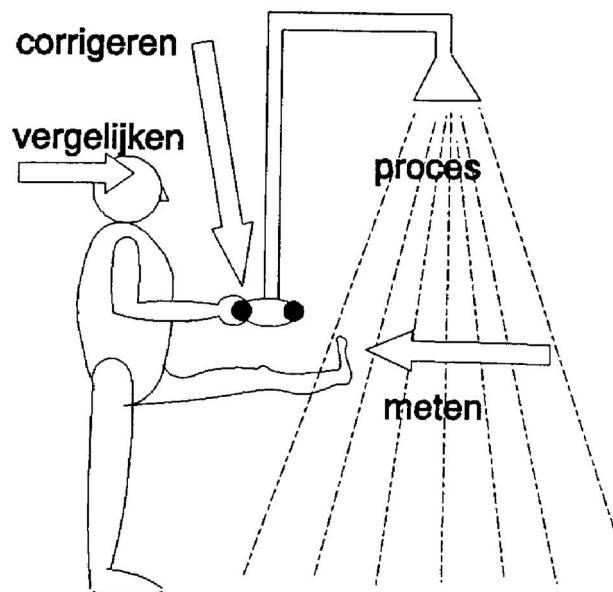
5.3 De regelkring

Het bierbrouwproces zal alleen soepel verlopen als de apparatuur op het juiste moment kleppen opent of dicht, de temperatuur verhoogt of verlaagt, pompen aan of uitzet, enzovoort. Deze apparatuur zal dus door de mens of door automatische regelsystemen gestuurd moeten worden zodat het proces vlekkeloos verloopt. Regelsystemen zijn tegenwoordig in hoge mate geautomatiseerd. Ze werken volgens het principe van de regelkring.

Het regelkringprincipe is thuis ingebouwd in apparatuur zoals de cv-installatie. De cv-ketel op zolder en de thermostaat in de huiskamer staan 'on-line' met elkaar in verbinding. De thermostaat bepaalt wanneer de ketel bij moet stoken en er weer mee moet ophouden. Zelf ben je onderdeel van een regelkring als je een douche neemt en daarbij de watertemperatuur instelt. Wat is het werkingsprincipe van de regelkring?

Tijdens het douchen maak je zelf onderdeel uit van een regelkring. De toepassing van een regelkring is dus eigenlijk niets nieuws onder de zon. Figuur 5.12 laat zien hoe dit in zijn werk gaat. Het douchewater moet op de juiste temperatuur worden ingesteld. Met het been wordt de temperatuur van het water 'gemeten'. Door bediening van de kraan wordt de temperatuur van het uitstromende water bijgesteld.

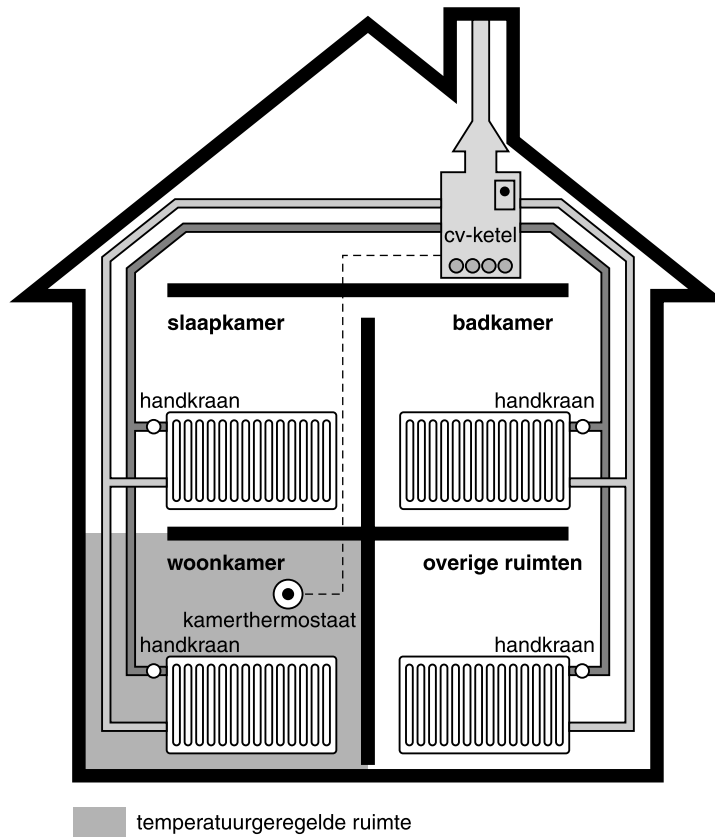
Fig. 5.12
De mens als onderdeel
van een regelkring



In bedrijfsprocessen ben je als medewerker ook vaak onderdeel van een regelkring. Dit is het geval op alle proceslocaties waar indicatieve meters hun werk doen. Als de aangegeven waarde te hoog of te laag is voor het proces, moet je zelf iets bijregelen. In andere situaties stuur je de regelkring zelf bij. Dit doe je wellicht nu al zonder dat je dat wist. Neem de centrale verwarming in figuur 5.13. Het hele verwarmingssysteem regelt zichzelf op één ding na. Als bewoner stel je zelf de thermostaat op de gewenste kamertemperatuur in. Vervolgens levert de cv zelf die

temperatuur. Wordt het te koud of te warm dan moet je de thermostaat zelf bijstellen. Je stelt de regelkring dan in op een andere waarde voor de kamertemperatuur.

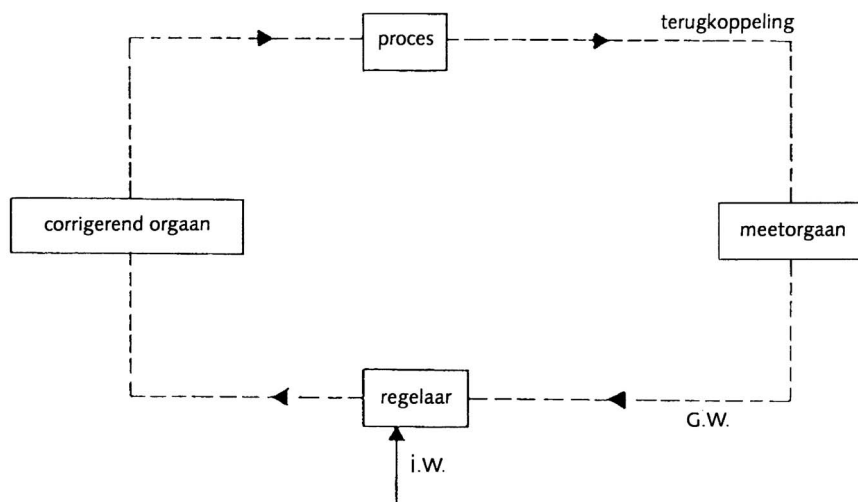
Fig. 5.13
Temperatuurgeregelde ruimte



De onderdelen van de regelkring

Een regelkring is opgebouwd uit vier onderdelen die in onderling verband staan met elkaar. Deze vier onderdelen zijn duidelijk herkenbaar in figuur 5.14.

Fig. 5.14
Blok-schema van een regelkring



Het proces

Bij de controle van een proces kijk je of de procesgrootheden die van toepassing zijn, de juiste waarden hebben. Als dat niet het geval is, moet je het proces bijsturen. Meestal vindt deze controle en bijsturing plaats via een in het proces ingebouwde automatische regelkring. Zo wordt bij verwarmingsprocessen gelet op de procesgrootheid temperatuur. Bij doseren let je op het volume of gewicht. Een regelkring treedt in werking op het moment dat een meetwaarde de regelgrenzen van de regelkring overschrijdt. De cv-ketel die het verwarmingsproces regelt, zal hierdoor aanslaan of afslaan.

Het meetorgaan

Het meetorgaan neemt de heersende waarde van de procesgrootheid op en geeft deze door aan de regelaar. De thermostaat die in de kamer hangt, is voorzien van een thermometer. Deze meet voortdurend de kamertemperatuur en stuurt de *gemeten waarde* door naar de regelaar. De regelaar bevindt zich in deze regelkring ook in de thermostaat.

De regelaar

ingestelde waarde
ondergrenswaarde

De regelaar vergelijkt de gemeten waarde met de *ingestelde waarde*. De thermostaat staat bijvoorbeeld op 18 graden Celsius ingesteld. Elke regelaar is op een bepaalde wijze ingesteld. De ingestelde waarde kent een *ondergrenswaarde* en een *bovengrenswaarde*. Wordt een waarde gemeten die één van beide grenzen overschrijdt dan treedt de regelkring in werking. De regelaar geeft een signaal af aan het corrigerend orgaan. In het geval van een cv gaat er een signaal van de thermostaat naar de cv-ketel. Deze slaat dan aan of af.

Het corrigerend orgaan

Het signaal van de regelaar kan in een andere vorm het corrigerend orgaan bereiken. Omvorming van het signaal is regelmatig noodzakelijk om het corrigerend orgaan te kunnen aansturen. Zo wordt bij een cv de meetwaarde van de temperatuur in de regelaar omgezet in een elektrisch signaal dat vervolgens een klep in de cv-ketel aanstuurt. Op deze wijze stuurt de thermostaat de gas- of olietoevoer in de cv-ketel aan die dan op zijn beurt harder of zachter gaat branden. De werking van het corrigerend orgaan is er altijd op gericht het proces op het niveau van de ingestelde waarde terug te brengen.

Industriële meet- en regeltechniek

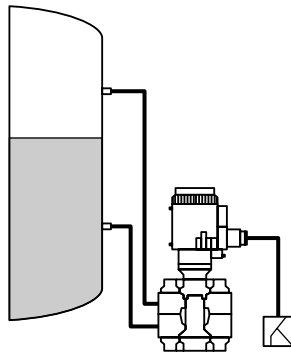
De industriële meet- en regeltechniek maakt in regelkringen gebruik van veel meer verschillende instrumenten dan de huishoudelijke meet- en regeltechniek. Daarnaast zijn de in de industrie gebruikte instrumenten vaak veel nauwkeuriger.

Voorbeeld: niveauregeling

Een voorbeeld van industriële toepassing van de regelkring is de niveauregeling uit figuur 5.15. Dit type regelkring wordt veelvuldig toegepast. Hierbij is een buffertank gekoppeld aan een pomp die weer met een vulleiding in verbinding staat. Binnen in de buffertank bevinden zich zowel ergens aan de onderzijde als aan de bovenzijde niveaumeters. De elektrische pomp treedt in werking als het vloeistofniveau de onderste niveaumeter passeert en slaat weer af als het vloeistofniveau de bovenste

niveaumeter passeert. Op deze manier is er altijd voldoende vloeistof in de buffertank voor het betreffende proces.

Fig. 5.15
Niveauregelapparatuur

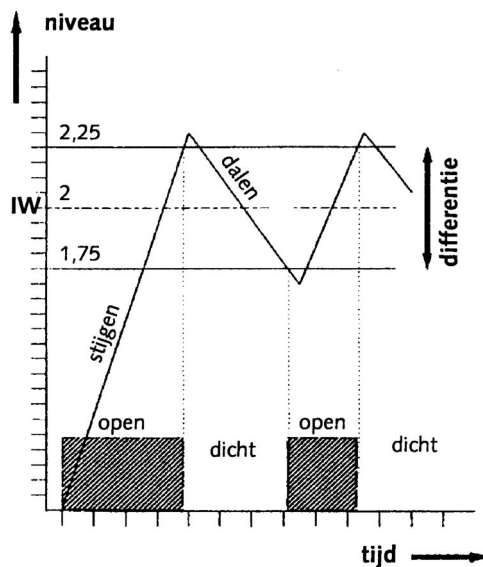


PMD 230, PMD 235

Van deze regelkring is een grafische voorstelling te maken. Je hebt te maken met het verloop van het vloeistofniveau in de tijd en de werking van de pomp. De ingestelde waarde bevindt zich tussen twee vloeistofniveaus. Deze niveauwaarden worden op de y-as aangegeven. De x-as geeft het tijdsverloop aan. Bij een in gebruik zijnde buffertank zal het vloeistofniveau altijd tussen deze twee waarden schommelen. De pomp slaat met tussenpauzen aan en af.

Ga je uit van een lege tank dan zal de regelkring bij het opstarten van het proces de pomp aanzetten. Deze zal pompen tot de hoge niveaumeter een signaal aan de regelaar afgeeft. De regelaar zal het corrigerend orgaan, de pomp, uitschakelen. Zakt het vloeistofniveau vervolgens tot onder de lage niveaumeter dan zal de regelaar de pomp weer aanschakelen. Het verloop van dit proces in de tijd is grafisch in figuur 5.16 weergegeven.

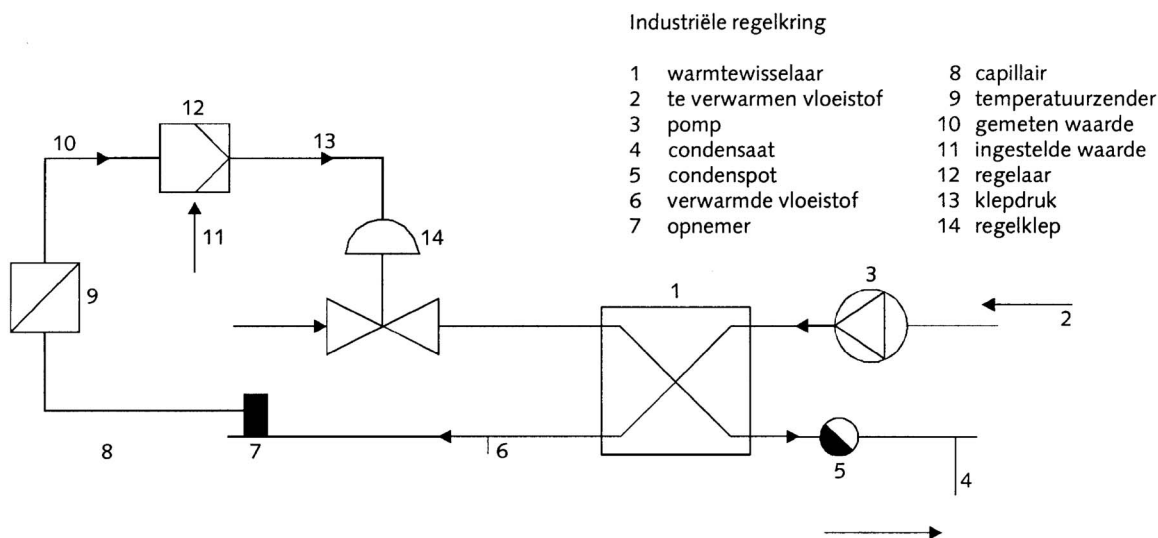
Fig. 5.16
Grafische voorstelling
van een niveauregeling



Voorbeeld: pasteuriseren

Een ander voorbeeld van een industriële regelkring is die van het pasteuriseren van melk. Om een vloeistof te verwarmen maakt men in de industrie vaak gebruik van verzadigde stoom. Deze stoom gaat door en warmtewisselaar in tegenstroom met de te verwarmen vloeistof. In figuur 5.17 is deze regelkring schematisch weergegeven. In de praktijk is het goed mogelijk dat je schema's tegenkomt met andere symbolen. Het bijbehorende renvoi moet uitkomst bieden.

Fig. 5.17 Temperatuurregelkring



De stoom wordt via de regelklep (14) door de warmtewisselaar geleid. Hier geeft de stoom de warmte af. Vervolgens verlaat de afgekoelde stoom via de condenspot (5) als condensaat (4) het proces. De vrijgekomen warmte is in de warmtewisselaar doorgegeven aan de melk. De temperatuur van de melk wordt gemeten (7) en doorgegeven (9) aan de regelaar (12). Deze vergelijkt de gemeten waarde met de ingestelde waarde (11). Indien nodig wordt een klep in werking gesteld (14). De regelaar bepaalt de stand van de klep en hoe lang deze open blijft staan om nieuwe warme stoom toe te voeren.

Voordelen

In de industrie wordt veelvuldig van het regelkringprincipe gebruik gemaakt. Zichzelf sturende bedrijfsprocessen zijn veelal rendabeler doordat er minder mensen op de werkvloer nodig zijn. Ook verbetert vaak de veiligheid op de werkvloer en de kwaliteit van het eindproduct.

Vragen 5.5

- Wat is in een proces de functie van een regelkring?
- Uit welke onderdelen is een regelkring opgebouwd?
- Wat is de functie van elk onderdeel van een regelkring?
- Beschrijf de werking van de regelkring van de koelkast aan de hand van de vier onderdelen van een regelkring.
- Bedenk zelf twee regelkringen uit het dagelijkse leven en beschrijf deze.

5.4 Werken met meetgegevens

Nagenoeg elk proces of procesapparaat kent een of andere vorm van sturing. Deze sturing gebeurt vaak met behulp van regelkringen. Hierbij worden de meetwaarden van het proces voortdurend scherp in de gaten gehouden. Deze controle is binnen een regelkring geautomatiseerd. De operator dient enkel de waarden op het juiste niveau in te stellen en deze instelling zo nodig te controleren. De regelkring zelf mag dan natuurlijk geen defecten vertonen. De operator is ook vaak meetorgaan en corrigerend orgaan van een regelkring. Hij of zij leest de meetwaarden van het proces en vergelijkt deze met de gewenste ingestelde waarden. Als een meetwaarde een te grote afwijking van de ingestelde waarde aangeeft, moet de operator het proces zelf bij sturen.

Voorbeeld: de waterzuivering bij het brouwproces

geautomatiseerd proces

procesverloop

Een proces dat in werking is, levert veelal een onuitputtelijke stroom aan meetwaarden op. Gelukkig voor de operator is de controle hierop voor een belangrijk deel geautomatiseerd. In een *geautomatiseerd proces* is de menselijke oplettendheid door speciale apparatuur overgenomen. In dergelijke gevallen 'kijkt' een regelkring naar het *procesverloop* en 'grijpt in' indien nodig.

Een voorbeeld hiervan is de debiet- of flowmeting van het binnenkomende afvalwater in de waterzuivering van de bierbrouwerij. Elke waterzuivering heeft een maximum capaciteit in m³ afvalwater die per uur verwerkt kan worden. De hoeveelheid afvalwater die de waterzuivering binnenkomt, wordt met behulp van een Flow meter gemeten. Zolang dit aanbod onder de ingestelde waarde van de Flow meter blijft, zal het afvalwater de zuivering ingepompt worden. Is het aanbod te hoog dan stelt de Flow meter een pomp in werking die het afvalwater zolang in een buffertank pompt. Dit voorkomt het overlopen van de waterzuivering. Op momenten dat het aantal m³ afvalwater onder de ingestelde waarde komt, wordt afvalwater uit de buffertank bijgepompt.

Fig. 5.18
Magnetische Flow meter
voor in de aanvoerleiding
naar de waterzuivering



controlekamer In deze situatie zijn de meetwaarden van de flowmeting in de *controlekamer* van de display waterzuivering zichtbaar. Ze staan op een apart *display* of in een PID-schema op het beeldscherm ter beschikking van de operator. Deze weet hoe groot de maximale instroom mag zijn en weet dus dat er misschien iets met de pomp van de buffertank of de regelkring aan de hand is als de instroomwaarde te hoog is en blijft. Gerichte actie is dan geboden, anders loopt de waterzuivering over! Het is extra vervelend dat de operator de aangeboden hoeveelheid afvalwater niet kan stilleggen. Het brouwproces is namelijk niet eenvoudig te stoppen! De operator moet dus met betrekking tot de aangeboden hoeveelheid afvalwater zowel de meetwaarde van de flow als de werking van deze regelkring controleren.

Naast de flowmeting zal deze operator nog andere meetwaarden tegelijkertijd controleren. Zo moeten bijvoorbeeld de zuurgraad (pH) en de temperatuur van het te zuiveren afvalwater aan bepaalde waarden voldoen anders verloopt het zuiveringsproces door de bacteriën niet optimaal. Daarom zijn op relevante plaatsen in het proces van waterzuivering pH- en temperatuurmeters geïnstalleerd.

Fig. 5.19
pH-meter



pH-meter Binnenkomend afvalwater kan te zuur of te basisch zijn. De *pH-meter* geeft de gemeten pH-waarde door aan een regelaar. Hier wordt de waarde vergeleken met de ingestelde waarde. Is de pH te hoog dan wordt vanuit een voorraadvat zuur bijgevoegd. Is de pH te laag dan wordt een loog bijgevoegd. Op deze wijze komt het afvalwater met de juiste zuurgraad de waterzuivering binnen. Dit is van belang voor de goede werking van de bacteriën in de waterzuivering. Als het zuiveringsproces niet optimaal verloopt, heeft het afvalwater aan het einde van het zuiveringsproces niet de juiste kwaliteit en mag niet geloosd worden. Dit heeft weer grote consequenties.

Controle en bijsturing

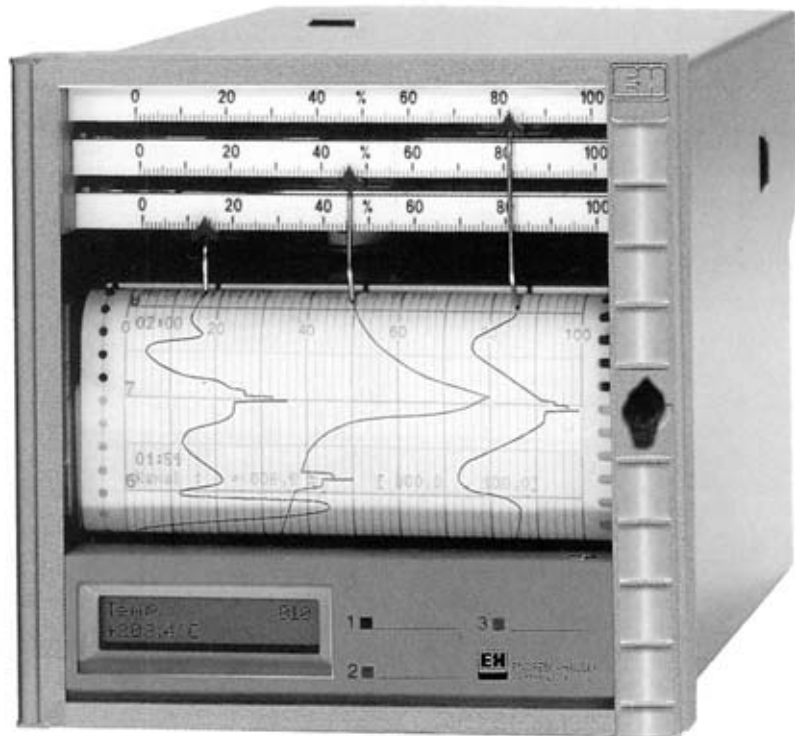
In een geautomatiseerd proces zal de operator meestal op afstand controleren en bijsturen. Hij heeft daarbij meetlijsten tot zijn beschikking en computers in een controlekamer waarop in PID-schema's de bedrijfsprocessen met hun controlepunten zichtbaar zijn.

Controlekamer

In een geautomatiseerd proces kan de operator vanuit de controlekamer met behulp van een pc vele processen controleren en bijsturen. In de PID-schema's zijn de actuele meetwaarden en de werking aangegeven van belangrijke schakels in een proces, zoals bijvoorbeeld pompen of niveaus in voorraadtanks. Als in het proces een meetwaarde te veel is afgeweken van de ingestelde waarde, verschijnt op het scherm een *waarschuwingssignaal* dat deze storing aangeeft. Een afwijkende meetwaarde is vaak rood weergegeven en knippert. Zo heeft de operator snel inzicht in het probleem én de locatie ervan. In veel gevallen waarschuwt ook een akoestisch signaal de operator zodra zich een probleem voordoet. Hij hoeft dan niet constant achter het beeldscherm te blijven zitten. Daarnaast zijn er vaak nog diverse

afzonderlijke registrerende meters in de controlekamer aanwezig waaruit de operator de stand van zaken kan opmaken. Een voorbeeld van zo'n registrerende meter zie je in figuur 5.20.

Fig. 5.20
Registrerende meter in
controlekamer



Meetlijsten

Controle vindt ook plaats aan de hand van het aflezen van indicatieve meetwaarden op proceslocaties, zoals druk-, tijd- of temperatuurmeting. In de praktijk worden dergelijke meetwaarden waar nodig geregistreerd op meetlijsten die als logboek dienen. Een voorbeeld van een meetlijst voor elektriciteitsverbruik van een proces is opgenomen in bijlage 2. Deze lijsten geven inzicht in het procesverloop ter plaatse van de meting op een bepaald moment. In de meeste gevallen worden meetwaarden automatisch geregistreerd en verwerkt tot tabellen of een grafische voorstelling. Zo zijn de flow, temperatuur en pH van het aangeboden afvalwater als lijnen op een tijdschaal aangegeven. In bijlage 3 vind je blanco voorbeelden voor registratie van dergelijke grafieklijnen. De operator leidt uit het hoogteniveau van de lijnen af of de voortgang van het proces naar wens verloopt.

Vragen 5.6

- a Waarom worden in een proces grootheden gemeten?
- b Wat is een geautomatiseerd proces?
- c Noem een voorbeeld van een geautomatiseerde regelkring.
- d Wat is het kenmerk van een niet-geautomatiseerde regelkring?
- e Wanneer grijpt een operator in bij controle van een geautomatiseerde regelkring?
- f Verklaar de rol van de operator als meetorgaan en corrigerend orgaan in een niet-geautomatiseerde regelkring.

-
- g Op welke wijzen worden meetwaarden in de praktijk vastgelegd?
h Welk nut heeft het registreren van meetwaarden? Illustreer je antwoord met een voorbeeld.

5.5 Afsluiting

Een proces is opgebouwd uit deelprocessen. Om het proces zonder problemen te laten verlopen moeten de deelprocessen goed op elkaar zijn afgestemd. Om de deelprocessen zelf goed te laten verlopen moeten de procesgrootheden juist zijn ingesteld. Gedurende het proces moeten deze instellingen gehandhaafd blijven. Dit vergt controle en vereist bijsturing bij storingen. Controle van de procesgrootheden gebeurt op basis van metingen. In een PID-schema worden de controle- en meetlocaties van een proces met symbolen aangeduid. Uit het symbool kun je afleiden welke procesgrootte wordt gemeten en om wat voor type meter het gaat, bijvoorbeeld aanwijzend of registrerend.

De meetwaarden kunnen ter plaatse van de meetlocaties zichtbaar zijn. Zij geven de operator op locatie informatie over een procesgrootte op dat moment. De operator treedt op als de gemeten waarde te veel afwijkt van de gewenste of ingestelde waarde. Hij of zij zal zodanig in het proces moeten ingrijpen dat de betreffende procesgrootte op de gewenste waarde uitkomt.

De meetwaarde kan ook een regelkring ingestuurd worden. In de regelkring wordt de gemeten waarde door een apparaat vergeleken met de ingestelde waarde. Wordt de boven- of ondergrens van de ingestelde waarde overschreden dan zal de regelaar een corrigerend orgaan in werking stellen. De procesgrootte wordt hierdoor weer op de ingestelde waarde teruggebracht. Zodra dit bereikt is, schakelt de regelaar het corrigerend orgaan weer uit. In dit type regelkringen heeft de operator de taak de regelkringen van de juiste ingestelde waarden te voorzien en het technisch functioneren van de regelkringen in de gaten te houden.

De moderne operator wordt meestal ondersteund door geautomatiseerde registratie en gegevensverwerking. Controle van de meetwaarden, al of niet omgezet in grafieken, vindt plaats vanuit een centrale controlekamer. Hier komen de meetwaarden van alle belangrijke procesgrootheden bij elkaar. De actuele stand van zaken kan vanaf een stroomschema op een beeldscherm worden bestudeerd. Storingen worden vaak met een geluids- of beeldsignaal aan de operator kenbaar gemaakt. Uit het processchema kan hij of zij de locatie en de mogelijke oorzaak van de storing opmaken. Zo kan de operator snel tot actie overgaan. Op de kaft van dit modulboek is een operator in de controlekamer afgebeeld. Op het beeldscherm is het procesverloop met controlepunten in het stroomschema zichtbaar.

6 Weten door meten

Oriëntatie

Grond- en hulpstoffen worden in een proces met een soms duizelingwekkende snelheid tot product omgevormd. De materiaalstromen gaan veelal in een constante stroom het proces in vanuit de opslaglocaties. Voor een soepele gang van zaken moet je alle deelprocessen nauwgezet op elkaar afstemmen. Tegelijkertijd zijn vele apparaten werkzaam. Die moeten natuurlijk in de gaten gehouden worden. Storingen in de voortgang van het proces leiden tot productieverlies en kosten het bedrijf daardoor geld. Vaak is ook het milieu in het geding. Als een vulmachine niet de juiste hoeveelheid 'vulling' toevoegt aan de verpakking, is het product in feite onverkoopbaar. Het proces heeft zo extra afval geproduceerd. Een goede regeling van processen is dus in economisch en milieukundige zin in het belang van het bedrijf. Voor een goede regeling is nauwkeurig meten van de procesgrootheden een basisvoorwaarde. Er is niet voor niets een gezegde: "Meten is weten, gissen is missen".

Meten is een handeling die op zeer veel uiteenlopende terreinen plaatsvindt. Overal waar zich processen afspelen, worden metingen verricht. Met de gegevens bewaak je processen en stuur je deze bij. Ook milieuvuiling stel je vast aan de hand van metingen. De meetresultaten kunnen aanleiding zijn om extra voorzieningen te treffen waarmee je de verontreiniging vanuit een proces beperkt.

In dit hoofdstuk maak je kennis met veel gebruikte meetinstrumenten, hun toepassing en met enkele begrippen uit de meettechniek.

- Vragen 6.1** Je staat er niet bij stil, maar in het dagelijkse leven voer je voortdurend metingen uit. Overal liggen meters op de loer om de meest uiteenlopende zaken te meten. De meetwaarden gebruik je om processen goed te laten verlopen.
- Noem tenminste drie metingen die je zelf gedurende de dag (on)bewust uitvoert.
 - Welke metingen kan een wasmachine zelf verrichten?
 - Over welke meetgegevens beschikt een automobilist tijdens een rit?
 - Welke meters vind je in vrijwel iedere woning?
 - In welke eenheden worden de waarden op de thuismeters uitgedrukt?

6.1 Begrippen in de meettechniek

Metingen leveren waardevolle informatie op voor de procesoperator. Op basis van de metingen heeft de operator overzicht over de gang van zaken in het proces. Als de meetresultaten afwijkingen aangeven van de proceswaarden, moet hij bijsturen. Het bijsturen baseert hij ook weer op de nieuwe meetwaarden.

Grootheden en eenheden

grootheid Meten is het bepalen van de waarde van een *grootheid* met behulp van een *eenheid* (deze noem je ook wel maat).

eenheid

Enkele voorbeelden:

Te meten grootheid

- Temperatuur
- Luchtdruk
- Massa
- Tijd

Bijbehorende eenheid

- °C (graden Celsius)
- Pa (Pascal)
- kg (kilogram)
- sec (seconden)

Symbolen van meetinstrumenten

symbolen Het apparaat waarmee we een meting uitvoeren is het meetinstrument. Meetinstrumenten worden in schema's met vaste *symbolen* aangegeven. Enkele voorbeelden zijn:

Meters

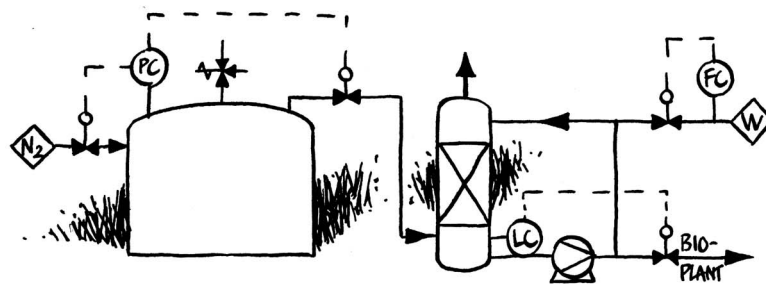
- Thermometers
- Drukmeters
- Niveaumeters
- Debietmeters

Aangegeven met

- TI (temperature indicator)
- PI (pressure indicator)
- LI (level indicator)
- FI (flow indicator)

De verschillende meters staan in een schema aangegeven. Dit zie je in figuur 6.1.

Fig. 6.1
Metersymbolen



Meetgebied of range

De schaal van een koortsthermometer loopt van 35 tot 43 °C. Het meetgebied is dan 35 - 43 °C. De schaal van een thermometer van een melkpasteur loopt bijvoorbeeld van 30 tot 100 °C. Het meetgebied is dan 30 - 100 °C.

Het meetgebied of de range is dus het gebied tussen de op de schaalverdeling aangegeven laagste en hoogste waarde.

Meetbreedte of span

De meetbreedte van bovengenoemde koortsthermometer is $43\text{ °C} - 35\text{ °C} = 8\text{ °C}$.

De meetbreedte van de thermometer bij de pasteur is $100\text{ °C} - 30\text{ °C} = 70\text{ °C}$.

De meetbreedte of span is het verschil tussen de hoogste en de laagste waarde dat een instrument kan meten.

Meetnauwkeurigheid

procentueel Geen enkel meetinstrument heeft een meetnauwkeurigheid van 100%. Bij het meten van grootheden moet je er dus van uitgaan dat er altijd een onnauwkeurigheid in de meting zit. Het is van belang te weten hoe groot die onnauwkeurigheid kan zijn. Daarvoor moet je de nauwkeurigheid van het instrument kennen. De fabrikant kan je die informatie geven. Hij kan de nauwkeurigheid *procentueel* of *absoluut* aangeven.

werkelijke waarde afgelezen waarde De nauwkeurigheid van een meetinstrument is de maximale grootte van de afwijking tussen de *werkelijke waarde* en de *afgelezen waarde* in procenten van de meetbreedte.

Bijvoorbeeld bij ijking van een manometer blijkt dat de ijkmanometer 5 bar aanwijst, terwijl de manometer die getest wordt 5,2 bar aangeeft. De afwijking is dan 0,2 bar. Als deze manometer een meetbreedte heeft van 10 bar dan is de nauwkeurigheid: $0,2/10 \times 100\% = 2\%$.

absolute meetfout De *absolute meetfout* van een instrument is het verschil tussen de gemeten waarde en de werkelijke waarde. Dit verschil kan aan de bovenkant of aan de onderkant zitten. Daarom wordt meestal het \pm -teken erbij geplaatst. Voorbeeld: Een manometer geeft 0,60 bar aan. De absolute nauwkeurigheid van de meter is 0,03 bar. De werkelijke waarde kan dan liggen tussen 0,63 en 0,57 bar. We schrijven dan de druk is $0,60 \pm 0,03$ bar. Dit betekent: $0,57 < \text{werkelijke waarde} < 0,63$ bar.

Lineariteit

Het begrip lineariteit is het duidelijkst uit te leggen aan de hand van een voorbeeld. Stel dat de werkelijke temperatuur verandert van 10 naar 30 °C. De wijzer van de thermometer stijgt daardoor met 2 cm. Dat is dus per °C een wijzerverandering van 1 mm.

Daarna stijgt de werkelijke temperatuur van 30 naar 50 °C. Als nu de wijzer daardoor weer 2 cm stijgt dan is de meter lineair.

Traagheid

tijdconstante Een meetinstrument kan een bepaalde traagheid vertonen. Je meet bijvoorbeeld de temperatuur van een vloeistof in een leiding. De temperatuur is 70 °C. Plotseling verandert de temperatuur en wordt 65 °C. De thermometer wijst nu niet onmiddellijk 65 °C aan. Dit duurt even. Dit tijdsbestek noemen we de traagheid van een meter. Een ander woord voor traagheid is *tijdconstante*.

Vragen 6.2

Aan het gebruik van meetinstrumenten zijn een aantal begrippen verbonden. Deze moet je beheersen om de waarde van een meting juist te kunnen toepassen.

- Waarom worden in processen metingen verricht?
- Wat is meten eigenlijk?
- Meetinstrumenten vertonen altijd een zekere onnauwkeurigheid. Hoe kleiner het verschil is tussen de werkelijke waarde en de afgelezen waarde, hoe nauwkeuriger het meetinstrument is. Is de absolute meetfout van een nauwkeurig meetinstrument nu groot of klein? Motiveer je antwoord.

-
- d Geef met eigen woorden uitleg aan het begrip lineariteit.
 - e Wat wordt bedoeld met het begrip traagheid van een proces?
 - f Teken met potlood in bijlage 1 de meetinstrumenten die volgens jou voor de procesbeheersing nodig zijn. Gebruik hiervoor de juiste symbolen.

Vragen 6.3

- Een kraan heeft een debiet van één emmer (inhoud 10 liter) per minuut. De kraan wordt nu 10 minuten opengezet om een grote kuip vol te laten lopen.
- a Maak van dit proces een grafiek waarbij op de x-as de minuten staan aangegeven en op de y-as het aantal liters.
 - b Is de grafiek die je hebt getekend een voorbeeld van een lineair proces? Verklaar je antwoord.
 - c De absolute meetfout van de emmer is 0,5 liter per volle emmer. Tussen welke hoeveelheden zal de werkelijke hoeveelheid water in de kuip kunnen schommelen?
 - d Wat is de meetnauwkeurigheid van de emmer?
 - e Hoe groot is het meetgebied van de emmer?
 - f Wat is de meetbreedte van de emmer?
 - g In welke grootte en eenheid wordt met de emmer gemeten?

6.2 Meetapparatuur nader bekeken

In een proces worden vaak op vele plaatsen metingen verricht. Dit wil niet zeggen dat er evenzoveel meters afgelezen moeten worden. De meetinstrumenten met een afleesmogelijkheid worden alleen daar ingezet waar dat nuttige informatie oplevert voor de operator. Bijvoorbeeld om de doorgestroomde hoeveelheid bij te houden.

Meetinstrumenten deel je in op basis van hun functie. We bespreken hier de volgende instrumenten:

- 1 aanwijzende instrumenten;
- 2 registrerende instrumenten;
- 3 integrerende instrumenten;
- 4 signalerende instrumenten.

Aanwijzende instrumenten

momentele waarde Aanwijzende meetinstrumenten pas je toe als alleen de waarde van het moment (*momentele waarde*) van de gemeten grootte van belang is. Deze instrumenten moet je op een gemakkelijk te bereiken plaats opstellen. Bijvoorbeeld aan de buitenzijde van een koelkast om de temperatuur te meten. Je hebt digitale en analoge meetinstrumenten. Het verschil is de weergave van de gemeten waarde: de weergave kan analoog of digitaal zijn.

Digitale instrumenten

digitaal display Een *digitaal* meetinstrument geeft de gemeten waarde weer in een getal dat op een klein scherm verschijnt, een zogenaamd *display*. De indeling is bij deze meters lineair met een cijferindeling van 0 tot en met 9. Het aantal cijfers varieert. De meest voorkomende displays zijn het LED en LCD.

LED-display Een *LED-display* bestaat per cijfer uit zeven kleine lampjes in een regelmatige structuur. Doordat verschillende lampjes aangaan, kan een cijfer gevormd worden.

LCD-display Tegenwoordig wordt vaker gewerkt met een LCD-display. Een *LCD-display* bestaat uit een plaatje materiaal waarop door een elektronische schakeling cijfers en letters getekend worden. De tekens zijn zichtbaar doordat ze donker ten opzichte van de omgeving afsteken. Het display van jouw rekenmachine is van het type LCD.

sensoren Digitale meetinstrumenten geven een elektrisch stroompje af dat wordt omgezet in een getal dat op een display leesbaar wordt. We spreken dan ook wel van *sensoren*. Omdat de gemeten waarde gedigitaliseerd is, kun je deze rechtstreeks doorgeven aan de computer. Dit is een voordeel van deze instrumenten.

Analoge instrumenten

Een meetinstrument dat de gemeten waarde aanwijst op een schaalverdeling is een *analoogaanaloog* instrument. Bij deze instrumenten moet je de gemeten waarde bepalen door te kijken welk getal past bij de wijzerstand. Je maakt hierna nader kennis met enkele onderdelen van analoge instrumenten.

De vorm van de wijzer bepaalt voor een groot deel de nauwkeurigheid waarmee deze meters afgelezen kunnen worden. We treffen de volgende typen wijzers aan:

- De lanswijzer: deze komt veel voor en is op grote afstand nog afleesbaar. Door de forse uitvoering is de nauwkeurigheid bij het aflezen niet groot.
- De pijlwijzer: deze wordt ook in bedrijfsruimte vaak toegepast. Ook bij deze wijzer is de nauwkeurigheid bij het aflezen niet groot.
- De meswijzer: deze wordt toegepast bij meters die je nauwkeurig moet aflezen, bijvoorbeeld ijk meters. Om de nauwkeurigheid te vergroten, wordt er onder de schaalverdeling vaak nog een spiegel geplaatst. Je moet er dan bij het aflezen voor zorgen dat je geen spiegelbeeld van de wijzer ziet.
- Het meetsysteem als wijzer: een voorbeeld hiervan zijn U-buizen met vloeistof. Het vloeistofniveau doet zelf dienst als wijzer.

schaalplaten *Schaalplaten* komen in verschillende uitvoeringsvormen voor. Bijvoorbeeld ronde, vierkante, langwerpige en gekromde schaalplaten. De schaalverdeling is meestal over een hoek van 90 ° of van 270 °. De schaalplaat en de schaalverdeling moeten een goed contrast vormen met de wijzer. Een keukenweegschaal is hiervan een goed voorbeeld.

lineair De schaal van meetinstrumenten kan al dan niet *lineair* zijn. De lineaire schaal komt het meest voor. De afstanden tussen de deelstrepen zijn over de gehele schaal steeds even groot zoals op een thermometer of op je horloge.

Op een schaalverdeling zie je vaak hoofdverdelingsstrepen. Ook staat bij elke schaalverdeling vermeld in welke eenheid de schaal is uitgedrukt.

Meters moet je op ooghoogte aflezen. Als je dat niet doet, lees je een onjuiste waarde af.

Registrerende instrumenten

Meters die de waarde van de gemeten grootte voortdurend vastleggen, noem je registrerend of schrijvend. Door de voortdurende metingen tijdens een proces, kun je achteraf bepaalde afwijkingen of storingen verklaren en in het vervolg voorkomen. Het vastleggen van de meetresultaten kan bij registrerende meters zowel analoog als digitaal plaatsvinden. Analoge registratie legt de gemeten waarde als grafiek vast door

<i>recorder</i>	middel van een schrijver of <i>recorder</i> . De gemeten waarde wordt op een strook papier geschreven die met een constante snelheid beweegt.
<i>printer</i>	Bij digitale registratie is er sprake van een <i>printer</i> die de getallen, die op het display van een digitale meter zouden worden afgebeeld, op papier afdrukt. In dat geval is er geen <i>continue waarneming</i> van de meetresultaten. Als de gemeten waarde slechts eenmaal per minuut afgedrukt wordt, mis je verschijnselen die slechts enkele seconden duren. Bij digitale registratie is het dus belangrijk een tijd tussen registraties te kiezen die enerzijds genoeg informatie geeft, maar anderzijds geen papierberg doet ontstaan.
<i>continue waarneming</i>	
<i>computer</i>	Bij gebruik van een <i>computer</i> kun je de metingen vastleggen op de harde schijf of op diskette. Dit is erg aantrekkelijk als jij of iemand anders de gegevens later moet verwerken. Je kunt ze dan namelijk rechtstreeks inlezen in de computer en met programma's bewerken voor presentatie van de gegevens of voor koppeling aan andere gegevens. Als procesgegevens zo worden vastgelegd, spreken we van <i>datacollectie</i> of data-acquisitie.

Integrerende instrumenten

Vooraf bij proces- of energiestromen moet je de doorgestroomde hoeveelheid meten. Meters die hoeveelheden bepalen, zijn integrerend. Ze maken zelf onderdeel uit van het proces doordat de stofstromen er langs gevoerd worden. We noemen ze ook wel *sommerend* of *tellend*, omdat ze continue de verbruikte hoeveelheid optellen. Een voorbeeld hiervan is een watermeter. De meter meet niet hoe snel het water stroomt, maar wel hoeveel water er stroomt. De kwh-meter thuis is ook een voorbeeld van een integrerend meetinstrument.

Signalerende instrumenten

<i>grenswaardendetectie</i>	Een instrument dat alleen kan vastleggen of een bepaalde waarde wel of niet bereikt is, noemen we signalerend. We spreken ook wel van <i>grenswaardendetectie</i> . Denk hierbij aan de bewegingsmelder die is aangesloten op een buitenlamp. Zodra de melder een beweging signaleert, gaat de lamp branden. Het instrument stel je in op de te signaleren waarde. In dergelijke instrumenten is doorgaans een <i>differentie</i> ingebouwd. Je kunt de melder bijvoorbeeld zo instellen dat deze alleen werkt vanaf een bepaalde lichtsterkte in de omgeving. Een niveaumelder zal bijvoorbeeld een pomp uitschakelen bij een (te) hoog vloeistofniveau en inschakelen bij een (te) laag niveau. Het verschil tussen deze niveaus noem je de differentie.
<i>differentie</i>	

Vragen 6.4

In de praktijk worden vele verschillende meetinstrumenten gebruikt. Zelf ben je er ook dagelijks mee in de weer. Zo begint voor jou een doordeweekse dag waarschijnlijk met een tijdmeting om wakker te worden!

- Welke typen meetinstrumenten kun je onderscheiden op basis van hun functie?
- Bij welk type hoort de rinkelende wekker thuis?
- Bij welk type hoort een horloge thuis?
- Is de schaalverdeling op de wijzerplaat van jouw horloge lineair?
- Wat voor type instrument is de thermostaat van de centrale verwarming? Verklaar je antwoord.
- Wat is het verschil tussen een digitale en een analoge registratie?
- In welk opzicht is er een groot verschil tussen integrerende meetinstrumenten en de overige drie typen?

6.3 Werkingsprincipes en gebruik

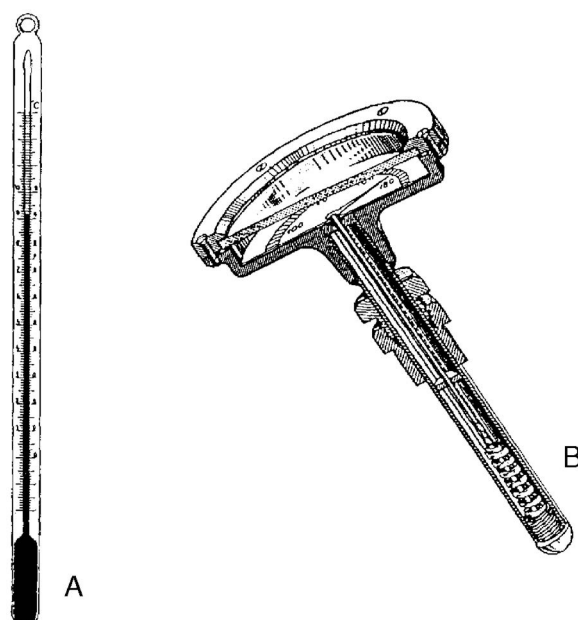
In de meet- en regeltechniek gebruik je zeer veel verschillende meetinstrumenten. In deze paragraaf behandelen we beknopt enkele meters voor de grootheden temperatuur, druk, niveau en debiet (hoeveelheid).

Temperatuurmeting

thermometers Thermometers onderscheid je naar hun werkingsprincipe:

- thermometers die werken op basis van uitzetting van stoffen bij stijging van temperatuur zoals de vloeistofthermometer en de bimetaalthermometer. Zie figuur 6.2
- thermometers die werken op basis van verandering van elektrische eigenschappen door temperatuurverandering zoals de weerstandsthermometer en de thermokoppel.

Fig. 6.2
Vloeistof- en
bimetaalthermometer



Weerstandsthermometer

Een eigenschap van de meeste elektrische geleiders is dat de weerstand mede afhankelijk is van de temperatuur. Wanneer bij een dergelijke weerstand het verband tussen de weerstand en de temperatuur nauwkeurig vastligt en liefst ook lineair is, kun je deze voor temperatuurmetingen gebruiken. Het probleem van de temperatuurmeting is dan herleid tot een *weerstandsmeting*. Een van de meest gebruikte weerstandsmeters is het *Pt 100 element*. Pt staat voor platina. Deze meter wordt veel toegepast, omdat deze een bijna lineair verband geeft tussen de temperatuur en de weerstand.

weerstandsmeting
Pt 100 element

Fig. 6.3
Pt 100 element



spanningsverschil
contactpotentiaalther-
momometer

Thermokoppel

Wanneer je twee verschillende metaalsoorten op elkaar last of soldeert, ontstaat er over de las een *spanningsverschil*. Dit spanningsverschil (of potentiaalverschil) is temperatuurafhankelijk. Wanneer je het verband tussen de temperatuur en het spanningsverschil weet, kun je via een spanningsmeting de temperatuur bepalen. We spreken van een thermokoppel of *contactpotentiaalthermomometer*. Veel temperatuursensoren zijn thermokoppels. Ze zijn nauwkeurig, goedkoop, klein (waardoor ze een kleine traagheid hebben) en gemakkelijk te digitaliseren.

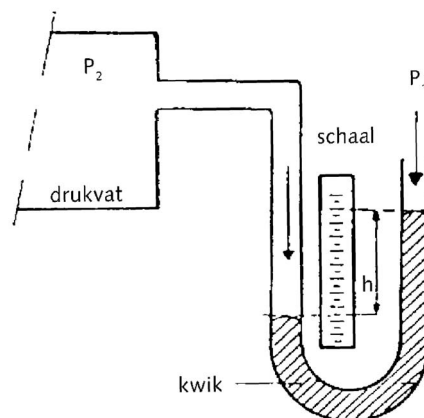
Drukmeting

Drukmeters werken via verschillende mechanismen.

U-buismanometer

vloeistofniveaus
Een erg eenvoudige manier om druk te meten is meten met de U-buismanometer. Deze meter staat afgebeeld in figuur 6.4. De druk in het vat (p_2) bepaal je op basis van het hoogteverschil (h) tussen de *vloeistofniveaus* in de buizen.

Fig. 6.4
U-buismanometer



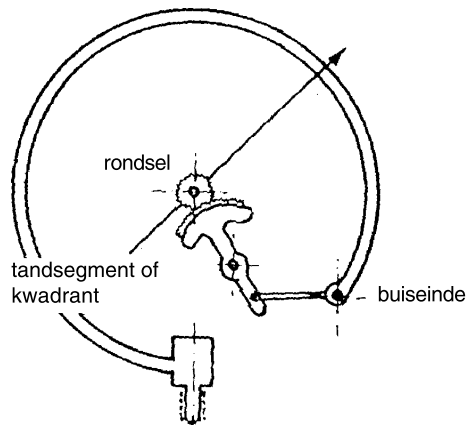
gebogen buis

Buisveermanometer

De buisveermanometer of Bourdonbuis bestaat uit een C-vormig *gebogen buis*. Het ene eind van de buis is vast verbonden met de ruimte waarin de druk gemeten wordt. Het andere uiteinde brengt een aanwijsmechanisme in beweging. Wanneer in de buis

de druk stijgt, zal de buis zich willen strekken, waardoor het vrije uiteinde in beweging komt. De uitslag van de buis heeft een lineair verband met de druk.

Fig. 6.5
Buisveermanometer of
Bourdonbuis

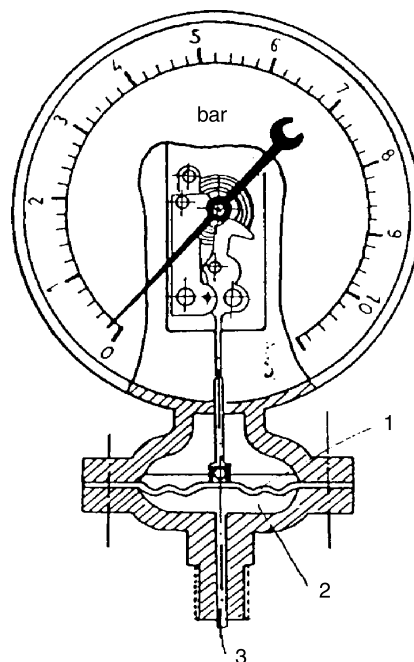


Membraanmanometer

membraan

De membraanmanometer werkt als volgt: wanneer de gasdruk in de meetkamer stijgt, wordt het membraan omhoog gedrukt. Hierdoor gaat de wijzer bewegen. Deze manometer is ook geschikt voor drukmetingen van verontreinigde gassen, omdat de ruimte onder het membraan vrij groot is en daardoor de kans op verstoppingen klein.

Fig. 6.6
Membraanmanometer



- 1 membraan
- 2 meetkamer
- 3 te meten druk

Niveaumeting

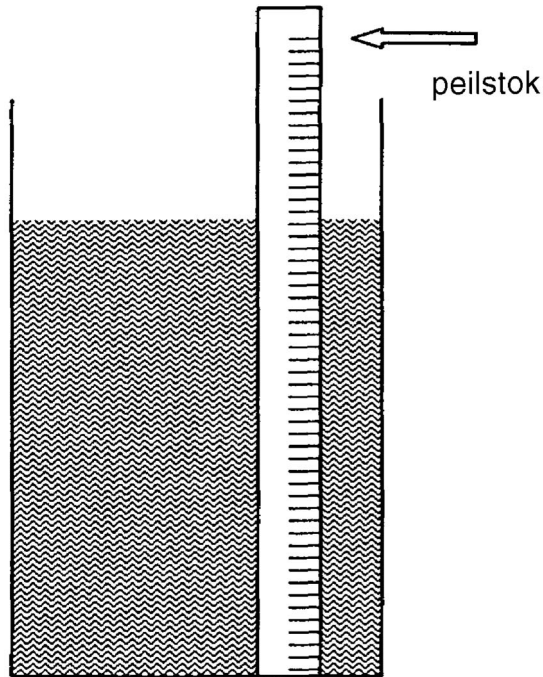
Onder niveau verstaan we de hoogte waarop het oppervlak van een vloeistof of vaste stof zich in een voorraadtank bevindt.

Door een niveaumeting uit te voeren kom je erachter hoe groot de voorraad in de opslagruimte is.

Niveaumeting van vloeistoffen

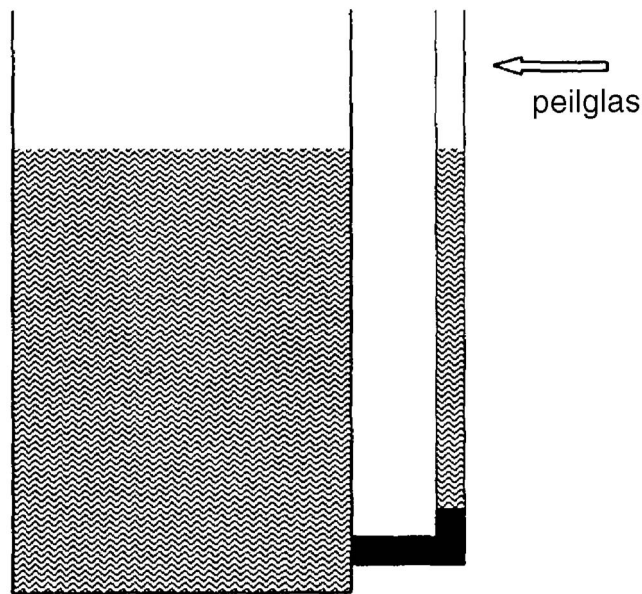
peilstok De eenvoudigste niveaumeter is de *peilstok* of meetlat. De peilstok steek je van bovenaf in de tank tot je de bodem van de tank raakt. De grens tussen nat en droog is na het ophalen van de stok duidelijk zichtbaar. Op de peilstok is een (cm)verdeling aangegeven en op een tabel (die bij de tank hoort) lees je de inhoud van de tank af. Soms is al meteen op de peilstok de inhoudsverdeling aangegeven. Bij het werken met de peilstok is het zaak de stok zuiver verticaal in de tank te steken. Bovendien moet je erop letten dat je de peilstok steeds op dezelfde plaats in de tank laat zakken.

Fig. 6.7
Peilstok



peilglas Een *peilglas* toont direct aan hoe hoog een vloeistof zich in een vloeistofvat bevindt. Het peilglas wordt meestal niet gebruikt voor het opmeten van de voorraad, de meeste peilglazen zijn daarom niet voorzien van een schaalverdeling. Het peilglas is van glas of kunststof gemaakt. De werking berust op de wet van de communicerende vaten. Het voordeel van een peilglas is dat je in één oogopslag ziet, hoe hoog het vloeistofniveau staat (zie figuur 6.8). Een nadeel is dat de peilglazen breekbaar zijn. Daarom is het peilglas dat je ziet bij stoomketels, extra sterk uitgevoerd. In de ketel heerst een hoge druk. Het glas is daarom van speciaal materiaal gemaakt en is beter beveiligd. Bovendien is het vaak gedeeltelijk omgeven door een metalen omhulsel.

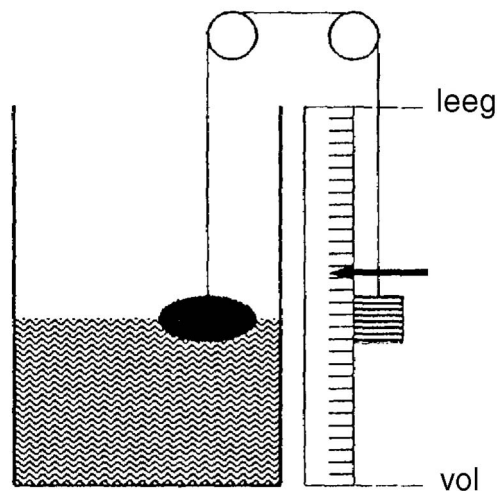
Fig. 6.8
Peilglas



vlotterniveaumeting

Een andere manier van niveaubepaling is de *vlotterniveaumeting*. De vlotter hangt aan een kabel die via katrollen naar buiten wordt gebracht. Een contragewicht houdt de kabel strak terwijl een wijzer, verbonden met de kabel, langs een schaalverdeling beweegt. Deze schaalverdeling kan voor hoogtemeting in meters zijn ingedeeld of voor inhoudsmeting in m^3 . Omdat de kabel bij deze methode in en uit de tank gaat, is besmetting van het product niet uit te sluiten. Dit kan een probleem zijn.

Fig. 6.9
Vlotterniveaumeting



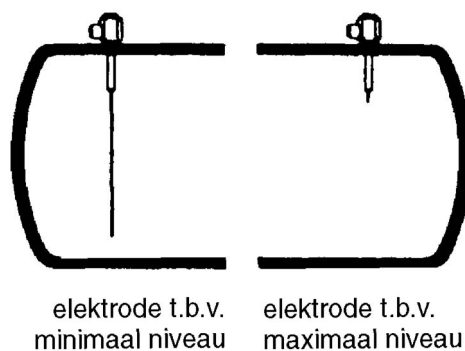
*pneumatische
niveaumeting
borrelpijp*

In tanks met een dikke vloeistof of met vloeistof die vaste deeltjes bevat (kristallen, klonters en dergelijke), kunnen meetleidingen verstopt raken. Ook vlotters en verdringers kunnen vast raken. In die gevallen verdient de *pneumatische niveaumeting* de voorkeur. Hierbij breng je lucht via een drukregelaar in een *borrelpijp*. De borrelpijp bevindt zich onder in de vloeistof. De drukregelaar zorgt voor een kleine, regelmatige luchtstroom naar de borrelpijp (± 30 liter lucht per uur). Wanneer de druk onder in

de pijp gelijk is aan de druk van de vloeistof buiten de pijp, begint lucht uit de pijp te borrelen. Een drukmeter wijst deze druk aan. Naarmate het niveau hoger is, is ook de vloeistofdruk hoger en zal er een grotere druk vereist zijn om lucht door de borrelpijp op te laten stijgen. De druk is hier dus een maat voor het niveau.

elektrische niveaumeting Een andere manier van niveaumeting in vloeistoffen is de *elektrische niveaumeting*. Wanneer een vloeistof elektrisch geleidend is, kun je de vloeistof een stroomkring laten sluiten of verbreken. Je kunt dan alleen meten of de vloeistof hoger of lager dan de elektrode staat. Zolang de elektrode het geleidend product niet raakt, loopt er geen stroom. Echter wanneer het product de elektrode raakt, zal er wel een kleine stroom gaan lopen. Met die stroom schakel je bijvoorbeeld een pomp aan of uit of laat je een lampje branden op het bedieningspaneel. Deze methode kan goed voor beveiliging tegen leeglopen of overlopen worden gebruikt.

Fig. 6.10
Elektrische niveaumeting



hydrostatische druk In open tanks kan een niveaumeting uitgevoerd worden. Dit zie je afgebeeld in figuur 6.11. Door de *hydrostatische druk* onderin de vloeistof te meten bepaal je de hoogte van de vloeistof.

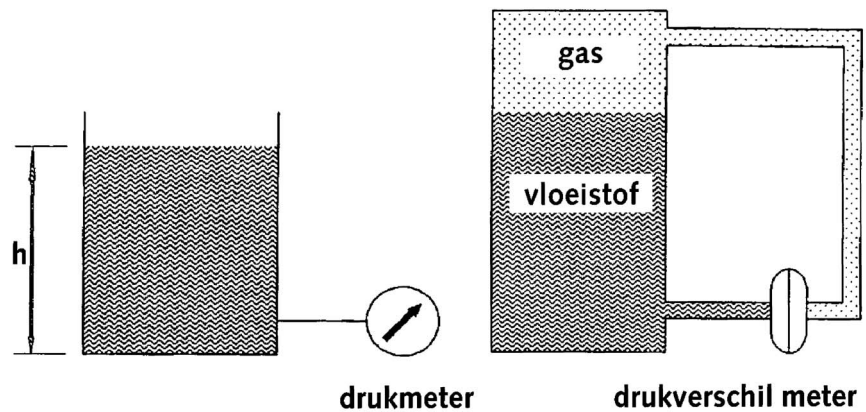
Voor de hydrostatische druk p geldt: $p = h \cdot \rho$
 p = druk op de bodem van de tank ($\text{N/m}^2 = \text{Pa}$)
 h = hoogte van de vloeistofkolom (m)
 ρ = soortelijk gewicht van de vloeistof (kg/m^3)

In gesloten tanks moet je een drukverschilmeter gebruiken. Het is immers mogelijk dat er gasvorming boven de vloeistof ontstaat. Denk bijvoorbeeld aan:

- CO_2 -vorming bij het vergisten van bier;
- methaanvorming bij anaërobe omzetting door bacteriën in drijfmest of afvalwater.

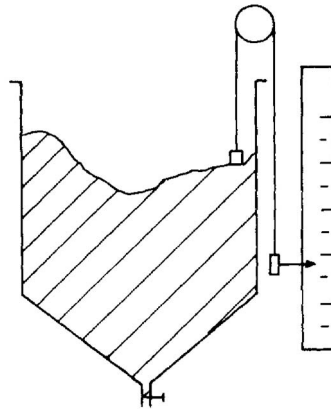
drukverschilmeter De druk boven de vloeistof kan niet weg. Daardoor zal de druk op de bodem van de tank oplopen. De *drukverschilmeter* blijft de druk boven en onder in de tank van elkaar aftrekken.

Fig. 6.11
Niveaumeting op basis
van hydrostatische druk
in open en gesloten tank



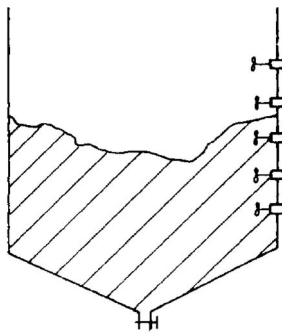
Niveaumeting bij vaste stoffen
Bij niveaumeting van vaste stoffen heb je te maken met de moeilijkheid dat vaste stoffen niet zo gemakkelijk een horizontaal niveau innemen als vloeistoffen. Daarom is niveaumeting bij vaste stoffen vaak onnauwkeurig. Je kunt het niveau meten met behulp van gewichten. In figuur 6.12 is dat afgebeeld. Het *gewicht* dat op de vaste stof rust, is zwaarder dan het *teengewicht* aan de wijzer.
Bij de meting volgens deze methode moet je daarom vooraf altijd eerst het gewicht geheel omhooghalen en daarna weer laten zakken. Stel de bunker is leeg. Het gewicht hangt onderin. Wanneer je de bunker vult zonder eerst het gewicht naar boven te trekken, kan het een hele klus worden om het gewicht weer naar boven te krijgen.

Fig. 6.12
Niveaumeting met
gewichten



weerstand Een andere methode is het meten van *weerstand*. Langs de verticale wand van de bunker staan kleine elektromotoren met een schroef. De schroeven draaien. Ze worden echter afgeremd als ze onder de vaste stof bedolven zijn. Naarmate de totale weerstand van de elektromotoren groter is, is er meer vaste stof in de bunker.

Fig. 6.13
Elektrische niveaumeting



Debietmetingen

Om hoeveelheden van vloeibare stofstromen binnen een proces te meten verricht je zogenaamde debietmetingen. Een debietmeting geeft de hoeveelheid stof aan die in een bepaalde tijd langs een bepaald punt in het proces voorbij gestroomd is.

flowmeting

Naast debietmeting spreek je ook wel van *flowmeting* (het Engelse 'flow' betekent 'doorstroming'). Dit kan zowel slaan op de doorstroming van gassen en vloeistoffen als van vaste stoffen. Bij debietmetingen maak je onderscheid tussen volumedebiet- en massadebietmeters.

- *volumedebiet* *Volumedebiet* (volumestroom) geeft het volume per tijdseenheid (m^3 per seconde). Meters die de volumestroom meten, zijn de vademeter, de MAG-meter en de meetflens.
- *massadebiet* *Massadebiet* (massastroom) geeft de massa per tijdseenheid (kg per seconde). Meters die de massastroom meten, zijn de ovaalmeter, de watermeter en de droge gasmeter.

Hieronder gaan we nader in op de verschillende typen meters voor volumestroom- en massastroommetingen.

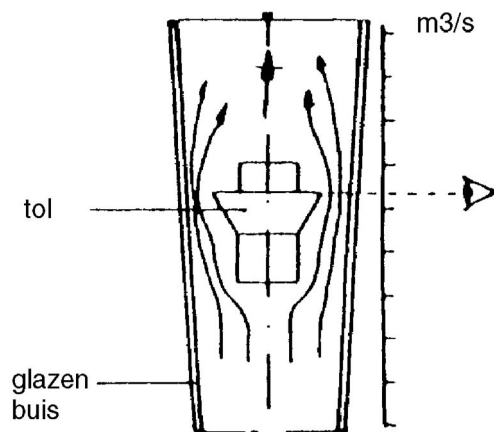
Volumestroommetingen

vademeter

Een heel eenvoudige volumestroommeter is de zogenaamde *vademeter*. Deze naam is een afkorting van de woorden variabele doorlaat. Dit slaat op het principe waarop deze meter gebaseerd is. De meter bestaat uit een buis die naar boven toe steeds breder wordt. De tol (of vlotter) zal tot een bepaalde hoogte mee omhoog gaan als er gas of vloeistof van onderen aangevoerd wordt. Naarmate er meer product door de meter stroomt, zal de tol hoger komen te 'hangen'.

Rondom de buis staat een schaalverdeling. De tol moet afgelezen worden op het bovenste breedste punt. Je noemt deze meter ook wel Rota-meter.

Fig. 6.14
Vadometer

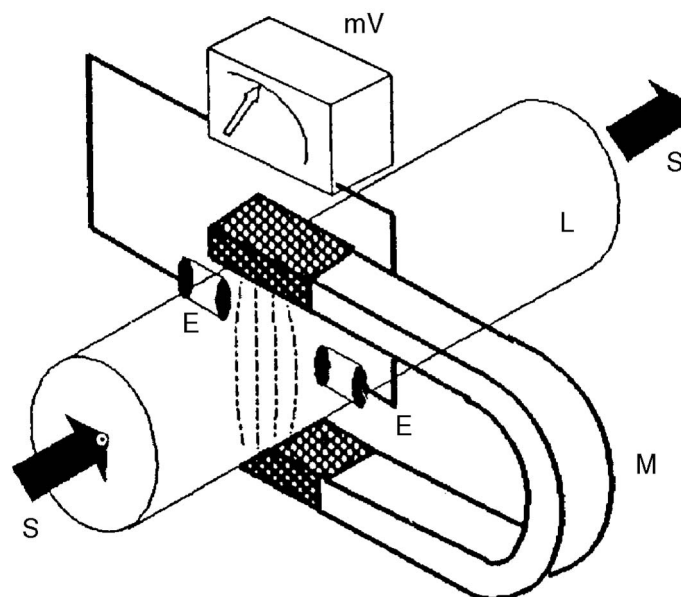


MAG-meter De magnetische flowmeter of *MAG-meter* heeft een aantal goede eigenschappen die vooral in de levensmiddelenindustrie van belang zijn. Zo trekt de *MAG-meter* zich niets aan van:

- vaste deeltjes in de vloeistof;
- stromingsprofiel van het product;
- temperatuur;
- viscositeit.

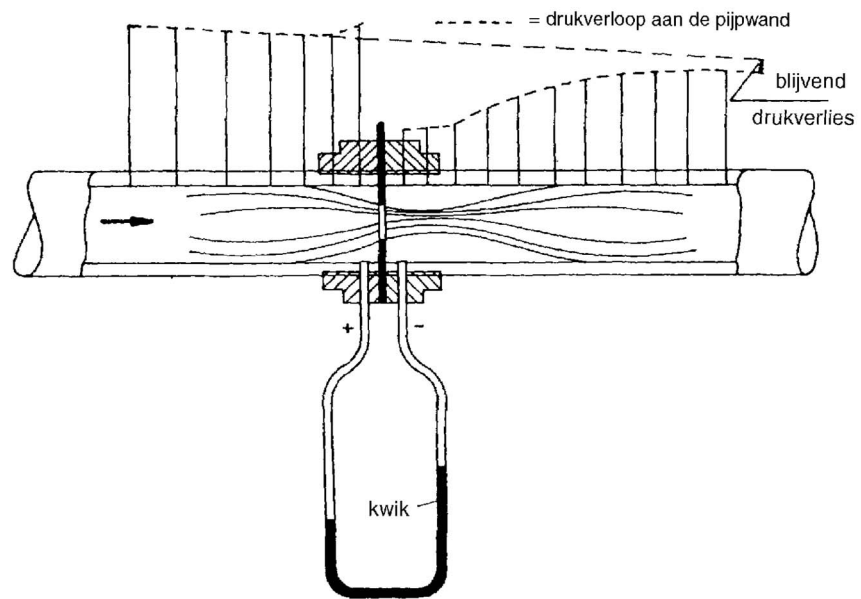
Een *MAG-meter* kan alleen worden toegepast bij vloeistoffen met vrije ionen. Een *MAG-meter* is ook bijzonder goed te reinigen, omdat het geen dode punten of ophopingpunten heeft. De stroming door deze meter ondervindt dus geen belemmeringen.

Fig. 6.15
MAG-meter



meetflens Een *meetflens* bestaat uit een leiding waarin een vernauwing is aangebracht. Als hier een stof doorheen stroomt, ontstaat een drukverschil voor en achter de vernauwing. De druk achter de vernauwing is lager. Het drukverschil wordt groter naarmate de stroomsnelheid toeneemt. Zo bepaal je op basis van het drukverschil het debiet.

Fig. 6.16
Meetflens



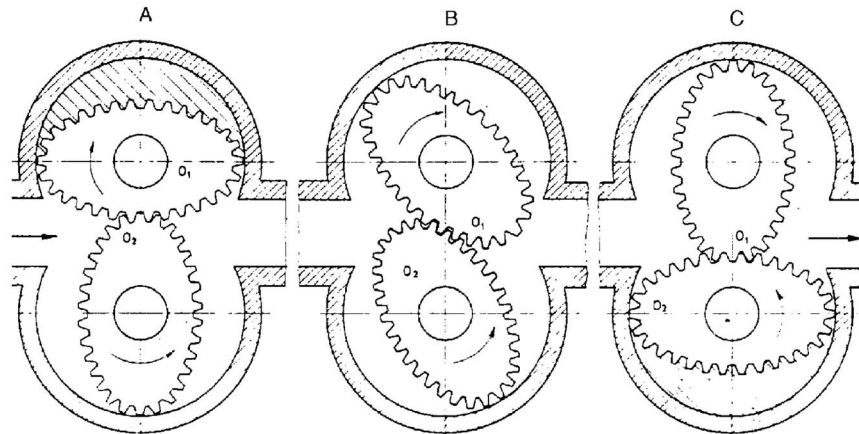
Massaastroommetingen

Een bijzondere soort flowmeters zijn de massaastroommeters. Dit zijn tellende meetinstrumenten die niet aangeven hoe snel iets stroomt, maar alleen aangeven hoeveel er gepasseerd is.

We zullen er enkele bespreken.

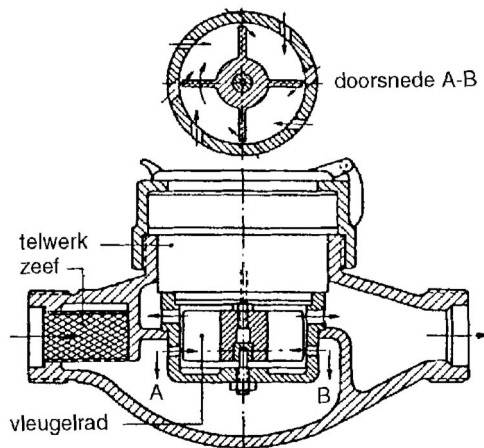
ovaalradmeter Een veel toegepaste massaastroommeter is de *ovaalradmeter*. Deze meter heeft als voornaamste kenmerk twee ellipsvormige tandwielen. In figuur 6.17 staan drie standen weergegeven van de tandwielen van een ovaalradmeter in bedrijf. De opbouw van deze meter heeft veel weg van een tandwielpompe. Bij een tandwielpompe heb je gezien dat tandwielen de vloeistof in beweging brengen. Bij de ovaalradmeter gebeurt het net andersom: de vloeistof drijft de tandwielen aan. Het aantal omwentelingen van de tandwielen is een maat voor de hoeveelheid gepasseerde vloeistof. De gepasseerde hoeveelheid vloeistof kan mechanisch maar ook elektrisch weergegeven worden. De meter moet voorzien zijn van filters om kleine vuildeeltjes tegen te houden.

Fig. 6.17
Ovaalradmeter



De vleugelradvloei­stofmeter is in doorsnede getekend in figuur 6.18. Bij een vleugelradvloei­stofmeter/vleugelradvloei­stofmeter of watermeter komt de vloeistof door een zeef naar binnen. In figuur 6.18 is dat aan de linkerkant. De vloeistof 'spuit' tegen de vleugels. De vleugels die op een as zitten, gaan dan ronddraaien. Aan die as is een telwerk verbonden.

Fig. 6.18
Vleugelradvloei­stofmeter



droge gasmeter

Een veel gebruikte gasmeter is de *droge gasmeter*. De werking is globaal als volgt. Het toestromende gas wordt beurtelings in en buiten twee balgen geleid. Door die wisselingen gaat een beweegbaar front heen en weer. Een mechanisme zet die heen en weer gaande beweging om naar een telwerk. Het aantal bewegingen of omwentelingen is een maat voor de gepasseerde hoeveelheid gas. De meter is zonder moeilijke omrekeningen direct afleesbaar.

Vragen 6.5

Afhankelijk van het type meting dat je moet verrichten, koppel je een meetinstrument aan het proces. Het gebruikte meetinstrument moet wat uitvoering betreft geschikt zijn voor de gegeven procesomstandigheden.

- a Beschrijf de twee werkingsprincipes van thermometers en geef van elk een voorbeeld.
- b Wat is de overeenkomst tussen een U-buismanometer en een membraanmanometer?

-
- c Hoe vindt niveaumeting plaats in de stortbak van een toilet?
 - d Op welke wijze kunnen niveaumetingen op vaste bulkstoffen in een silo plaatsvinden?
 - e In hoeverre is niveaumeting bij vaste stoffen nauwkeurig?
 - f Welke overeenkomst hebben een gas-, stroom- en watermeter?

6.4 Afsluiting

In processen verricht je allerlei verschillende metingen om gegevens te verkrijgen over het reilen en zeilen van de stofstromen binnen het proces. Meetinstrumenten verzamelen een scala aan meetgegevens. Het type meetinstrument dat je inzet, bepaal je op basis van de aard van de stofstroom en de gegevens die je wilt verkrijgen. Een flowmeter plaatsen op een plaats in een proces waar je de temperatuur wilt weten, heeft natuurlijk weinig zin!

Op basis van hun functie zijn vier typen meetinstrumenten te onderscheiden:

- 1 aanwijzende instrumenten met een afleesvoorziening in de vorm van een display of van een schaalplaat met wijzer. Deze zet je in als je de momentele waarde wilt weten;
- 2 registrerende instrumenten met een continue schrijffoorziening. Hierdoor kun je het procesverloop achteraf nagaan;
- 3 integrerende instrumenten met een sommerende of tellende werking. Deze registreren de hoeveelheden die in totaal langs stromen;
- 4 signalerende instrumenten. Deze waarschuwen als een bepaalde waarde is overschreden.

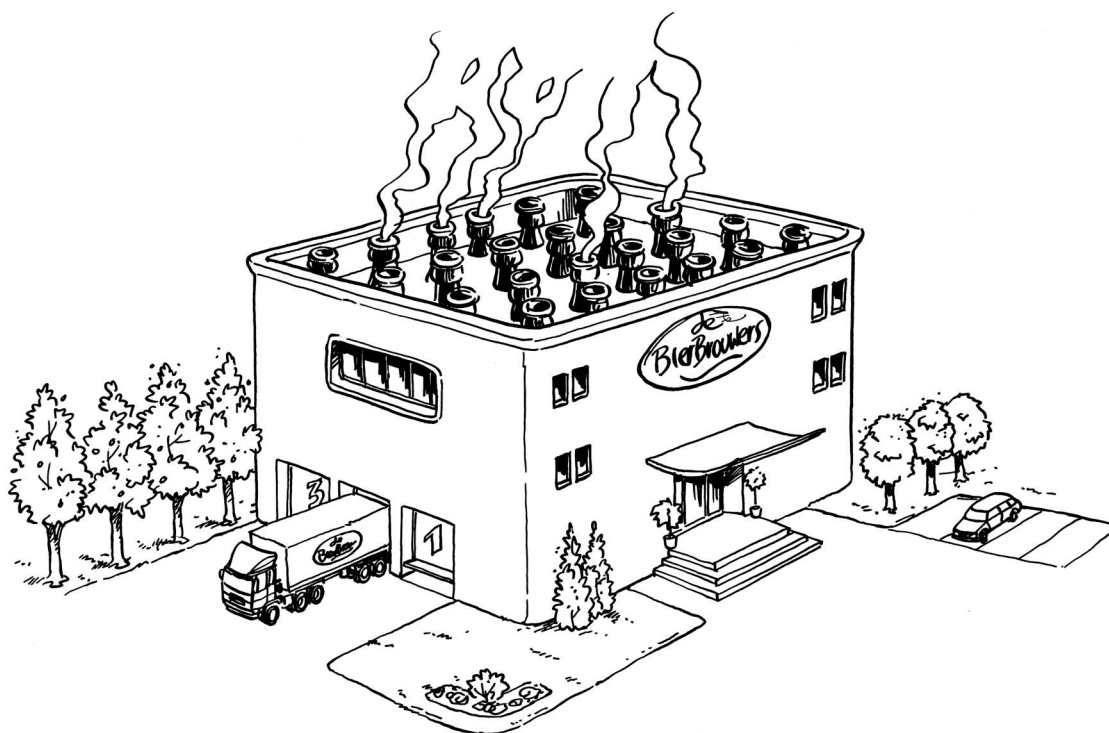
Meters moeten grootheden onder zeer verschillende procesomstandigheden aan uiteenlopende stofstromen kunnen meten. Het werkingsprincipe van een meter moet zijn aangepast aan de hoedanigheid van de stofstroom en de noodzakelijke procesomstandigheden.

7 Bedrijfsplattegronden

Oriëntatie

Het gaat goed met het bedrijf De Bierbrouwer. De consumptie van diverse soorten bieren en van frisdranken is sterk gestegen de afgelopen jaren. De Bierbrouwer wil uitbreiden. In de gemeente Ter Wexel gaat de brouwer een nieuw bedrijfspand neerzetten. Uiteraard moet dit pand aan alle vereisten voldoen. Om een bouw- en milieuvergunning te krijgen, moet de brouwer met duidelijke tekeningen naar de gemeente.

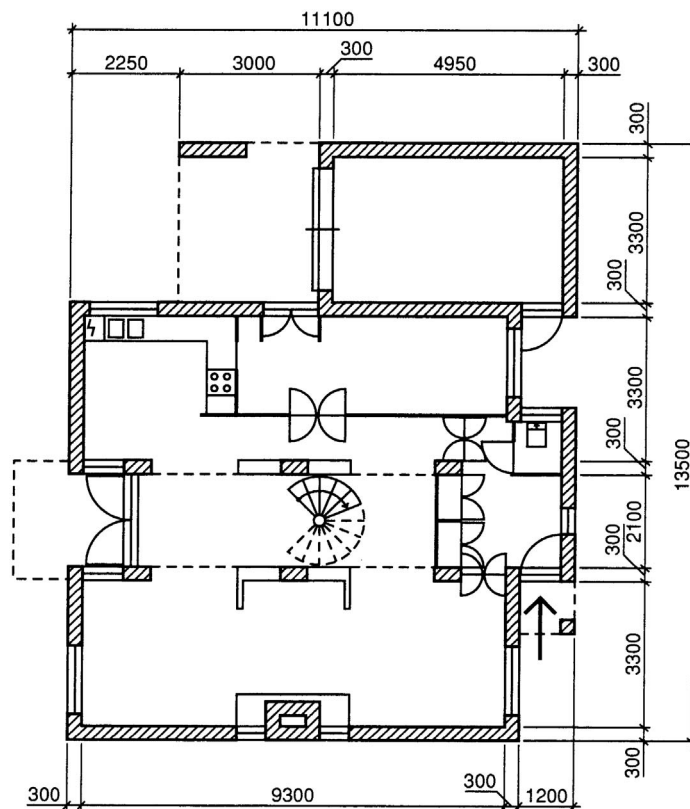
Fig. 7.1 Een nieuw pand voor De Bierbrouwer?



De uitvoering en opzet van bedrijfsgebouwen spelen een belangrijke rol in het productieproces. De gebouwen moeten voldoende ruimte bieden en de bouwkundige constructie moet afgestemd zijn op veiligheids- en milieuaspecten. In een blokschema duiden de blokken de verschillende processtappen aan. Op dezelfde manier geven allerlei symbolen in een bouwkundige plattegrondtekening informatie over bijvoorbeeld de werkelijke afmetingen van het gebouw en over de inrichting. In één oogopslag kan de geoefende lezer op basis van de tekeningen van alles over het gebouw vertellen.

Een eenvoudige uitvoering van een dergelijke plattegrondtekening zie je in figuur 7.2.

Fig. 7.2
Plattegrondtekening van
een woning



Een plattegrondtekening voor het verkrijgen van een milieuvergunning is wat uitgebreider. Deze combineert de informatie van de plattegrondtekening van het gebouw met procesinformatie op het gebied van veiligheid en milieu. Je noemt dit een milieutechnische plattegrondtekening.

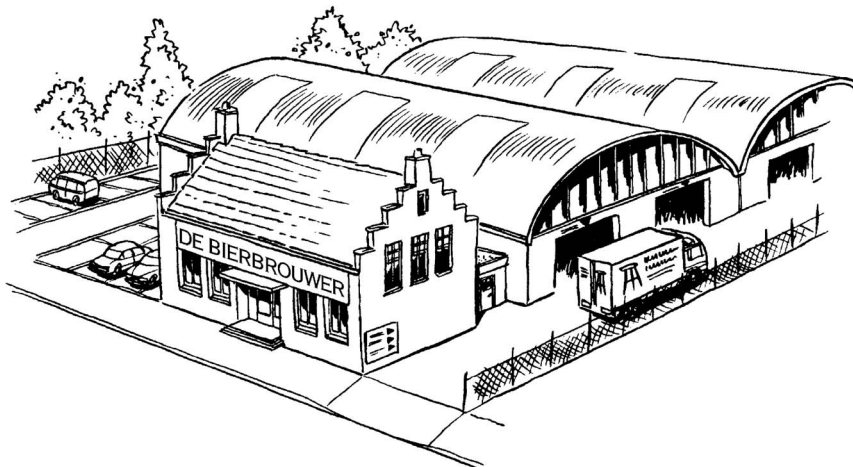
Bedrijfsgebouwen hebben ook te maken met de directe omgeving. Om veiligheids- en milieuproblemen te voorkomen moet de locatie van een bedrijfsgebouw door de overheid zijn goedgekeurd. Op een industrieterrein bijvoorbeeld wonen weinig mensen. Daarom is daar minder snel overlast van vrachtverkeer, uitstoot van stof of geuren. De overheid beschikt over plattegronden waarop alle grondpercelen en gebouwen op een terrein zijn aangegeven. Dit soort plattegronden noem je situatie-overzichten of kadastrale tekeningen. Door de kleine schaal beslaat zo'n plattegrond meerdere vierkante kilometers. Je kunt hierop dus goed zien hoe een bedrijf in de omgeving ligt.

Zowel de milieutechnische plattegrondtekeningen als de kadastrale tekeningen kom je als milieumedewerker dan ook vaak tegen. Belangrijk dus om zulke tekeningen goed te kunnen lezen!

7.1 Bouwkundige plattegrondtekeningen

De architect heeft de directeur van De Bierbrouwer een driedimensionale schets laten zien van het nieuwe pand dat hij wil gaan bouwen. De directeur is erg tevreden. Zo'n pand ziet er aan de buitenkant in elk geval goed uit.

Fig. 7.3
Bedrijfsgebouwen van
De Bierbrouwer



Bouwkundige plattegrondtekening

3D-schets De architect heeft al een *3D-schets* gemaakt van het bedrijfsgebouw. Dit kun je zien in figuur 7.3. Je weet daardoor hoe het gebouw van De Bierbrouwer er aan de buitenkant uit komt te zien. Informatie over de samenstelling en inrichting van het gebouw, kun je niet uit zo'n schets halen. Daarvoor heb je een bouwkundige plattegrondtekening nodig. Dat is een schematische weergave van het bedrijfsgebouw op papier. Een schematische weergave zoals je die ook van een productieproces kunt maken.

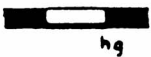
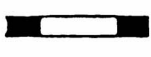
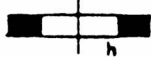

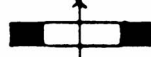
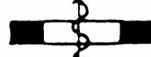
constructiematerialen
symbolen Op de bouwkundige plattegrondtekening vind je technische informatie over de afmetingen, oppervlakten van de ruimten, de plaats van ramen en deuren, de constructie van de gevels en de te gebruiken bouwmaterialen van het gebouw. Het gebouw is op een dergelijke tekening voor de lezer als het ware op ooghoogte doorgesneden. De lezer kijkt er vanaf de bovenkant op. Ook trappen, liften, ventilatie- en rookkanalen zijn allemaal terug te vinden op de bouwkundige plattegrondtekening. De muurdikten staan aangegeven en er staat bij welke *constructiematerialen* gebruikt zijn, bijvoorbeeld hout of beton. Dit alles geef je met *symbolen* aan. Deze symbolen zijn voor de verschillende onderdelen van een gebouw altijd hetzelfde. Figuur 7.4 laat de symbolen zien voor de meest gebruikte materialen.

Fig. 7.4 Aanduiding voor constructiematerialen

	muur van baksteen of kalkzandsteen, met vermelding van de dikte
	muur van beton, met vermelding van de dikte
	andere muur van brandwerend materiaal, met vermelding van de soortnaam van het materiaal en van de dikte
	houten wand
	houten wand, bekleed met brandwerend materiaal, met vermelding van de soortnaam van het materiaal
	glaswand, (gewapend glas aangegeven met gg.)
	afscheiding van gaaswerk
	afscheiding van open houten latwerk
	vloer van gewapend beton met vermelding van de dikte

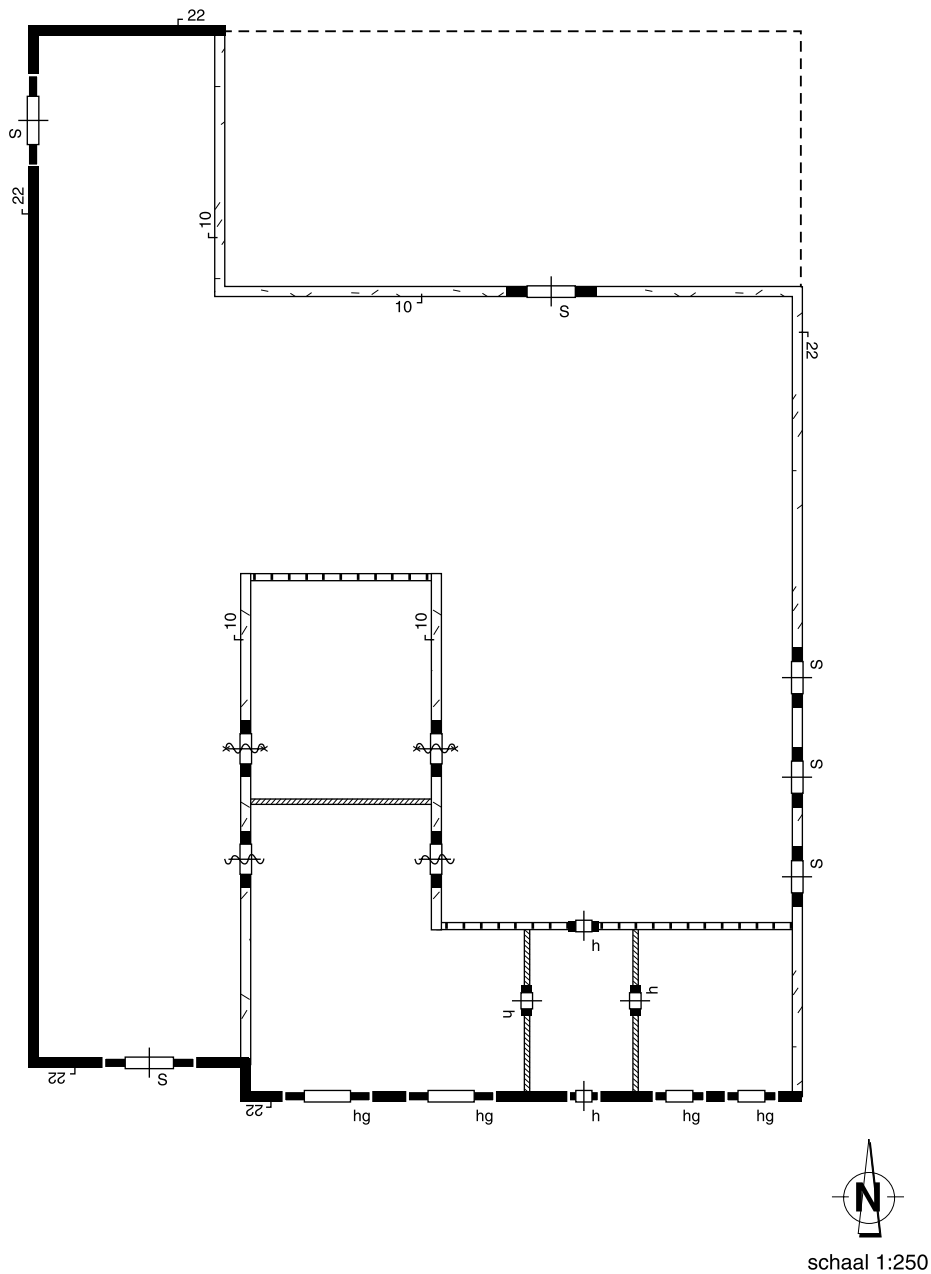
Uiteraard moeten een gebouw en de ruimten in een gebouw, toegankelijk zijn en muurdoorbrekingen moet er daglicht binnen kunnen komen via zogenaamde *muurdoorbrekingen*, oftewel via ramen en deuren. In figuur 7.5 zie je voorbeelden van symbolen die je gebruikt voor verschillende soorten ramen en deuren.

Fig. 7.5 Symbolen voor muurdoorbrekingen

	raam, met vermelding van: h = hout, s = staal, g = glas, gg = gew. glas
	open doorgang
	deur, met vermelding van: h = hout, s = staal, g = glas, gg = gew. glas
	zelfsluitende deur
	deur, aan één zijde bekleed met brandwerend materiaal
	zelfsluitende branddeur

Met de symbolen voor constructiematerialen en muurdoorbrekingen kun je de binnen- en buitenmuren van het bedrijfsgebouw van De Bierbrouwer tekenen. De architect heeft op die manier de bouwkundige plattegrondtekening gemaakt zoals afgebeeld in figuur 7.6. De schaal waarop je deze tekent, is meestal 1:100. In werkelijkheid wordt alles dan 100 keer groter. Met een liniaal in de hand kun je makkelijk alle maten opmeten.

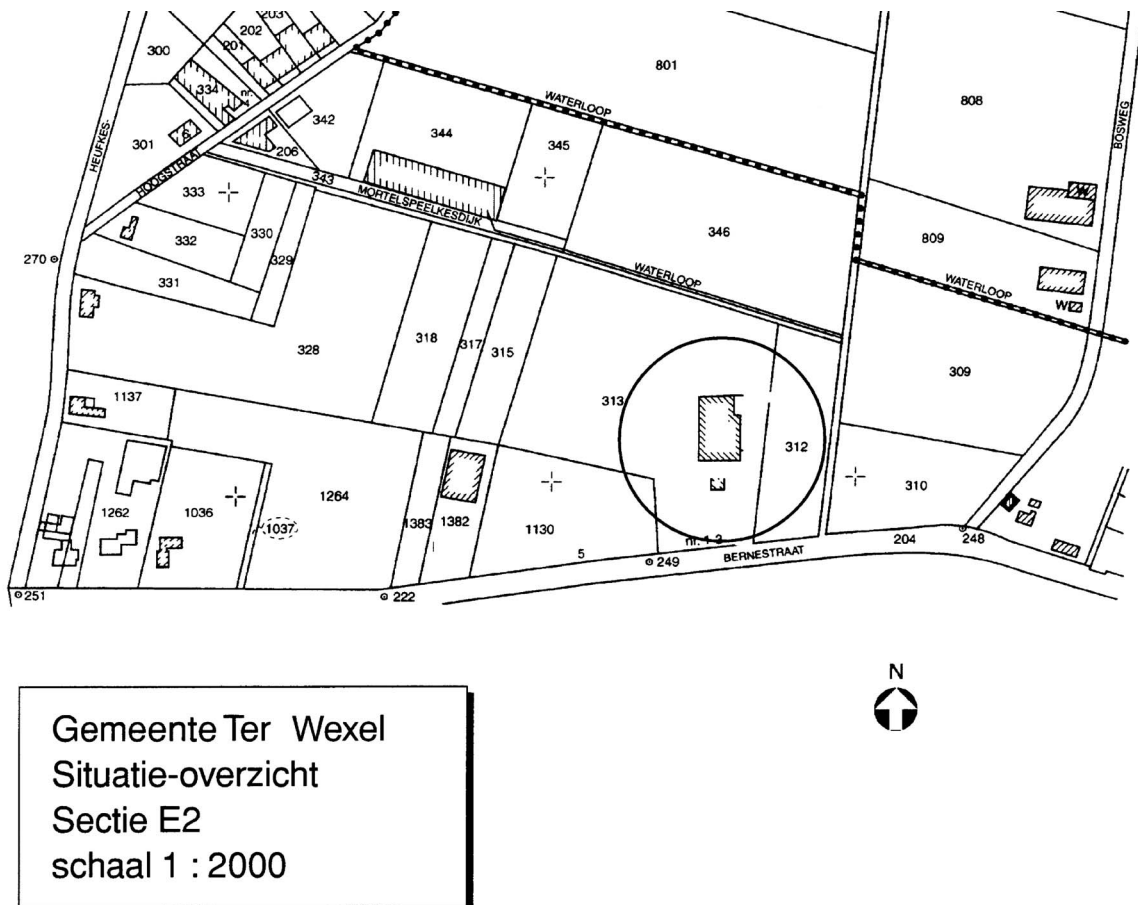
Fig. 7.6 Bouwkundige plattegrondtekening van De Bierbrouwer



Situatie-overzicht of kadastrale tekening

Het bedrijfspand van De Bierbrouwer wordt gevestigd in de gemeente Ter Wexel. Het bedrijf vestigt zich als één van de eerste op een nieuw industrieterrein. De architect heeft in het situatie-overzicht het nieuwe bedrijfspand ingetekend. In figuur 7.7 is het situatie-overzicht van De Bierbrouwer aangegeven. Zo te zien heeft De Bierbrouwer nog mogelijkheden om in de toekomst uit te breiden.

Fig. 7.7 Situatie-overzicht van De Bierbrouwer



Een situatie-overzicht bevat de volgende informatie:

- noordpijl, geeft de ligging van het noorden aan;
- kadastrale nummers;
- schaal aanduiding;
- ligging van het gebouw;
- nabije omgeving.

- Vragen 7.1**
- Wat is het verschil tussen een situatie-overzicht en een bouwkundige plattegrondtekening?
 - Welke van de twee genoemde plattegrondtekeningen heeft de grootste schaal?
 - Welke gegevens kun je van een situatie-overzicht aflezen?

-
- d Welke gegevens kun je van een bouwkundige plattegrondtekening aflezen?
 - e Op welke schaal worden bedrijfsruimten in werkelijkheid gebouwd?
 - f Wat is de kadastrale aanduiding van het perceel van De Bierbrouwer?
 - g Wat is de oppervlakte van het bedrijfspand van De Bierbrouwer?
 - h Waaraan herken je deur- en raamopeningen in een bouwkundige plattegrond?
 - i Hoe herken je in een bouwkundige plattegrondtekening de gebruikte materialen van de wanden?

7.2 De milieutechnische plattegrondtekening

De milieubtenaar die een milieuvergunning voor het nieuwe pand moet afgeven aan De Bierbrouwer, is geïnteresseerd in de milieuzaken die in het pand aan de orde zijn. Hij heeft dus weer een andere soort tekening nodig. Geen probleem. De directeur van De Bierbrouwer kan ook de milieubtenaar tevreden stellen.

Je kunt een bouwkundige plattegrondtekening gebruiken om er alleen de gevelconstructies in aan te geven zoals je in paragraaf 4.1 hebt gezien. Voor het aanvragen van een bouwvergunning is dat voldoende. Daarnaast kun je in zo'n plattegrond ook andere zaken aangeven zoals bijvoorbeeld de functies die de ruimten hebben, waar welke procesapparatuur staat opgesteld of waar de ventilatiekanalen of rioolvoorzieningen zijn. De technische dienst is gebaat met een overzicht van de elektriciteits-, water- en gasleidingen in het gebouw. De milieubtenaar is geïnteresseerd in de milieuzaken die in het gebouw aan de orde zijn. Als je die zaken ook in je plattegrondtekening aangeeft, spreek je van een milieutechnische plattegrondtekening.

Elementen van een milieutechnische plattegrondtekening

De plattegrondtekening voor de milieuvergunning oftewel de milieutechnische plattegrondtekening, is samengesteld uit de volgende elementen:

- informatie over de samenstelling van het gebouw;
- informatie over de functies van de verschillende ruimten;
- informatie over de locatie en uitvoering van de voorzieningen die met het milieu te maken hebben. Bijvoorbeeld de plaats van productie- en verwarmingsapparaten, rookkanalen, opslagtanks en brandblusapparatuur.

Samenstelling van het gebouw

Als basis voor de milieutechnische plattegrondtekening dient de bouwkundige plattegrondtekening. Hierin is namelijk alles te vinden over de te gebruiken constructiematerialen. Voor De Bierbrouwer betekent dit dat figuur 7.6 de basis vormt voor de milieutechnische plattegrondtekening.

Functies van de verschillende ruimten

Vervolgens kun je in de bouwkundige plattegrondtekening aangeven welke functies de verschillende ruimten hebben. In bijlage 4 vind je dat terug voor de situatie van De Bierbrouwer.

procesapparatuur

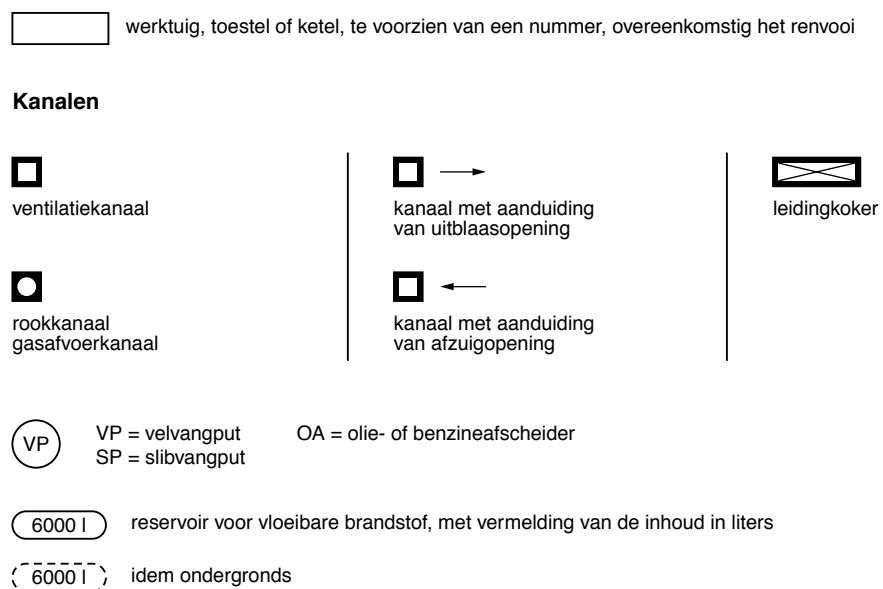
renvooi

Locatie en uitvoering van de milieuvorzieningen

In bijlage 1 is het proces van De Bierbrouwer in een flowchart of stroomschema uitgewerkt. Je kunt er gemakkelijk de verschillende deelprocessen in herkennen en zien welke *procesapparatuur* er wordt ingezet. Om het brouwproces op deze wijze in de plattegrondtekening te verwerken moet je een geoefend tekenaar zijn. Daarbij heb je de nodige creativiteit nodig om het proces in de bedrijfsruimten te laten passen. Je komt al snel in de problemen. De plattegrondtekening wordt er niet duidelijker van. Dit probleem is op te lossen door voor elk procesapparaat gewoon een vierkant of rechthoek als symbool te nemen en er een nummer in te zetten. In een speciale toelichting bij de tekening geef je dan aan wat elk nummer betekent. Vaak zal dat de naam van het apparaat zijn. Zo'n toelichting wordt een *renvooi* genoemd.

Als je de apparaten in de bouwkundige plattegrondtekening hebt ingetekend, kun je milieutechnische voorzieningen hierin ook aangeven waar de bijbehorende *milieutechnische voorzieningen* in het gebouw moeten komen. Denk daarbij aan rook- en ventilatiekanalen en putten met rioolaansluiting. In de praktijk gebruik je ook voor deze voorzieningen symbolen die in het renvooi zijn aangegeven. Deze zijn in figuur 7.8 aangegeven.

Fig. 7.8
Symbolen van
milieutechnische
voorzieningen

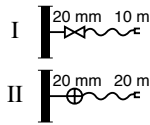


Ten slotte staan op plattegrondtekeningen die je voor een milieuvergunning gebruikt, brandblusmiddelen

de *brandblusmiddelen* aangegeven. Bedrijven zijn namelijk verplicht voldoende brandblusmiddelen in het bedrijfsgebouw te hebben. Niet elke brand is met water te blussen, daarom zijn er verschillende brandblusmiddelen. Brandend hout kun je met water blussen maar brandende olie niet omdat de olie op het water gaat drijven. Het vuur zou zich dan alleen maar sneller verspreiden. Hiervoor gebruik je andere blusstoffen, zoals schuim, koolzuursneeuw of droogpoeder. De symbolen voor kranen en blustoestellen staan in figuur 7.9.

Fig. 7.9 Aanduiding van brandblusmiddelen

C. AANDUIDING VAN BRANDBLUSMIDDELEN



kraan (I), resp. wandbrandkraan (II), waarop aangesloten een slang voorzien van een straalpijp met vermelding van doorlaat van (brand)kraan en lengte van slang



kist, met zand en schop, met vermelding van de inhoud van de kist in liters



N = natblusser, met vermelding van de inhoud in liters

S = schuimblusser, met vermelding van de inhoud in liters

K = koolzuursneeuwblustoestel, met vermelding van de inhoud in kg

P = droogpoederblusser, met vermelding van de inhoud in kg

Vragen 7.2

- Welke plattegrondtekening vormt de basis voor de milieutechnische plattegrondtekening?
- Welke gegevens worden op de milieutechnische plattegrondtekening aangegeven?
- Waarom worden in een plattegrondtekening symbolen gebruikt om apparatuur en andere technische zaken aan te geven?
- Hoe wordt de toelichting bij een plattegrondtekening genoemd die een verklaring geeft voor de gebruikte symbolen in de tekening?
- Wat is het symbool voor een apparaat?
- Noem enkele milieutechnische voorzieningen die je op een milieutechnische plattegrondtekening kunt aantreffen.
- Op wat voor type put zal de vloeistof met bostel worden geloosd bij de brouwketel, zie figuur 7.8?
- Welke typen brandblussers kun je onderscheiden?
- Wat is het nut van het schematisch intekenen van de procesapparatuur op de plattegrondtekening nog voordat een bedrijfsgebouw wordt gebouwd?

Fig. 7.10



7.3 Afsluiting

In de praktijk zijn plattegrondtekeningen voor vele doeleinden een handig instrument. Plattegrondtekeningen kunnen zeer verschillend zijn van opzet. Het hangt er helemaal vanaf welke informatie de lezer wenst.

Architecten tekenen voor het bouwbedrijf plattegrondtekeningen met enkel bouwtechnische informatie. Een situatie-overzicht of kadastrale tekening, maakt duidelijk hoe het bedrijf in de omgeving komt te liggen. Voor de installateurs van gas, water en licht worden deze tekeningen uitgebreid met schema's van de loop van leidingen. Voor de ondernemer zelf is het van belang overzicht te hebben van de plaats van de procesapparatuur en andere procestechnische voorzieningen. De milieuambtenaar moet informatie hebben over de milieuaspecten die in het proces spelen. Op een milieutechnische plattegrondtekening zijn daarom naast de uitvoering van het gebouw ook gegevens te vinden over de locatie van procesapparatuur, milieutechnische- en brandblusvoorzieningen. Een en ander is in de tekening met symbolen aangegeven die in een renvooi worden toegelicht.

Trefwoordenlijst

3D-schets 111

A

absolute meetfout 93
afgelezen waarde 93
afvalstoffen 16
analoog 95
appendages 59

B

batchproces 19
beladingsgraad 52
bereidingsapparatuur 28
bereidingsprocessen 18, 28
bewerkingsapparatuur 28
Bewerkingsprocessen 19
bewerkingsprocessen 28
bijproducten 16
blokschema 23, 68
bouwkundige plattegrondtekening 109,
111
bovengrenswaarde 83
brandblusmiddelen 116
brandstoffen 17
breken 40
buisveermanometer 98

C

centrifugale kracht 58
compressor 63
condensor 63
constructiematerialen 111
contactpotentiaalthermometer 98
continu proces 48
continuproces 19
controlekamer 87
corrigerend orgaan 83

D

debietmeting 104
differentie 96
digitaal 94
discontinu proces 48
display 94

doseerschuij 34
dosereren 34
droge gasmeter 107
drukverschilmeter 102

E

eenheidsbewerking 18
eindproduct 15
elektriciteit 18
elektrische niveaumeting 102
emissies 16, 24

F

flowmeting 104
flowsheet 25, 68

G

gassen 17
gemeten waarde 83
grenswaardendetectie 96
grondstoffen 15

H

hulpstoffen 15, 16
hydraulisch transport 52
hydrostatische druk 102

I

impulspomp 58
ingestelde waarde 83

K

katalysator 17
koeltoren 63
koelwater 17

L

leidingen 53
lineariteit 93

M

MAG-meter 105
magnetische flowmeter 105
malen 41

massadebiet 104
mechanisch transport 48
meetbreedte 92
meetflens 105
meetgebied 92
meetlijsten 89
meetnauwkeurigheid 93
meetorgaan 83
membraanmanometer 99
mengen 30
milieutechnische
 plattegrondtekening 110, 115
milieutechnische voorzieningen 116
muurdoorbrekingen 112

O

onderdruk 60
onderdruk 51
ondergrenswaarde 83
ondersteunende processen 20
ovaalradmeter 106
overdruk 51, 59

P

peilglas 100
peilstok 100
persen 43
persen 39
perslucht 17
pH-meter 88
PID-schema 73
Piping and Instrumentation Diagram 69
pletten 43
pneumatisch transport 51
pneumatische niveaumeting 101
pomp 53
proces 83
Proces Flow Diagram 68
procesapparatuur 27, 116
procesbeschrijving 22
procesgrootheden 73
procesoperator 75
procesresponsie 77
processchema 23
procesverloop 86
proceswater 17
productieapparatuur 27
productiefactoren 72
Pt 100 element 97

R

range 92
regelbaar 83
regelkring 81
registrerend 95
rendabel 16
renvooi 116

S

schaalplaten 95
scheidingsmethode 37
sensoren 95
signalerend 96
span 92
spuitgieten 44
statische proceskarakteristiek 77
stofstroom 21
stoom 16
stroomschema 23
symbolen 111

T

technische gegevens 45
thermokoppel 98
thermometers 97
tijdconstante 93
traagheid 93
transporteurs 48
transportfactoren 48

U

U-buismanometer 98
unit-operation 21
Utility Flow Diagram 68

V

vacuüm 60
vademeter 104
verdamer 63
verdringerpomp 55
verspanen 44
verwerkingscapaciteit 28
vleugelradvloeistofmeter 107
vloeistofstroom 55
vlotterniveaumeting 101
volumedebiet 104
voortplantingstijd 80

W

walsen 43

watermeter 107
werkelijke waarde 93
werkingsprincipe 30
wijzers 95

Z
zeven 37

