

18 Debietmeting

18.1 Definities

Debietmetingen worden traditioneel opgedeeld in massa- en volumemetingen. Tussen *massa-debiet* en *volumedebiet* bestaat er een eenvoudig verband in het geval van onsamendrukbare vloeistoffen bij constante temperatuur. Voor samendrukbare gassen is het verband minder eenvoudig.

Het volumedebiet Q_V heeft als eenheid m^3/sec . Het massadebiet Q_m heeft als eenheid kg/sec . Voor vloeistoffen met constante dichtheid ρ , geldt:

$$m = \rho V \quad Q_m = \rho Q_V$$

waarin

m = massa in kg

ρ = dichtheid of volumetrische massa in kg/m^3

V = volume in m^3

Door het feit dat *gassen* samendrukbaar zijn, vervalt het eenvoudig verband dat bestaat bij vloeistoffen. Bij wijziging van druk en temperatuur, verandert het volume van een bepaalde gashoeveelheid. Daarom wordt bij een gasdebiet altijd de bedrijfstoestand (P en T) vermeld, of wordt het debiet herleid tot normaalvoorwaarden ($P = 1 \text{ bar}$ en $T = 273 \text{ K}$). De omrekening gebeurt via de universele gaswet

$$\frac{PV}{T} = nR = cte$$

waarin

n = aantal mol

R = universele gasconstante

De *viscositeit* van een vloeistof is een maat voor de onderlinge invloed van de vloeistofdeeltjes op elkaar. Bij het afremmen van een bepaalde vloeistoflaag, zullen de omliggende lagen ook in meer of mindere mate vertragen. Hoe hoger deze onderlinge invloed, hoe groter de viscositeitscoëfficiënt. Zo heeft olie een veel hogere viscositeit dan water.

De *dynamische viscositeit* η wordt uitgedrukt in $\text{Pa}\cdot\text{s}$ of Ns/m^2 . De technische eenheid is Poise, naar de Franse geleerde Poiseuille: $1 \text{ Poise} = 0,1 \text{ Pa}\cdot\text{s} = 0,1 \text{ Ns}/\text{m}^2$ of $1 \text{ centiPoise} = 0,001 \text{ Pa}\cdot\text{s}$

De viscositeit is sterk temperatuurafhankelijk. Tabel 3.8 geeft enkele waarden voor olie en water.

<i>temp</i> [°C]	<i>olie</i> [Poise]	<i>water</i> [centiPoise]
0°	53	1.8
20°	9.9	1
40°	2.3	0.66
60°	0.8	0.47
80°	0.3	0.36
100°	0.17	0.28

Tabel 3.8: Viscositeitswaarden voor olie en water.

De kinematische viscositeit ν houdt bovendien rekening met de soortelijke massa ρ [kg/m³].

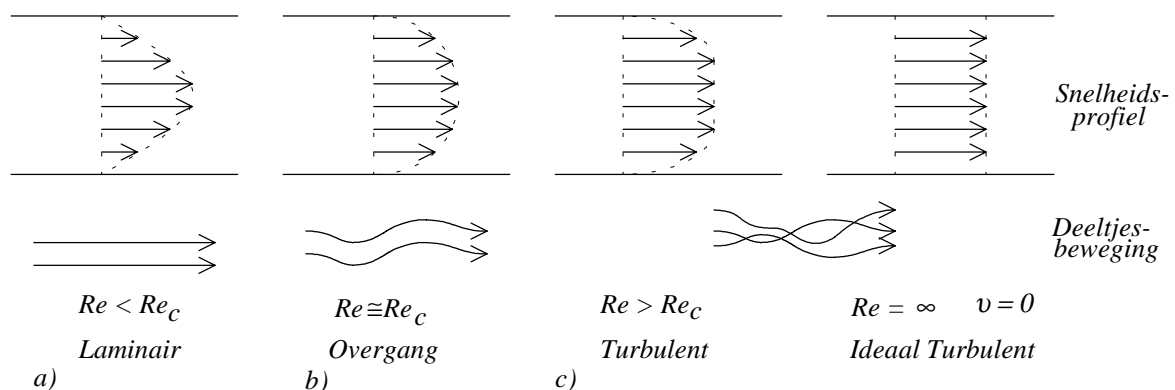
$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad [\text{m}^2/\text{s}]$$

De technische eenheid is Stokes. 1 Stokes = 10⁻⁴ m²/s

Laminaire en turbulente stroming

Reynolds toonde aan dat er twee totaal verschillende stroomregimes bestaan, door een kleurstof te injecteren volgens de aslijn van de stroming, met de bedoeling de stroomlijnen zichtbaar te maken. Bij een laag debiet of wanneer de snelheid in de leiding klein is, vormt de kleurstof een fijne rechte lijn. De kleurstof vermengt zich niet met de vloeistof eromheen. Dit betekent dat de stroming in de leiding in evenwijdige laagjes verloopt die langs elkaar bewegen, daarbij evenwijdig blijven en zich niet met elkaar vermengen. Omdat de beweging in laagjes gebeurt, spreekt men van een *laminaire stroming*.

Bij gelijkblijvende leidingdiameter met een groter debiet, dit is met een grotere stromingsnelheid, verloopt de kleurstofdraad niet langer rechtlijnig, maar krijgt ze een schommelend, trillend uitzicht zoals weergegeven in figuur 3.48.b. De kleurstof vermengt zich evenwel niet met de omgevende vloeistof. Bij nog grotere stromingssnelheden vermengt de kleurstof zich volledig met de vloeistof in de buis. Dit wordt een *turbulente stroming* genoemd.



Figuur 3.48: Stromingspatroon: a) laminair b) overgang en c) turbulent.

Experimentele studies wezen uit dat niet alleen de waarde van de gemiddelde snelheid in de buis het stromingsregime bepaalt, maar dat ook de diameter van de leiding en de viscositeit van de vloeistof een invloed hebben. Het turbulente stromingsregime wordt des te eerder bekomen, naarmate de gemiddelde snelheid ν en de diameter D van de leiding groter zijn en de viscositeit (ν of η) kleiner is. Het dimensieloze Reynolds-getal groepeert deze drie parameters:

$$Re = \frac{\nu D}{\nu} = \frac{\nu D \rho}{\eta}$$

Het Reynolds-getal geeft de verhouding tussen de traagheidskrachten (evenredig met $\nu D \rho$) en de viscositeitskrachten (evenredig met η).

Bij kleine waarden van Re is de stroming laminair. Bij grote waarden van Re is de stroming turbulent. De overgang van laminaire naar turbulente stroming gebeurt niet altijd bij hetzelfde, welbepaalde Re -getal. Er bestaat een overgangsregime waarbij de stroming niet meer laminair is, maar toch nog niet uitgesproken turbulent. De kritische waarde van het Re -getal (Re_c) waarbij de overgang laminair-turbulent plaatsvindt, kan dus niet duidelijk bepaald worden. Voor de stroming in leidingen is $2000 < Re_c < 4000$.

Des te groter het Reynolds-getal, des te eenpariger is de snelheidsverdeling. Immers, bij een laminaire stroming zal het vloeistoflaagje aan de wand, door de invloed (wrijving) van die wand, haast stilstaan, naar het centrum van de leiding toe zal elk laagje wat sneller vloeien zoals figuur 3.48.a weergeeft. De gemiddelde snelheid van de stroming is hier $\bar{v} = v_{max} / 2$.

Wanneer de viscositeit kleiner is, en Re dus groter, werken de laagjes veel minder remmend op elkaar, zodat de maximale snelheid reeds dicht bij de wand wordt behaald (zie figuur 3.48.c). De gemiddelde snelheid van de stroming is nu $\bar{v} \cong 0,8 v_{max}$. In de praktijk zijn de meeste stromingen turbulent.

18.2 Verschilddrukmetingen

Wet van Bernouilli

De wet van Bernouilli berust op het behoud van energie. Wanneer een vloeistof met een dichtheid ρ door een buis met ongelijke doorsneden A_1 en A_2 stroomt, dan is - bij verwaarlozing van de wrijving - de energiedichtheid van de vloeistof bij doorsneden 1 en 2 even groot. Dit levert de wet van Bernouilli, die een verband legt tussen de verschillende drukgrootheden in de doorsneden 1 en 2:

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

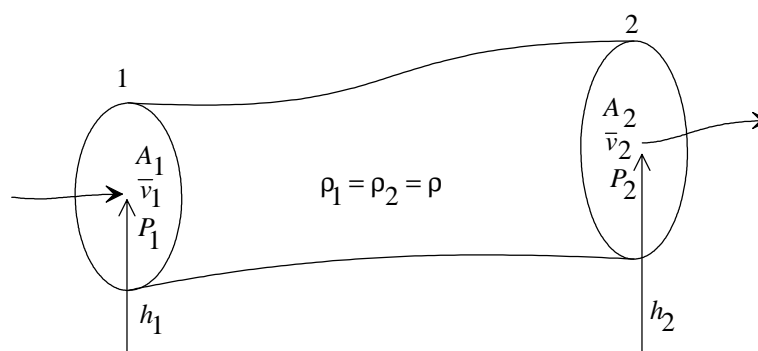
waarin

p = de druk in de vloeistof

v = de gemiddelde stroomsnelheid

h = de hoogte

A = de buisdoorsnede



Figuur 3.49: Wet van Bernouilli: behoud van energie in een stromend fluïdum (hier onsamendrukbaar).

Indien de beide doorsneden zich op dezelfde hoogte, bevinden dan is $h_1 = h_2$. Door gebruik te maken van de continuïteitsvergelijking ($A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$) volgt uit de vergelijking van Bernoulli een betrekking die het debiet door de buis uitdrukt in functie van het drukverschil tussen de beide doorsneden:

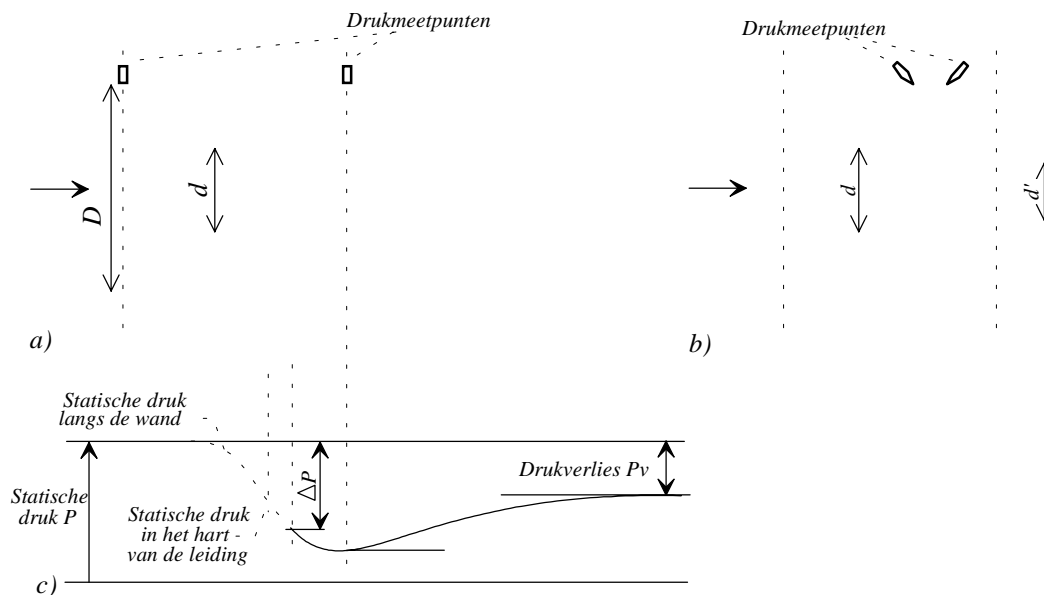
$$Q = A_2 k \sqrt{\Delta p} \quad \text{met} \quad k = \sqrt{\frac{2}{\rho \left(1 - A_2^2/A_1^2\right)}}$$

Het drukverschil neemt dus kwadratisch toe met het volumedebiet. Door het drukverschil te meten en het resultaat door een worteltrekkerschakeling te voeren, vindt men zo een lineaire aanduiding van het volumedebiet.

Meetflens of diafragma (Eng.: Orifice plate)

Toepassing van de Bernoulli-wet op een horizontale leiding met een sterke vernauwing levert het eerder vermeld verband tussen het debiet en het drukverschil.

De vernauwing wordt hier gevormd door een schijf met een cirkelvormige opening. Figuur 3.50 geeft de opstelling en het drukverloop weer. Net bij het diafragma is er een sterke vermindering van de statische druk, omdat de snelheid toeneemt. Achter het diafragma neemt de snelheid weer af en de statische druk herstelt zich. Toch blijft er een zeker drukverlies door de verhoogde wrijvingsverliezen bij de stroming door het diafragma. Dit drukverlies is uiteraard ongewenst en dient zoveel mogelijk beperkt te worden.



Figuur 3.50: Differentiële-druk-meetflens-debietmeters: a) met drukmeetpunten in l en $l/2$, b) met drukmeetpunten in de hoeken, c) Schets van het drukverloop over de meetflens.

Meting van het verschil tussen de druk een eind voor het diafragma en de druk net achter het diafragma, en toepassing van de bovenstaande formule geeft het te meten debiet. Toch voldoet de theoretische formule niet ten volle. Er treden immers parasitaire verschijnselen op:

- Zo zijn er nog de wrijvingsverliezen van de vloeistof tegen de wand. De optimale afwerking van de leiding moet er voor zorgen dat deze minimaal blijven.
- De opening van de schijf (dit is de kleinste opening in de stroombuis), is niet precies gelijk aan de kleinste opening in het stroompad. De stroming vertoont de neiging nog te vernauwen na de meetflens.

De drukverliescoëfficiënt C , die de verhouding geeft van het werkelijke debiet tot het uit de theoretische betrekking berekende ideaal debiet, houdt rekening met deze beide verschijnselen. Het werkelijke debiet Q is dan:

$$Q = CA_2 k \sqrt{\Delta p}$$

ISO-normen (b.v. ISO 5167) en andere standaarden geven de experimenteel bepaalde waarden van de drukverliescoëfficiënt C voor verschillende debietmeters, over een breed gebied van fluïdumcondities en voor gekende diameters d , D en dichtheid ρ .

Opmerkingen i.v.m. de installatie:

- Het product dat door het apparaat stroomt, moet uit een zuivere fase bestaan; het mag dus geen vloeistof zijn met daarin vaste deeltjes of gasbellen, of een gas met veel condensaatdruppels. De drukvermindering mag geen verdamping verwekken. Het gat in de meetschijf moet altijd scherp en haaks zijn afgedraaid aan de hoge drukzijde en moet vrij van vuil en bramen zijn. Al deze onvolkomenheden zouden immers een extra drukval teweeg brengen, wat niet alleen een foutieve meting kan veroorzaken, maar wat tevens kostelijk is aangezien het drukverlies ook aan het uiteinde van de leiding voelbaar is.
- De meetschijfverhouding d/D ligt bij voorkeur tussen 0,3 en 0,8.
- Het diafragma is soms voorzien van een kleine *vent-opening*. Indien het fluïdum een vloeistof is waarin gassen aanwezig zijn, dient de opening zich bovenaan te bevinden, zodat het gas dat zich ophoopt aan de bovenzijde van het diafragma, toch voorbij de hindernis kan geraken. Is het fluïdum een gas waarin condensaat kan aanwezig zijn, dan moet de opening zich onderaan bevinden, zodat het condensaat kan doorvloeien.
- Het toestel moet zo geplaatst zijn dat het voorafgegaan wordt door een rechtlijnig buissegment van minstens 15 D lengte, afhankelijk van de meetschijfverhouding en van de buiselementen die het diafragma voorafgaan. Ook achter de meetschijf moet een recht segment van 5 tot 10 D geplaatst worden. Dit is noodzakelijk om een storingvrij stromingsprofiel te verkrijgen aan de ingang van de meetschijf. (D is de leidingsdiameter).

Voordelen

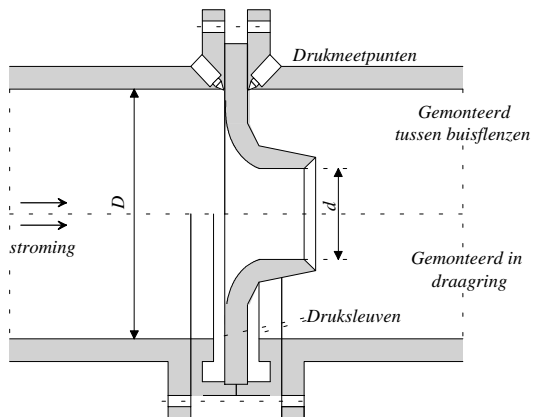
- eenvoudig te vervaardigen en dus goedkoop
- gemakkelijk te installeren.
- verwisselbaar en aan te passen aan andere debieten.

Nadelen

- De meting beïnvloedt het debiet, daar het meetelement steeds een groot blijvend drukverlies tot gevolg heeft.
- een beperkt meetbereik per meetschijf
- stroomegalisatieleidingen voor en na het meetelement zijn noodzakelijk.

Stuwbuis (Eng.: Nozzle)

Bij het meten van grote debieten zijn stuwbuizen meer aangewezen. Bij gelijke diameterverhouding d/D en verschildruk zal de stuwbuis ongeveer 65% meer debiet doorlaten dan de meetschijf onder dezelfde voorwaarden. Dit houdt in dat het drukverschil, en daarmee ook het blijvend drukverlies over het meetelement kleiner is bij de stuwbuis dan bij de meetschijf. De constructie van de stuwbuis is robuuster en gestroomlijnder en weerstaat beter aan erosie dan de meetschijf. Wat betreft egalisatieleidingen, geldt hetzelfde als bij meetschijven.

**Nadelen**

- hogere aanschaffkosten
- minder eenvoudige montage

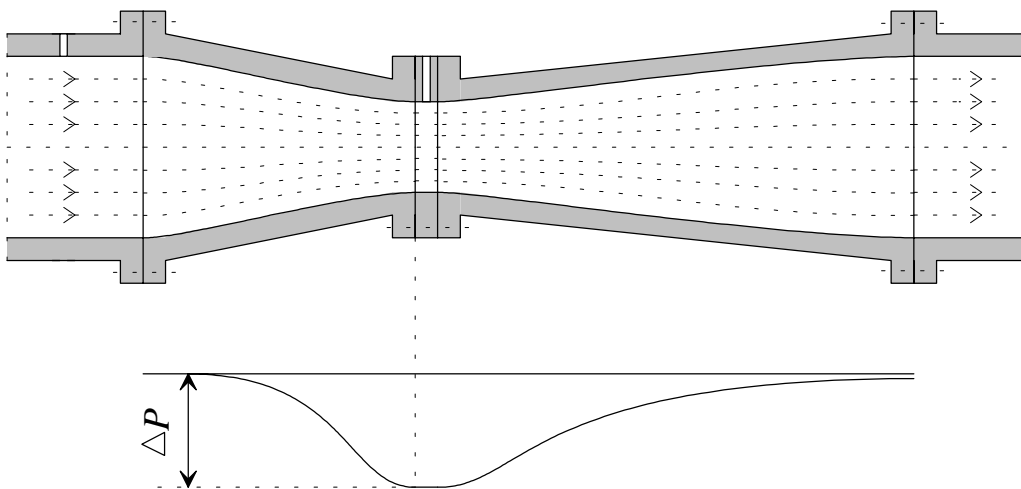
Voordelen

- langere levensduur, geen erosie wegens de vormgeving
- kleiner blijvend drukverlies

Figuur 3.51: Stuwbuis differentiële debietmeter.

Venturi-buis

De Venturi-buis wordt allereerst toegepast als een gering blijvend drukverlies van belang is of als de vloeistof of het gas veel vaste stoffen bevat, aangezien ophoping hier niet gemakkelijk kan voorkomen. Eventueel condensaat voor de Venturi kan af en toe afgelaten worden langs een spuikraantje. Tenslotte verdient de Venturi-buis ook de voorkeur bij vloeistoffen met hogere viscositeit, daar de meting met Venturi minder beïnvloed wordt door de viscositeitsveranderingen.

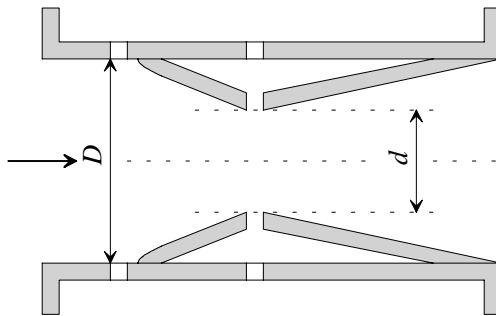


Figuur 3.52: Venturi-buis.

Venturi-buizen zijn geconstrueerd volgens het theoretisch juiste profiel voor de uitstroming van debieten, hetgeen een minimum aan wervelingen en dus drukverlies veroorzaakt. Dit drukverlies is des te kleiner naarmate de verwijderingshoek kleiner is. Venturi-buizen zijn dure instrumenten, en ook hier is een egalisatieleiding voor en achter het toestel nodig.

Dall-buis

Een laatste drukverschildebietmeter, welke een combinatie is van de vorige, is de Dall-buis, weergegeven in figuur 3.53. Zij combineert een hoog gemeten drukverschil, zoals bij de meetflens, met een laag permanent drukverlies (zelfs iets beter dan de Venturi-buis met dezelfde openingshoek).



Figuur 3.53: Dall-buis voor differentiële-druk-debietmeting.

Tabel 3.9 geeft een vergelijkend overzicht met een aantal indicatieve waarden voor de verschillende verschildrukdebietmetingen (Bron: 'Principles of measurement systems', J.P.Bently).

<i>Parameter</i>	<i>Venturi-buis</i>	<i>Stuwbuis</i>	<i>Dall-buis</i>	<i>Meetschijf</i>
<i>Benaderende waarde voor C</i>	0,99	0,96	0,66	0,6
<i>Relatieve waarden van gemeten drukverschil</i>	1	1,06	2,25	2,72
<i>Permanent drukverlies als % van gemeten drukverschil</i>	10-15%	40-60%	4-6%	50-70%

Tabel 3.9: Indicatieve waarden voor verschildrukdebietmetingen.

18.3 Snelheidsprobes voor gas- en vloeistof debietmetingen

Pitot-buis

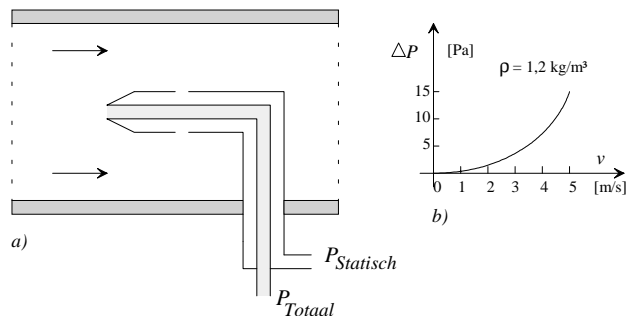
Het *principe* van de Pitot-buis is gebaseerd op het meten van de snelheid in één punt van de leiding. Om het totaal debiet te bepalen, dient de verhouding tussen de snelheid in het gemeten punt en de gemiddelde snelheid gekend te zijn. Dit is nu net de moeilijkheid: de verhouding tussen de gemiddelde snelheid en de maximale snelheid (in het midden van de buis) verschilt immers naargelang het stromingsregime. Voor een laminaire stroming bedraagt die verhouding 0,5, voor een volledig turbulente stroming ongeveer 0,8. Alle tussenliggende waarden zijn mogelijk. Het hangt dan ook van de juiste schatting van deze correctiefactor af, hoe goed de Pitot-buis zal presteren.

De *Snelheidsmeting* volgt uit de wet van Bernouilli voor een horizontale stroming ($h_1 = h_2$):

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 = Cte$$

Hierin is P de statische druk, en $(1/2)\rho v^2$ de dynamische druk. De som van beide is de totale druk. Het verschil tussen de totale en de statische druk, beide afzonderlijk gemeten, levert de dynamische druk, waaruit de stroomsnelheid volgt. Het te meten debiet is evenredig met de vierkantswortel van het gemeten drukverschil.

De statische druk wordt gemeten via een opening langsheen de stroomrichting, zodat de snelheidscomponenten loodrecht op de opening nul is. Voor de meting van de totale druk, staat de opening recht in de stroming zoals figuur 3.54 aangeeft.



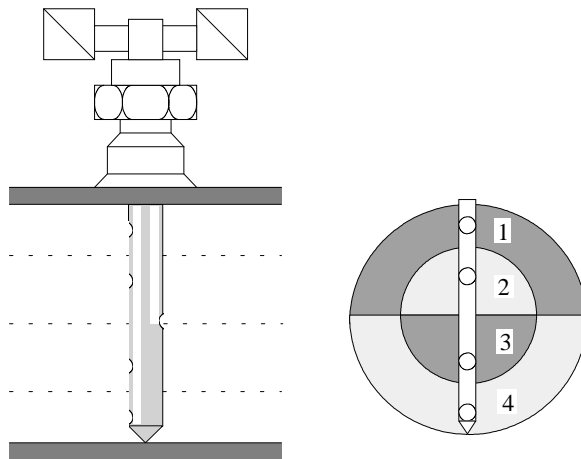
Figuur 3.54: Pitot-buis.

Om een uniform stromingsprofiel en dus betrouwbare meetresultaten te bekomen, is vóór de Pitot-buis een recht buissegment met een lengte van ongeveer $50D$ (met D de leidingsdiameter) noodzakelijk. Ook achter het meetelement is een behoorlijk lange storingvrije buis nodig. Bovendien moet de Pitot-buis axiaal gericht zijn. De Pitot-buis is goedkoop en de installatiekosten zijn laag.

Annubar (~Deltabar PMD 130 E+H)

De snelheidsmeting bij de annubar is, net zoals bij de Pitot-buis, gebaseerd op het meten van het drukverschil tussen totale en statische druk. De Pitot-buis meet de snelheid in één punt, waaruit door gebruik van een correctiecoëfficiënt de gemiddelde snelheid volgt. De annubar geeft echter dadelijk een gemiddelde waarde voor de totale druk, zodat daaruit rechtstreeks de gemiddelde snelheid kan worden berekend.

De annubar bestaat uit een meetbuis die precies in de diameter van de stroombuis wordt opgesteld, en waarin zich vijf drukmeetpoorten bevinden. Vier poorten zijn stroomopwaarts gekeerd, en ze zijn zo over de doorsnede verdeeld, dat ze samen de gemiddelde totale druk meten. Binnenin de meetbuis bevindt zich een “interpolerende” buis, die de gemiddelde druk van de vier meetpoorten opneemt, en die druk naar de hoge drukzijde van een verschildrukmeter brengt. De vijfde meetpoort bevindt zich achteraan de meetbuis. De statische druk, die hier heerst, wordt naar de lage drukzijde van de verschildrukmeter gebracht.



Figuur 3.55: Annubar (Model ANR 75).

Eigenschappen:

- De annubar is zo ontworpen dat ze de stroming zo min mogelijk stoort. Dit laat een nauwkeurigheid toe op de debietmeting van 1% op de reële waarde. Door het uniforme stromingsprofiel is de repeteerbaarheid zeer goed. Het drukverlies dat over de annubar ontstaat, is lager dan bij alle andere verschildrukmetingen, zelfs lager dan bij sommige Venturi-buizen.
- Door de vorm van de annubar bouwt er zich tijdens de stroming een hoge druk bufferzone op net voor de annubar. Deze zone produceert stroomlijnen die afbuigen omheen de annubar, waarmee ook vaste deeltjes in de vloeistof afbuigen. Dit vermindert de kans op verstopping en verhoogt de lange termijn stabiliteit (in tegenstelling tot meetschijven waar de rand van het diafragma door erosie of aangroei vervormt).
- Installatie van de annubar kan zonder het proces stil te leggen.
- De vier meetpoorten zijn zo opgesteld, dat ze bij een regelmatige stroming precies de juiste gemiddelde totale druk meten. Maar ook wanneer de stroming geen regelmatig profiel bezit, of niet storingvrij is, wordt een gemiddelde meting verricht. De spreiding van de vier meetpunten levert ook dan nog goede meetresultaten. Daarom is het mogelijk de annubar kort achter een storing, zoals een bocht of afsluiter aan te brengen, zonder een recht buissegment tussen te plaatsen. De annubar is de enige verschildrukmeter voor debietmetingen waarbij dit is toegelaten.

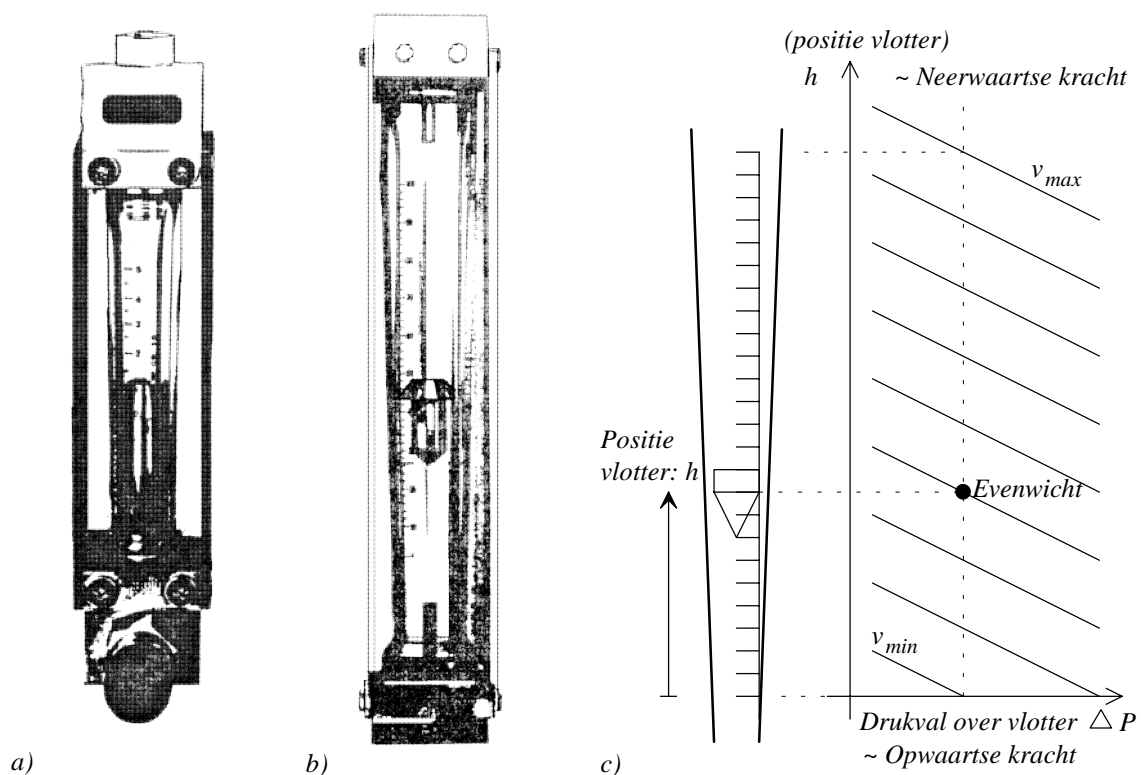
Anemometer

De anemometer bestaat uit een weerstandsdraad, welke op een constante temperatuur gehouden wordt, via een variabele stroom. Indien het debiet wijzigt, zal de weerstandsdraad meer of minder afkoelen zodat de te leveren stroom eveneens wijzigt. De stroom is dan een maat voor de vloeistofsnelheid in het gemeten punt.

18.4 Rotameters

De rotameter wordt al zeer lang gebruikt in de meettechniek. De meter geeft een ogenblikkelijke aanduiding van het debiet. Voor een centrale controle en bediening van het proces is echter een meter met omvormer (naar een elektrisch signaal) nodig, zodat de rotameter als verouderd bestempeld wordt. Omwille van het prijsvoordeel, de eenvoudige montage en de mogelijkheid om lage debieten te meten, weet de rotameter met elektronische zender zich echter te handhaven naast de nieuwe meetmethodes zoals turbine- en elektromagnetische debietmeters.

De rotameter bestaat uit een conische buis die al dan niet doorzichtig is. Hierin bevindt zich een draaiende vlotter die zich naargelang het debiet op een bepaalde hoogte instelt. Wanneer het fluïdum door de groeven aan de zijkant van de vlotter vloeit, zal de vlotter roteren en hierdoor een stabielere instelling verkrijgen. Rotameters moeten steeds verticaal gemonteerd worden.



Figuur 3.56: a-b) Voorbeelden van rotameters, c) Drukval over de vlotter i.f.v. de hoogte van de vlotter bij verschillende snelheden van het fluïdum (schematische voorstelling). Het evenwicht bij een gegeven snelheid (debiet) stelt zich in waar de neerwaartse zwaartekracht minus de opwaartse stuwkracht gelijk is aan het drukverschil over de vlotter maal het karakteristiek oppervlak van de vlotter.

Indien er geen vloeistof of gas door de meter vloeit, bevindt de meter zich in de rustpositie. De beginnende vloeistof- of gasstroom zal in eerste instantie de vlotter oplichten. Maar omdat de dichtheid van de vlotter groter is dan de dichtheid van het fluïdum is het normale drijfeffect niet voldoende om de vlotter te verplaatsen. Het drijfeffect is de opwaartse stuwkracht t.g.v. de druk op een lichaam in een vloeistof (wet van Archimedes). In figuur 3.56.c. heeft de vlotter zich op een bepaalde plaats in de conische buis ingesteld. Deze vlotter positie volgt uit het evenwicht van de neerwaartse kracht (verschil van zwaartekracht en stuwkracht) en de opwaartse druk. De

eerste component is constant. De opgebouwde druk van het quasi stilstaand fluidum 'onder' de vlotter neemt echter gradueel af wanneer de vlotter naar boven beweegt. Of omdat de afstand tussen de vlotter en de wand wanneer de vlotter stijgt, vergroot, neemt de verschildruk over de vlotter af.

Indien het debiet nu vergroot, zal er bij dezelfde positie van de vlotter, dus bij eenzelfde 'smoringsopening', een grotere verschildruk over de vlotter ontstaan, zodat het krachteenevenwicht niet meer voldaan is en de vlotter naar boven geduwd wordt.

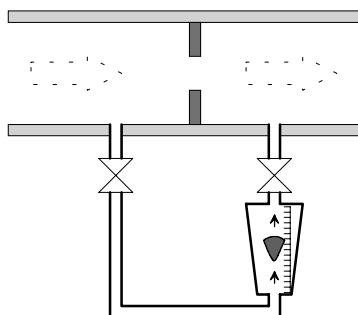
Om een lineaire aanduiding te bekomen moet de meter naar boven toe verbreden. Het meetbereik is afhankelijk van de vlotter-meetbuis combinatie.

Opmerkingen:

- Rotameters bestaan met een glazen buis voor onmiddellijke aanduiding of met metalen buis indien de bedrijfsomstandigheden (te hoge druk, trillingen of te hoge temperatuur) geen glas toelaten.
- Door toepassing van een elektrische of magnetische transmissie kan de rotameter ook in een geautomatiseerd proces gebruikt worden. De vlotter beweegt dan de kern van een lineaire differentiaaltransformator of een spoel (zie verder).
- Rotameters zijn vanaf een bepaalde waarde viscositeitsafhankelijk. Dit hangt af van de grootte van de rotameter en van de combinatie meetbuis-vlotter. De viscositeitslimieten worden opgegeven door de constructeur. Een viscositeitscalibratie is noodzakelijk.
- De rotameter moet steeds verticaal geplaatst worden. Kleppen, ellebogen of T-stukken hebben geen invloed op de meter.
- De metalen debietmeters hebben een nauwkeurigheid van 1%, (bij oudere toestellen van 2% tot 5%).

De rotameter in 'by-pass'

Rotameters in 'by-pass' vinden toepassing bij het meten van grote debieten. In de hoofdleiding wordt een meetschijf op de gebruikelijke wijze ingebouwd. Op de aftakpunten wordt een rotameter gemonteerd. Het is dus een drukverschilmeting met doorstroming. Het drukverschil in de hoofdleiding zal de grootte van de nevenstroom bepalen. De schaal op de rotameter wordt rechtstreeks uitgedrukt in het debiet welk door de hoofdleiding gaat.



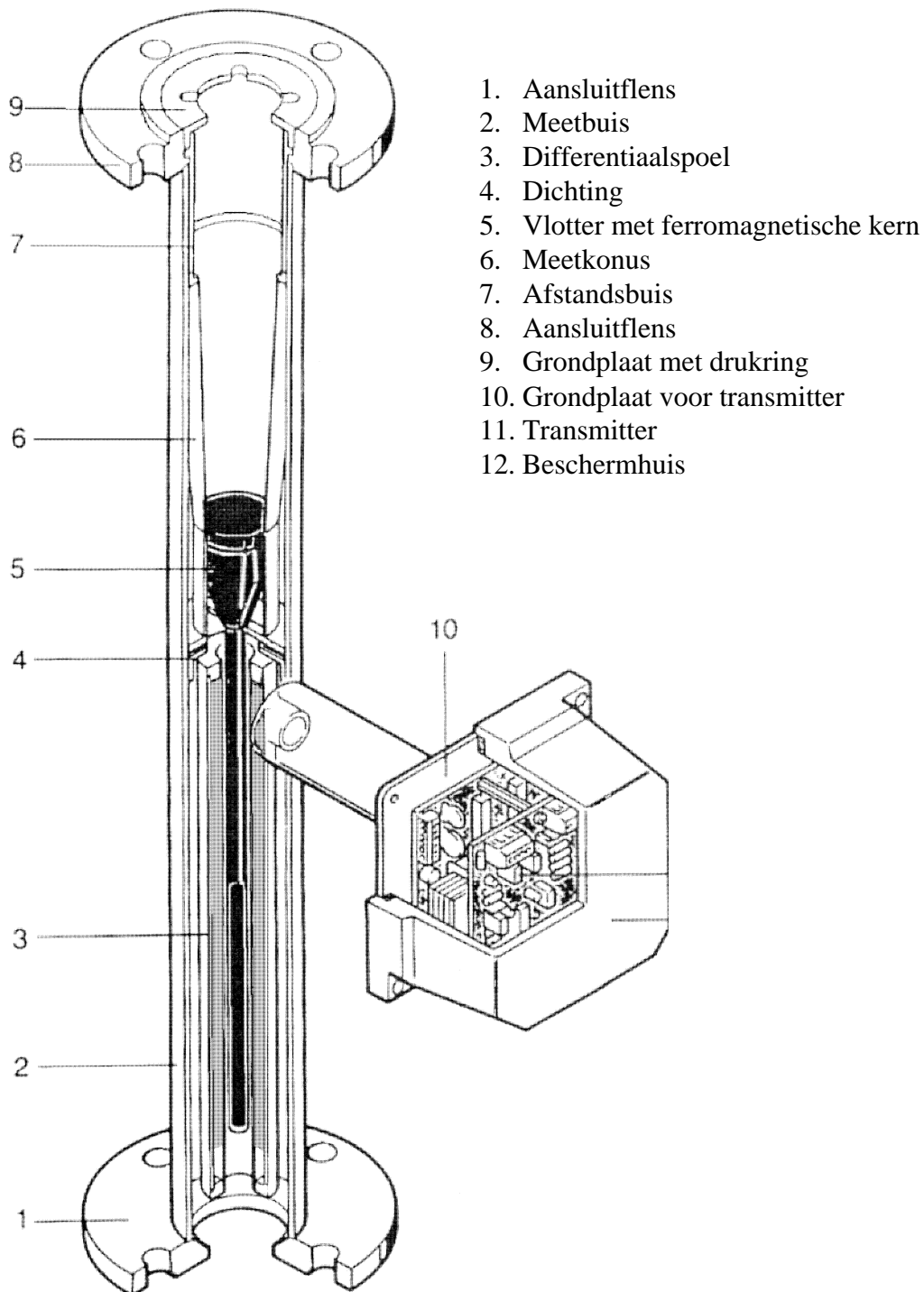
Figuur 3.57: Rotameter in 'by-pass'.

Voordelen:

- meetbereik 10:1
- lineaire schaal
- minder kans op vervuiling door de continue doorstroming
- lage prijs t.o.v. verschildrukmeters

Inductieve vlotterdebietmeting

Bij dit type van rotameter, weergegeven in figuur 3.58, wordt de hoogte van de vlotter in de meetbuis op inductieve wijze gedetecteerd. De primaire spoel van de differentiaaltransformator wordt met een hoogfrequente, constante stroom gevoed. Aan de vlotter is een ferromagnetische kern bevestigd die in de spoel op en neer gaat. Over de secundaire spoelen ontstaat een debietsproportionele spanning. Deze spanning wordt gelijkgericht en aan het elektronisch gedeelte aangelegd waar de linearisatie en de omzetting naar een standaard (4 - 20 mA) signaal plaatsgrijpt (zie ook de LVDT).



Figuur 3.58: Rotameter met LVDT als inductieve omvormer.