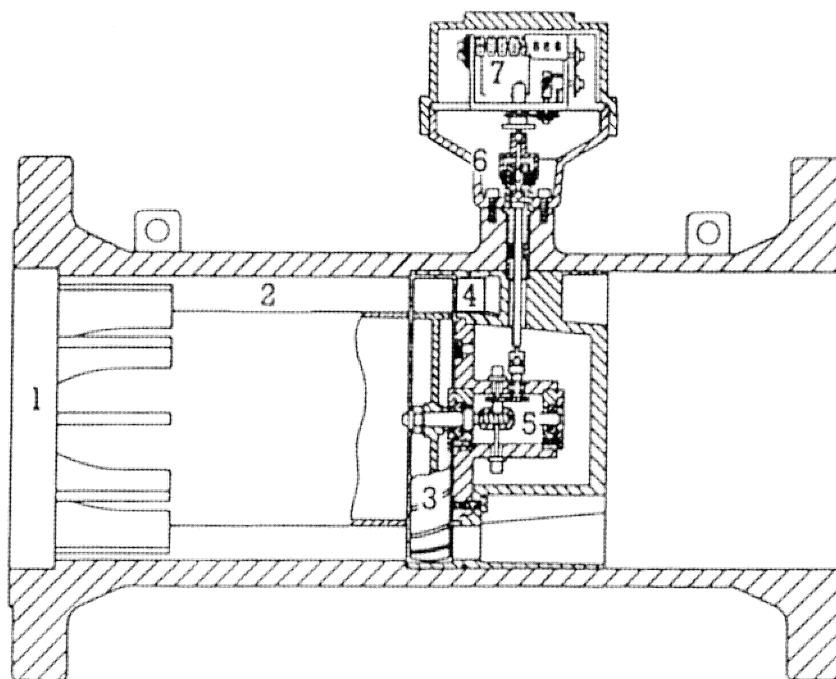


18.5 Turbinetellers

De turbinetellers meten met behulp van een aangedreven schoepenwiel de stromingssnelheid van het fluïdum. De rotatie van het schoepenwiel is evenredig met de stromingssnelheid. Vermenigvuldigd met een bekende meetsectie geeft dit de hoeveelheidsmeting. De beweging van het schoepenwiel wordt veroorzaakt door de massakrachten van het fluïdum dat daarbij van zijn oorspronkelijke stromingsrichting afwijkt.

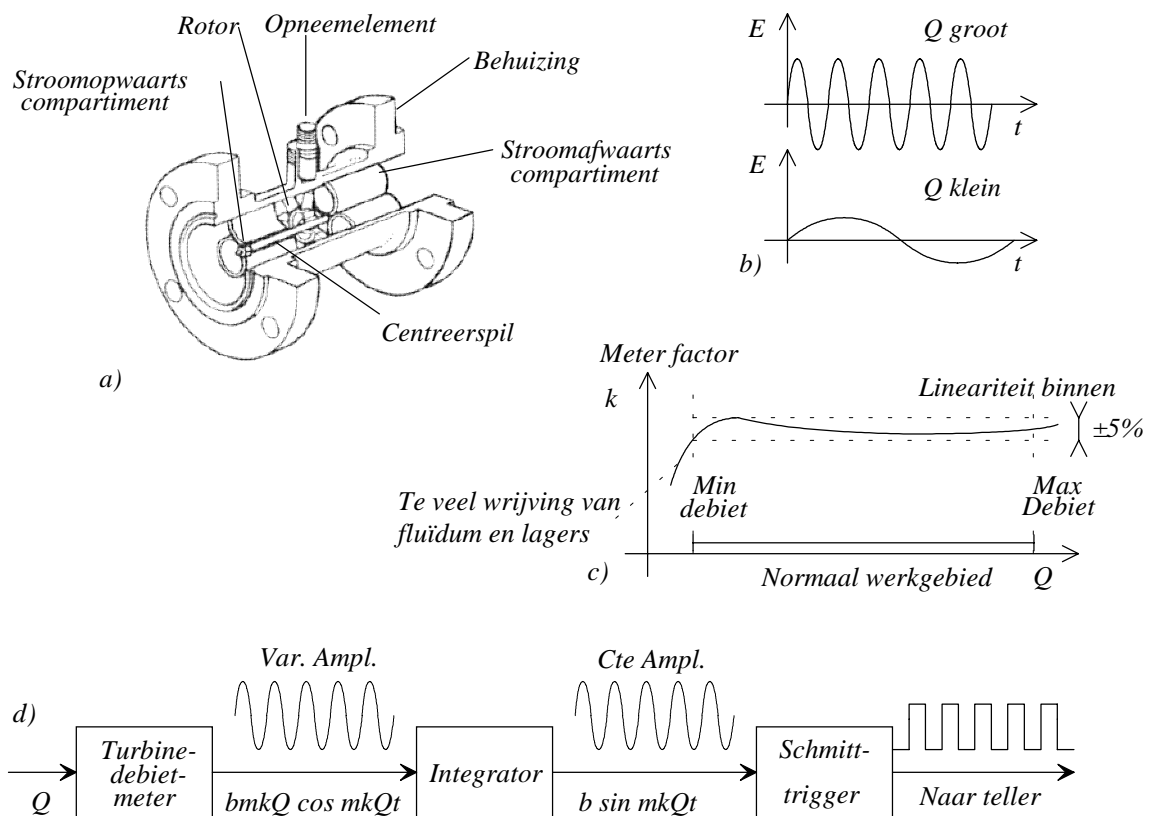
Het is hier niet de bedoeling ons te verdiepen in de vele modellen turbinemeters, die allemaal in hun mechanische opbouw van elkaar verschillen. Enkel het algemene principe wordt uitgelegd aan de hand van een voorbeeld, waarna de specifieke verschillen tussen gas- en vloeistoftellers aan bod komen.



Figuur 3.59: Gasturbineteller

Figuur 3.59 toont een turbineteller voor gas. Via een straalrichter (1) die de eventuele turbulentie in de gasstroom elimineert, komt het gas met een homogene verdeling door het stromingskanaal (2). Aangezien (de omzetting van) de kinetische energie van het gas de aandrijfkraft van het schoepenwiel vormt, is het stromingskanaal zodanig geconstrueerd dat op de plaats van het schoepenwiel een aanzienlijke snelheidstoename plaatsvindt. De gasstroom activeert het axiaal gelagerde schoepenwiel (3) waarvan de omwentelingssnelheid praktisch proportioneel is met de gemiddelde gassnelheid, welke optreedt in de metring (4). De roterende beweging van het schoepenwiel wordt via een worm-tandwiel constructie (5) naar een gasdichte magneetkoppeling (6) overgebracht. Deze koppeling drijft een integrerend rollentelwerk aan.

Ook een elektrische aftasting is mogelijk. De ferromagnetische schoepen induceren dan in een spoel, extern aan het lichaam aangebracht, een elektrische spanning, waarvan de frequentie evenredig is met de omwentelingssnelheid van het schoepenwiel, en dus met het debiet. Figuur 3.60 geeft een tweede voorbeeld.



Figuur 3.60: Turbinedebietmeter: a) Constructie (volgens Lomas, Kent Instruments), b) Signalen, c) Meterfactor karakteristiek en d) Blokschema (zie ook paragraaf 9.4: Elektromagnetische snelheidssensor).

Opmerkingen:

- Het drukverlies van turbinetellers wordt hoofdzakelijk bepaald door zijn constructie. Om een grote nauwkeurigheid te bereiken, wordt de snelheid lokaal opgevoerd ten koste van het drukverlies. Bij maximaal debiet bedraagt dit drukverlies naargelang de uitvoering 0,2 tot 0,6 bar. Het drukverlies is ongeveer kwadratisch afhankelijk van het debiet.
- Een meetnauwkeurigheid van beter dan 1% is mogelijk (0,5 % tot 0,1%).
- Het belangrijkste onderdeel bij deze tellers om een grote levensduur en reproduceerbaarheid te bekomen is de lagering. Zowel kogellagers als glijlagers zijn mogelijk.
- Praktisch zijn alle turbinetellers die voor hoeveelheids-meting gebruikt worden in één of andere vorm viscositeitsgecompenseerd. Zonder dergelijke compensatie zijn deze instrumenten niet bruikbaar.
- De toerentallen van turbinetellers in kleine doorlaten liggen bij circa 6.000 Omw/min, in grote doorlaten bij 500-1000 Omw/min.
- Turbinetellers zijn zeer gevoelig aan stromingswervelingen. De nodige maatregelen moeten getroffen worden om dwarse componenten in het stroomopwaartse stromingsprofiel te verhinderen (stromingsgelijkrichters, ongestoorde inloopstukken).

Specifieke verschillen tussen gas- en vloeistofmeters

Dezelfde principes gelden voor gas- en vloeistofmeters, maar de uitvoeringsvormen zijn tamelijk verschillend. Dit volgt hoofdzakelijk uit het feit dat de dichtheid van het fluïdum sterk verschilt. Atmosferische gassen zijn ongeveer 1000 maal lichter dan vloeistoffen. Aangezien het aandrijvend moment rechtstreeks evenredig is met de dichtheid van het fluïdum moet bij gassen:

- ofwel het schoepenwiel veel lichter lopen
- ofwel de sectie vergroot worden.

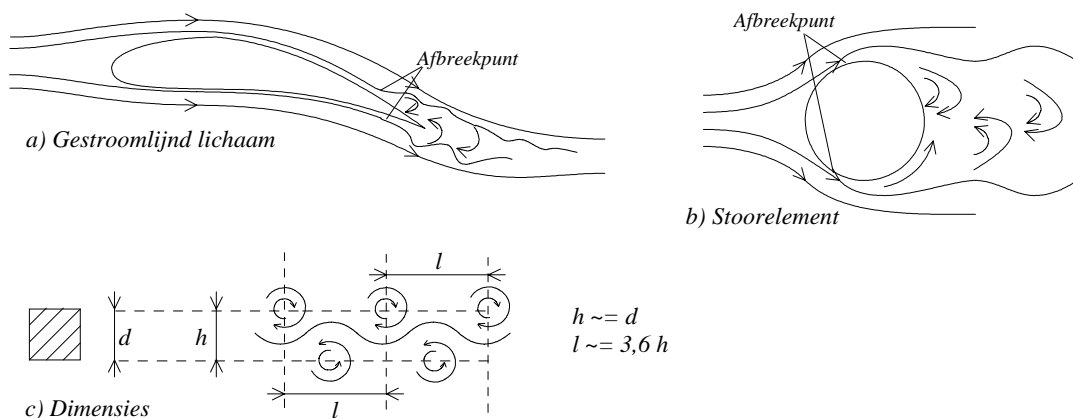
Om de fluïdumsnelheid ter hoogte van het schoepenwiel zo hoog mogelijk op te voeren moeten de afmetingen veranderen of zijn stuwringen om een straafeffect te bekomen noodzakelijk. Dit gaat uiteraard ten koste van extra drukverlies.

18.6 Vortex- of natuurlijke hydrodynamische oscillerende debietmeters

Reeds geruime tijd zijn hydrodynamische oscillaties gekend en onderzocht. Toch vinden we de praktische toepassing hiervan in de debietmeettechniek slechts een vijftiental jaren geleden terug, hoofdzakelijk te wijten aan het slechts recent beschikbaar zijn van speciale signaalopnemers en bijhorende elektronische schakelingen die voor dit type debietmeters noodzakelijk zijn. De huidige hydrodynamisch oscillerende debietmeters zijn onder te verdelen in twee groepen:

- deze met natuurlijke oscillatie (deze paragraaf).
- deze met gedwongen oscillatie: 'swirlmeters' (volgende paragraaf).

Het eerste onderzoek naar hydrodynamische oscillaties werd gedaan door Strouhal in 1878, naar aanleiding van het geluid dat ontstond als de wind blies op gespannen telefoondraden.



Figuur 3.61: Ontstaan van vortices: a) bij gestroomlijnd lichaam, b) bij stoorelement en c) afmetingen van een geïdealiseerde vortexstraat.

Als een fluïdum een hindernis omstroomt, dan kan het medium maar tot op een bepaalde plaats de wand van de hindernis volgen. Vanaf deze plaats scheurt de stroming af en er vormt zich een dode zone waarin deze stromen zich tot wervels oprollen. Dit verschijnsel is goed te zien bij uitstekende rotsen in een snelstromende waterloop. Een merkwaardige vaststelling is echter dat deze wervels alternerend aan weerszijden van de hindernis ontstaan, zich oprollen, en in een

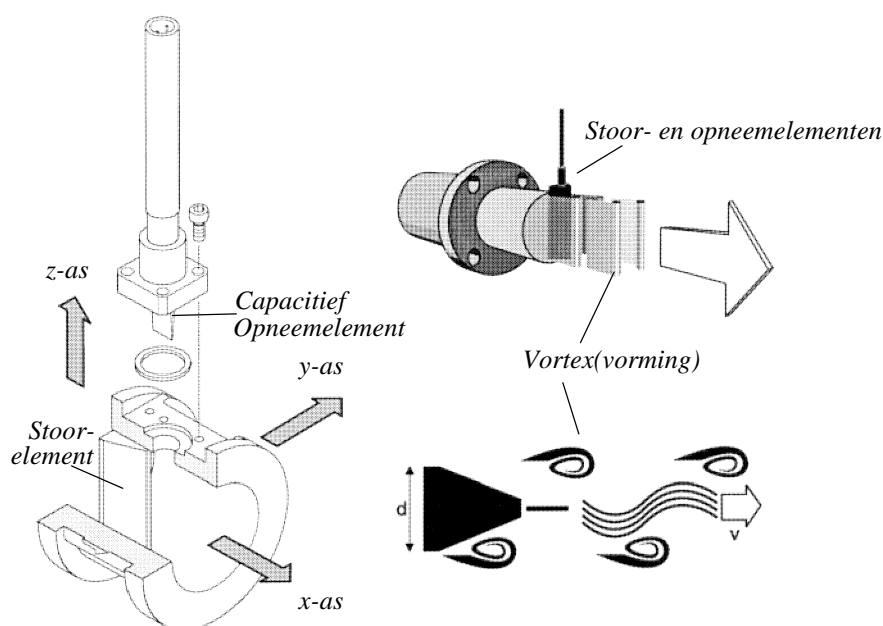
regelmatige rij met het fluïdum wegstromen. Dit verschijnsel heet de Karmanse wervelstraat, genoemd naar de fysicus von Karman die dit verschijnsel voor het eerst onderzocht.

De frequentie waarmee deze wervels zich vormen is de wervelfrequentie f , deze stijgt lineair met de stroomsnelheid. Er geldt

$$f = S \cdot \frac{v_1}{d}$$

waarbij v_1 de gemiddelde snelheid is ter hoogte van de hindernis, d de (karakteristieke) breedte van de hindernis of het stoorelement en S een dimensieloze Strouhal-getal.

In het bereik der stromingsnelheden waar S constant is, is de wervelfrequentie een directe maat voor de snelheid, en dus ook voor het debiet.



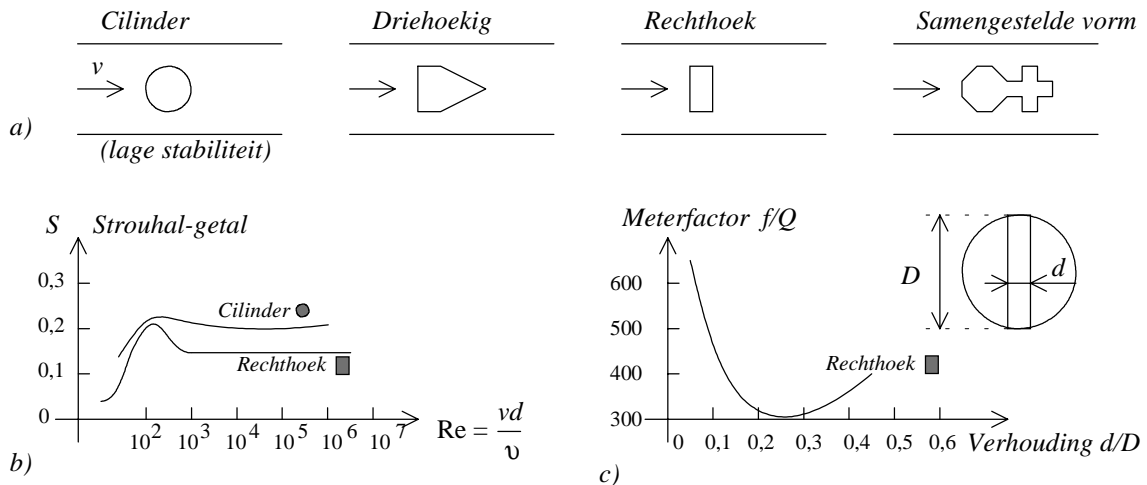
Figuur 3.62: Voorbeeld van capacitieve vortexdebietmeter naar E+H Prowirl 77.

Stoorelementen

Om praktische redenen, zoals montage in een installatie, wordt het stoorelement steeds in een cilindervormige pijp aangebracht. De vorm van het stoorelement moet zodanig gekozen worden dat

- er een hoge graad aan stabiliteit van de vortex- of wervelvorming is. Dit is noodzakelijk om tot een goede signaal-ruis verhouding te komen.
- het lineariteitsgebied zo groot mogelijk is.
- de hoeveelheid energie die aan het fluïdum onttrokken wordt om de meting mogelijk te maken en welk een drukverlies veroorzaakt, klein blijft. Deze eis is in strijd met de eerste: immers hoe beter de vortexvorming en dus ook de meting, hoe groter het drukverlies.

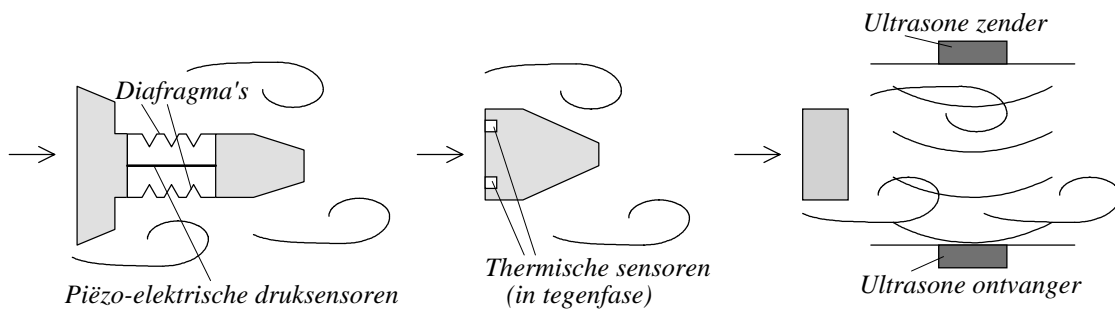
Verschillende vormen van stoorelementen zijn mogelijk met elk hun eigen voor- en nadelen. Zonder hierover in detail te treden, geeft figuur 3.63 enkele voorbeelden en een vergelijking tussen een cilindervormig en een rechthoekig stoorelement.



Figuur 3.63: a) Verschillende stoelementen (bovenaanzicht), b) Strouhal-getal en c) meetelementfactor.

Opnemers

Elke opnemer welke de wisselende stromingen of vortices kan detecteren voldoet. Dit kunnen thermistoropnemers zijn welke een wisselende afkoeling waarnemen t.g.v. de wijzigende stroming, ultrasoonsensoren waarbij de geluidsgolven een in lengte wisselend pad afleggen of sensoren welke een wisselende druk aan de achterzijde van het stoelement opnemen. Voorbeelden hiervan zijn magnetische opnemers waarbij een kogeltje heen en weer beweegt t.g.v. de wisselende druk, capacitieve druksensoren, rekstrookjes welke een wisselende vervorming waarnemen of piëzo-elektrische kristallen. Figuren 3.62 en 3.64 geven verscheidene voorbeelden.



Figuur 3.64: Stoelementen met piëzo-elektrische, thermische en ultrasone opneemelementen.

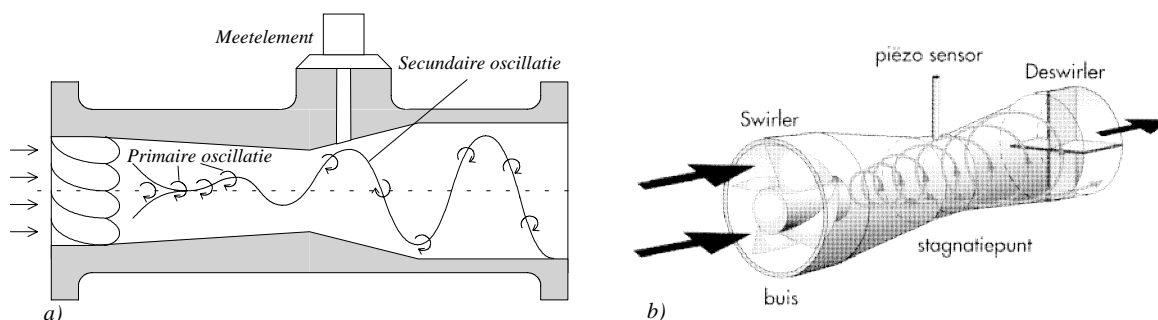
Eigenschappen van vortexdebietmeter

- Experimenten tonen aan dat het Strouhal-getal binnen bruikbare grenzen constant blijft vanaf een stromingssnelheid die overeenkomt met een Reynolds-getal $Re = 10.000$ (Zie figuur 3.48.b). Het Re -getal heeft hier betrekking op de afmetingen van het stoelement, $Re = \frac{vd\rho}{\eta}$. Deze waarde beperkt de meter, althans in kleine doorlaten, tot toepassingen op fluïda met kleine viscositeit.
- Binnen de bruikbare grenzen gelden naargelang de uitvoering de volgende waarden:
 - ♦ meetnauwkeurigheid : 0,5 tot 2% van de meetwaarde, typisch $\pm 0,75\%$ voor vloeistoffen en $\pm 1,5\%$ voor gassen (met $Re > 10^4$). Dit is beter dan bij meetflenzen met verschilddrukomzetteren maar ongeschikt aan turbinedebietmeters.

- ♦ reproduceerbaarheid : 0,1%
- ♦ permanent drukverlies bij nominale belasting : 0,25 tot 0,5 bar. Voor een correcte vortexvorming is het noodzakelijk dat het stromingsprofiel aan de ingang van het toestel ongestoord is. Als richtlijn voor de vereiste ongestoorde inloop- en uitloopstukken gelden dezelfde lengten als voor meetflenzen. Vortexmeters worden trouwens geconstrueerd met dezelfde standaardbuitenmaten als meetflenzen, zodat zij deze zonder probleem kunnen vervangen. Zo bekomt men een meting met grotere nauwkeurigheid en kleiner drukverlies.
- Vortexdebietmeters geven als uitgang een frequentiesignaal dat proportioneel is aan het debiet zoals bij turbinedebietmeters, maar zij hebben geen bewegende delen, waardoor ze meer betrouwbaar zijn.

18.7 Debietmeter met gedwongen oscillatie: 'Swirlmeter'

Figuur 3.65 toont een uitvoering van een meettoestel waarin het fluïdum tot oscillatie gedwongen wordt. Het inloopstuk van de meter voegt aan het axiaal toestromend fluïdum door vaste geprofileerde schoepen een snelheidscomponente in de omtrekring toe. Hierdoor ontstaat een rotatie van het fluïdum rond de langsas van het apparaat welk een werveling vormt. Door vergroting van de sectie verandert de drukverdeling in de richting van de rotatie-as; er ontstaat een secundaire rotatie. De frequentie hiervan kan door een passend meetelement gemeten worden. Een aangepaste combinatie van alle geometrische afmetingen levert over een breed gebied een lineair verband tussen stromingssnelheid en frequentie van de secundaire rotatie.



Figuur 3.65: Principeschetsen van 'Swirlmeter'.

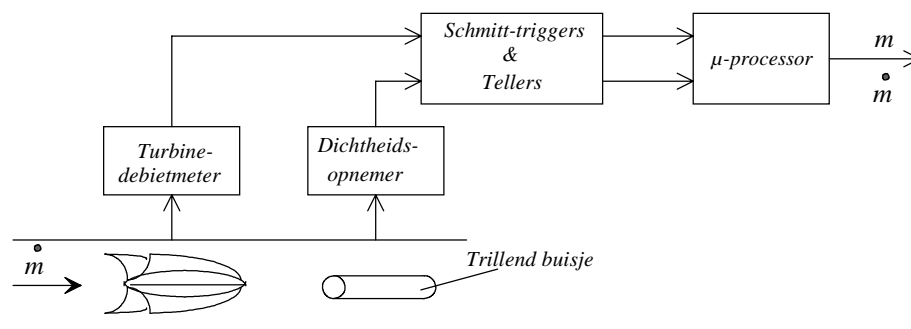
De signaalopnemers zijn van dezelfde aard als bij vortexdebietmetingen. Dit meetprincipe wordt enkel toegepast voor gasvormige media. Naargelang de bedrijfsvoorwaarden kunnen meetbereiken in een verhouding 1/100 bestreken worden met een nauwkeurigheid beter dan 1% van de meetwaarde en een reproduceerbaarheid van 0,1%.

18.8 Massadebietmeters

Vloeistoffen en gassen zoals ruwe olie, natuurlijke gassen of andere brandstoffen worden vaak getransporteerd en verkocht via pijplijnen. Vermits hierbij de massahoeveelheid de kostprijs bepaalt, dient hiervoor de massa m van het getransfereerd fluïdum gedurende een gegeven periode nauwkeurig gekend te zijn. Er bestaan twee methodes om de massa m te bepalen:

- door inferentie
- rechtstreeks.

Bij de *afgeleide* methode wordt het massadebiet Q_m berekend uit het volumedebiet en uit de dichtheid van het fluïdum: $Q_m = \rho Q_v$. Indien de meetomstandigheden met als voornaamste parameter de temperatuur weinig variëren, is de dichtheid ρ ongeveer constant en is enkel een meting van het volumedebiet nodig. Indien de temperatuursvariatie echter significant is, moet ook de dichtheid ρ gemeten worden. Figuur 3.66 toont een typisch meetsysteem gebaseerd op een turbinedebietmeter (paragraaf 18.5) en dichtheidssensor, welke de dichtheid meet uitgaande van (de variatie in) de resonantiefrequentie van een met het fluïdum gevuld buisje. De microprocessor verwerkt de verschillende signalen tot een aanduiding voor de gemeten massa of het massadebiet.



Figuur 3.66: Afgeleide meting van het massadebiet.

Coriolis-massadebietmeter

De Coriolis-massadebietmeter meet *rechtstreeks* de doorstromende massa, onafhankelijk van de massadichtheid van het fluïdum. De meter bestaat uit een hermetisch gesloten roestvrij-stalen huis, dat één of twee parallelle U-vormige of rechte buizen bevat.

Het *werkingsprincipe* is gebaseerd op een gecontroleerde opwekking van Coriolis-krachten. Deze krachten ontstaan wanneer een gegeven massa zowel translateert als roteert:

$$\vec{F}_c = 2m(\vec{\omega} \times \vec{v})$$

met

F_c de (amplitude van de) Coriolis-kracht

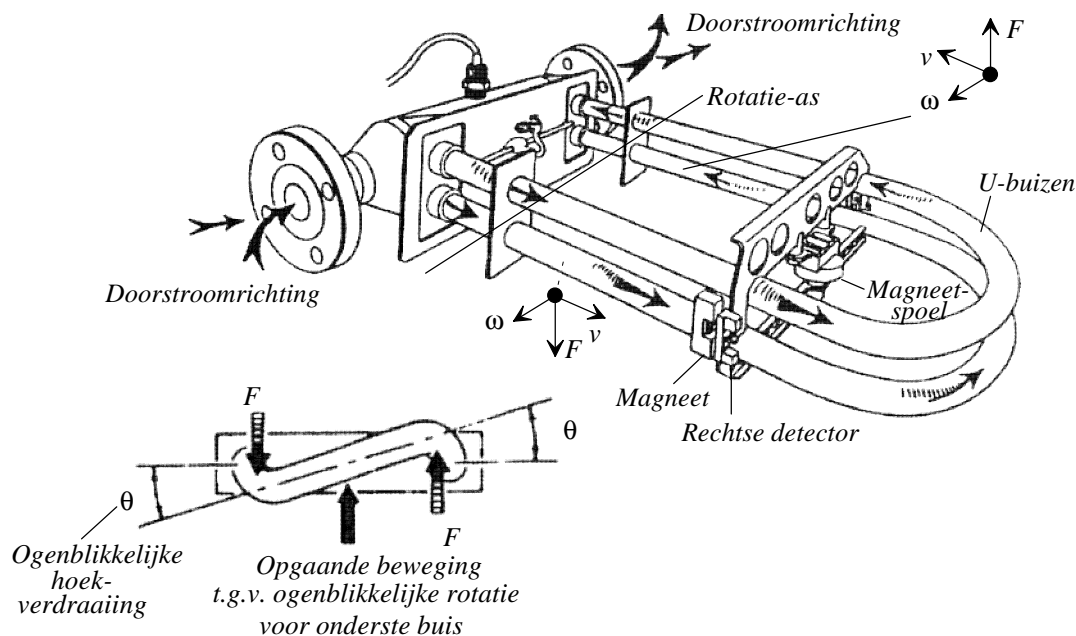
m de massa

ω de rotatiesnelheid en

v de radiale snelheid in een roterend of oscillerend systeem

(De kracht staat loodrecht op translatie- en rotatievector en is zelf maximaal indien rotatie- en translatievector loodrecht op elkaar staan). De amplitude van de Coriolis-kracht hangt af van de bewegende massa m en haar snelheid, en dus van het massadebiet.

Figuur 3.67 geeft een mogelijke configuratie weer. De twee buizen worden in tegenfase op hun natuurlijke eigenfrequentie in trilling gebracht door een magnetische aandrijfspoel, die in het midden is aangebracht. De buisconstructie is te vergelijken met een holle stemvork. De natuurlijke eigenfrequentie varieert van 80 tot 110 Hz en de maximale amplitude is kleiner dan 2 mm.



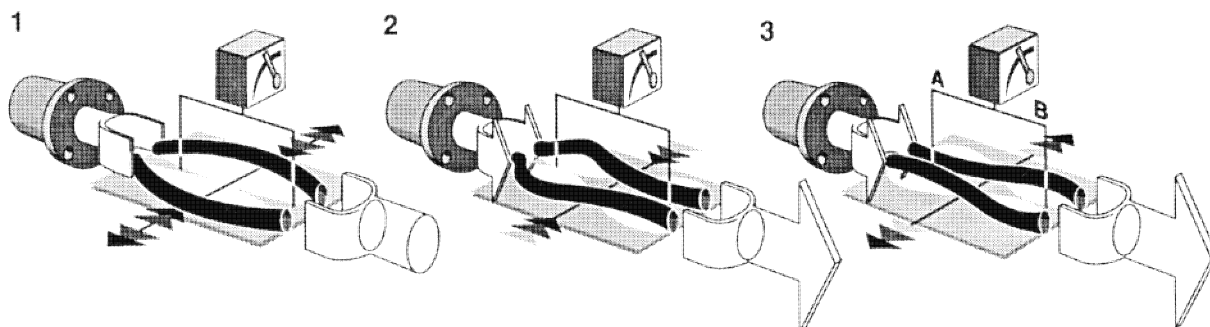
Figuur 3.67: Constructie en werking van een Coriolis-debietmeter.

Wanneer een massa door de buizen stroomt wordt deze gedwongen om een verticale snelheid aan te nemen, t.g.v. de sinusoidale rotatie rond de aangegeven rotatie-as in de figuur. Als de buis een opwaartse slag maakt gedurende een halve trillingscyclus zal de massa in de buis een reactiekracht uitoefenen welke het instroombeen van de buis naar beneden en het uitstroombeen naar boven drukt. Deze gelijke en tegengestelde krachten zullen de buis verdraaien. Hierdoor ontstaat er een ogenblikkelijke hoekverdraaiing θ welke evenredig is met de snelheid v , de massa m en de (sinusoidale) hoekrotatie ω . Door gepaste verwerking van het meetsignaal van twee inductieve opnemers, die aan beide kanten van de buis zijn gemonteerd, bekomt men een signaal dat enkel evenredig is met het massadebiet Q_m .

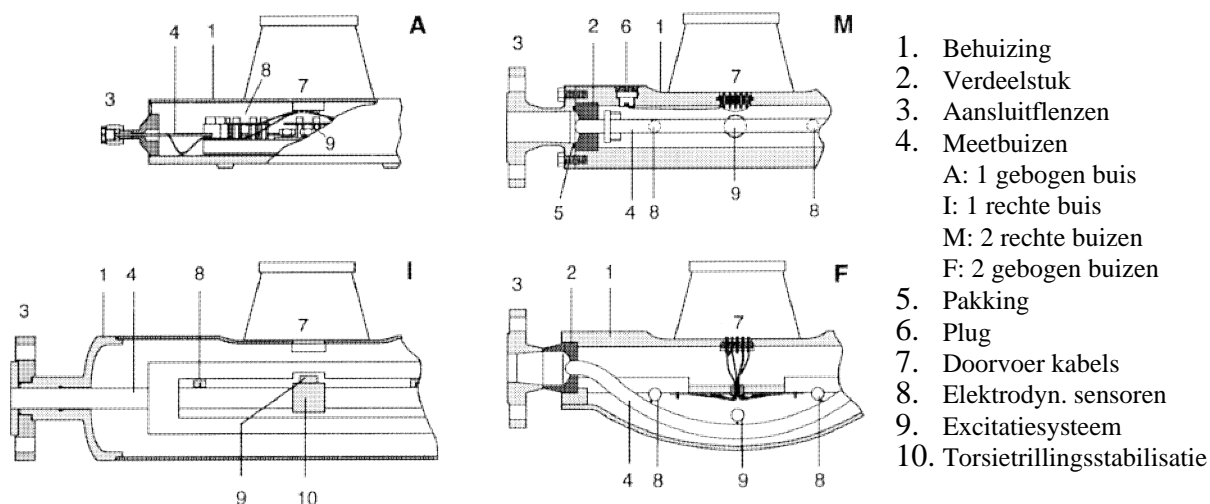
De twee buizen trillen in tegenfase zodat de resulterende krachten op de inklemming zo klein mogelijk zijn.

Een tweede mogelijk meetprincipe berust op de detectie van een gewijzigde oscillatie en modevorm. De Coriolis-krachten, opgewekt in de meetbuizen, veroorzaken een faseverschuiving in de buisoscillaties. Wanneer er geen stroming is (stilstand fluidum) oscilleren de twee buizen uit figuur 3.68 (1) in fase. Bij een zeker debiet vertraagt de oscillatie aan de instroomzijde (2) en verhoogt ze aan de uitstroomzijde (3). Indien het debiet toeneemt, zal het faseverschil tussen de meetpunten A en B ook toenemen. Het meetprincipe is onafhankelijk van temperatuur, druk, viscositeit, geleidbaarheid of stromingsprofiel. (Het Promass 63 meetstelsel van E+H meet eveneens de dichtheid via oscillaties en de temperatuur, zodat hieruit andere grootheden kunnen afgeleid worden).

Figuur 3.69 geeft bij wijze van voorbeeld, de constructie van de verschillende typen E+H Promass sensoren.



Figuur 3.68: Coriolis-debietmeter door variatie in trillingswijze (volgens E+H Promass).



Figuur 3.69: Doorsnede van E+H Promass 63, type A, I, M en F.

Voordelen:

- De Coriolis-massadebietmeter wordt vooral toegepast voor grotere debieten en is uitermate geschikt voor moeilijke vloeistoffen, eventueel met vaste deeltjes.
- Metingen zijn mogelijk vanaf 25 gram/min tot 9000 kg/min (ND 25, 50 en 80 mm)
- De nauwkeurigheid is $\pm 0,5\%$ op de ogenblikkelijke waarde voor gasen en $\pm 0,1\%$ voor vloeistoffen.
- Zeer goede repeteerbaarheid
- Groot meetbereik: verhouding 1000:1
- Geen egalisatieleidingen nodig.

Nadelen:

- Kostprijs
- Relatief hoog drukverlies bij media met een hoge viscositeit.

Deze meting is een unieke methode voor het meten van massadebieten en voor doseringstoepassingen.

18.9 Elektromagnetische debietmeters (E.M.F.- Opnemers)

Een debietmeting moet in principe een directe aanduiding geven van het volume- of massadebiet dat door een bepaalde proceslijn stroomt. De meeste debietmetingen geven echter een maat van het debiet via een indirecte meetmethode.

Een aantal processen of stromen zijn ook sterk agressief en kunnen met klassieke meetmethoden moeilijk gemeten worden. Hetzelfde geldt voor stromingen die geladen zijn met vaste deeltjes en die dus mogelijk verstopping kunnen veroorzaken. Een ander nadeel van de indirecte meetmethoden is dat er meestal supplementaire drukverliezen in de leiding worden veroorzaakt die dan weer energie kosten.

Voor de toepassingen (ongeveer 10%) waar de tot nu toe besproken debietmeters niet voldoen, zijn andere debietmeters bruikbaar zoals:

- de elektromagnetische debietmeter
- de ultrasone debietmeter (paragrafen 18.10 en 12.5)
- en de kruiscorrelatiedebietmeter (paragraaf 18.11)

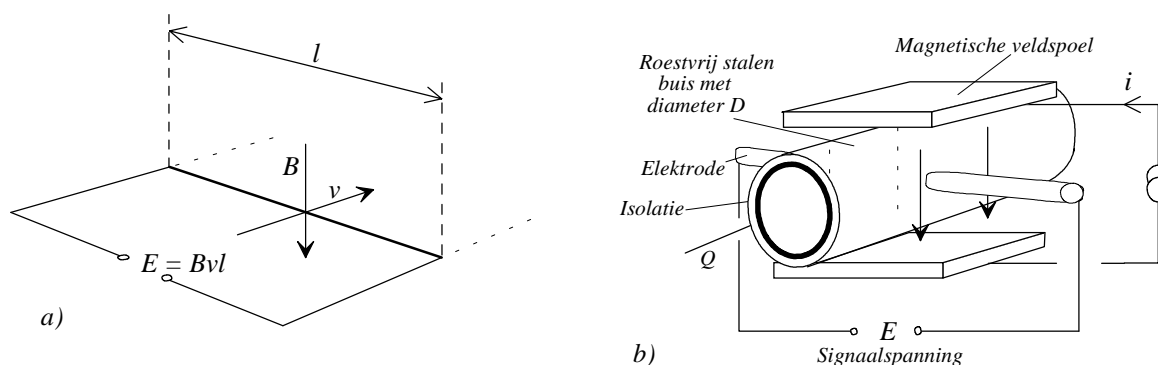
De magnetische debietmeter biedt een degelijke oplossing in de vermelde probleemsituaties. De leidingdiameter verandert bij deze meting niet. Er komen geen bewegende delen bij te pas en er zijn geen delen in de leiding die verstopping kunnen veroorzaken. De stroming moet niet turbulent zijn en bovendien is de afleesschaal lineair en zijn er dus ook geen supplementaire toestellen zoals worteltrekkers nodig.

Het *meetprincipe* is opgebouwd rond de wet van Faraday: over de aansluitingen van een elektrische geleider ontstaat een spanning als deze geleider zich in een magnetisch veld loodrecht op de krachtlijnen van dit veld beweegt:

$$E = Blv$$

De elektrische spanning E is afhankelijk van de magnetische veldsterkte B , van de lengte l van de geleider en van de snelheid v waarmee de geleider zich in het magnetisch veld beweegt.

Bij de magnetische debietmeting is de geleider een geleidende vloeistofstroom met gemiddelde snelheid \bar{v} . Elektroden in de wand, loodrecht op het veld gericht, meten de spanning.



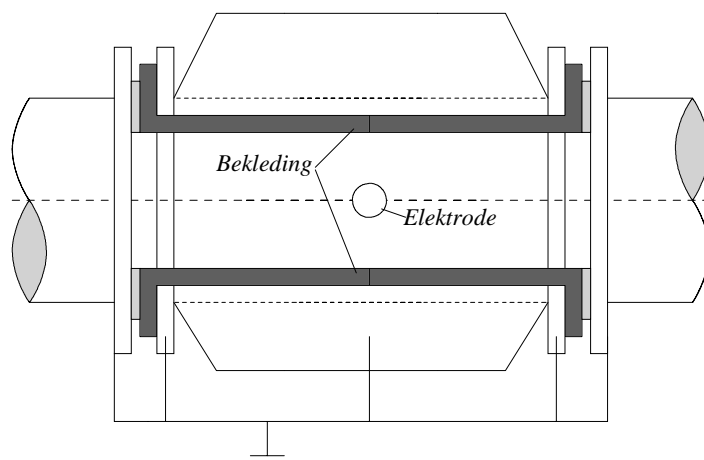
Figuur 3.70: a) Geïnduceerde spanning bij beweging van een geleider door een magnetisch veld en b) toepassing hiervan bij een elektromagnetische debietmeter.

Vermits de vloeistof de plaats inneemt van de geleider is het normaal dat men aan de vloeistof zelf zekere voorwaarden moet stellen. Zo moet de vloeistof een zekere elektrische geleidbaarheid vertonen. De minimumwaarde voor de elektrische geleidbaarheid ligt in de grootte-orde van 1 microsiemens/cm. Deze vereiste sluit automatisch het meten van gassen, dampen en olieproducten uit.

Omdat de gemeten spanning niet mag kortgesloten worden zal men de elektroden en de vloeistof moeten isoleren van de geleidende buis waar de vloeistof doorstroomt. In de praktijk is de meetbuis dan ook uitgevoerd in een niet-magnetische staalsoort en is deze meetbuis langs de binnenkant volledig elektrisch geïsoleerd. Zie figuren 3.70.b en 3.71.

Bij een constant magneetveld zal de opgewekte spanning (bij een bepaalde vloeistofsnelheid) een polariserend effect hebben op de meting, met het gevolg dat er gaswolkjes optreden aan de elektroden die de meting compleet ontredde. Men kan dit tegen gaan door gebruik te maken van een wisselveld.

De elektroden, de vloeistof en de signaalkabel vormen een spoel bestaande uit één enkele winding, waardoor een kleine stroom vloeit en die onder invloed staat van het magnetisch veld. In een dergelijke spoel wordt een bijkomende spanning geïnduceerd. Deze *transformatorische stoorspanning* heeft echter niets te maken met de signaalspanning. Hij dient derhalve geëlimineerd te worden. Dit kan door de signaalkabel zo te monteren dat er een bijkomende winding ontstaat. De hierin geïnduceerde spanning werkt de stoorspanning tegen.

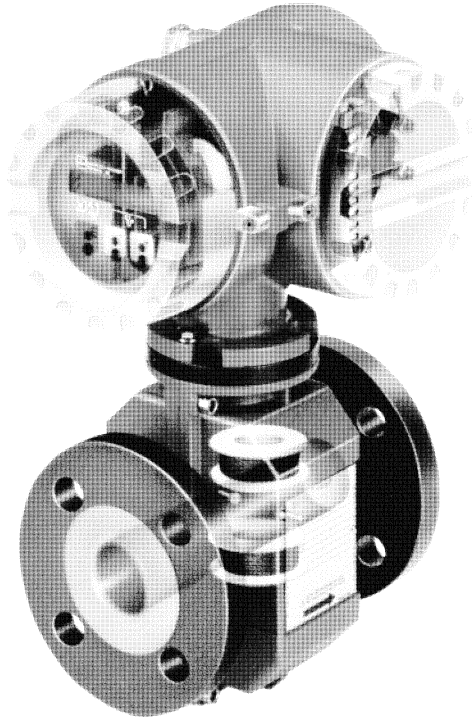


Figuur 3.71: De meetbuis is elektrisch gescheiden van toevoer- en afvoerleiding. Alle onderdelen zijn elektrisch geaard.

Een juiste *aardverbinding* van de E.M.F.-opnemer en de bijbehorende versterker is van fundamenteel belang voor een goede werking.

Om de elektroden te isoleren van de meetbuis is in elke opnemer een bekleding aangebracht. Deze bekleding reikt van flens tot flens. De opnemer is dus elektrisch gescheiden van de transportleiding. Aan de buitenzijde van de E.M.F.-opnemer zijn aardingskabels aangebracht. Deze dienen te worden verbonden met de flenzen van de transportleiding waartussen de opnemer wordt gemonteerd. Indien de potentiaal van deze transportleiding afwijkt van de werkelijke aardpotentiaal dan dient deze werkelijke aardmassa te worden verbonden met de transportleiding.

De opgewekte signaalspanning is van de orde grootte van 1 mV voor $v = 1$ m/s. De signaalkabel tussen de E.M.F.-opnemer en de versterker is dan ook een speciale kabel. De capaciteit tussen de twee geleiders is zeer laag en de kabel heeft een elektrische en magnetische afscherming.



Figuur 3.72: Voorbeeld industriële uitvoering: E+H Promag.

De *voordelen* van de magnetische debietmeter zijn:

- volledig obstructievrij principe (geen drukverlies)
- grote nauwkeurigheid
- zeer groot meetbereik (0,25 tot 10 m/s)
- meetprincipe onafhankelijk van de meeste mede-eigenschappen
- te gebruiken tot maximaal 200°C
- geen egalisatieleidingen nodig

De *nadelen* zijn:

- duur in aankoop
- minimum geleidbaarheid vereist en dus enkel voor geleidende vloeistoffen, niet voor gassen

E.M.F. met geschakeld gelijkstroomveld

Het fundamenteel verschil tussen de debietmeters met geschakeld gelijkstroomveld en de standaard E.M.F. is dat de eerste meter werkt op een frequentie van $3 \frac{1}{8}$ Hz, terwijl de standaard E.M.F. gevoed wordt op 50 Hz.

De voeding op $3 \frac{1}{8}$ Hz resulteert in een magnetische flux en gemeten spanning zoals voorgesteld in figuur 3.73. Gedurende de perioden T_1 en T_2 , zo gekozen dat het signaal zeker stabiel is, worden respectievelijk de signaalniveau's A en B gemeten en van elkaar afgetrokken,

$$A - B = C$$

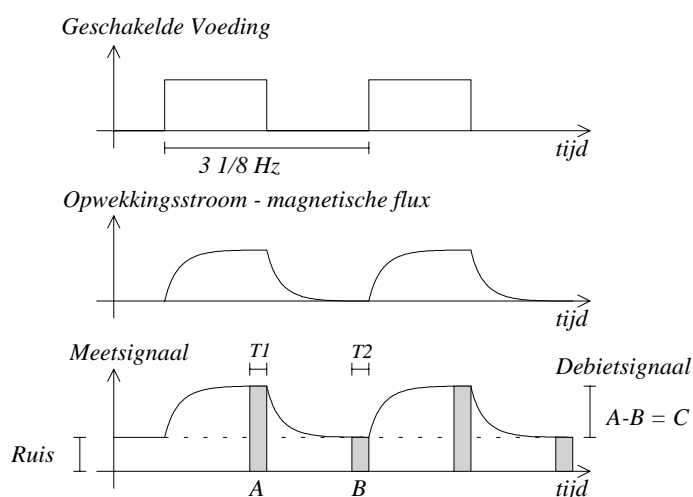
met

A = debiet + storing

B = storing

C = het werkelijk gemeten debietsignaal, vrij van alle storingen

Het grote voordeel van deze meting is dus dat de ruis-invloed kan worden uitgeschakeld.



Figuur 3.73: Signalen bij elektromagnetische debietmeter met geschakeld gelijkstroomveld.

18.10 Ultrasonische debietmeter

Het grote voordeel van de ultrasonische debietmeter is dat deze uitwendig op de buizen gemonteerd kan worden, bijvoorbeeld voor inspectiewerkzaamheden, zonder dat hierbij het proces moet stilgelegd worden. Ook bij vloeistoffen met vaste deeltjes is de ultrasonische debietmeter aangewezen.

Paragraaf 12.5 behandelde reeds de ultrasonische Doppler-debietmeter. Verder vermelden we enkel het bestaan van de transitietijd en kruiscorrelatie ultrasonische debietmeters.

18.11 Kruiscorrelatie debietmeter

Kruiscorrelatie methode veronderstelt dat een bepaalde eigenschap van het fluïdum, zoals temperatuur, dichtheid, snelheid, geleidbaarheid, op een willekeurige manier verandert. Door op twee punten te meten en de beschouwde eigenschap te correleren, kan een indicatie van de snelheid waarmee het fluïdum van het ene naar het ander meetpunt beweegt, bekomen worden.