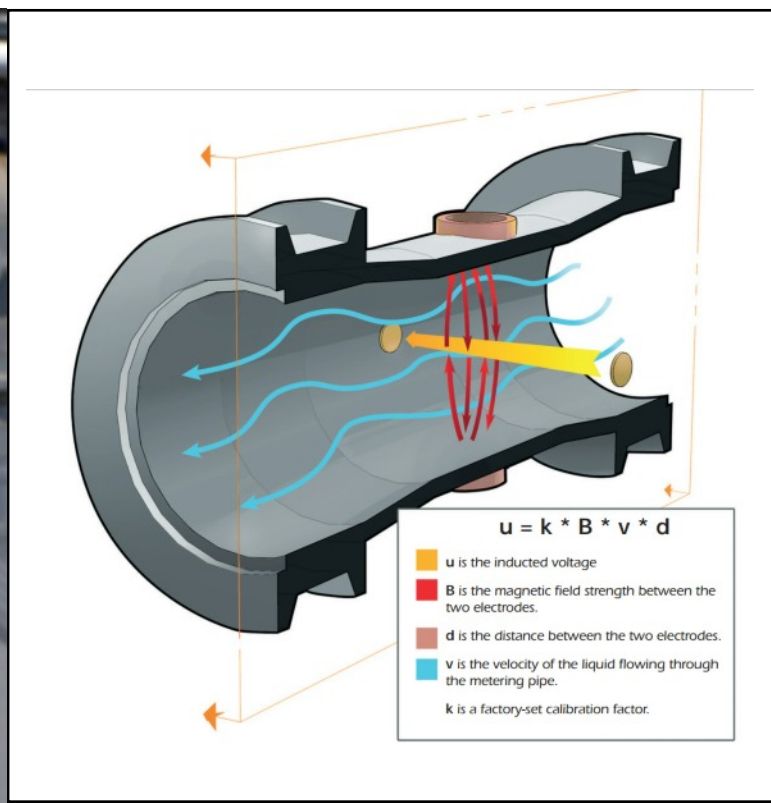




# Flowmåling

Tæt på den magnetiske flowmåler



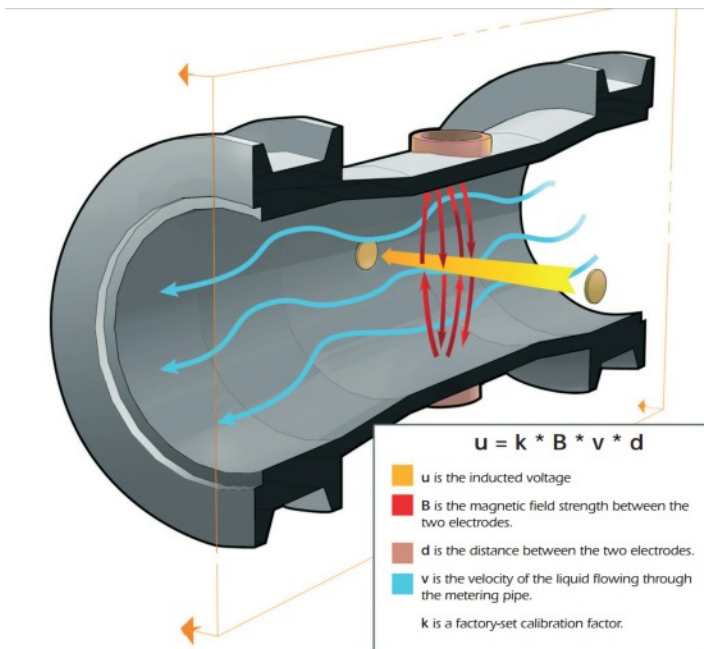
## Den magnetiske flowmåler

Indenfor de sidste 50 år er den magnetiske Induktive flowmåler blevet det foretrukne valg indenfor industri og forsyningsvirksomhed, primært på grund af egenskaber, som enkel installation og minimalt vedligehold. Princippet har dog væsentlig flere år på bagen - og de første forsøg kan dateres helt tilbage til starten af det 1831, hvor Michael Faraday gennem en række forsøg opdagede den magnetiske induktion.

### Funktionsprincippet

Den magnetiske flowmåler er således baseret på Faraday's lov om induktion, der lettere omskrevet siger følgende:

"Hvis man bevæger en elektrisk leder igennem et magnetfelt, så vil der vinkelret på lederens bevægelsesretning opstå en spænding, der er ligefrem proportional med lederens bevægelsehastighed" eller:



Faraday's lov:  $U = B * l * v$ , hvor -

$U$  er den inducerede spænding  
 $v$  er lederens hastighed  
 $l$  er lederens længde  
 $B$  er magnetfeltets styrke

Man skal lægge mærke til, at Faraday ikke stiller krav til, hvor god lederen skal være - men blot at den skal være "elektrisk ledende".

I en magnetisk flowmåler er lederen væsken, dvs. den kan kun måle væsker der har en elektrisk ledningsevne - typisk skal denne være større end 5uS/cm.

Den magnetiske flowmåler er altså en hastighedsmåler, hvor omregningen til volumen flow  $It$  kan foretages, såfremt arealet i målerøret er kendt!

### Styring af magnetfeltet

Faraday så allerede for næsten 200 år siden, mulighederne for at anvende princippet til flowmåling. Han etablerede således en forsøgs opstilling, der skulle måle vand hastigheden i Themsen, idet jordens magnetfelt skulle hjælpe til at inducere den ønskede spænding over 2 elektroder, der blev placeret på hver side af floden. Forsøget mislykkedes da det permanente magnetfelt, som jorden skabte, polariserede væsken omkring elektrode pladerne og systemet "mættedes".

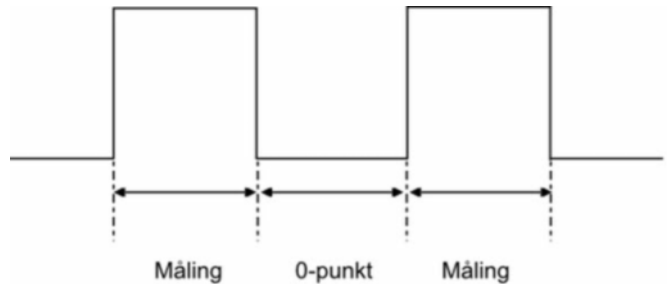
Der skulle således gå mere end 100 år før teknologien var i stand til at løse problematikken. Først ved udbredelsen af vekselstrømmen kunne man skabe de skiftende magnetfelter, der var påkrævet for at undgå den uheldige polariserings effekt, og få et brugbart målesignal.

De første målere der blev installeret i industrielle applikationer benyttede nettets frekvens til at styre magnetpolerne – en løsning der fungerede fint, men havde et par svagheder, bl.a. var det vanskeligt at filtrere net støj fra signalet, ligesom 0-punktet var afhængig af mediets ledningsevne (på trods af teorien sagde noget andet).

I midten af 1950'erne kom så det teknologiske gennembrud, der også er grundstenen i den magnetiske flowmåler i dag, nemlig indførelsen af det pulserende jævnfelt.

Ved at lade magnetfeltet pulserere med en frekvens der er væsentlig lavere end netfrekvensen kunne netstøj let filtreres fra, ligesom det blev muligt at justere 0-punktet i forbindelse med målecyklussen:

Når magnetfeltet påtrykkes måles flowsignalet, mens 0-punktet måles hver gang magnetfeltet fjernes – det reelle målesignal er således differensen af de 2 signaler.



For standardmålere arbejdes der typisk med værdier fra  $3\frac{1}{2}$  Hz op til 15 Hz – den lave frekvens er let at behandle rent elektronisk, men da en måler med  $3\frac{1}{2}$  Hz excitations frekvens "kun" måler 3 gange i sekundet, giver det sig selv, at man ikke kan benytte en standard måler til hurtige processer.

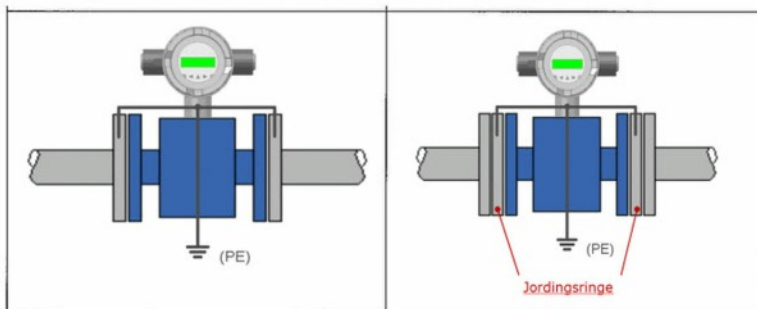
Til korte fylde processer, skal man derfor søge efter specielle doserings målere hvor målefrekvensen er meget høj. Denne form for processer er som regel udført i mindre rørdimensioner, hvilket heldigvis gør det lettere at styre magnetfelterne, bl.a. kan man relativt let få et kraftigere målesignal, der lettere lader sig filtrere.

## Jording af målesystem

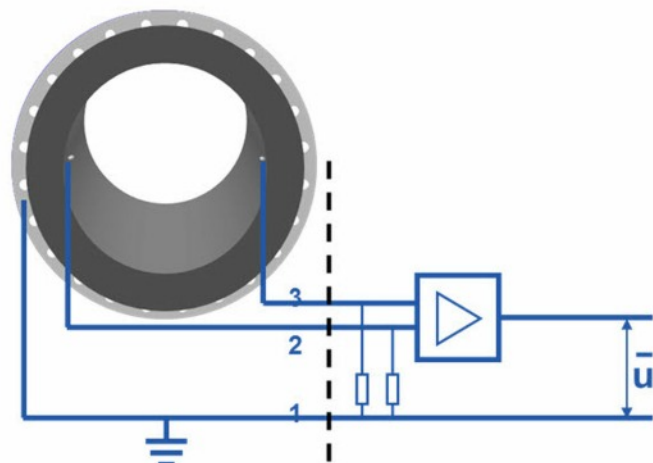
I standardsystemerne er de inducerede spændinger dog ganske små (i mV området), og det er derfor vigtigt at sikre en stabilt udgangspunkt for målingen. Potentialudligning sikres ved at etablere en stabil jord mellem sensor og rørsystem.

Hvis rørsystemet er udført i et elektrisk ledende materiale er det forholdsvis enkelt; er man i tvivl om boltene mellem

tilslutnings langerne er nok til at etablere en langtidsstabil kontakt, kan man blot forbinde sensorens jordskrue med modflangerne, med en  $6 \text{ mm}^2$  jordledning.



Er rørsystemet ikke ledende (plast, beton eller coated rør) benyttes jordings ringe til at etablere udligningen. Jordings ringene monteres mellem målerens flanger og modflanger, så den er i berøring med mediet. Det er nu jordings ringen, der forbindes til sensorens jordskrue.



Ved brug af jordings ringe skal man være opmærksom på materialevalget. Det anbefales at vælge samme materiale til elektroder og jordings ringe, for at undgå galvanisk korrosion – er materialet for jordings ringen ædlere end elektrode materialet, så vil den galvaniske korrosion hurtigt "æde" elektroderne og måleren kan skrottes.

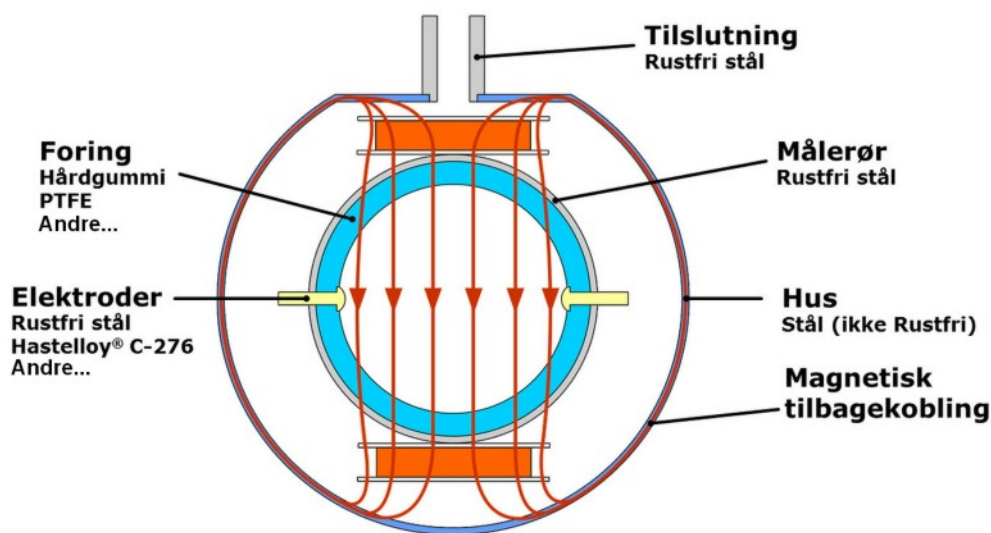
Benyttes måleren i kemiske processer kan elektroderne være fremstillet af f.eks. Tantal,

Platin eller lign. – valg der kan gøre brug af jordings ringe til en ganske bekostelig affære. Af samme årsag har flere leverandører indført en ekstra elektrode i målerøret – hvis funktion udelukkende er at skabe elektrisk forbindelse med sensor og medie.

Om der skal bruges af jordings ringe eller den indbyggede jordings elektrode er nok afhænger af medie og montage. Er der meget tørstof i mediet, og er der risiko for aflejringer på elektroden er jordings ringene det rigtige valg, ligesom det også er valget i installationer med høje udlignings strømme.

## Konstruktion

Alle magnetiske flowmålere er bygget op omkring et målerør i et ikke magnetisk materiale – oftest i metal (for at sikre størst mulig stabilitet). Udenfor målerøret er placeret 2 spoler der laver magnetfeltet, mens de to måle elektroder er ført gennem røret i målerens horisontale plan. Målerøret beklædes med et ikke ledende materiale for at isolere elektroderne fra hinanden, en beklædning/foring der normalt føres hele vejen gennem målerøret og afsluttes udenpå tilslutnings flangerne – hermed sikres det at kun 2 materialer er i forbindelse med mediet, nemlig foring og elektroder.



Der findes et utal af foringer/elektroder – og afhængig af den enkelte leverandør vil disse kunne leveres med varierende egenskaber.

Således er den klassiske foring lavet af gummi, der fæstes på røret ved en vulkaniserings proces, men med de øgede materialekrav, der i dag stilles fra de forskellige industrier, er der i dag, specielt indenfor fødevarer- og farmaceutisk industri, fokus på udvikling af nye og forbedrede Polymerer der kan anvendes til foring af målerøret.

## Forings materialet

Forings materialets kemiske egenskaber er selvfølgelig blandt de vigtigste egenskaber der skal tages forbehold for ved valget af magnetisk flowmåler.

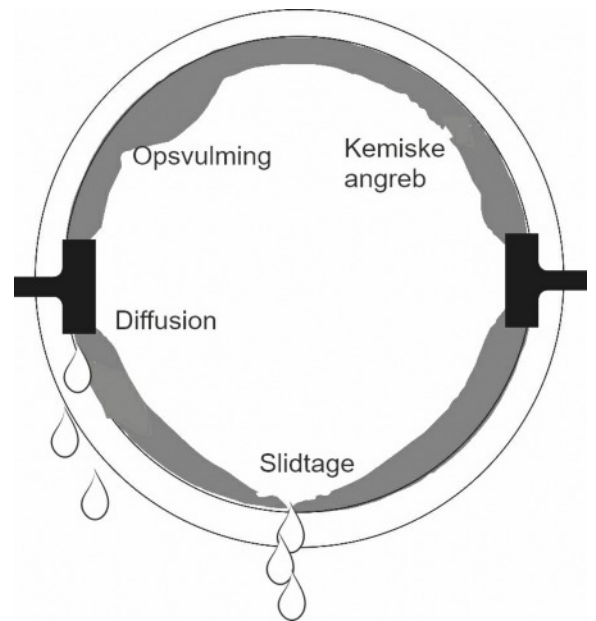
Generelt gælder det at alle Polymerer har en indre spænding, som vil blive udløst ved forskellige temperaturer. Enhver polymer har således sin egen glasovergangs temperatur. Denne temperatur karakteriseres ved at materialet ændres fra en hård og relativt skør "glasagtig" tilstand til en viskos eller gummiagtig tilstand, når temperaturen forsæt

øges. Under processen udløses nogle af materialets indre spændinger, og det vil ændre form (typisk i form af en udvidelse af materialet).

Når temperaturen sænkes vil den omvendte proces forekomme – atter med en form ændring til følge (typisk en sammentrækning af materialet).

En foring i en magnetisk flowmåler udsættes for gentagne temperaturskift – som vil kunne ændre formen på foringen, og dermed også ændre målerørets indre diameter. Dette vil ikke blot påvirke nøjagtigheden af flowmåleren, men det kan også påvirke forseglingen mellem foring og målerør, elektroder osv.

Polymeren vil fortsætte med at udvide og trække sig sammen medmindre de indre spændinger fjernes.



Både gas og væske permeerer gennem polymerer, en egenskab der bl.a. benyttes i forbindelse med omvendte osmose anlæg. Gennemtrængningen er afhængig af mediets tryk og temperatur. For vand begynder den således ved temperaturer over 75°C, og stiger drastisk ved temperaturer over 100°C.

I processer hvor der rengøres ved temperaturer på 130°C, vil en magnetisk flowmåler derfor være ekstra udsat for, at væsken kan trænge ind mellem målerør og foring ved permeering. Væske bag foringen vil kunne medføre kortslutning af måle elektroderne, som igen er identisk med målefejl.

Tykkelsen af foringen er en anden vigtig faktor for gennemtrængningen. Sammenhængen mellem permeering og membran tykkelse er logaritmisk, jo tykkere liner desto mindre gennemtrængning. Derfor er en liner tykkelse på 10mm langt mere resistent end en konstruktion hvor lineren er mellem 1,5 og 5mm tyk.

## Certifikater

Sammen med de nye materialer følger selvfølgelig også krav til den dokumentation, der skal medleveres for at kunne verificere at materialerne er velegnede til opgaven. Kravene varierer fra industri til industri, for anlæg der skal opfylde de skrappeste krav (GMP /cGMP) anbefales normalt følgende dokumentation for de medieberørte dele:

- Materiale Certifikat EN 10204-3.1 (Sporbarhed på materialer)
- FDA overensstemmelse på fyldvæsker og evt. kunststoffer (pakninger o.lign.) der er i berøring med mediet.
- Certifikat for overflade ruhed på medieberørte dele
- 3-A / EHEDG overensstemmelse (Typegodkendelse)

## Installation

Når man taler om flowmåling gælder, for de fleste principper, at flowprofilet skal være veldefineret – helst symmetrisk - hvorfor der angives nogle forskrifter omkring målerens installation.

Den mest almindelige angivelse definerer nogle anbefalede respektafstande til forskellige former for obstruktioner i rørføringen. Afstanden angives som et vist antal gange lige rørføring før og efter måleren, dvs. det antal gange før/efter måleren, hvor et lige rør i målerens dimension skal være monteret, for at man kan opnå et for måleprincippet veldefineret flowprofil.

For den magnetiske flowmåler er respektafstanden før måleren typisk 3-5 gange rørdiameteren og 2-3 gange bagved. Dette tal vil dog afhænge af hvordan installationen ser ud foran måleren, således vil dobbeltbøjninger, ventiler o.lign. stille øgede krav til afstanden, for at kunne "rette" profilet op.

Udover hastighedsprofilen skal man, i den magnetiske flowmåler, også være opmærksom på målerørets fyldningsgrad, f.eks. kan det være delvist fyldt, eller der kan være luft i mediet.

Måleprincippet forudsætter at røret er helt fyldt, og luft-/luftlommer vil, såfremt måleelektroderne er dækket, blive medregnet medregnet som var det produkt – og kan derfor resultere i en endog meget stor målefejl.

Endelig kan variationer i arealet kan betyde en fejl i forbindelse med omregning til volumen.

Variationerne kan enten skyldes aflejringer i måleren eller det kan være relateret til mekaniske ændring i målerens foring (som tidligere beskrevet).

Inden der påbegyndes en større fejlsøgning selve måleren er det en god ide at "træde 2 skridt tilbage" og visuelt inspicere installationen.

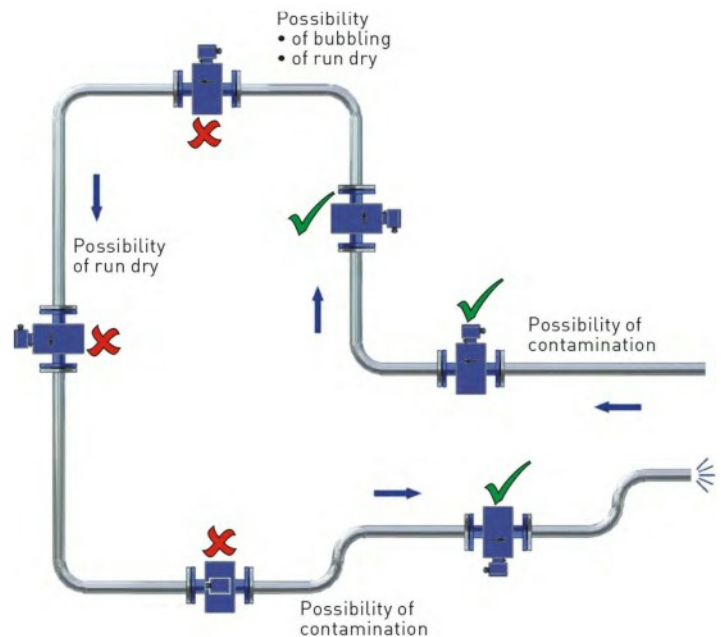
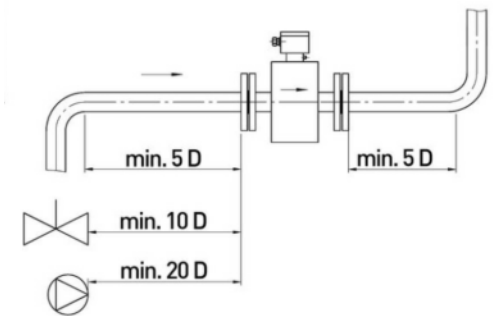
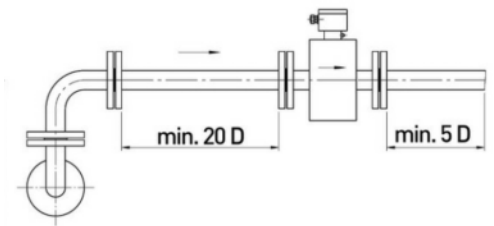
1. Er respekt afstandene overholdt ?
2. Er der mulighed for måleren løber tør
3. Er der risiko for aflejringer i måleren

## Diagnose funktioner

Med den stigende computerkraft der i dag er stillet til rådighed i forbindelse med måleudstyr, er det blevet muligt at gennemføre en række nye diagnose funktioner, der kan hjælpe til med at verificere den aktuelle måling.

Funktionerne benyttes til løbende at fortælle om flowmåleren påvirkes af nogle af de fejlkilder, der kan give anledning til en målefejl. Den kan ikke fortælle hvor stor målefejlen vil være, "blot" at der er risiko for målefejl relateret til en af følgende proces parametre:

- Forkert installation
- Kavitation
- For høj medietemperatur
- Vacuum
- Forkert valg af elektrode-/foringsmateriale
- Slidtage grundet partikelindholdet i mediet



## Test der kan hjælpe med at afsløre kilden til målefejl

Lidt afhængig af fabrikat, og kompleksitet i transmittervalget, er det muligt for transmitteren at foretage en række test der kan hjælpe til med at afklare om flowmåleren fungerer korrekt. De forskellige test kan enten foretages manuelt eller, i særlig avancerede målere, kontinuerligt - altså samtidig med der måles. Sidstnævnte foregår ved at indlægge korte cykler mellem måleperioderne, hvor der bl.a. udføres forskellige test, der afslører:

- Delvist fyldt målerør
- Luftbobler i mediet
- Belægninger på elektroderne
- Deformation af foring
- Mediets ledningsevne

### Tomt eller delvist fyldt målerør/luft i mediet

De fleste større målere leveres med en tomrørsdetektion – udført som en ekstra elektrode placeret øverst i målerøret. Når elektroden ikke er væskeberørt vil der kunne gives en alarm.

Ved vandret montage vil luft samle sig øverst i målerøret og der alarmeren vil derfor betyde at målerøret ikke er helt fyldt (og målingen derfor kan være forkert), mens alarmeren ved lodret montage betyder at der ikke er nogen væske i måleren.

I et tomt målerør vil måleelektroderne i øvrigt virke som antenner der opsamler elektrisk støj fra rørsystemet, og det er ikke unormalt at man vil opleve at den magnetiske flowmåler indikerer flow selvom målerøret et tomt – dette forhindres ved at tilkoble tomrørsdetektionen.

Resultatet af overvågningen er ikke entydig, og derfor benytter nogle fabrikanter andre metoder, som kan give flere informationer.

### Profil check

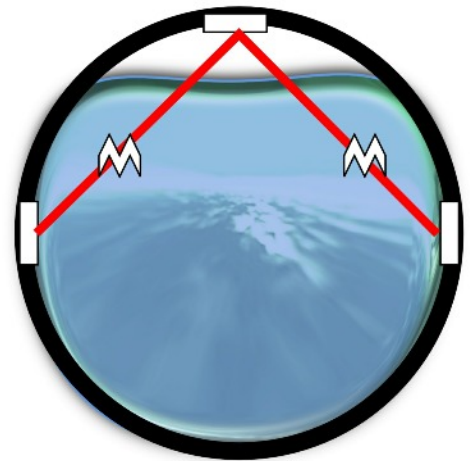
Under normal måling skaber spolerne et homogent magnetfelt i målerøret, et felt der i industrielle målere beskyttes af en ekstra kappe udenom spolerne, fremstillet i et særligt magnetisk materiale. Kappen kan dog også benyttes til at styre udformningen af magnetfeltet i en kort periode, og dette bliver benyttet til at foretage et profil check.

Under testen måles forskellen på den spænding der aftastes på hver enkelt elektrode, og data sammenlignes med "erfaringsdata" for at give informationer om:

1. Mønstret, der er et udtryk for flowprofilet
2. Reduktion i signalstyrken der er udtryk for fyldningsgraden i målerøret
3. Ubalanceret signal der er udtryk for at lineren er beskadiget

### Måling af elektrodestøj

En anden uheldig parameter der kan forstyrre målesignalet er elektrodestøj, der ofte forekommer i medier med højt tørstof- eller fiberindhold. Støjen fremkommer når partiklerne "trækkes" henover elektroderne, og medmindre den elektronisk kan filtreres fra, vil den for måleren "se ud som" et almindeligt flowsignal.



Støjsignalet kan reduceres på flere måder, men oftest indeholder transmitteren "blot" en række filtre der kan indkobles for støj undertrykkelse og/eller mulighed for at ændre excitationens frekvensen så støj-/målesignaler kan adskilles.

#### *Kontrol af elektrodefunktionen / Modstandsmåling*

Elektrodernes funktion er essentiel for målingen, er disse ikke i fuld kontakt med mediet kan det have indflydelse på måleresultatet.

Kontrollen er en "simpel" modstandsmåling, hvor elektroderne påtrykkes en vekselstrøm, og spændingsfaldet i kredsen, der består af de 2 elektroder, samt væskemodstanden, måles. Resultatet sammenholdes med "standard værdier" fra kalibreringen idet:

1. For høj værdi indikerer belægning på elektroderne
2. For lav værdi indikerer lækage ved elektroderne

Denne måling benyttes også til bestemmelse af mediets ledningsevne.

Udover de ovennævnte test udføres en række andre test der er rettet mod målerens elektroniske dele – de er møntet på målerens interne opbygning og er derfor ikke relateret til den fysiske installation.

## **En bedre måling**

Med den nye teknologi giver måleinstrumenterne ikke blot en information om aktuelle måleværdier, men de hjælper også brugeren til at vurdere værdiernes validitet. Dette er informationer som kan være nyttige – eller uinteressante – afhængig af hvilken proces de indgår i.

Hvad er konsekvensen ved f.eks. en slidt foring?

Skal måleren skiftes med det samme, eller kan det accepteres at vente til næste regelmæssige driftsstop, inden der tages aktion.

Moderne måleinstrumenter den udvidede information til rådighed, men det er kun brugeren der kan vurdere indflydelsen på den aktuelle proces. Det er derfor også brugeren der må til-/fravælge de informationer som skal bruges. Det er brugeren der definerer de aktioner der skal foretages, baseret på denne information, samt viden om principper og muligheder, for at give den bedste måling.



## Magnetisk induktiv flowmåler

Klinger LDG er en magnetisk induktiv flowmåler til nøjagtig måling af væske i alle former for industrianlæg, samt i vand-, spildevands- og kølesystemer.

Måleren kan benyttes til alle væsker med elektrisk ledningsevne ( $>20\mu\text{S}/\text{cm}$ ), og målesignalet vises på et digital display, samt via et stort udvalg af elektriske udgangssignaler til overordnet styresystem. Opsætning foregår enten via displayenheden eller med den indbyggede HART protokol (option).

- Måling uden bevægelige dele
- Høj målenøjagtighed
- Minimalt vedligehold

Diameter	PTFE: DN06...DN600 Hård gummi: DN50...DN2200
Tilslutning	Flange EN 1092-1, JIS B2220 eller ANSI 16.5
Arbejdstryk (P nominal)	DN10...DN25 $\leq 40$ bar DN32...DN150 $\leq 16$ bar DN200...DN60 $\leq 10$ bar DN700...DN2200 $\leq 6$ bar
Medie	Væske med ledningsevne $> 20\mu\text{S}/\text{cm}$ Gasindhold $< 5\%$ Tørstofindhold $< 30\%$
Linermateriale / temperaturområde	Hård gummi: $-20 \dots +60$ °C Polypropylen (PP): $-5 \dots +90$ °C PTFE: $-20 \dots +120$ °C PFA: $-20 \dots +180$ °C
Elektrodemateriale	SS 316 Titan Tantal Hastelloy C
Måleområder	0.3-10m/s (se tabel s.3)
Gentagelsesnøjagtighed	$\pm 0.1\%$
Nøjagtighed	$\pm 0.5\%$ af måleområde Option: $\pm 0.2\%$ af måleområde
Omgivelser	$-20 \dots +60$ °C / 5%-95% RH
Transmitter	Kompakt med display Adskilt inkl. 10m kabel (større afstand på forespørgsel)
Udgangssignaler	4...20mA / skaleret puls Option: HART, Modbus RS485 eller Profibus DP
Spændingsforsyning	110...240 VAC 24 VDC (20...26 VDC)



## Batteridrevet flowmåler

Klinger LDG-BAT er en batteridrevet magnetisk induktiv flowmåler til nøjagtig måling af væske i vand-, spildevands- og kølesystemer.

Måleren kan benyttes til alle væsker med elektrisk ledningsevne ( $>20\mu\text{S}/\text{cm}$ ), og er velegnet til montage udendørs på steder hvor det ikke er muligt at etablere forsyningsspænding..

- Måling uden bevægelige dele
- Enkel montage
- Minimalt vedligehold

Diameter	PTFE: DN06...DN600 Hård gummi: DN50...DN2000
Tilslutning	Flange EN 1092-1, JIS B2220 eller ANSI 16.5
Arbejdstryk (P nominal)	DN10...DN25 $\leq 40$ bar DN32...DN150 $\leq 16$ bar DN200...DN60 $\leq 10$ bar DN700...DN2200 $\leq 6$ bar
Medie	Væske med ledningsevne $> 20\mu\text{S}/\text{cm}$ Gasindhold $< 5\%$ Tørstofindhold $< 30\%$
Linermateriale / temperaturområde	Hård gummi: $-20 \dots +60$ °C Polypropylen (PP): $-5 \dots +90$ °C PTFE: $-20 \dots +120$ °C PFA: $-20 \dots +180$ °C
Elektrodemateriale	SS 316 Titan Tantal Hastelloy C
Måleområder	0.3-10m/s (se tabel s.3)
Gentagelsesnøjagtighed	$\pm 0.1\%$
Nøjagtighed	$\pm 0.5\%$ af måleområde
Omgivelser	$-20 \dots +60$ °C / 5%-95% RH
Transmitter	Kompakt med display Adskilt inkl. 10m kabel (større afstand på forespørgsel)
Udgangssignaler	4...20mA / skaleret puls Option: Modbus, GPRS
Spændingsforsyning	Batteri
Batteri levetid	Op til 5 år / Afhængig af excitationsfrekvens



## Indstiks (insertion) flowmåler

Klinger LDGC er en magnetisk induktiv flowmåler til måling af ledende væske i store rør indenfor alle former for industrianlæg, samt i vand-, spildevands- og kølesystemer.

Måleren kan benyttes til alle væsker med elektrisk ledningsevne ( $>20\mu\text{S}/\text{cm}$ ), og målesignalet vises på et digital display, samt via et stort udvalg af elektriske udgangssignaler til overordnet styresystem. Opsætning foregår enten via displayenheden eller med den indbyggede HART protokol (option).

- Måling uden bevægelige dele
- Enkel installation i store rør
- Minimalt vedligehold

Diameter	DN 300 til DN 3.000 mm Aktuel rørdimension opgives ved ordre
Tilslutning	Indsvejsningsstuds med afspærringshane Hot Tap version
Arbejdstryk (P nominel)	$\leq 16$ bar
Medie	Væske med ledningsevne $> 5\mu\text{S}/\text{cm}$ Gasindhold $< 5\%$ Tørstofindhold $< 30\%$
Medieberørte dele	Sensor: Rustfri stål 316 Sensor prop: PVDF
Elektrodemateriale	SS 316 Titan Tantal Hastelloy C Platin
Måleområder	0.3-10m/s (se tabel s.3)
Gentagelsesnøjagtighed	$\pm 0.25\%$
Nøjagtighed	$\pm 2.5\%$ af måleområde (afhænger af montage)
Medie temperatur	$-25 \dots 80$ °C
Omgivelser	$-25 \dots 60$ °C / 5%-95% RH
Transmitter	Kompakt med display Adskilt maks. 30m kabel
Udgangssignaler	4...20mA / skaleret puls Option: HART, Modbus RS485 eller Profibus DP
Spændingsforsyning	110...240 VAC 24 VDC (20...26 VDC)
Vægt	Ca. 16 kg



---

KLINGER Danmark A/S  
Nyager 12-14  
DK-2605 Brøndby  
Denmark  
Phone +45 4364 6611