



# Flowmåling

Uden at skære i rørene



## Flowmåling – uden at skære i rørene

Ultralydsflowmåling har været anvendt i industrien i mere end 25 år til volumetrisk måling af væske- og gasflow. Ultralydsflowmålere leveres både som "traditionelle" målere til indbygning i rørstrækket og som clamp on målere til montage udenpå røret.

Clamp on flowmålere "bygges op" på stedet, og består af et eller flere sensorpar, montagefittings, samt en transmitter til at styre det hele. Den helt store fordel er dog, at måleren monteres uden at skære i rørene, og derfor både kan anvendes til midlertidige og permanente målinger.



Fig. 1 – Et clamp on målesystem opbygges på stedet

For at få den optimale måling ud af en Clamp on flowmåler er der dog nogle forhold som skal tages i ed under montage, forhold som vi vil beskrive i denne artikel.

### Transit time princippet

Der findes 2 grundprincipper til ultralydsflowmåling, nemlig Doppler og Transit Time. Af disse udgør det sidstnævnte mere end 90% af alle installationer, og vi vil i det efterfølgende koncentrere os om dette princip.

Princippet er baseret på samtidig udsendelse af ét ultralydssignal medstrøms og ét modstrøms. Da modstrøms signalet vil være længere tid undervejs, vil forskellen i vandringstiderne være et udtryk for væskehastigheden, som kan beregnes rent elektronisk.

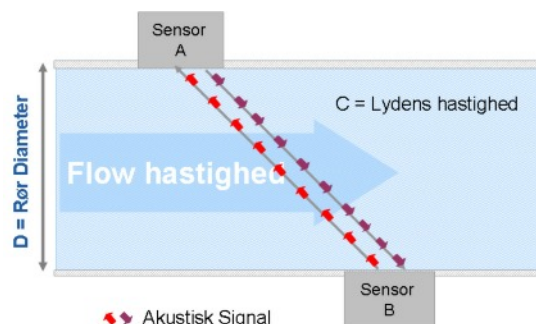


Fig. 2 – Måleprincip / Transit Time

Med lidt matematik bagved kan det beskrives som:

For en ultralydspuls der bevæger sig medstrøms vil traverseringstiden være:

$$T_{A \rightarrow B} = \frac{D}{\sin \alpha} * \frac{1}{c + v * \cos \alpha} \quad , \text{ hvor}$$

D er rørets diameter  
c er lydens hastighed i det aktuelle medie  
v er flowhastigheden  
 $\alpha$  er vinklen hvori lydbølgen udsendes

På samme måde er tiden for modstrømsmålingen:

$$T_{A \leftarrow B} = \frac{D}{\sin \alpha} * \frac{1}{c - v * \cos \alpha}$$

Sammenstilles ligningerne fås følgende udtryk for flowhastigheden:

$$v = \frac{D}{\sin(2\alpha)} * \frac{T_{A \rightarrow B} - T_{A \leftarrow B}}{T_{A \rightarrow B} * T_{A \leftarrow B}}$$

Den første brøk er således konstanter der er bestemt af målerens mekaniske udformning og de kan derfor samles i én kalibreringsfaktor, mens det sidste udtryk er "rene tider", som kan måles.

Ligningen viser også at måling af flowhastigheden, baseret på ultralyd, er:

- Uafhængig af mediets densitet
- Uafhængig af mediets viskositet
- Uafhængig af lydens hastighed i det aktuelle medie

Dette er 3 meget vigtige konklusioner, da det i praksis betyder at en ultralydsflowmåler f.eks. kan kalibreres med vand – og derefter anvendes på andre væsker uden at skulle omkalibreres!

En flowmåler efter transit time princippet vil typisk arbejde i et område mellem 0,1 og 5 MHz (høje frekvenser for væsker/lave for gasser), og det er derfor meget korte tidsintervaller, typisk i området mikrosekunder, der arbejdes med. Det stiller igen store krav til de piezokrystaller, der benyttes til at generere/opsamle signalerne.

Et typisk eksempel ved en kunne være (1 MHz målesystem):

Indvendig rørdiameter: D = 100 mm  
Vinkel mellem rørvæg og sensor  $\alpha = 45^\circ$   
Medie: vand (lydhastighed c = 1480 m/s)  
Flowhastighed v = 1 m/s  
Tidsmåling, medstrøm = 95,4949  $\mu$ s  
Tidsmåling, modstrøm = 95,5862  $\mu$ s  
Differenstid  $\Delta T = 91.3$  ns

For at opnå en opløsning på 0.5% kræver det således at systemet kan detektere tidsforskelle på mindre end 500 ps (Pico sekund =  $10^{-12}$  sekund) !

### Flere former for montage

Clamp on målere kan fås til rør med dimensioner fra 10mm op til 4.000 mm. Det er som regel samme sensortype der anvendes uanset rørdimension, og eneste begrænsning er de aktuelle montagebeslags udformning. Derfor er det en god ide, at man, under montagen på små rør, forsøger at øge den tidsforskel der skal måles, ved at lade lydbølgerne bevæge sig over et længere stræk.

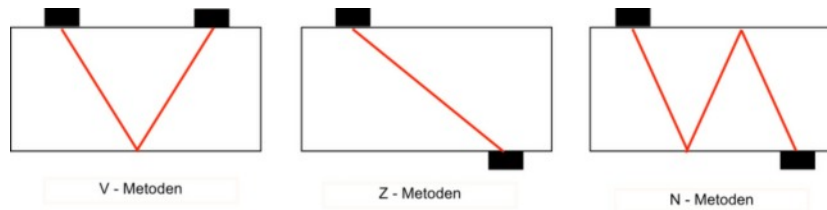


Fig. 3 – Forskellige montagemetoder kan benyttes til at øge målestrækket

Målestrækket kan øges ved at udnytte det faktum, at lydbølgerne reflekteres indvendigt på rørets vægge. Der arbejdes generelt med 3 monteringsmetoder:

- V-metoden er standardmetoden og kan bruges på rør med diameter fra DN25 til 400 mm. Metoden er enkel at installere og giver ofte den bedste måling, såfremt sensorerne er placeret korrekt på rørets centerlinje.
- Z-metoden bruges i applikationer, hvor V-metoden ikke fungerer på grund af dårligt signal eller intet signal registreret. Metoden udnytter ikke refleksion og sensorerne skal derfor monteres på hver sin side af røret. Det direkte signal gør at Z-metoden generelt fungerer bedre på rør med større diameter (over DN300mm), støbejernsrør eller i applikationer med opløst tørstof i mediet.
- N-metoden lader lydbølgerne traversere 3 gange gennem røret, og metoden bruges derfor på rør med små diametre (under DN50mm). Metoden benyttes ikke så ofte da den kan være lidt vanskeligere at montere en V-metoden.

### Korrekt sensorplacering

Inden montagen skal man lige overveje hvilke rør måleren skal monteres på, da materialet skal være "gennemsigtigt" for ultralyd, dvs. et homogent materiale uden luft. Beton og støbegods er materialer der umuliggør en måling, mens man skal være opmærksom på malede og coatede rør kan have en "overgangszone", hvor der kan opstå luftlommer.

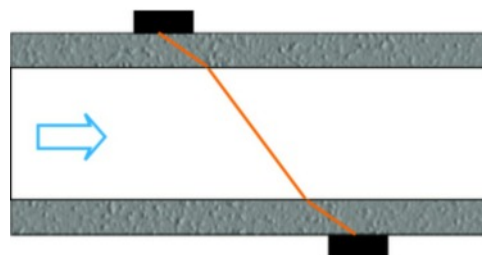


Fig. 4 – Lydbølgen brydes ved overgang mellem forskellige materialer

Lyden bevæger sig med forskellig hastighed i forskellige materialer, og ved enhver overgangszone ændres denne. Hastighedsændringen medfører at lyden afbøjes en smule ved overgang mellem materialerne – vinklen afhænger af hvilke materialer der ”mødes”.

For at kunne beregne den korrekte placering af sensorerne, hvor lyden rammer dem begge, er det nødvendigt at kende til disse afbøjninger. At beregne denne afbøjning kræver en del erfaring, og derfor har et moderne clamp on system en transmitter, der indeholder en vidensdatabase omkring lyd hastigheder, brydningsvinkler etc. som benyttes til denne at beregne den korrekte sensorplacering.

### Lydhastighed og viskositet i forskellige væsker

Væske	Lydhastighed	Viskositet
Vand	1482	1.0
Acetone	1190	
Carbine	1121	
Ethanol	1168	
Alcohol	1440	1.5
Glycol	1620	
Glycerin	1923	1180
Gasoline	1250	0.80
Benzene	1330	
Toluene	1170	0.69
Kerosene	1420	2.3
Petroleum	1290	

### Lydhastighed i forskellige rørmaterialer

Rør materiale	Lyd hastighed (m/s)
Steel	3206
ABS	2286
Aluminum	3048
Brass	2270
Cast iron	2460
Bronze	2270
Fiber glass-epoxy	3430
Glass	3276
Polyethylene	1950
PVC	2540

Fig. 5 – Lydens hastighed i forskellige medier/materialer

Ved opsætning skal brugeren således foretage nogle valg og indtaste basis information omkring installationen, som målemetode, rørmateriale, -dimension og -tykkelse, samt hvilket medie der måles på. Når alle informationer er indtastet, beregnes placeringen af sensorerne for den aktuelle opgave – så er det ”blot” at finde det korrekte montagested - og foretage en opmåling.

### Korrekt montage

De fleste clamp on systemer er et-spors systemer, hvilket betyder at de måler hastigheden ét sted i røret, og "forudsætter", at målestedet er repræsentativt for resten af målingen.

Den bedste måling opnås derfor først når de anbefalede respektafstande, til forskellige former for obstruktioner i rørføringen, overholdes. 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.

Flowprofilen er det hastighedsprofil mediet vil have i røret, og det varierer afhængigt af hvad der sidder i rørstækningen, hvordan denne er udformet og hvor hurtigt mediet bevæger sig i røret.

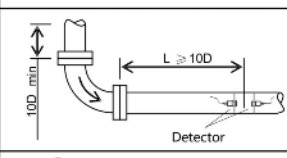
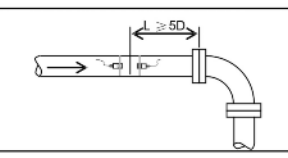
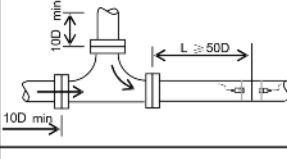
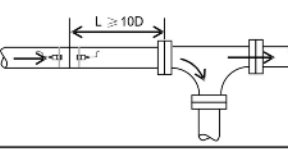
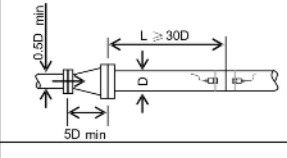
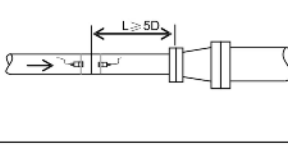
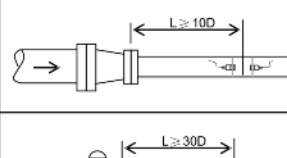
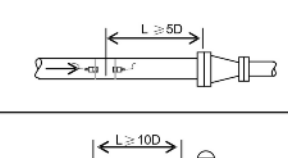
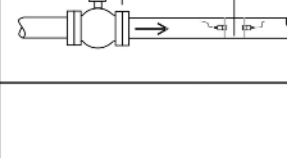
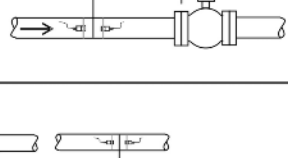

Navn	Rørlængder før måler	Rørlængder efter måler
90° bøjning		
T-stykke		
Diffuser		
Reduktion		
Ventil		
Pumpe		

Fig. 6 – Respektafstande

Det værste man kan gøre for en flowmåling er at placere måleren efter elementer, der danner hvirvler i røret. Hvirvler svarer til at produktet står og kører frem og tilbage i røret, således at samme "punkt" vil passere aftasteren flere gange. I sådanne tilfælde vil målingen kunne være endog meget langt fra den korrekte værdi.

Du skal derfor passe på de mest almindelige "hvirveldannere", som:

- Regulerings- og skydeventiler.
- Flere bøjninger i efter hinanden i forskellige planer.
- Et lille rør, der sprøjter produkt ind i et stort rør, placeret excentrisk på det store rør.

Sluttelig skal man være opmærksom på der kan samles luft i toppen af røret, og slam/snavs i bunden – hvilket betyder at den optimale montering af sensorerne er på siden af røret, hvor lydbølgerne kan passere uhindret mellem rørvæg og medie.



Fig. 7 – Transmitteren beregner korrekt placering af sensorerne

Af gode grunde kan et clamp on system ikke fabriks kalibreres, og den aktuelle målenøjagtighed vil afhænge af kvaliteten af de data brugeren opgiver under installationen – typisk vil det endelige resultat ligge i området +/- 2% af målt værdi.

### Begrænsninger i anvendelsen

Princippet anvendes primært til rene væsker/gasser, da ultralydssignalet skal kunne løbe uhindret mellem sensorerne. Luftbobler/fugt og partikler kan virke dæmpende på lydsignalet, i visse tilfælde kan det endog give falske refleksioner.

Det er ikke muligt at angive eksakte værdier for hvor "snavset" mediet kan være, det afhænger af hvilket materiale forureningskilden er lavet af, men som håndregel gælder:

- Gas/luftbobler i væske < 1% vol
- Faste partikler i mediet < 5% vol

Selvom princippet er uafhængigt af mediets viskositet er der dog en begrænsning for hvor viskose væsker man kan måle på. Det bunder i måden hvorved lyd udbreder sig.

Lymbølger er i bund og grund trykbølger. I væsker vil disse skabe mekaniske bølger ved at komprimere mediet – er mediet meget viskøst vil det ikke kunne komprimeres og måling vil være umuliggjort.

Grænsen for hvornår dette sker, afhænger både af lydkildens styrke og af væskens viskositet, men værdier i nærheden (og over) 100cP/m er kritiske.

## Ultralydsflowmåler Clamp on

**Anvendelse:** Klinger DS116 er en ultralydsflowmåler til måling af vand. Måleren er af Clamp on typen og monteres udenpå målerøret - rørdimensioner fra DN 25 op til DN 1.200mm.

Transmitter delen leveres for vægmontage med et stort udvalg af elektriske udgangssignaler til overordnet styresystem

- Måling uden bevægelige dele
- Montage udenpå målerør
- Guidet opsætning via menu



## Tekniske data

Egenskaber specifications	
Måleområde	$\pm 0.01\text{m/s} \sim \pm 5\text{m/s}$
Nøjagtighed	$\pm 1.0\%$ af måleværdi
Rørdimensioner	Clamp-on: DN 25mm til DN 1.200mm
Reference medie	Vand
Rør materiale	Stål, Rustfri stål eller PVC.
Funktioner	
Output	Puls output: $0 \sim 5000\text{Hz}$ . Analog output: $4 \sim 20\text{mA}$ , max belast $750\Omega$ .
Kommunikation interface	RS485 MODBUS
Forsyning	$10 \sim 36\text{VDC}/1\text{A}$
Tastatur	16(4x4) taster
Display	20x2 karakterer med baggrundsbelysning.
Temperatur	Transmitter: $-10$ til $+50\text{grC}$ Transducer: $0$ til $+80\text{grC}$
Fugtighed	Op til 99% RH, ikke kondenserende
Fysiske specifikationer	
Transmitter	PC/ABS, IP65.
Transducer	Indkapslet design, IP68.
Transducer Kabel	Standard kabel længde: 30ft (9m)
Vægt	Transmitter: ca. 0.7kg; Transducer: ca. 0.4kg





## Kompakt Ultralydsflowmåler

**Anvendelse:** KLINGER ST kan monteres på alle rør udført i stål, rustfri stål eller PVC - i dimensioner fra DN 4mm til DN 80mm.

Måleren er velegnet til opgaver indenfor de fleste brancher f.eks. til kemikalier, alkohol, ultrarent vand, kølemidler og meget mere.

- Måling uden bevægelige dele
- Montage udenpå målerør
- Installeret i løbet af 2...3 minutter



## Tekniske data

Egenskaber	
Måleområde	$\pm 0.1\text{m/s} \sim \pm 5\text{m/s}$
Nøjagtighed	$\pm 2.0\%$ af måleværdi
Rørdimensioner	DN 4mm til DN 80mm (indvendig dia.)
Medie	Vand, kemikalier, olie mm
Rør materiale	Stål, Rustfri stål eller PVC.
Funktioner	
Output	Analog output: 4~20mA, max belast 600Ω Option: Puls output: 0~5000Hz..
Kommunikation	RS485 / Modbus
Forsyning	24 VDC
Tastatur	4 taster / menustyring
Display	OLED 128*64
Temperatur	Medie: 0 til +50grC Omgivelser: 0 til +50 grC
Fugtighed	Op til 99% RH, ikke kondenserende
Fysiske specifikationer	
Transmitter	Aluminium, IP54
Montage beslag	Aluminium m. magnetkobling
Signal Kabel	2m med M16 5-pin konektor
Vægt	0,9 til 2,0 kg (afhængig af dimension)



## Transportabel flowmåler

**Anvendelse:** Klinger PS116 er en transportabel ultralydsflowmåler til måling af vandflow. Måleren er af Clamp on typen og monteres udenpå målerøret - rørdimensioner fra DN 25 op til DN 1.200mm.

Flowmåleren levers i transportkuffert med magnetiske sensorer for enkel montage på målestedet.

- Måling uden bevægelige dele
- Montage udenpå målerør
- Guidet opsætning via menu



## Tekniske data

Egenskaber specifications	
Måleområde	0.01m/s ~ 12m/s
Nøjagtighed	±1.0% of measured value
Rørdimensioner	Clamp-on: DN 25mm til DN 1.200mm
Reference medie	Vand
Rør materiale	Stål, Rustfri stå eller PVC.
Funktioner	
Output	Analog output: 4~20mA, max belast 750Ω.
Datalogger	1 Gb SD kort / op til 512 files (dage) Interval 5...60 sekunder
Forsyning	1Batteri / genopladeligt (lader medfølger)
Tastatur	Membran tastatur
Display	64x128 alfanumerisk LCD / baggrundsbelyst
Temperatur	Transmitter: -10til +50grC Transducer: 0 til +80 grC
Fugtighed	Op til 99% RH, ikke kondenserende
Fysiske specifikationer	
Transmitter	NEMA 4 / IP54
Transducer	Indkapslet design, IP68.
Transducer Kabel	Standard kabel længde: 16ft (5m)
Vægt	Transmitter: ca. 1,0kg; Transducer: ca. 0.4kg



**Vidste du at du kan leje en PS116 clamp on flowmåler -**

send en mail til [salesinstrumentation@klinger.dk](mailto:salesinstrumentation@klinger.dk) for at høre mere om mulighederne



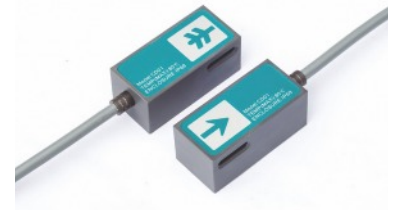
## Energimåling Clamp on

**Anvendelse:** Klinger US201 er en energimåler beregner forbruget på basis af en volumenflowmåling, temperaturmåling i frem- henholdsvis returløb, samt information om væskens entalpi.

US201 benytter ultralydsflowmåling til montage udenpå målerøret og overfladefølere til temperaturmålingen, og systemet kan derfor let installeres - uden at skære i rørene - rørdimensioner fra DN 25 op til DN 1.200mm.

### Tekniske data

Egenskaber (Flow)	
Måleområde	±0.03m/s ~ ±5m/s
Nøjagtighed	±1.0% af måleværdi
Rørdimensioner	Clamp-on: DN 25mm til DN 1.200mm
Reference medie	Vand
Rør materiale	Stål, Rustfri stål eller PVC.
Egenskaber (Temperatur)	
Sensor	Pt1000, 3-wire
Måleområde	Standard: -40grC ... +80grC Høj Temp: -40grC ... +130grC
Nøjagtighed	±0.05grC
Montage	Clamp-on: DN 25mm til DN 1.200mm
Egenskaber (Energi)	
Måleenheder	Giga Joule, Kilo Joule, Kilo Calorie Btu, Mbtu, KWh
Beregning	Varme eller køling
Funktioner	
Output	Puls/frekvens output:0~10.000Hz. Analog output:4~20mA,max belast 750Ω.
Kommunikation interface	RS485 / Modbus
Forsyning	10...36VDC/1A
Tastatur	16(4×4) taster
Display	240×128 pixel LCD med baggrundsbelysning.
Temperatur	Transmitter: -20til +60grC Transducer: -40 til +80 grC (standard)
Fugtighed	Op til 99% RH, ikke kondenserende
Option	Datalogger (SD kort)
Fysiske specifikationer	
Transmitter	PC/ABS,IP65.
Transducer	Indkapslet design,IP68.
Transducer Kabel	Standard kabel længde: 30ft (9m)
Vægt	Transmitter: ca. 1.0kg Transducer: ca. 0.5kg / stk



M02	Heat	*R
100.2		KW
234.5		E+0 GJ

M02	Heat	*R
30.0	2.0	( ° C)
234.5		E+0 GJ

---

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