

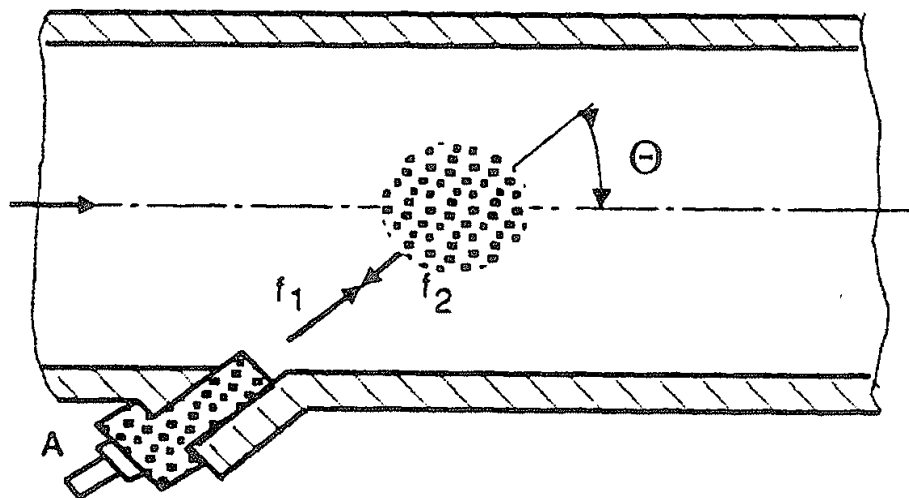
7. KÜLÖNLEGES ÁRAMLÁSMÉRŐK

7.1. Ultrahangos áramlásmérők

7.1.1. Alkalmazási példa

7.1.2. Működési elvek

$$f_1 - f_2 = 2 \bar{v} f_1 \frac{\cos \theta}{a}$$



$$\frac{f_1 - f_2}{f_1} \ll 1$$

$$q_V = \bar{v} A$$

Doppler elv

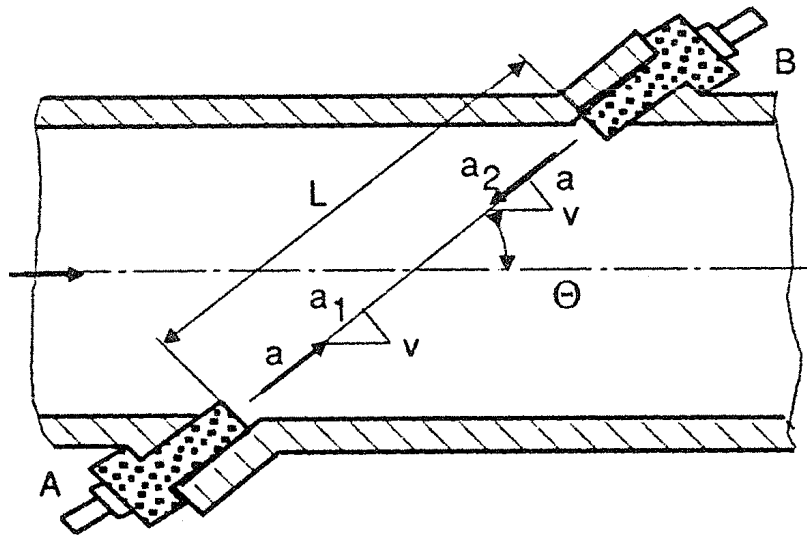
$$a_A = a + v \cos \theta$$

$$a_B = a - v \cos \theta$$

$$\bar{v} = \frac{1}{L} \int_L v \, dL$$

$$\bar{a}_A = a + \bar{v} \cos \theta = \frac{L}{t_A}$$

$$\bar{a}_B = a - \bar{v} \cos \theta = \frac{L}{t_B}$$



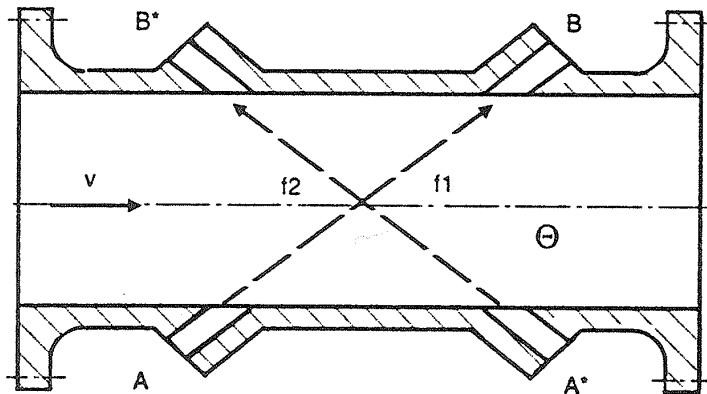
Áthaladási idő-különbség (Transit time difference) elve

$$\begin{aligned} \bar{v} &= \frac{L}{2 \cos \theta} \left(\frac{1}{t_A} - \frac{1}{t_B} \right) = \frac{L}{2 \cos \theta} \left(\frac{t_B - t_A}{t_A t_B} \right) = (t_B - t_A) \frac{1}{2 \cos \theta} \frac{1}{L} \frac{L}{t_A} \frac{L}{t_B} = \\ &= (t_B - t_A) \frac{1}{L 2 \cos \theta} \bar{a}_A \bar{a}_B \approx (t_B - t_A) \frac{a^2}{L 2 \cos \theta} \end{aligned}$$

$$q_V = \bar{v} A$$

$$\bar{v} = \frac{L}{2 \cos \theta} \left(\frac{1}{t_A} - \frac{1}{t_A^*} \right) = \frac{L}{2 \cos \theta} (f_A - f_A^*)$$

$$q_V = \bar{v} A$$



Frekvenciakövetéses (Frequency tracking, “Sing around”) elv



US300PM (main unit)

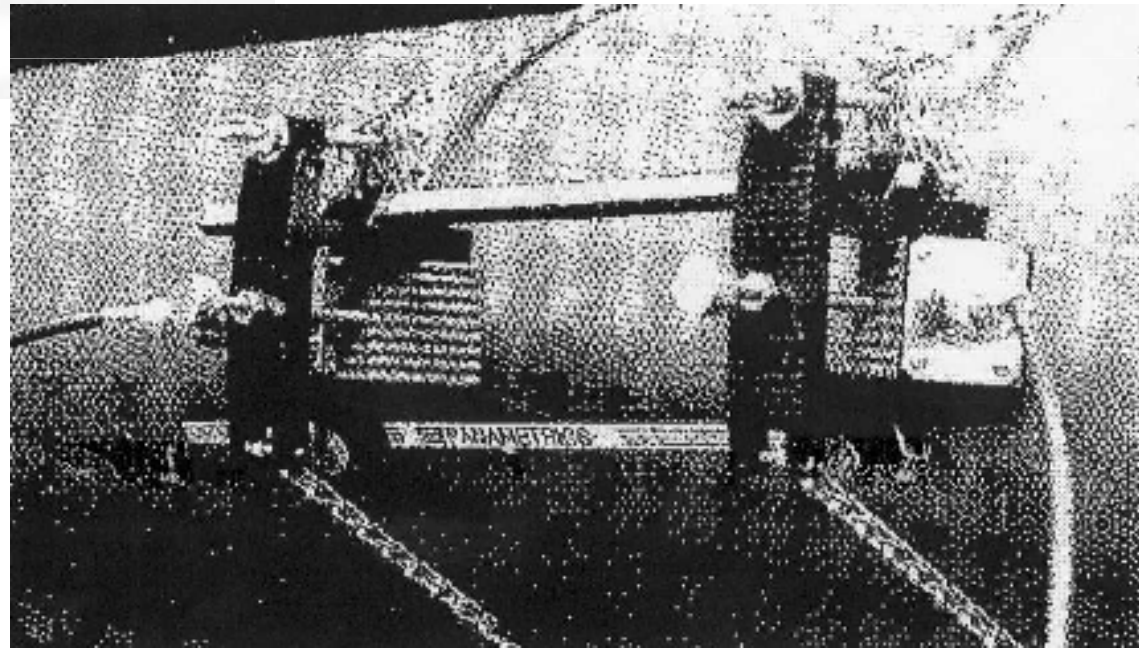
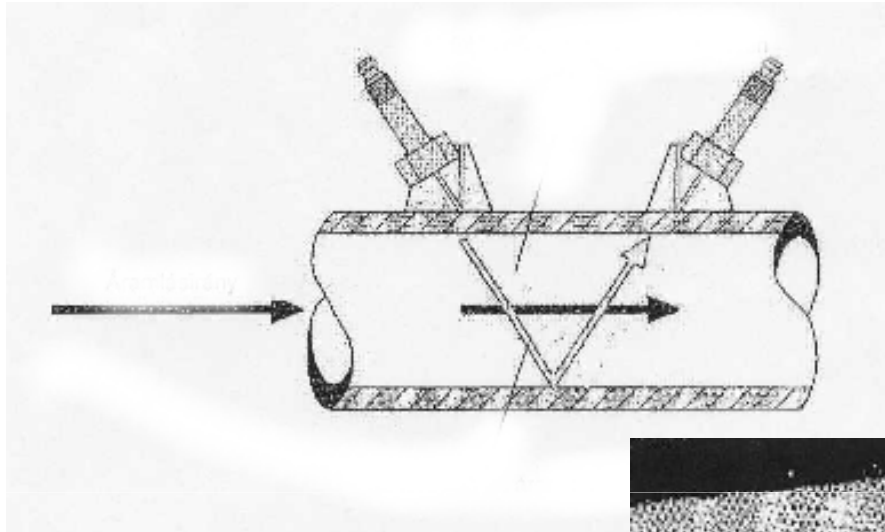


Left: Transducer for large pipes

Middle: Transducer for small- and medium-sized pipes

Right: Wall thickness probe (for general temperature)

Acélpári alkalmazás (revésvíz mérése)



ELŐNYÖK:

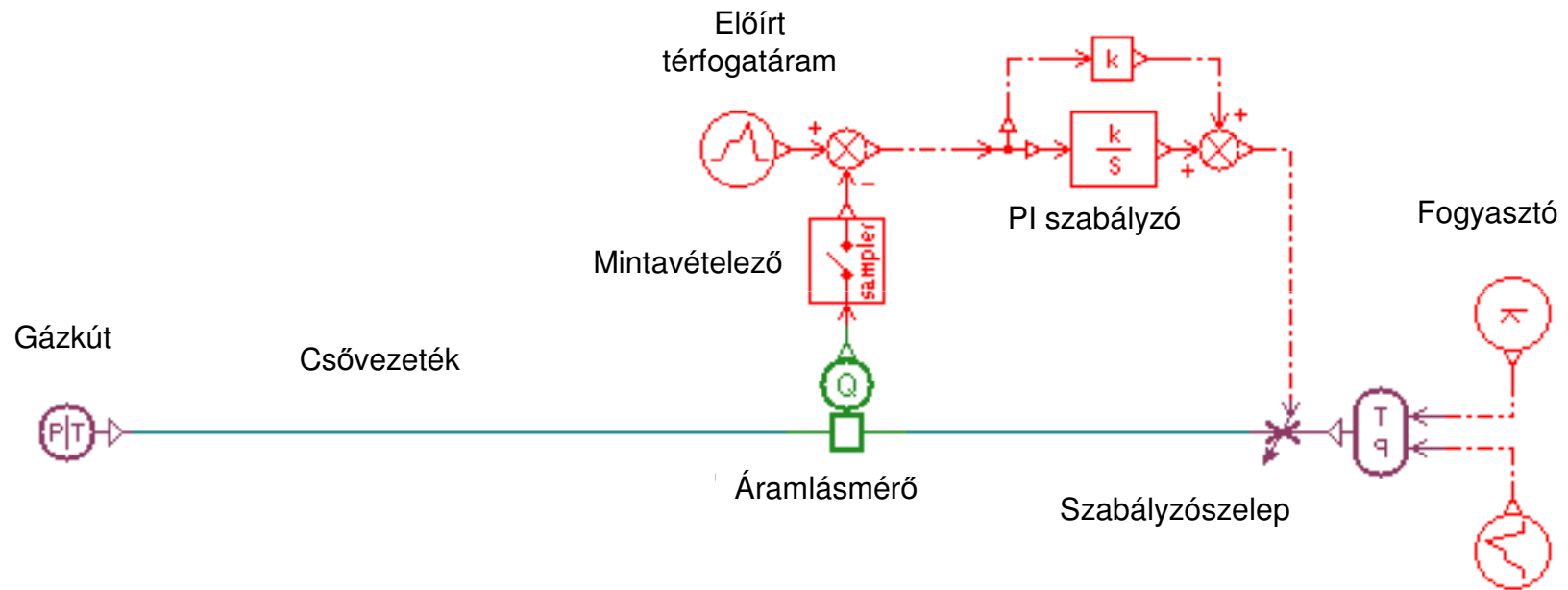
- Érintésmentes
- Nincs nyomásesés
- Hosszú élettartam
- Utólagosan beépíthető
- A mérési elv független a közegsűrűségtől

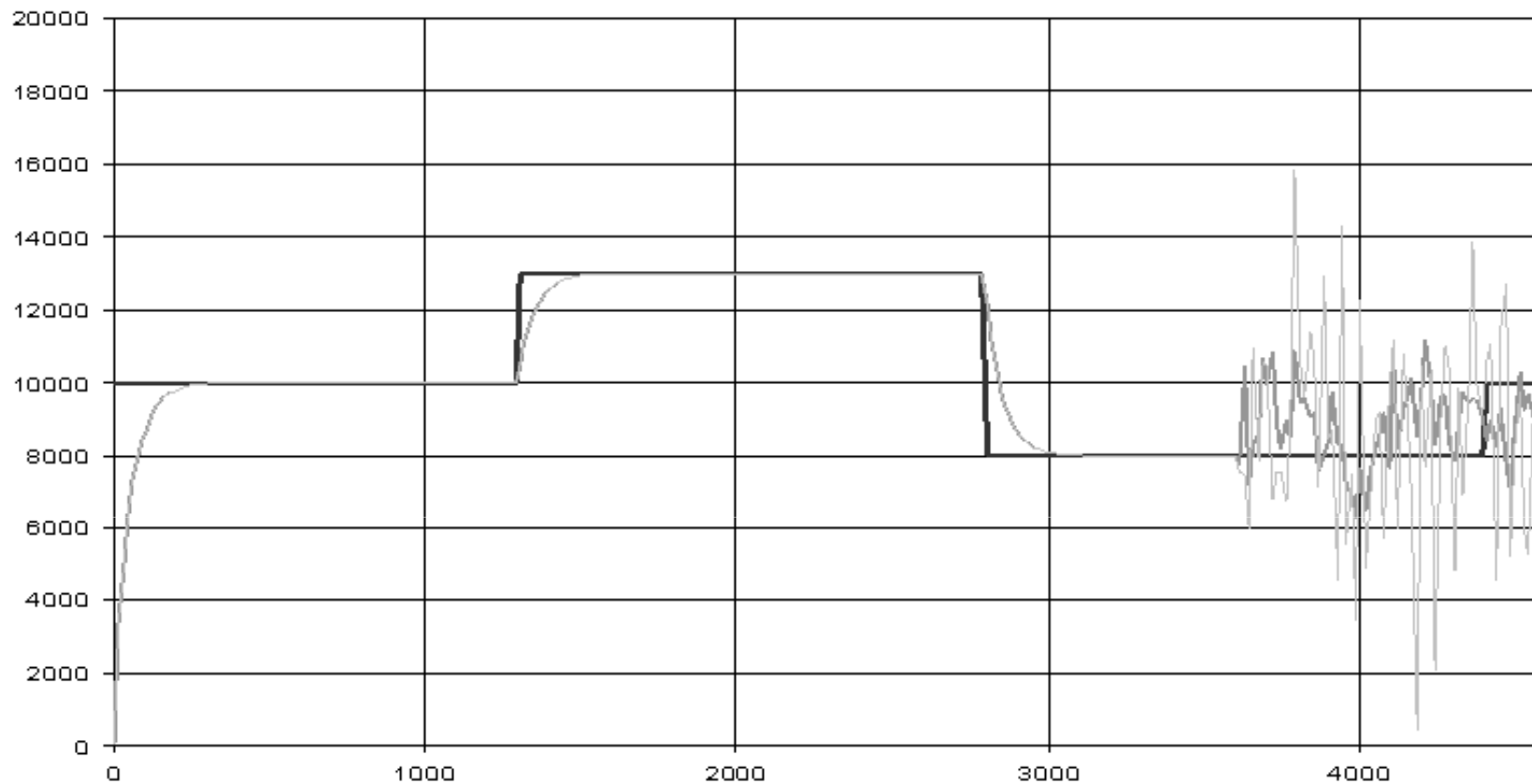
•**KORLÁTOK / HÁTRÁNYOK:**

- A relatív mérési hiba nagyságrendje néhány (1 – 2) % vagy még több
⇔ alkalmi kalibráció
- Nagy hőmérsékletű közeggel érintkezve (kb. 200 °C felett), a piezo-elektromos elemek rendszerint nem üzemelnek megfelelően
- A közeg akusztikai „átláthatósága” szükséges
- A mérési eredmények hőfokfüggése ⇔ “Sing around” koncepció
- Többfázisú áramlásban az akusztikai jel abszorbeálódhat ⇒ romló jel/zaj viszony ⇔ keresztkorrelációs technikák
- A szennyeződés mértéke határozza meg az alkalmazandó technikát. Erősen szennyezett közeg nem mérhető.
- Érzékeny a geometriai beállításokra (L és θ)
- Az átlagsebességet nem a teljes keresztmetszetben, hanem lineáris pálya mentén határozza meg ⇒ fokozott mérési bizonytalanság, érzékenység a sebességprofilra, azaz nem hajthatóak végre megbízható mérések pl. közvetlenül könyökök vagy szelepek mögött
- Bevonat a szenzorokon ⇒ romló jel/zaj viszony
- A hiba fokozódik, ha a keresztmetszet nincs teljesen kitöltve közeggel. Szabad felszín esetén meg is hiúsulhat a mérés (akusztikai hullámok szóródása)

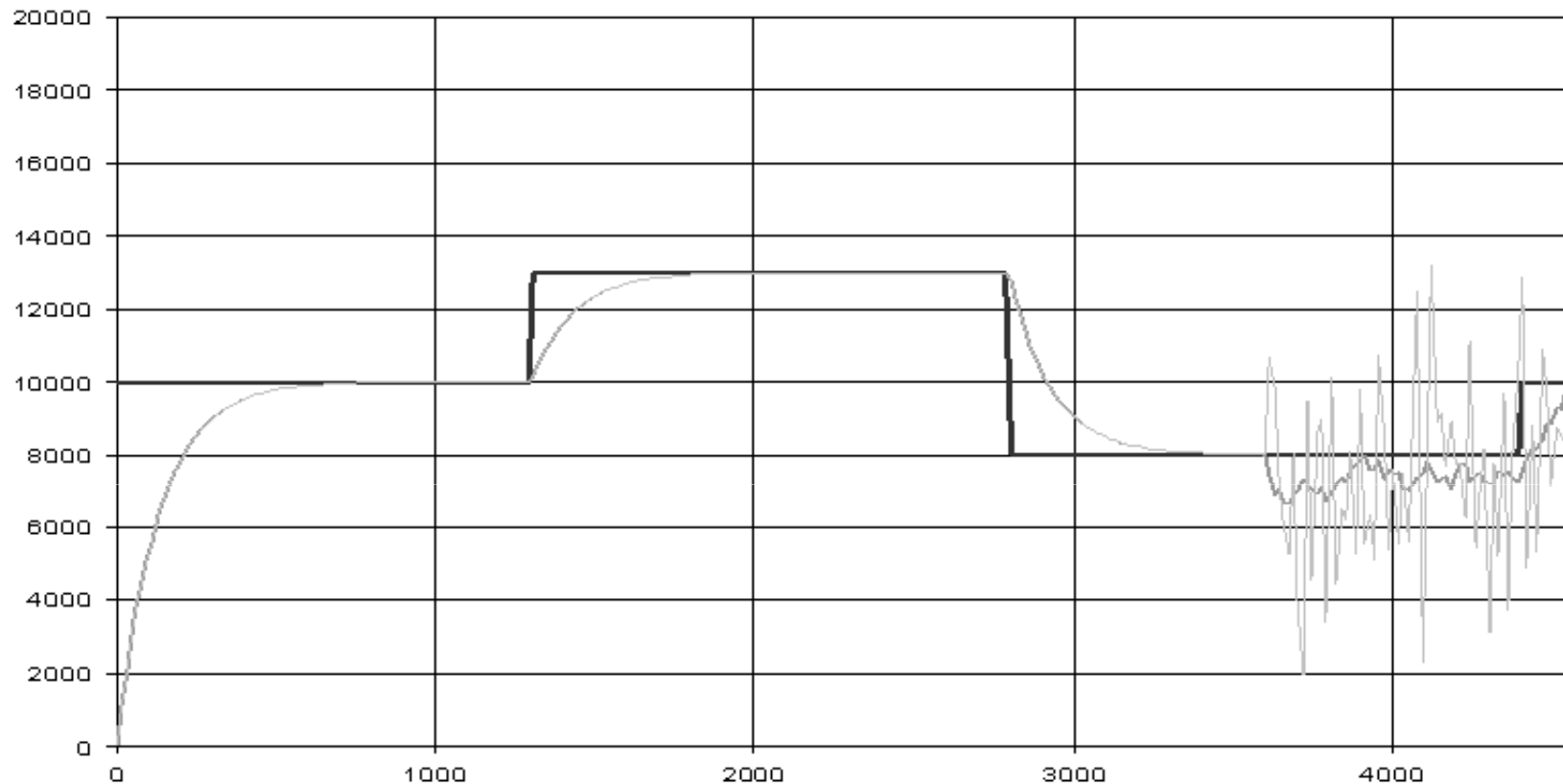
ESETTANULMÁNY: gázkút modellezése

AMESim modell:





„Hidrát dugók” (fagyott ásványokat és vizet tartalmazó szilárd testek) haladnak végig a csővezetékben: mérési problémák



A PI szabályzó állításával nő ugyan a szabályzás reakcióideje, de érzéketlenebb lesz a mérési anomáliákra

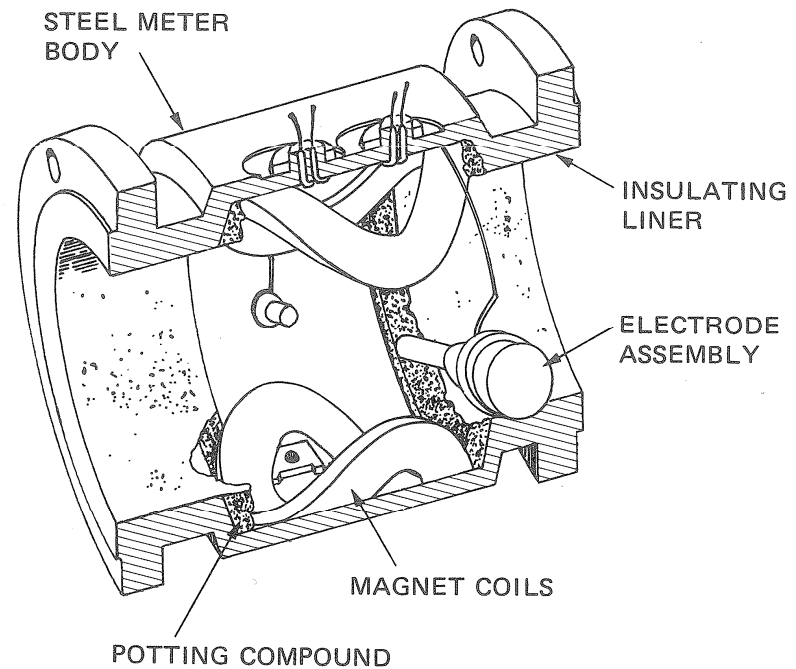
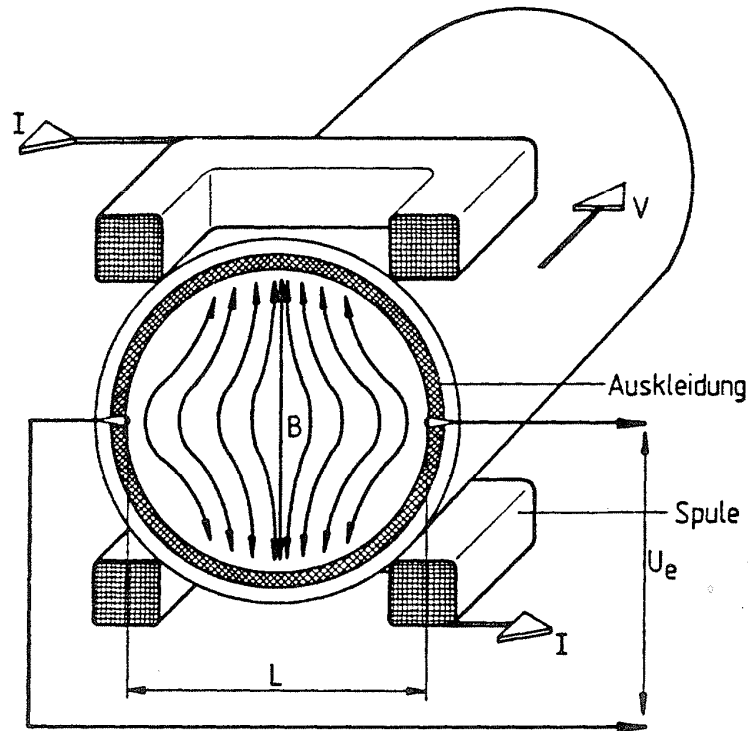
7.2. Magneto-induktív (magneto-hidrodinamikus, MHD) áramlásmérők

7.2.1. Alkalmazási példák

7.2.2. Mérési elv és kivitel

$$u = B L v \qquad q_v = \frac{u D \pi}{4 B}$$

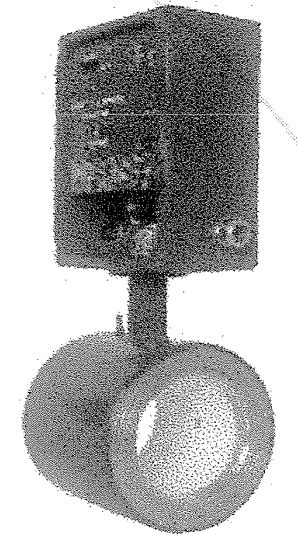
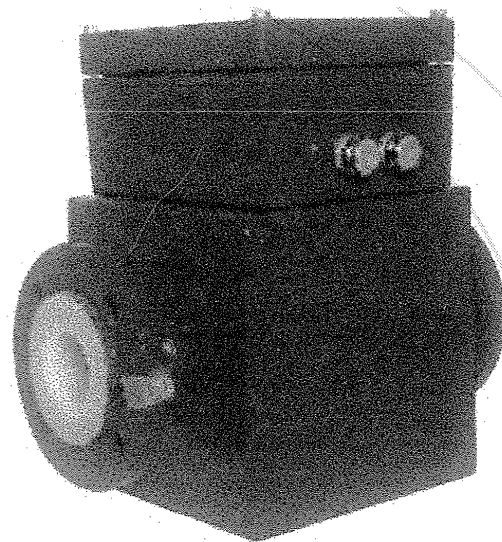
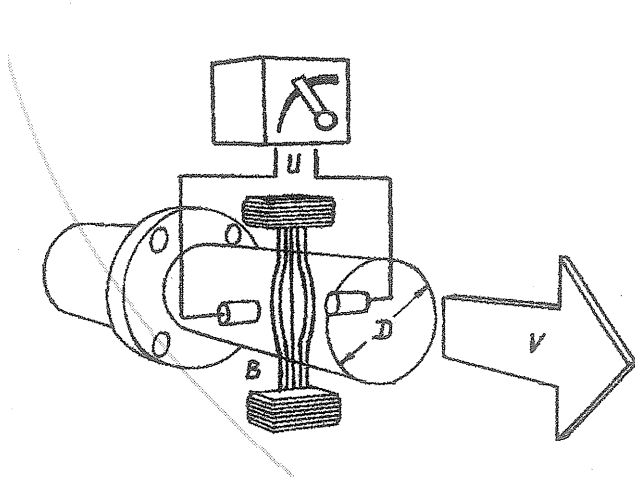
Faraday effektus

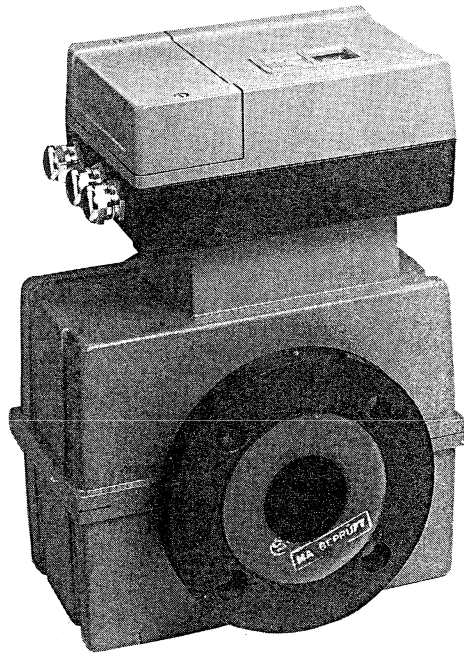


- 2 fő egység: mérőátalakító, villamos jelfeldolgozó
- Vákuumra általában érzékeny; de mechanikai és vegyi igénybevételeknek ellenáll
- Karimás (16 bar) és szendvics (2 karima közé ászokcsavarral) kivitelek
- Vízálló kivitel lehetséges

gamma
analcont

www.gammaanalcont.hu





Integral Flowmeter



Remote Flowtube

ELŐNYÖK:

- Adott vezetőképességi limit felett a mérési elv NEM függ a közeg vezetőképességétől
- Instacionárius áramlások mérése is
- A mérési elv független a közegnyomástól, sűrűségtől, hőmérséklettől, kinematikai viszkozitástól
- Minimális függés a sebességprofiltól \Rightarrow erősen zavart áramlások mérése
- Mérsékelt helyigény, tetszőleges mérőszakasz-helymegválasztás. 3 – 5 D zavartalan egyenes szakasz előtte és utána a mérési bizonytalanság korlátozására (\Leftrightarrow átfolyó mérőperem)
- Nincs nyomásveszteség, érintésmentes
- Nagy, szavatolt pontosság (relatív hiba 0.2 - 1 %)
- Nagyfokú linearitás, dinamikus hatások esetén is
- Stabil belső paraméterek, nem kell kalibrálni
- Könnyen tisztítható
- Alacsony karbantartási költség

•**KORLÁTOK / HÁTRÁNYOK:**

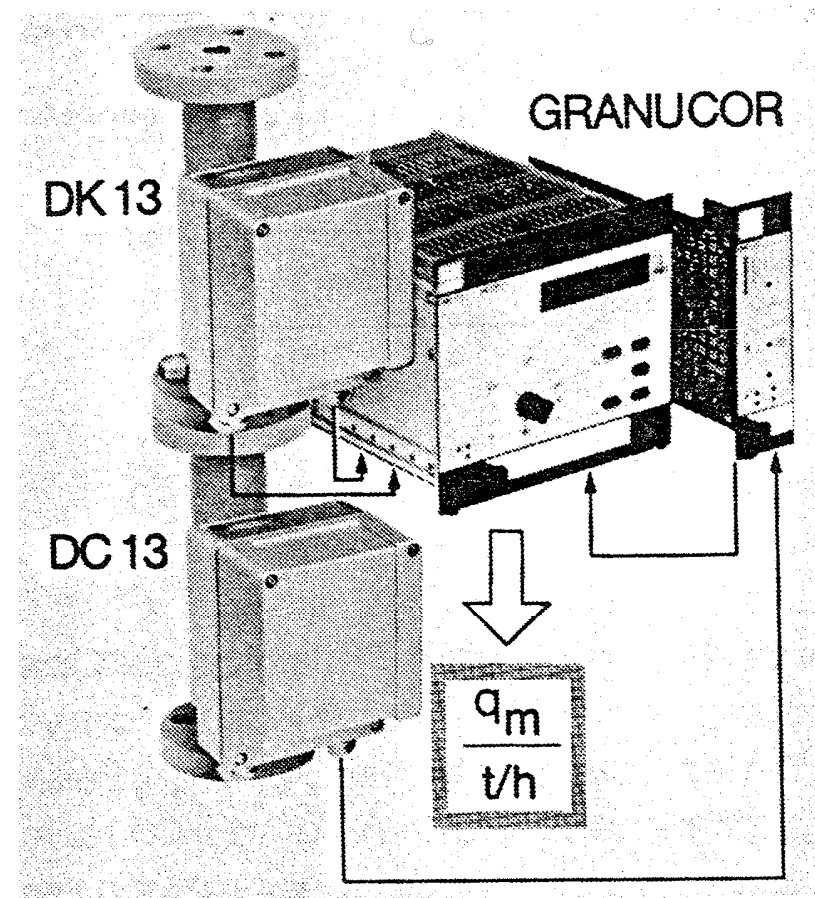
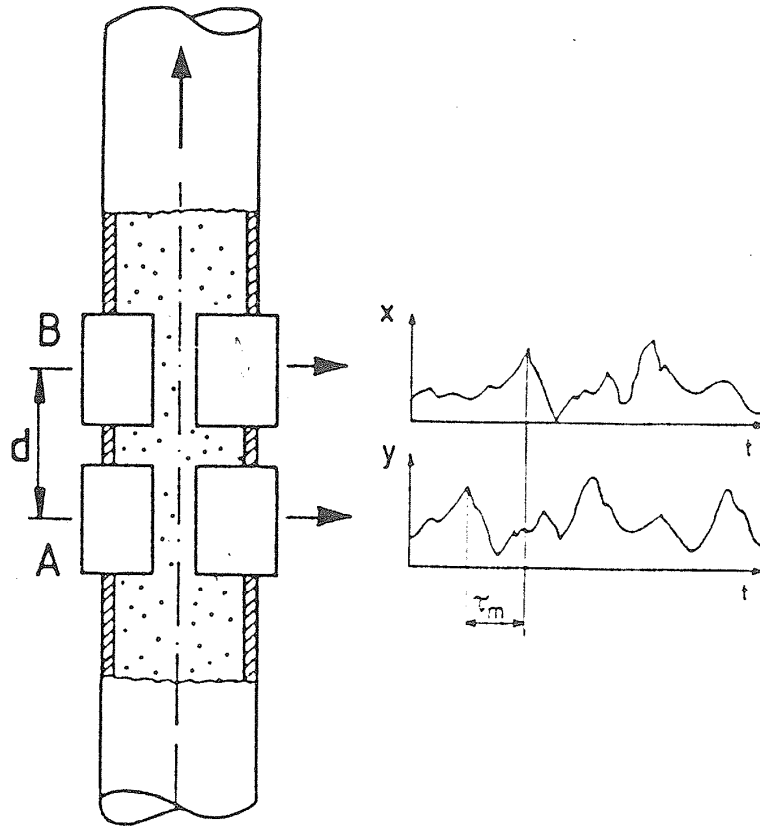
- Elektromos vezetőképesség szükséges \Rightarrow csak cseppfolyós közegek, kivéve petrokémiai termékeket (olaj, gázolaj, stb.)
- Vezetőképes bevonat (szennyeződés) a csőfalon \Rightarrow csökkent feszültség \Rightarrow romló jel/zaj viszony. Szennyeződés eltávolítása: fokozott térfogatárammal átmosás, vagy beépített elektrolitikus tisztítórendszer
- Szigetelő bevonat az elektródákon \Rightarrow romló jel/zaj viszony. Az elektródák „öntisztítók” (besímulnak a falba). Tisztítás: fokozott térfogatárammal, vagy cserélhetőség.
- Levegő vagy egyéb gázok jelenléte X % térfogathányadban \Rightarrow a mérési hiba kb X % növekedése.
- Ha a keresztmetszet nincs kitöltve, kitöltetlensége X % felülethányad \Rightarrow a mérési hiba kb X % növekedése.
- Az elektródák élettartamát a közeg nyomása és hőmérséklete határozza meg.
- Zérus térfogatáram közelében fokozott hiba

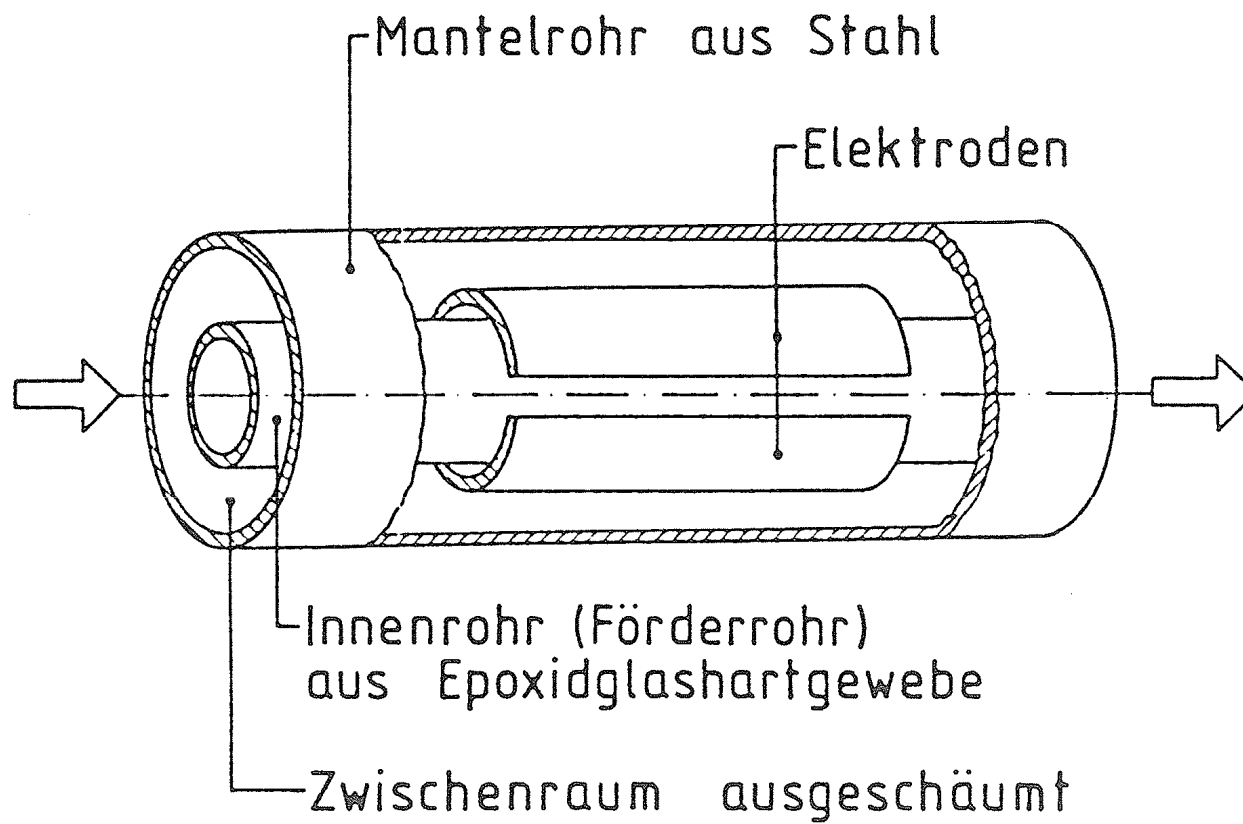
7.3. Kapacitív keresztkorrelációs technika

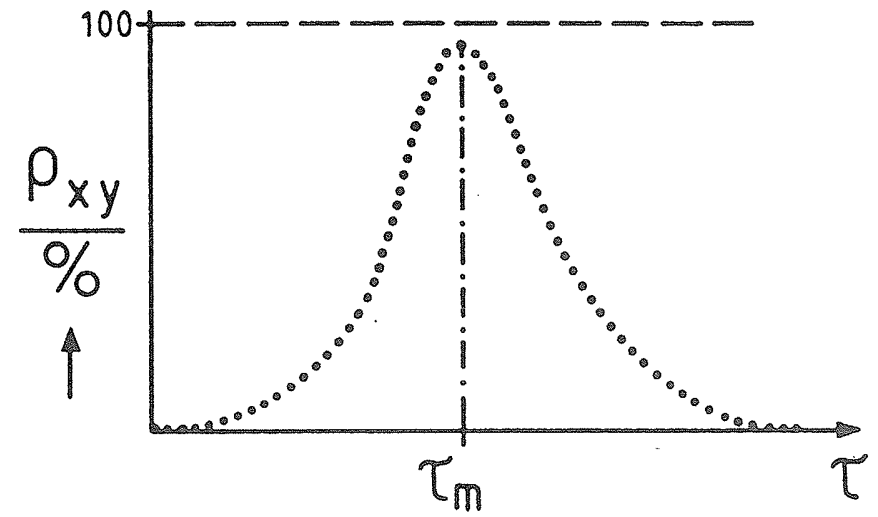
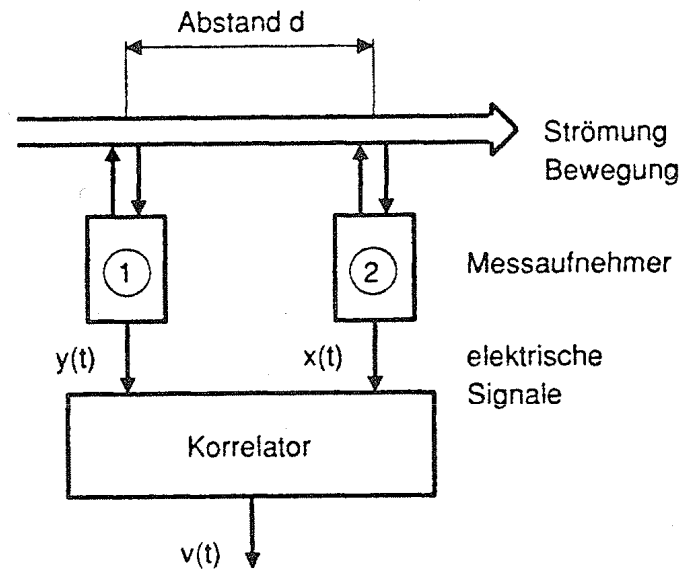
7.3.1. Alkalmazási példák

7.3.2. Elv és kivitel

$$v = \frac{d}{\tau_m}$$







ELŐNYÖK:

- Statisztikai módszer, a mérési hibák mérséklése
- Kétfázisú közegek
- Nincs hőfokfüggés
- Érintésmentes

KORLÁTOK / HÁTRÁNYOK:

- Fokozott helyigény. Minimális távolság az elektródák között: szenzorméret, részecskeméret, mintavételezési frekvencia, megkövetelt pontosság.
- Mérsékelt üzemi tapasztalatok
- Magas beruházási költségek
- Zérus térfogatáram közelében nem alkalmas

7.4. Coriolis áramlásmérők

7.4.1. Alkalmazási példák

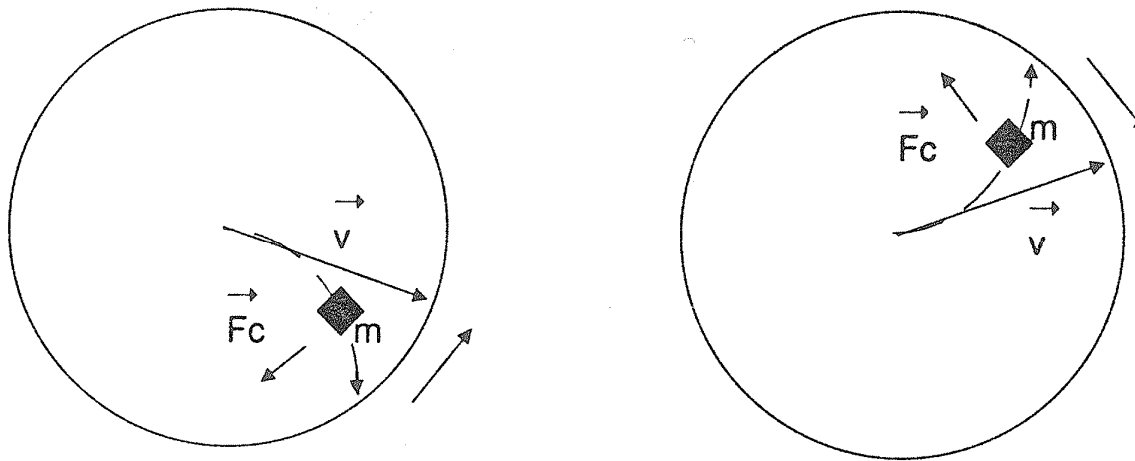
7.4.2. Mérési elv és kivitelek

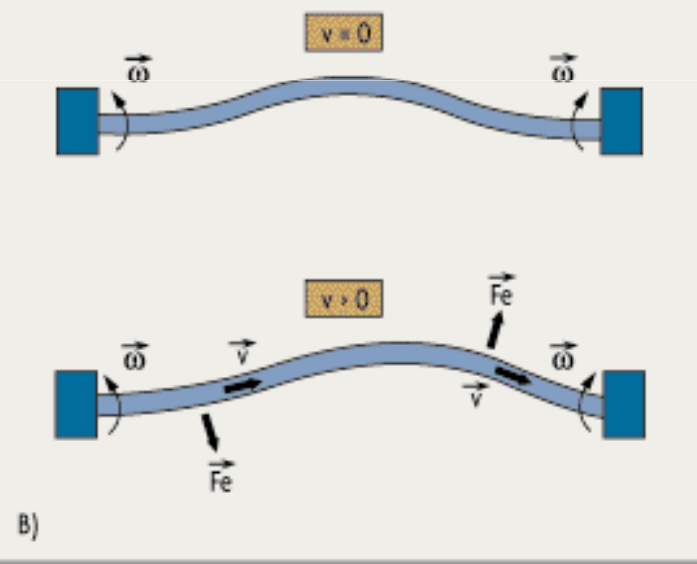
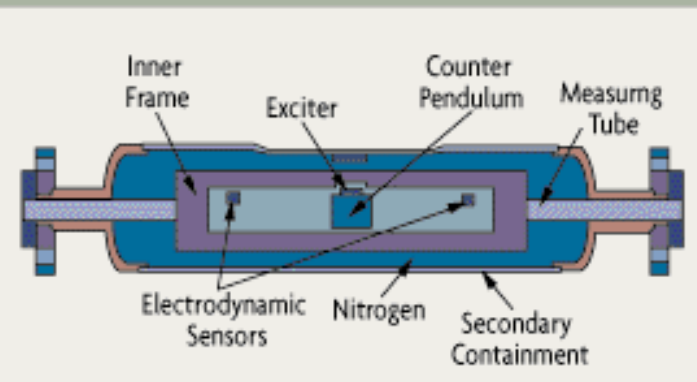
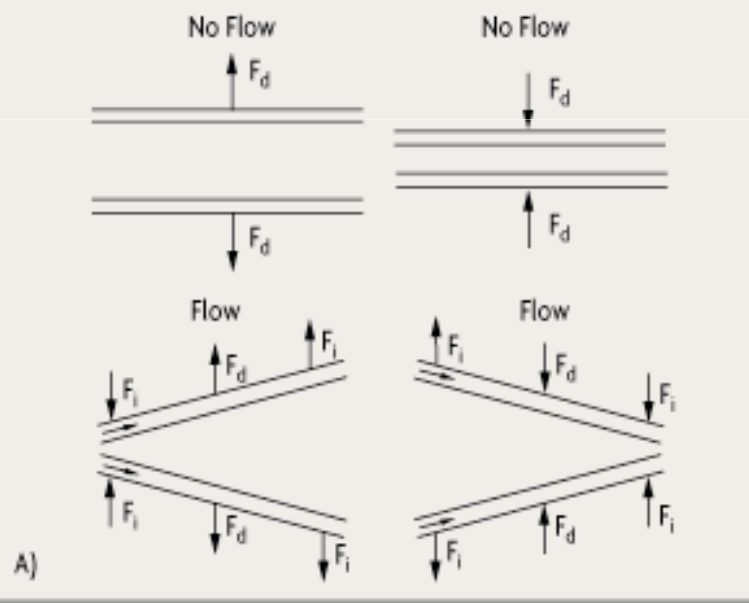
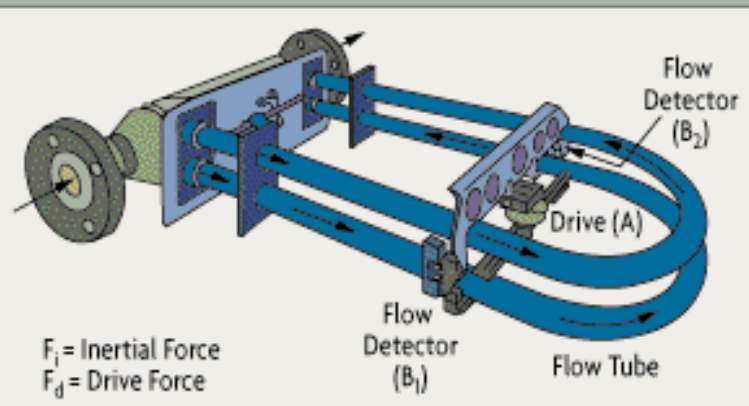
$$\underline{F}_C = m \cdot 2\underline{v} \times \underline{\omega}$$

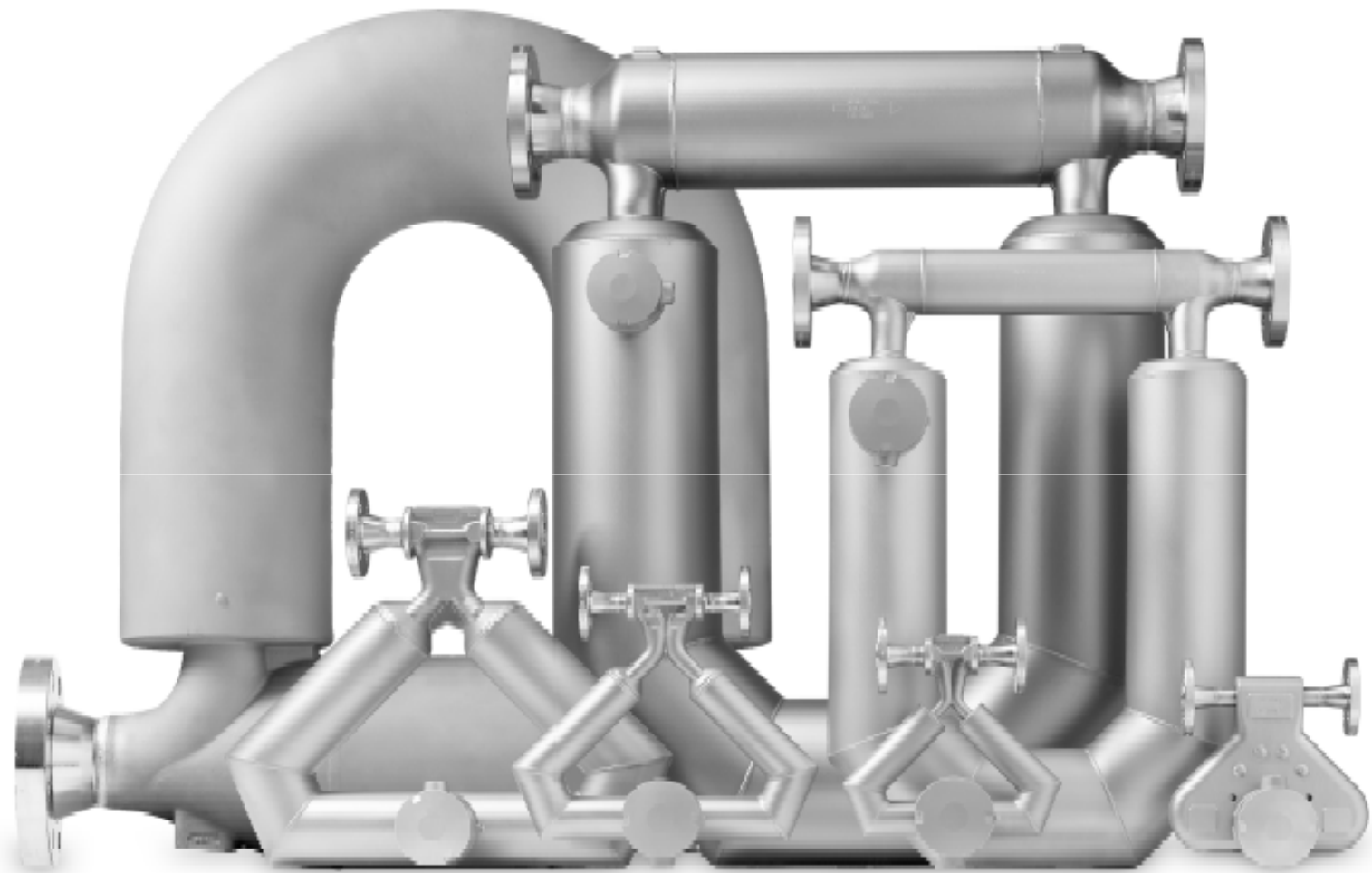
$$m \sim \rho A$$

$$\underline{F}_C \sim \rho A \underline{v} \times \underline{\omega}$$

$$|\underline{F}_C| \sim q_m \omega$$







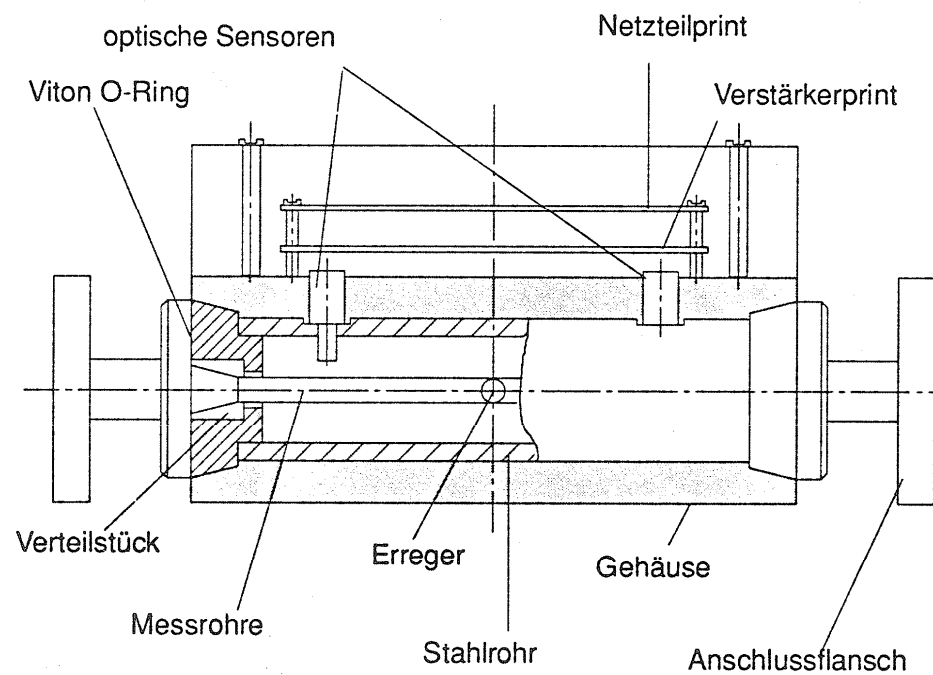
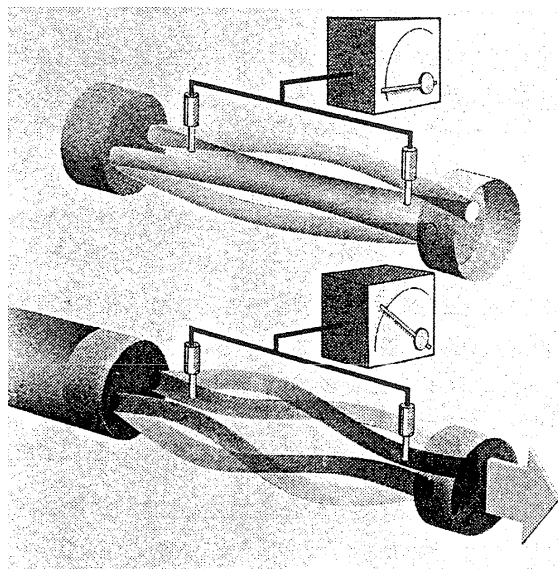
Az U (vagy Delta) elrendezés előnyei:

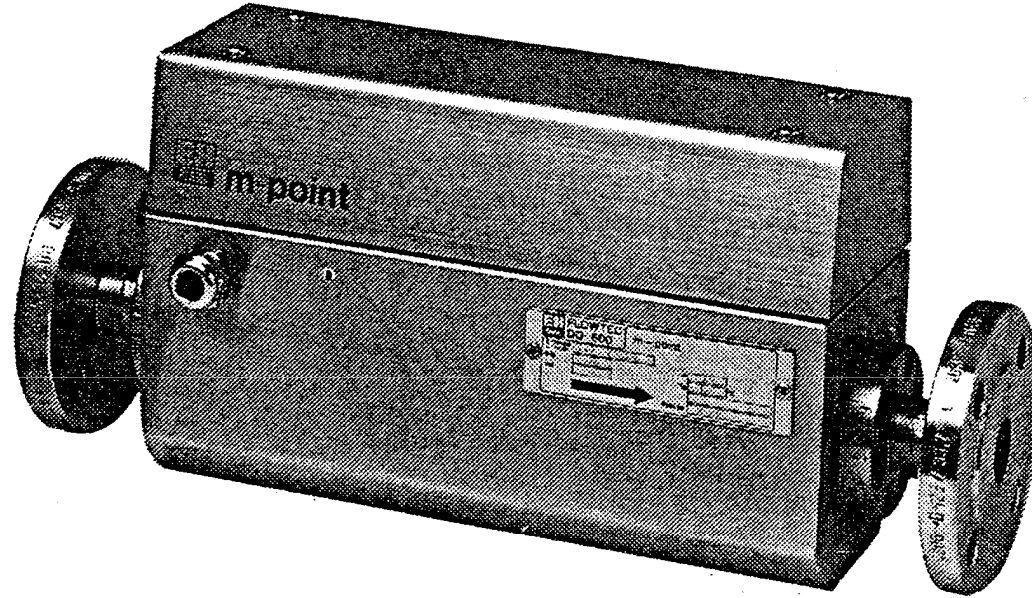
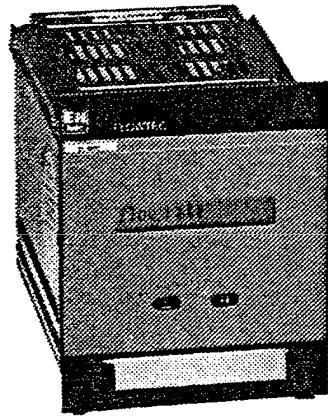
- Fokozott csődeformáció \Rightarrow mérhetőség

Korlátok / hátrányok:

- Kis sajátfrekvencia (~ 100 Hz)
- Korlátozott időbeli felbontás
- Fokozott helyigény
- Fokozott nyomásesés
- Mérsékelt viszkozitásra

Lineáris elrendezés: előnyök az előbbiekkal szemben





ELŐNYÖK:

- A tömegáram közvetlen mérése
- Sűrűségmérésre is alkalmas
- Egyszerű csőelrendezés, mérsékelt helyigény lehetséges
- Az elv nem függ a viszkozitástól
- Bizonyos korlátok között többfázisú áramlások
- Nem függ a sebességprofiltól
- Nagy pontosság (~ 1 % a leolvasott tömegáram bizonytalansága)

KORLÁTOK / HÁTRÁNYOK:

- Cseppfolyós közegek
- Viszonylag költséges
- Rezgésérzékenység \Leftrightarrow fokozott költségekkel megoldható
- Gázbuborékok \Rightarrow gyengítik a rezgést
- Gázdugók esetén nincs mérés
- Szilárd részecskék: a cső koptatása
- Kavitációs veszély
- Részleges kitöltöttség esetén nincs mérés
- Magasabb hőmérsékletekre nem