



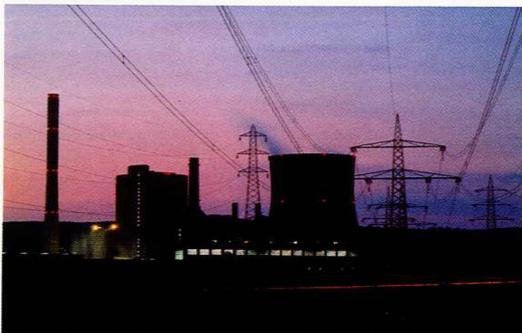
Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Füllstandsmesstechnik	12. Mai 2021

Inhaltsverzeichnis:

5. Füllstandssensoren	2
5.1 Kontinuierliche Füllstandmessung, Übersicht der Messprinzipien	3
5.1.1 Peilstab, Pegelmessung	5
5.1.2 Pegeluhr	6
5.1.3 Niveau-Schauglas	7
5.1.4 Bypass-Magnetklappenanzeiger	9
5.1.5 Schwimmerniveaumessung	11
5.1.6 Verdränger-Niveaumessung	12
5.1.7 Niveaumessung nach dem Einperlverfahren	16
5.1.7.1 Offener Behälter	17
5.1.7.2 Geschlossener Behälter	17
5.1.8 Kapazitive Niveaumessung	18
5.1.9 Hydrostatische Niveaumessung	20
5.1.10 Radioaktive Niveaumessung	24
5.1.10.1 Strahler- und Detektoranordnungen	27
5.1.10.2 Anwendungsgebiete radiometrischer Messanordnungen (Fa. Berthold)	28
5.1.11 Detektoren	32
5.1.12 Lotsystem-Niveaumessung (Silopilot T, Fa. Endress + Hauser)	34
5.1.13 Ultraschall- und Radarniveaumessung	37
5.1.13.1 Ultraschallniveaumessung	39
5.1.13.2 Radarniveaumessung 1)	42
5.1.14 Gravimetrische Niveaumessung (DMS-Siloverwiegung ,Fa. Rembe)	56
5.1.15 Gravimetrische Niveaumessung (Wägezellen /Kraftmesszellen)	57
5.1.16 Magnetostriktive Niveaumessung	59
5.1.17 Laser- Niveaumessung	61
5.2 Grenzstandmessung, Übersicht der Messprinzipien (Fa. Endress + Hauser)	63
5.2.1 Grenzstandmessung, Drehflügelsonde	66
5.3.2 Grenzstandmessung, Schwinggabelsonde	68



5. Füllstandssensoren





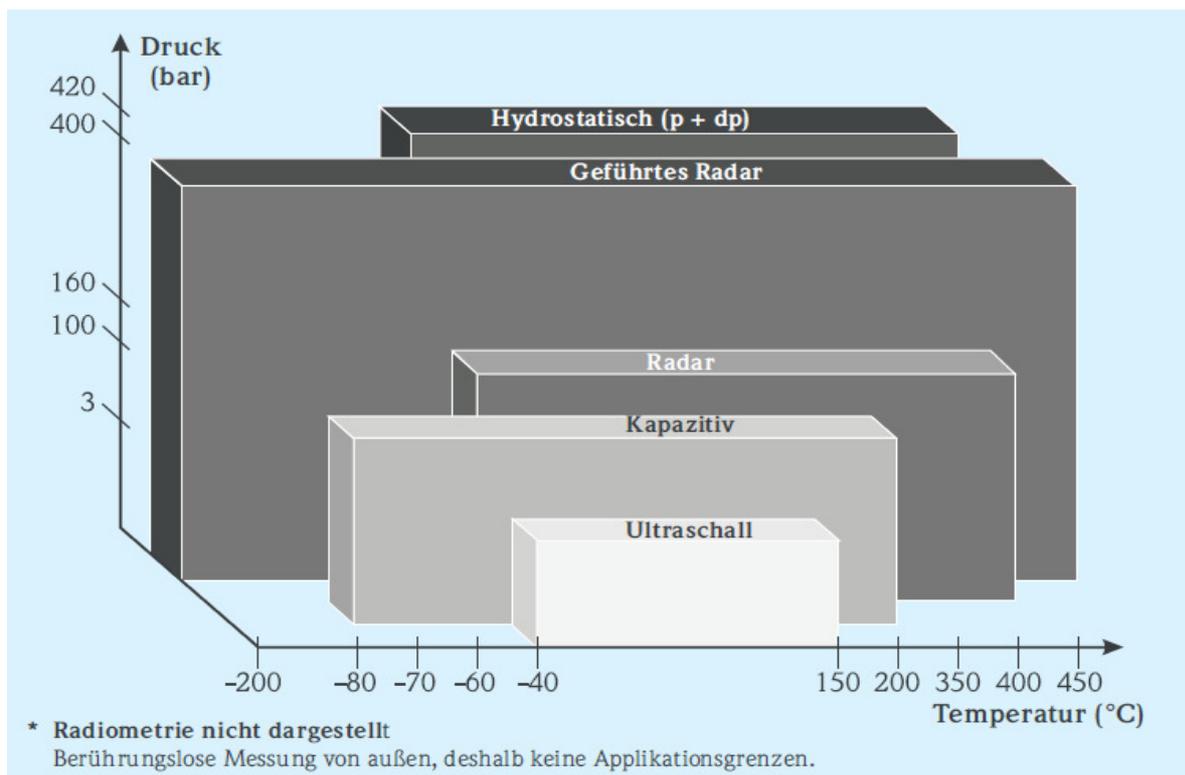
5.1 Kontinuierliche Füllstandmessung, Übersicht der Messprinzipien

(Fa. Endress + Hauser)

Segmentierung

	Grenzstand	Kontinuierlich
Flüssigkeiten	Vibronik Konduktiv Kapazitiv Schwimmerschalter Radiometrie	Radar Geführtes Radar Ultraschall Hydrostatik (p + dp) Kapazitiv Radiometrie
Schüttgüter	Vibronik Kapazitiv Drehflügel Mikrowellenschanke Radiometrie	Geführtes Radar Radar Ultraschall Lotsystem Radiometrie

Prozessbedingungen



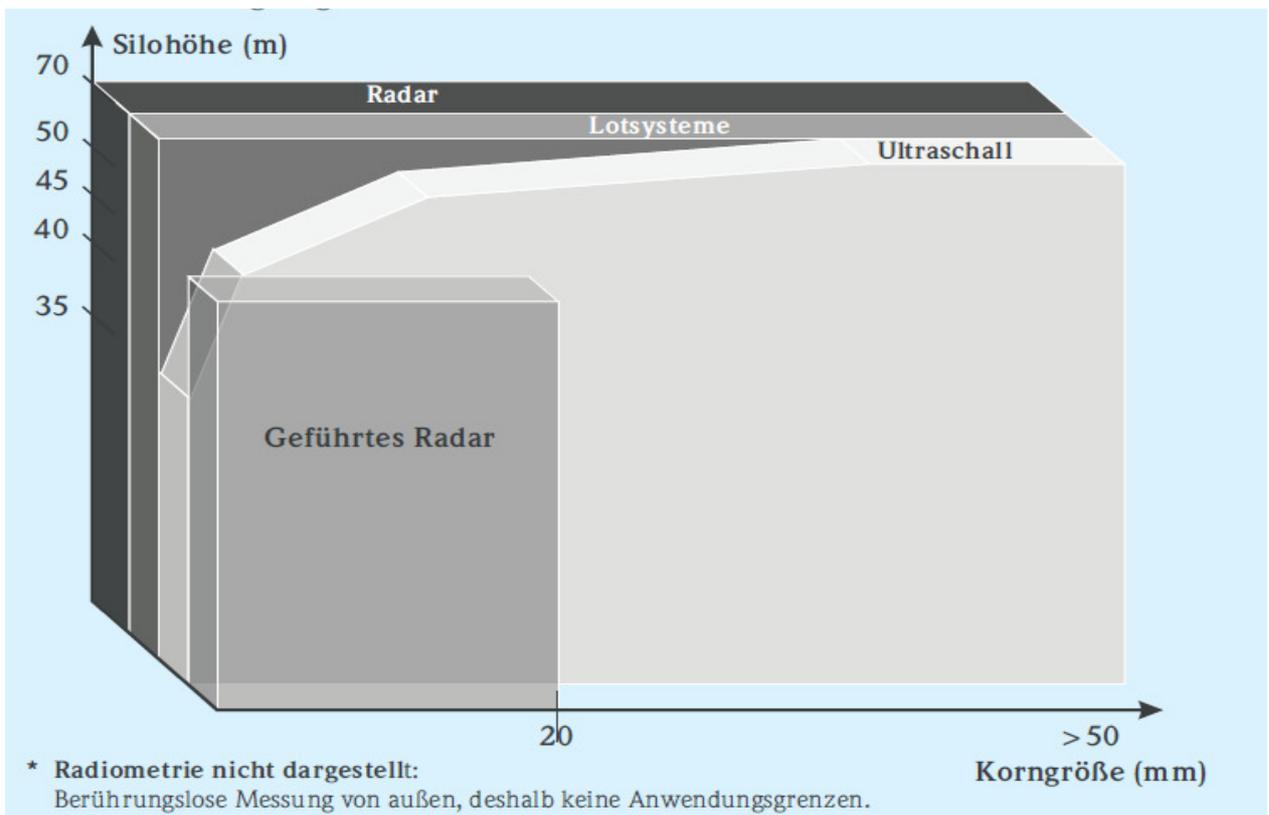


Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Füllstandsmesstechnik	12. Mai 2021

Segmentierung

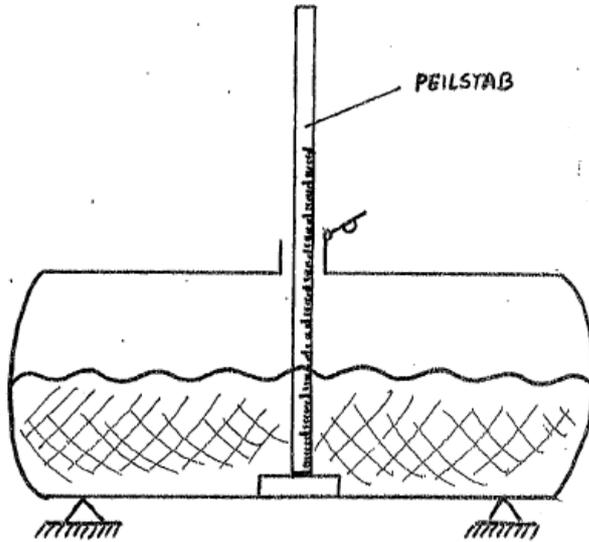
	Grenzstand	Kontinuierlich
Flüssigkeiten	Vibronik Konduktiv Kapazitiv Schwimmerschalter Radiometrie	Radar Geführtes Radar Ultraschall Hydrostatik Kapazitiv Radiometrie
Schüttgüter	Vibronik Kapazitiv Drehflügel Mikrowellenschanke Radiometrie	Geführtes Radar Radar Ultraschall Lotsystem Radiometrie

Prozessbedingungen



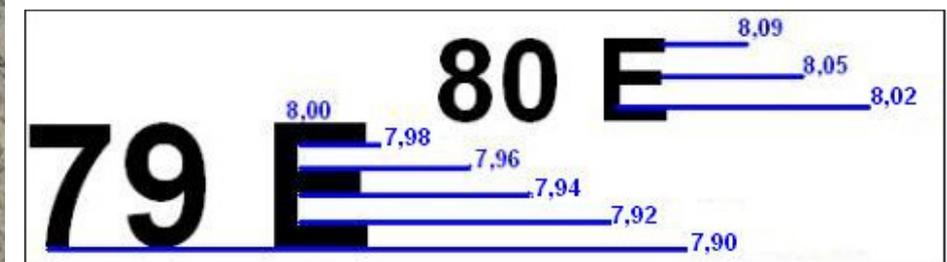


5.1.1 Peilstab, Pegelmessung



Ölmesstab

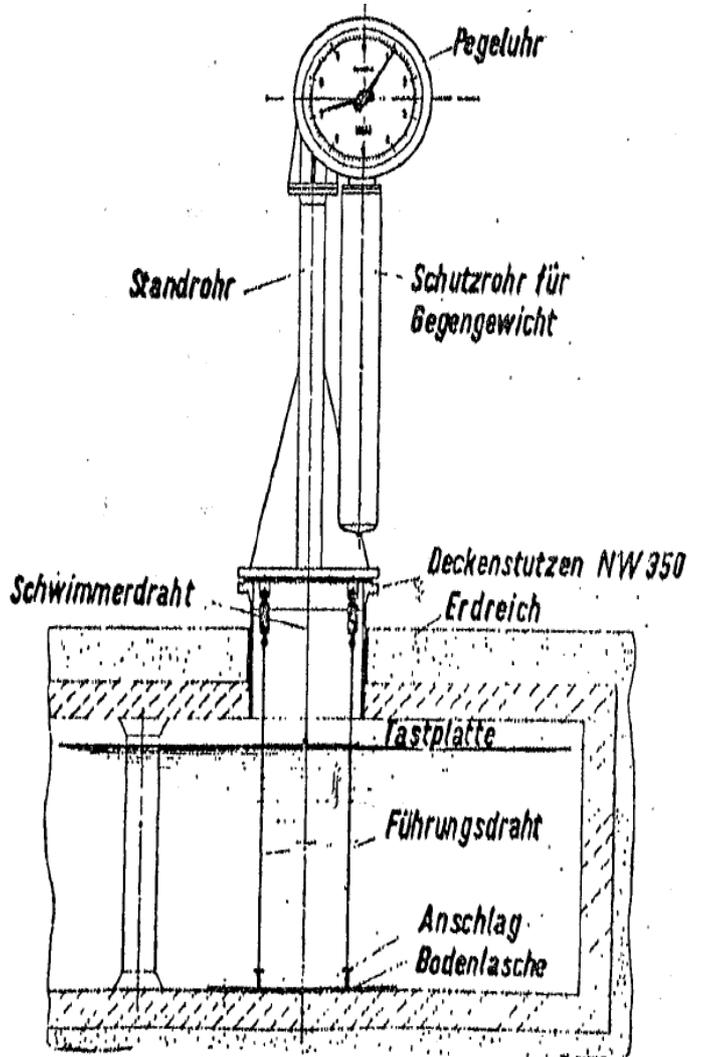
Pegelmessung



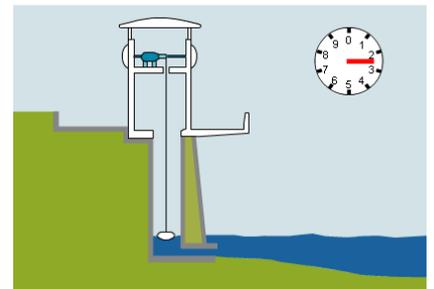
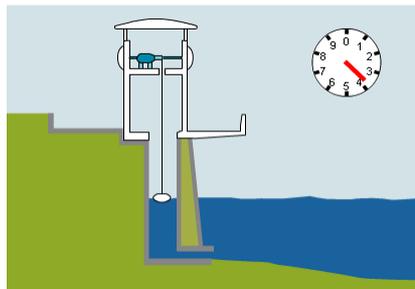
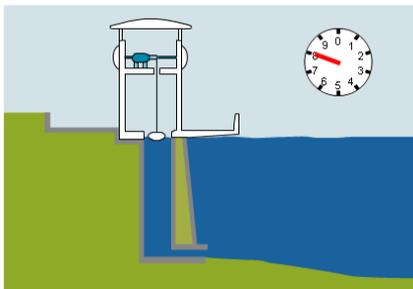
Ein Querbalken im Zeichen „E“, entspricht 2 cm.



5.1.2 Pegeluhr



Schwimmerniveaumessung
Schwimmer = Tastplatte

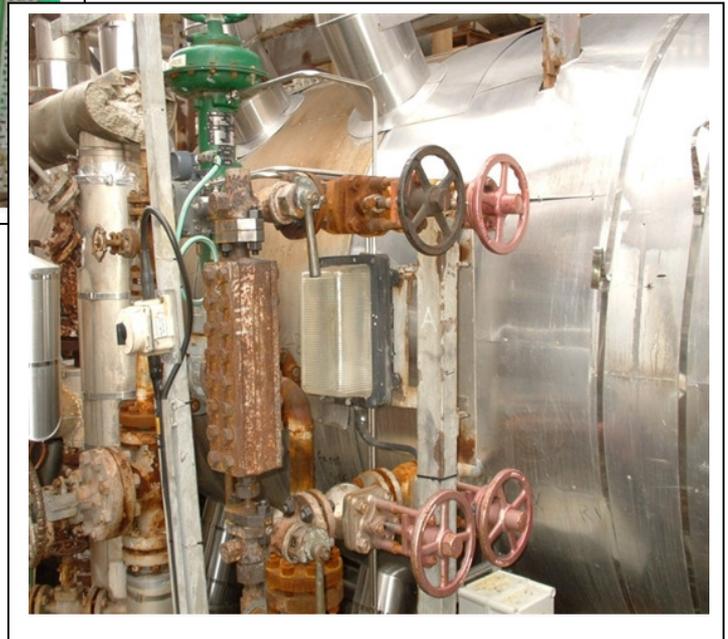
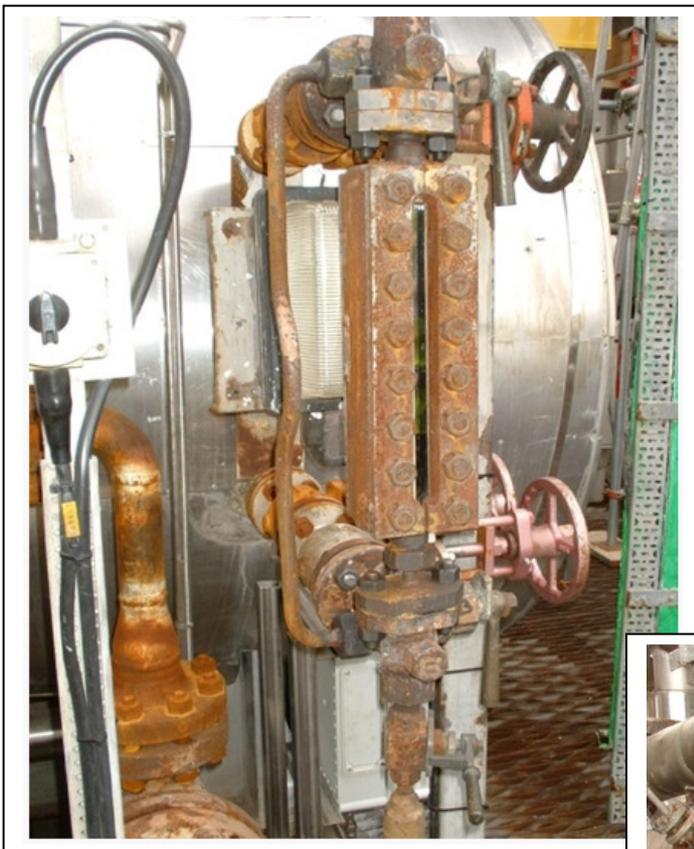


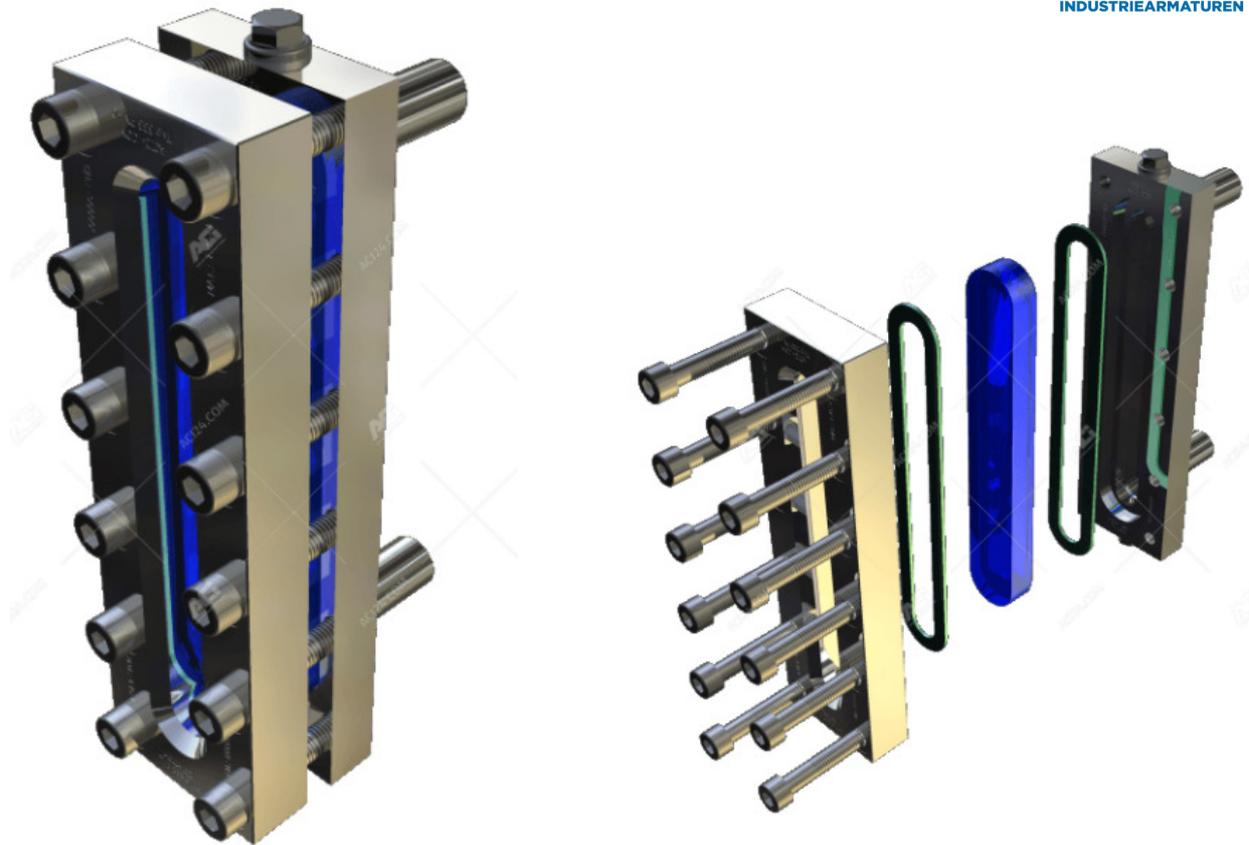


Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Füllstandsmesstechnik	12. Mai 2021

5.1.3 Niveau-Schauglas

Schaugläser in länglicher oder in runder Bauform sind Sichtfenster, die es dem Beobachter erlauben, einen Einblick in das Innere eines Behälters, Tanks oder ähnlichem zu tätigen. Es handelt sich dabei in aller Regel um örtliche Anzeigen.





Verwendung:

Zur Flüssigkeitsstandanzeige, Sichtkontrolle und zur Beobachtung an Behältern, Kesseln und Silos.

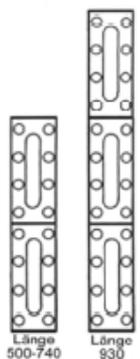
Betriebsbedingungen:

Temperatur : 280°C
 Druck : 16 bar

Abmessungen:

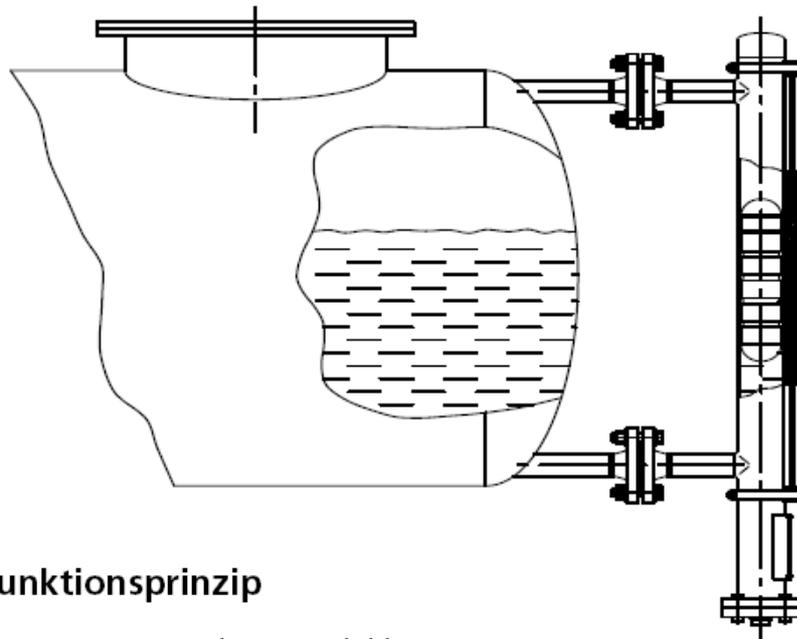
Gesamtlänge	170	220	250	310	370	500	620	740	930
Sichtlänge	120	170	200	260	320	450	570	690	880
Glasgröße L x 34 x 17	140	190	220	280	340	220	280	340	280
Sicht verdeckt						50	50	50	2x50
Anzahl Schrauben	8	10	12	14	16	24	28	32	42

Anm.: Bei Gesamtlänge 500 bis 740mm sind 2 Gläser bzw. bei Gesamtlänge 930mm 3 Gläser eingebaut





5.1.4 Bypass-Magnetklappenanzeiger



Funktionsprinzip

Bypass-Niveaustandanzeiger bilden einen integrierten Bestandteil des Druckbehälters.

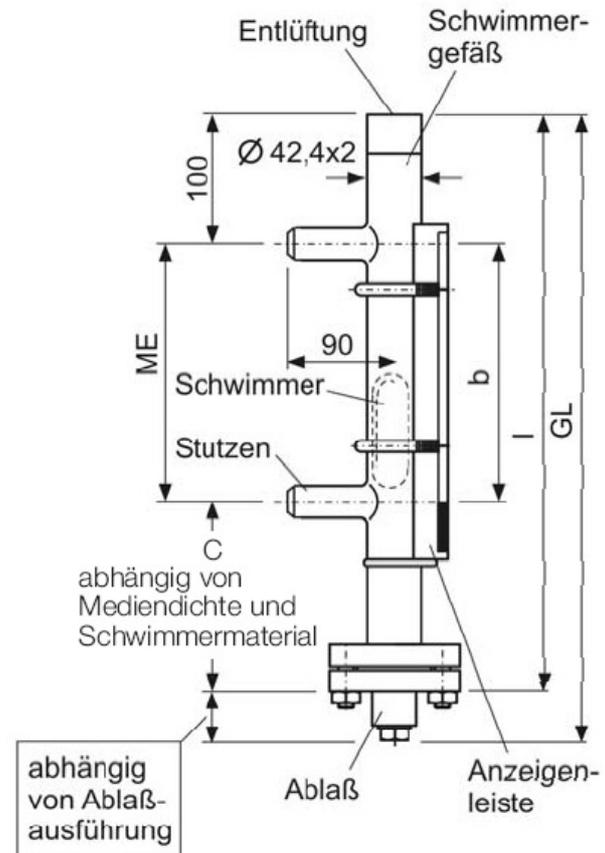
Mittels zwei Prozessanschlüssen wird ein Standrohr seitlich an einen Tank oder Behälter angebaut. Durch diese direkte Verbindung entspricht der Füllstand im Standrohr exakt dem Niveau im Behälter (kommunizierende Anzeige). Im Bypassrohr befindet sich ein Zylinderschwimmer mit eingebautem Magnetsystem. Das gebündelte Magnetfeld des Dauermagneten entspricht genau dem Flüssigkeitsspiegel im Standrohr. Berührungslos überträgt sich das Magnetfeld durch die Wandung des Standrohres hindurch auf ausserhalb angebaute Anzeige-, Erfassungs- und Schaltelemente.

Magnet-Niveauanzeigen

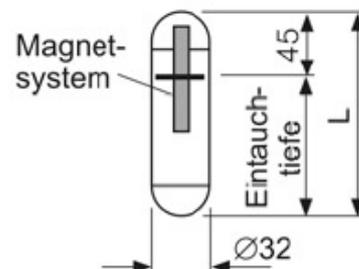
dienen zur optischen Anzeige des Füllstandes. Kleine Kunststoff- oder Keramikrollen mit eingelegten Stabmagneten sind in einem Aluminium- oder Edelstahlprofil angeordnet.

Entsprechend dem Füllstand im Standrohr werden diese Rollen bei steigendem Niveau von weiss auf rot und bei fallendem Niveau von rot auf weiss gedreht. Ohne Zuführung von Hilfsenergie kann so der Füllstand im Behälter kontinuierlich angezeigt werden.





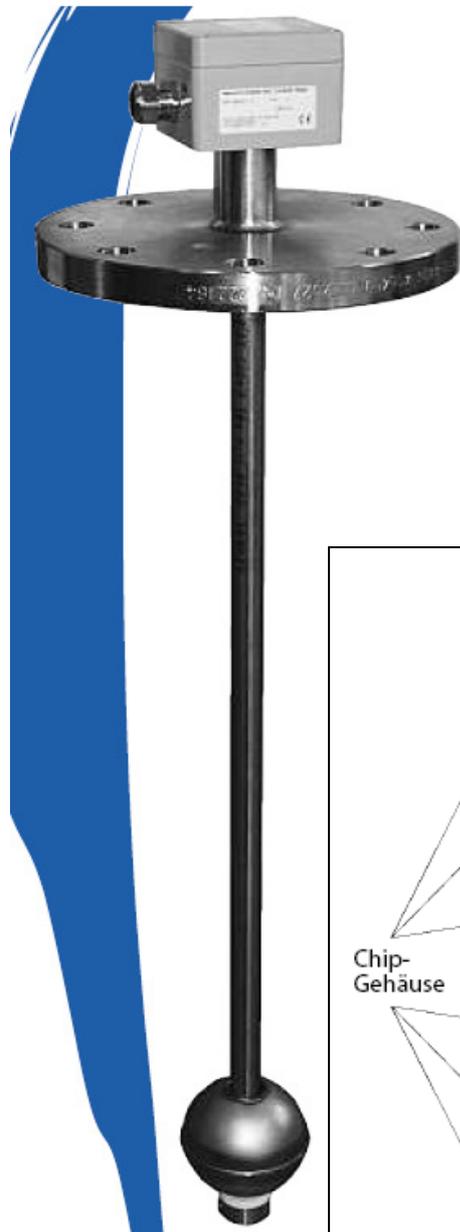
Schwimmer





5.1.5 Schwimmerniveaumessung

Niveau - Messwertgeber 1001 Beschreibung und Arbeitsweise

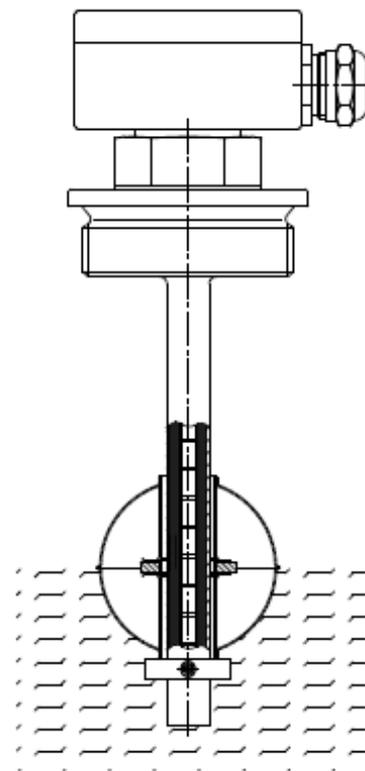
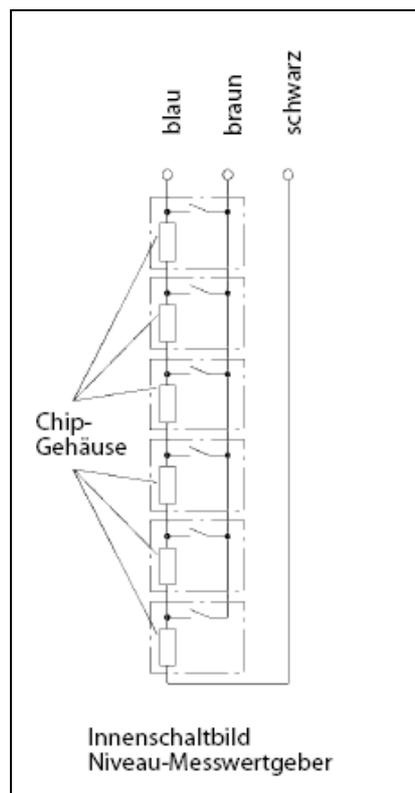


Niveau - Messwertgeber 1001 dienen als Messwertaufnehmer zur elektrisch kontinuierlichen Fernanzeige des Füllstandes. Messwertgeber arbeiten nach dem Schwimmerprinzip.

Das Magnetfeld, welches sich im Kugel- oder Zylinderschwimmer befindet, betätigt durch die Wandung des Gleitrohres hindurch sehr kleine Reedkontakte, die an einer Widerstandsmesskette eine Messspannung unterbrechungslos abgreifen.

Diese Messspannung ist proportional zur Höhe des Füllstandes (Dreileiter-Potentiometerschaltung). Die Rasterung der Reedkontakte wird in verschiedenen Abständen hergestellt.

In Verbindung mit einem Messumformer kann der Widerstandswert in ein genormtes Analogsignal umgewandelt werden.





Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Füllstandsmesstechnik	12. Mai 2021

5.1.6 Verdränger-Niveaumessung

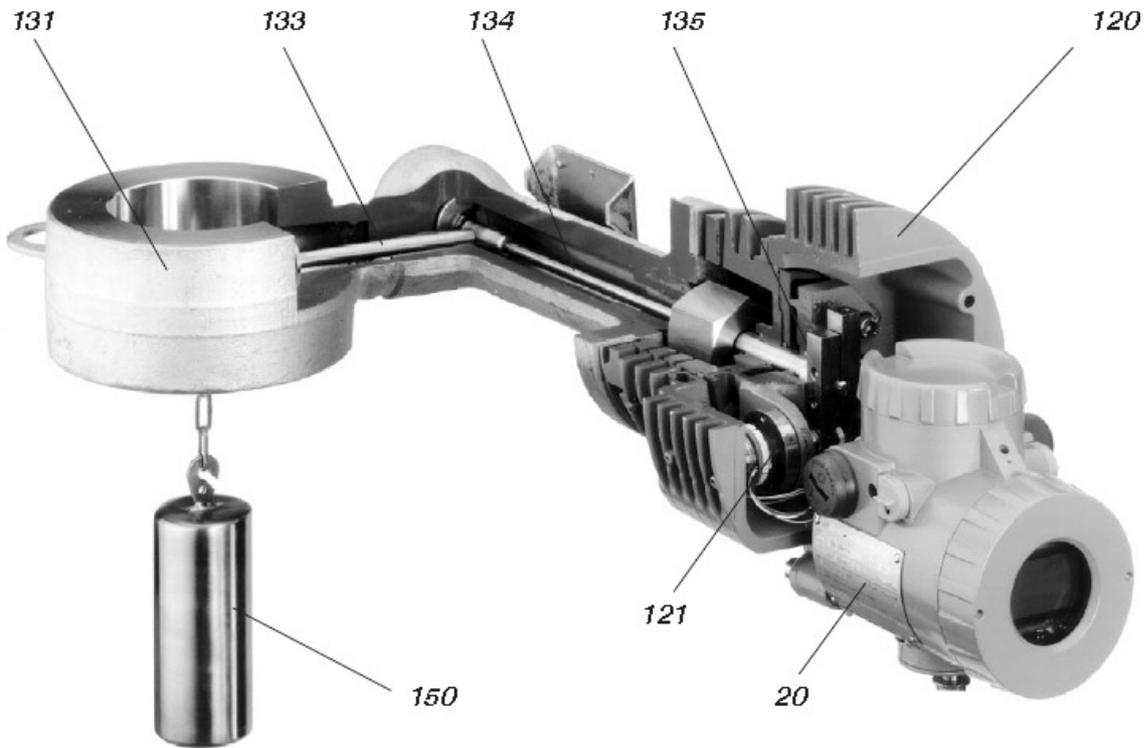
Auszug aus der Inbetriebnahme- und
Wartungsanleitung Typ: 144LD
Foxboro/ Eckardt Niveaumessumformer

Diese Niveaumessmethode beruht auf der Umsetzung des Prinzips des Archimedis. (Siehe auch VDI/VDE 3519 Blatt 1 "Verdrängermethode") Jeder Körper erfährt, abhängig von der Dichte des ihn umgebenden Mediums, eine archimedische Auftriebskraft.

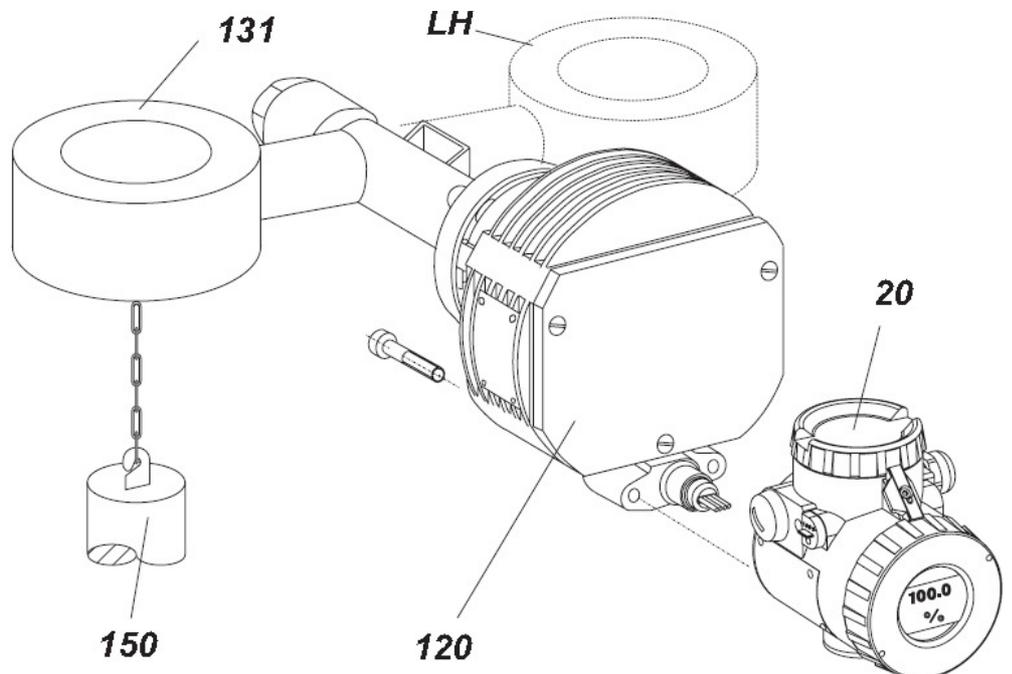
Dies wird zur Füllstands-, Dichte- und Trennschichtmessung ausgenutzt, indem ein Verdrängerkörper mit konstantem Querschnitt in den Behälter eingehängt wird. Seine Auftriebskraft ist proportional zum Füllstand und wird in ein Messsignal umgeformt. Bei Trennschicht- und Dichtemessungen muss der Körper komplett eingetaucht sein. Wichtig ist, dass der Verdränger über den Messbereich möglichst keine Lageänderung erfährt.

Die Auftriebskraft des Verdrängerkörpers **150** wird vom Übertragungshebel **133** über ein Torsionsrohr **134** auf den Klemmhebel **135** des Aufnehmers übertragen, wo sie auf das freie Ende der Messzelle **121** wirkt. Auf der Messzelle sind 4 Metall-Dünnschicht-Dehnmessselemente aufgesputtert, die ihren Widerstand im Verhältnis der Zug- bzw. Druckspannung ändern. Diese 4 Dehnmessselemente sind als Wheatstone'sche Vollbrücke geschaltet, die aus dem Verstärker versorgt wird.

Die der einwirkenden Gewichtskraft proportionale Spannung an der Brückendiagonalen wird dem elektronischen Verstärker als Eingangssignal zugeführt. Der Verstärker wandelt diese Spannung in ein Gleichstromsignal 4 bis 20 mA bzw. in ein Digitalsignal um. Die Versorgung des Verstärkers erfolgt aus dem Signalstromkreis in Zweileitertechnik.



- 20** Verstärker
- 120** Aufnehmergehäuse
- 121** Messzelle
- 131** Sandwich-Gehäuse mit Kühlkörper und Torsionsrohr
- 133** Übertragungshebel
- 134** Torsionsrohr
- 135** Klemmhebel
- 150** Verdrängerkörper mit Aufhängekette
- LH** Ausführung für linksseitigen Anbau



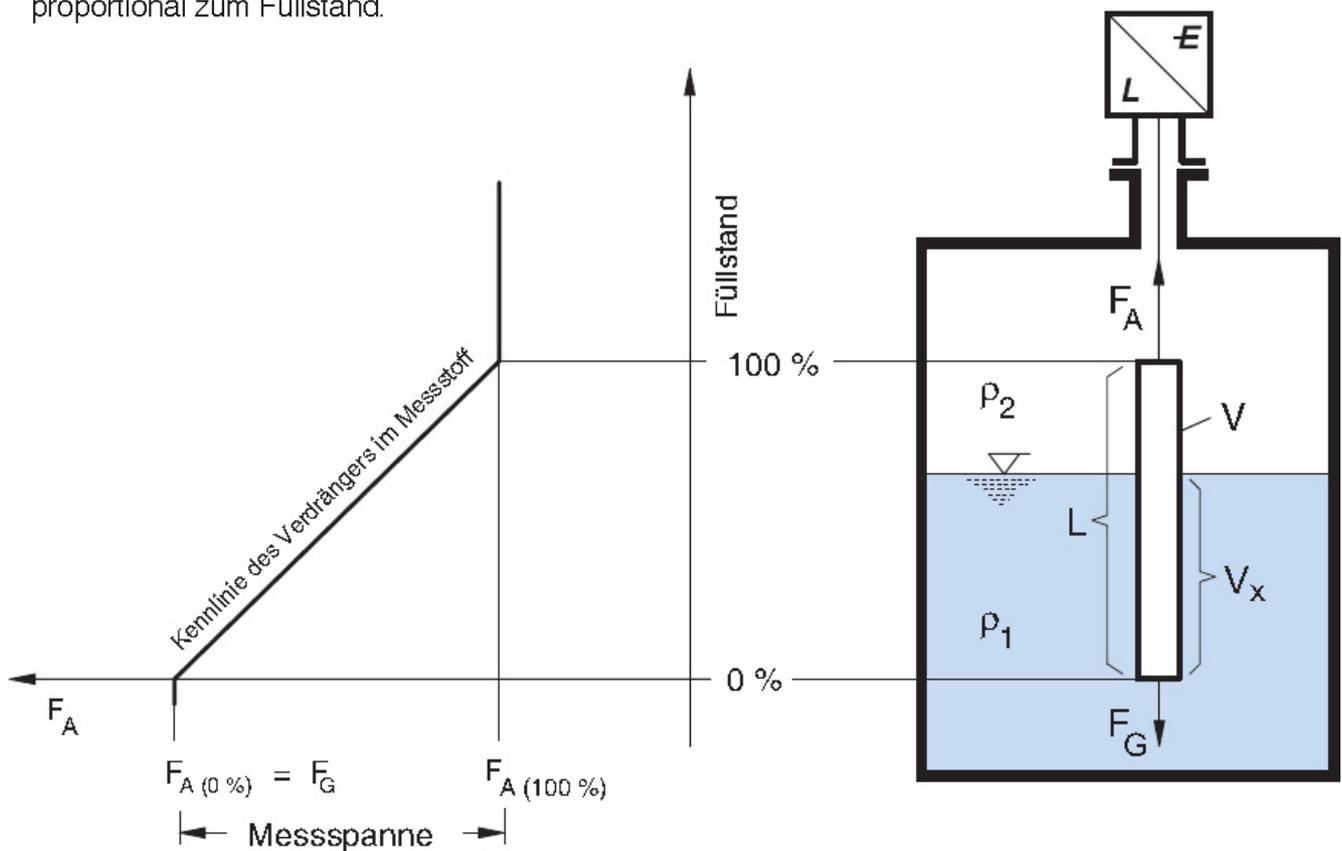


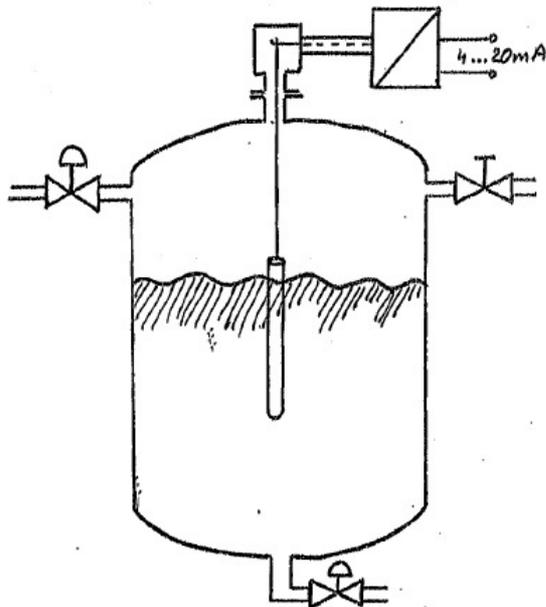
Für die am Verdränger angreifende Auftriebskraft F gilt allgemein:

$$F_A = V_x \cdot \rho_1 \cdot g + (V - V_x) \cdot \rho_2 \cdot g$$

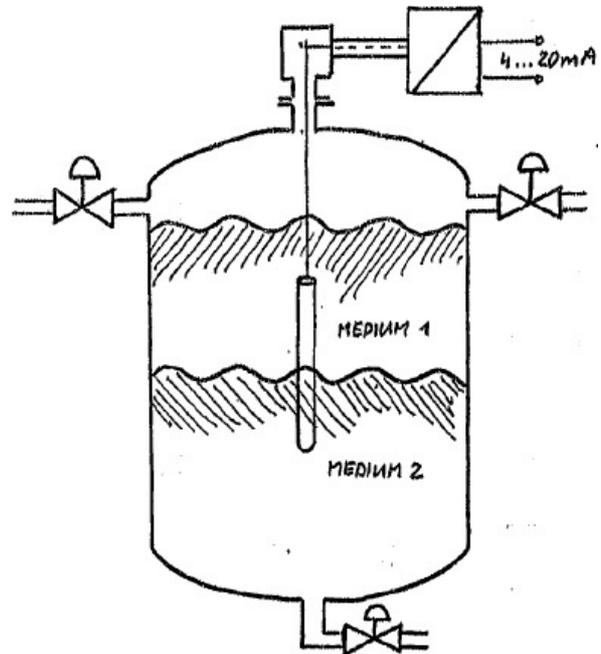
- F_A Auftriebskraft
- V Volumen des Verdrängers
- V_x Volumen des durch den Messkörper verdrängten Stoffes mit der Dichte ρ_1
- ρ_1 mittlere Dichte des schweren Stoffes
- ρ_2 mittlere Dichte des leichteren Stoffes
- g örtliche Fallbeschleunigung
- F_G Gewichtskraft des Verdrängerkörpers

Die am Messumformer wirkende Kraft ist umgekehrt proportional zum Füllstand.

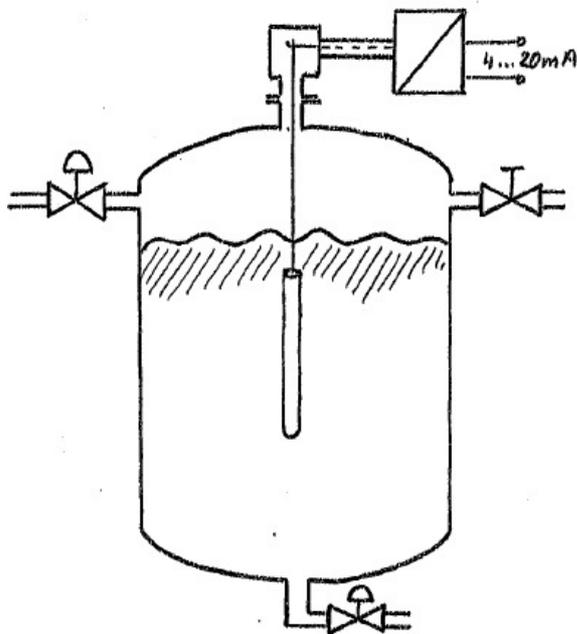




Niveaumessung



Trennschichtmessung



Dichtemessung



VERDRÄNGER

ANFRIEDSKRAFT:

$$F = m \cdot g$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V$$

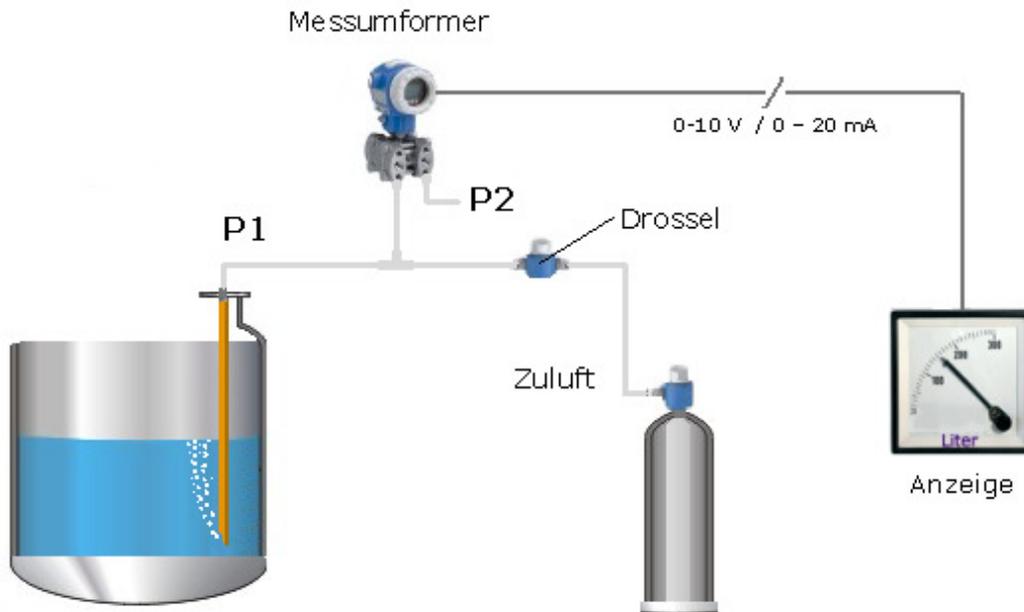
$$V = A \cdot h$$

$$F_A = A \cdot h \cdot \rho \cdot g$$

- F_A = ANFRIEDSKRAFT
- $A \cdot h$ = VOLUMEN DES VERDRÄNGERS (EINTAUCHVOLUMEN)
- ρ = SPEZ. GEWICHT DER FLÜSSIGKEIT
- g = ERDBESCHLEUNIGUNG



5.1.7 Niveaumessung nach dem Einperlverfahren



Luft wird durch ein in ein Medium eingetauchtes Rohr eingeführt. Das untere Ende dieses Tauchrohres hat einen festen Abstand zum Boden des Messortes (Behälter, Gerinne). Der Druck der zugeführten Luft ist höher als der Gegendruck der Wassersäule im Messrohr. Der Überdruck erscheint in Form kleiner Blasen, die aus dem Rohr austreten, an der Oberfläche. Somit ist der Gegendruck ein Maß für den Druck am Boden des Rohrs, der von dem Stand des Mediums erzeugt wird. Da das Rohr eine feste Einbaulage hat, ändert sich dieser Gegendruck immer dann, wenn sich auch der Stand des Mediums ändert. Dieser hydrostatische Druck in Bezug zum Luftdruck wird von einem Differenzdruckregler ausgewertet. Der hydrostatische Druck kann nach dem Pascal'schen Gesetz berechnet werden

$$p(h) = \rho \cdot g \cdot h$$

mit:

$p(h)$ - Hydrostatischer Druck als Funktion der Wasserhöhe; $[p] = \text{Pa}$

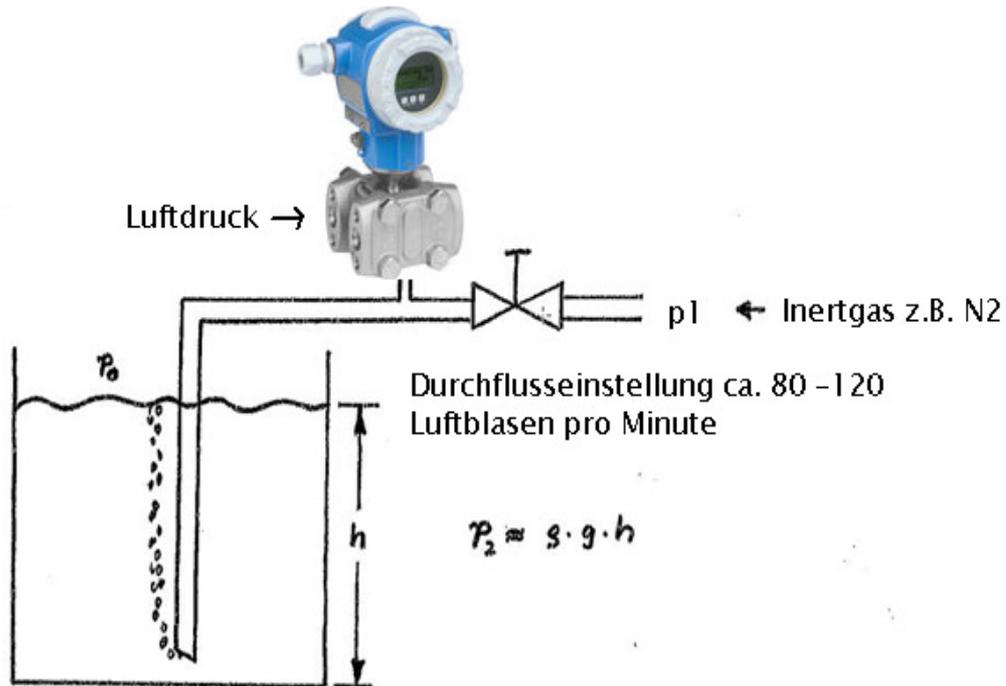
g - Ortsfaktor (Fallbeschleunigung); $[g] = \text{m/s}^2$

ρ - Dichte (für Wasser: $\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$); $[\rho] = \text{kg/m}^3$

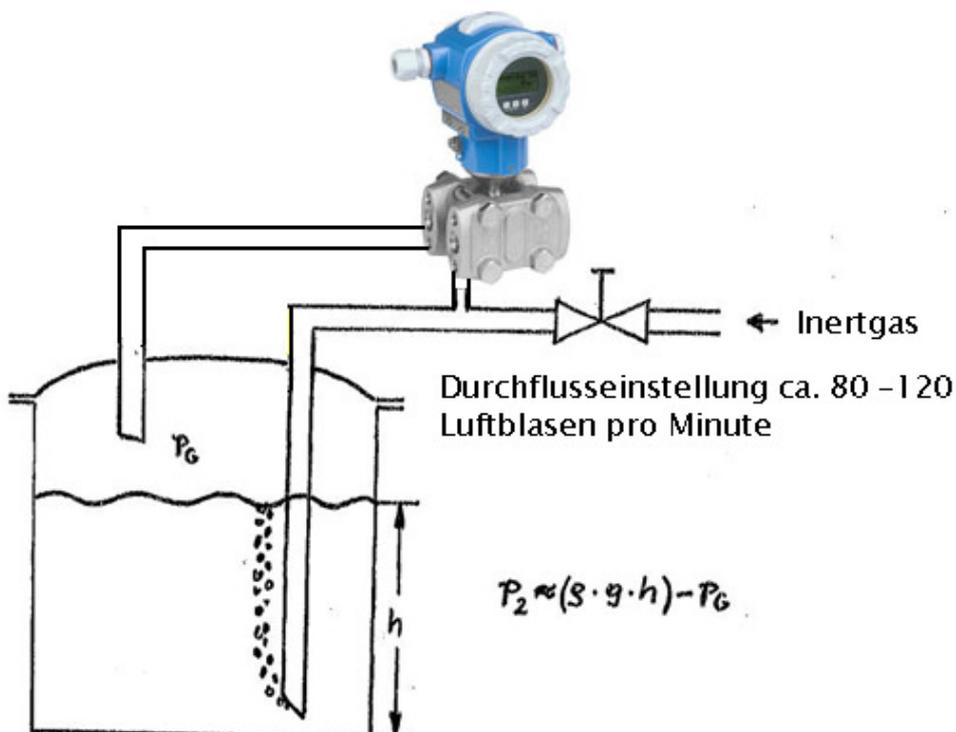
h - Höhe der Flüssigkeitssäule; $[h] = \text{m, cm oder mm}$



5.1.7.1 Offener Behälter



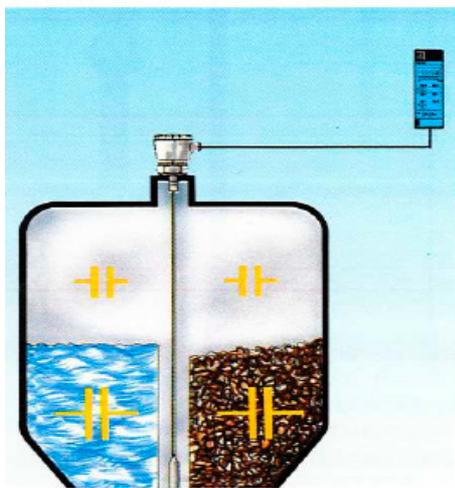
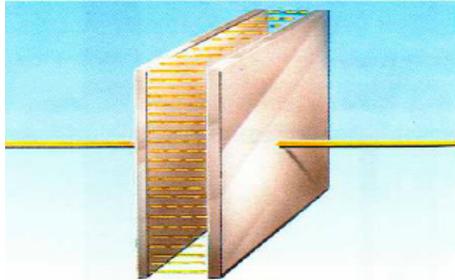
5.1.7.2 Geschlossener Behälter





Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Füllstandsmesstechnik	12. Mai 2021

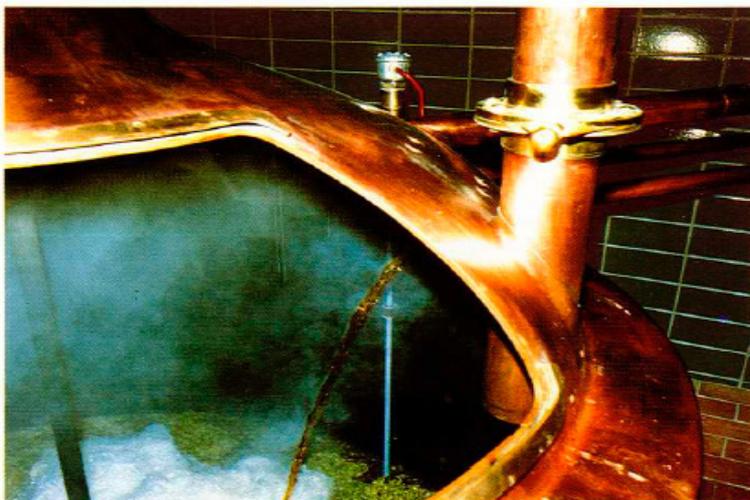
5.1.8 Kapazitive Niveaumessung



Der "Kondensator" wird gebildet aus Sonde und Behälterwand. Durch das Füllgut wird die Kapazität beeinflusst.

Funktionsprinzip

Die Meßsonde bildet mit der metallischen Behälterwand einen Kondensator. Die Kapazität wird dabei durch die Fläche der "Kondensatorplatten" (Sonde und Behälterwand) und dem Abstand zueinander sowie Art und Beschaffenheit des Füllgutes (Dielektrikum) bestimmt. Mit Befüllen des Behälters erhöht sich die Kapazität des Kondensators. Im Elektronikeinsatz der Sonde wird durch diese Kapazitätsänderung ein füllstandsproportionales Signal erzeugt. In nachfolgenden Schalt- oder Meßgeräten wird dieses Signal ausgewertet.



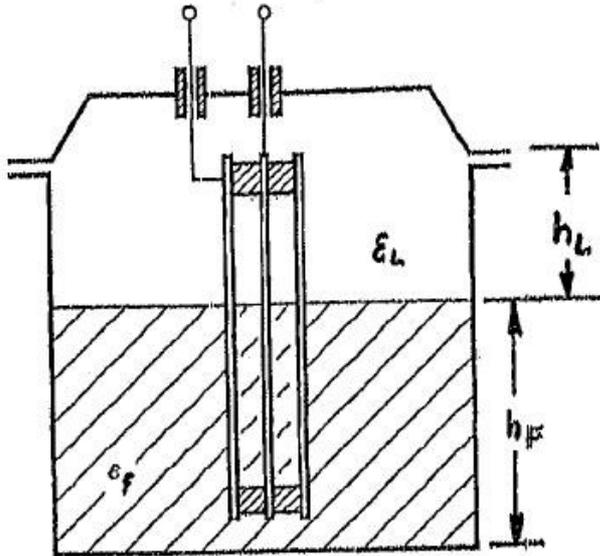
Kontinuierliche Füllstand-Überwachung mit kapazitiver Sonde in der Sudpfanne einer Brauerei



Kapazitive Füllstandmeßeinrichtung zur Niveau-Konstanthaltung an einer Nougat-Gießmaschine in einer Schokoladenfabrik



Messung in einem Behälter mit isolierender Flüssigkeit



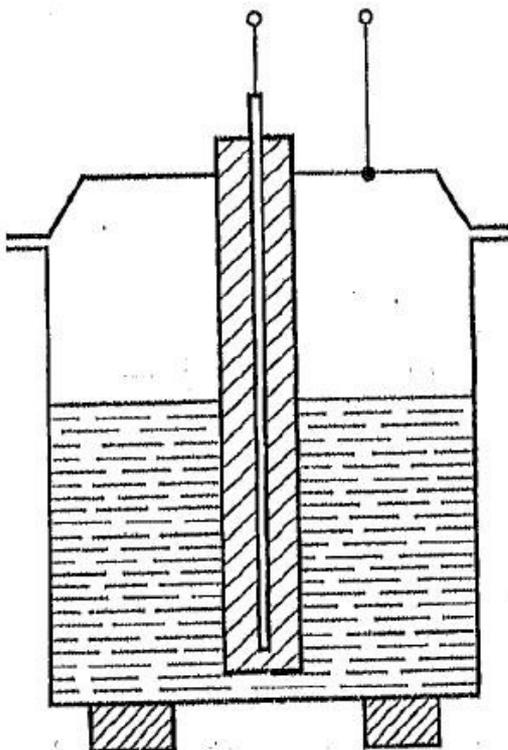
$$\epsilon_L = 1$$

$$C_g = K(h_L \cdot 1 + h_F \cdot \epsilon_f)$$

$$h_L = h - h_F$$

$$\frac{C_g}{K} = h - h_F + h_F \cdot \epsilon_f$$

Messung in einem Behälter mit leitender Flüssigkeit



K: ENTHÄLT ALS KONST. ALLE ABMESSUNGEN UND GRÖSSEN, DIE SICH NICHT ÄNDERN

h_L : HÖHE DES LEERTEILS

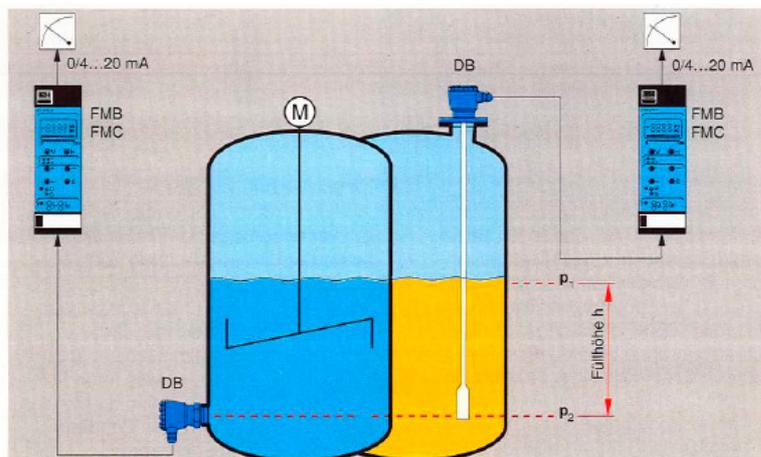
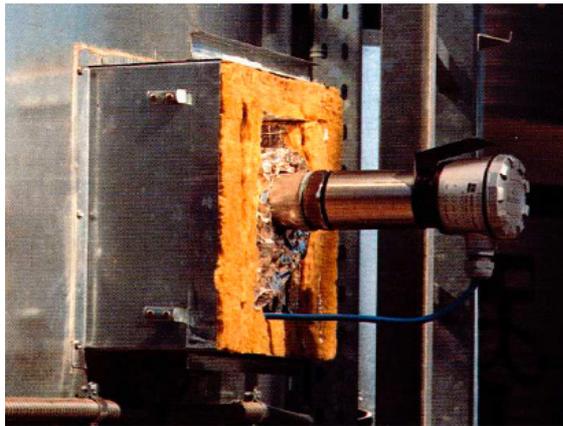
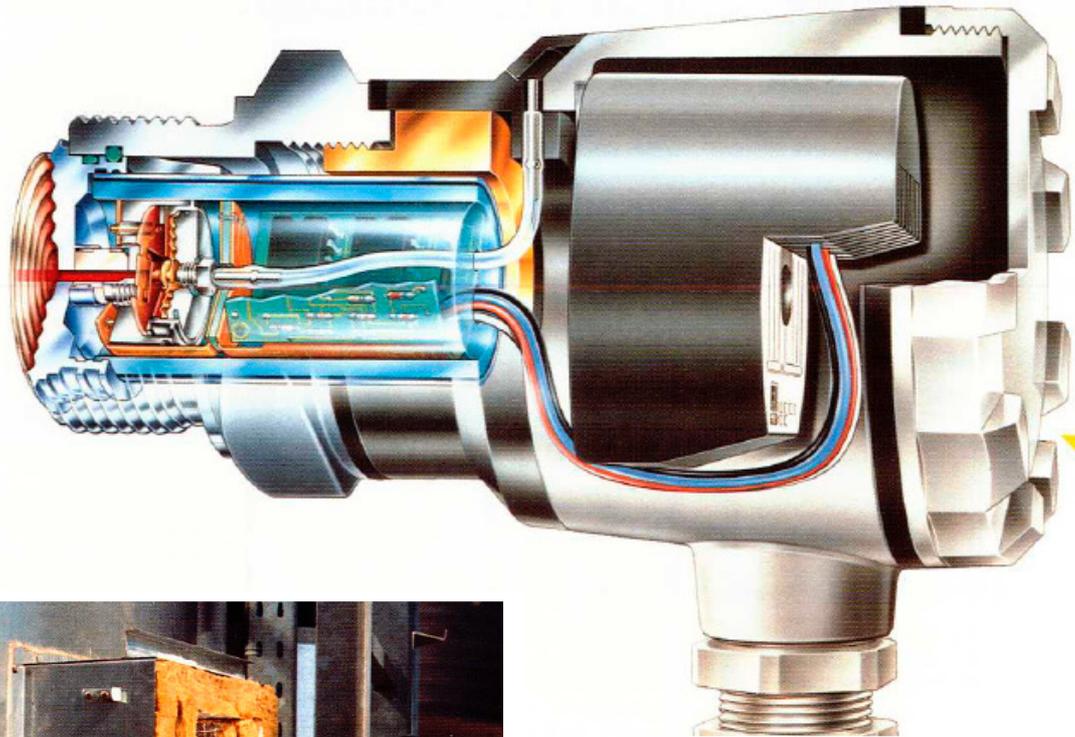
h_F : HÖHE DER FÜLLUNG

ϵ_f : DIELEKTRIZITÄTSKONSTANTE DER FÜLLUNG

$$h_f = \frac{1}{\epsilon_f - 1} \left(\frac{C_g}{K} - 1 \right)$$



5.1.9 Hydrostatische Niveaumessung





Hängedruckmessumformer (Seildruckmessumformer)



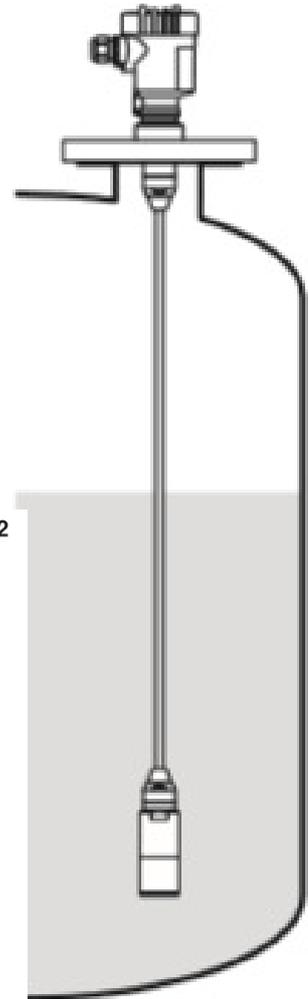
VEGABAR 86



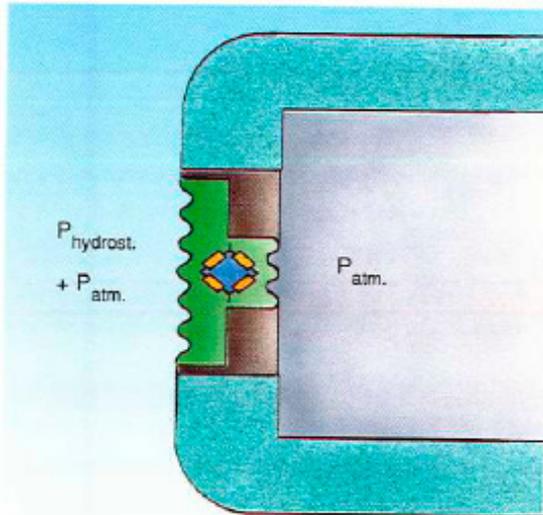
VEGABAR 87



VEGAWELL 52



Messzelle	CERTEC®	METEC®	CERTEC®
Werkstoff Membran	Al ₂ O ₃ -Keramik	Alloy C276	Al ₂ O ₃ -Keramik
Medien	Flüssigkeiten, auch mit abrasiven Inhaltsstoffen	Gase, Dämpfe und Flüssigkeiten, auch viskos	Flüssigkeiten, auch mit abrasiven Inhaltsstoffen
Prozessanschluss	Abspannklemme, lose Verschraubung G1½, Gewinde G1½, Flansche ab DN 50	Abspannklemme, lose Verschraubung G1½, Gewinde G1½, Flansche ab DN 50	Abspannklemme, lose Verschraubung G1, Gewinde G1½
Werkstoff Tragkabel/Verbindungsrohr	PE, PUR, FEP, 316L	FEP, 316L	PE, PUR, FEP
Werkstoff Messwertempfänger	316L, PE-Überzug, PVDF	316L	316L
Messzellendichtung	FKM, EPDM, FFKM	-	FKM, EPDM, FFKM
Druckmittlerflüssigkeit	Trockenes Messsystem	Medizinisches Weißöl	Trockenes Messsystem
Messbereich	0 ... +25 bar/0 ... +2500 kPa (-14,5 ... +362,6 psig)	0 ... +25 bar/0 ... +2500 kPa (-14,5 ... +362,6 psig)	0 ... +25 bar/0 ... +2500 kPa (-14,5 ... +362,6 psig)
Kleinster Messbereich	0,025 bar/2,5 kPa (1,45 psig)	0,1 bar/10 kPa (1,45 psig)	0,1 bar/10 kPa (1,45 psig)
Prozesstemperatur	-40 ... +100 °C (-40 ... +212 °F)	-12 ... +100 °C (+10,4 ... +212 °F)	-20 ... +80 °C (-4 ... +176 °F)
Messabweichung	< 0,1 %; < 0,2 %	< 0,1 %; < 0,2 %	< 0,1 %; < 0,2 %
Signal Ausgang	<ul style="list-style-type: none"> 4 ... 20 mA 4 ... 20 mA/HART PA FF Modbus 	<ul style="list-style-type: none"> 4 ... 20 mA 4 ... 20 mA/HART PA FF Modbus 	<ul style="list-style-type: none"> 4 ... 20 mA 4 ... 20 mA/HART

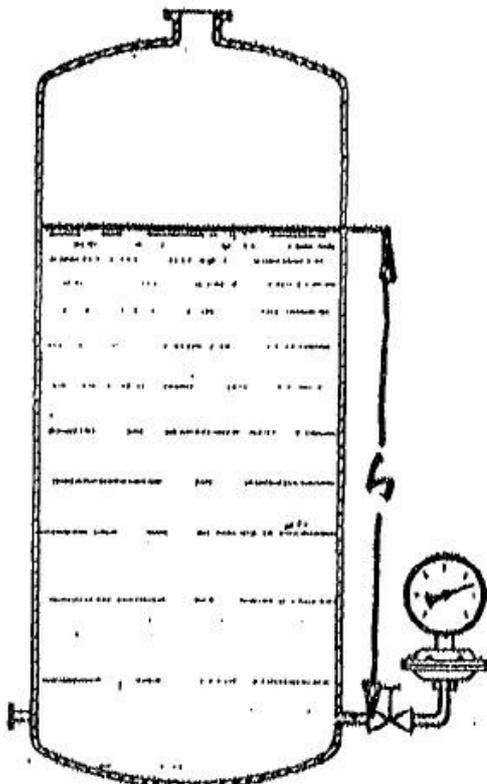


Funktionsprinzip

Beim hydrostatischen Meßprinzip nutzt man den Schweredruck einer Flüssigkeit zur kontinuierlichen Füllstandmessung. Der auf die Druckmeßzelle einwirkende hydrostatische Druck wird in ein füllhöhenproportionales elektrisches Signal umgesetzt. Durch nachgeschaltete Meßgeräte kann der Meßwert angezeigt und als normiertes Strom- /Spannungssignal ausgegeben werden. Unter Berücksichtigung der Behältergeometrie ist auch die Volumenanzeige z.B. in %, kg, hl oder m³ möglich.

Hermetisch geschlossene Meßzelle

Bodendruckmessung am offenen Behälter



$$p = \frac{\text{Kraft } (F)}{\text{Fläche } (A)}$$

$$\text{und } p = \frac{\text{Gewicht } (G)}{\text{Fläche } (A)}$$

$$G = \text{Volumen} \cdot \text{spez. Gew.}$$

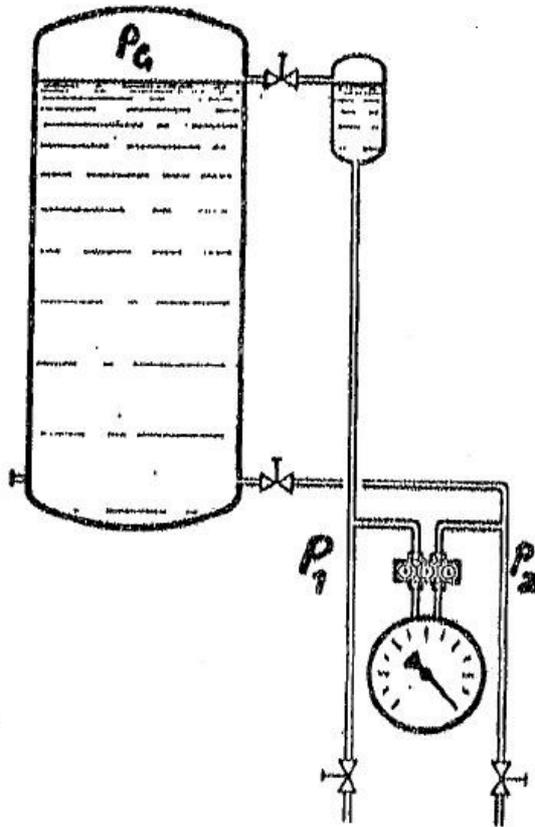
$$\Rightarrow p = \frac{V \cdot \rho}{A} \quad V = A \cdot h$$

$$\Rightarrow p = \frac{A \cdot h \cdot \rho}{A}$$

$$\Rightarrow h = \frac{p}{\rho}$$



Bodendruckmessung am geschlossenen Behälter



$$\begin{aligned}\Delta p &= p_1 - p_2 \\ p_1 &= p_0 + p_G \\ p_2 &= h \cdot \gamma + p_G \\ \Delta p &= p_0 + p_G - [h \cdot \gamma + p_G] \\ &= p_0 - h \cdot \gamma \\ \Rightarrow h &= \frac{p_0 - \Delta p}{\gamma}\end{aligned}$$

Spezifisches Gewicht $\gamma = \frac{G}{V} \left[\frac{N}{m^3} \right]$ $G = m \cdot g$ (WICHTE)

DICHTE $\rho = \frac{m}{V}$ $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$

$$\rho = \frac{m \cdot \gamma}{G}$$



5.1.10 Radioaktive Niveaumessung

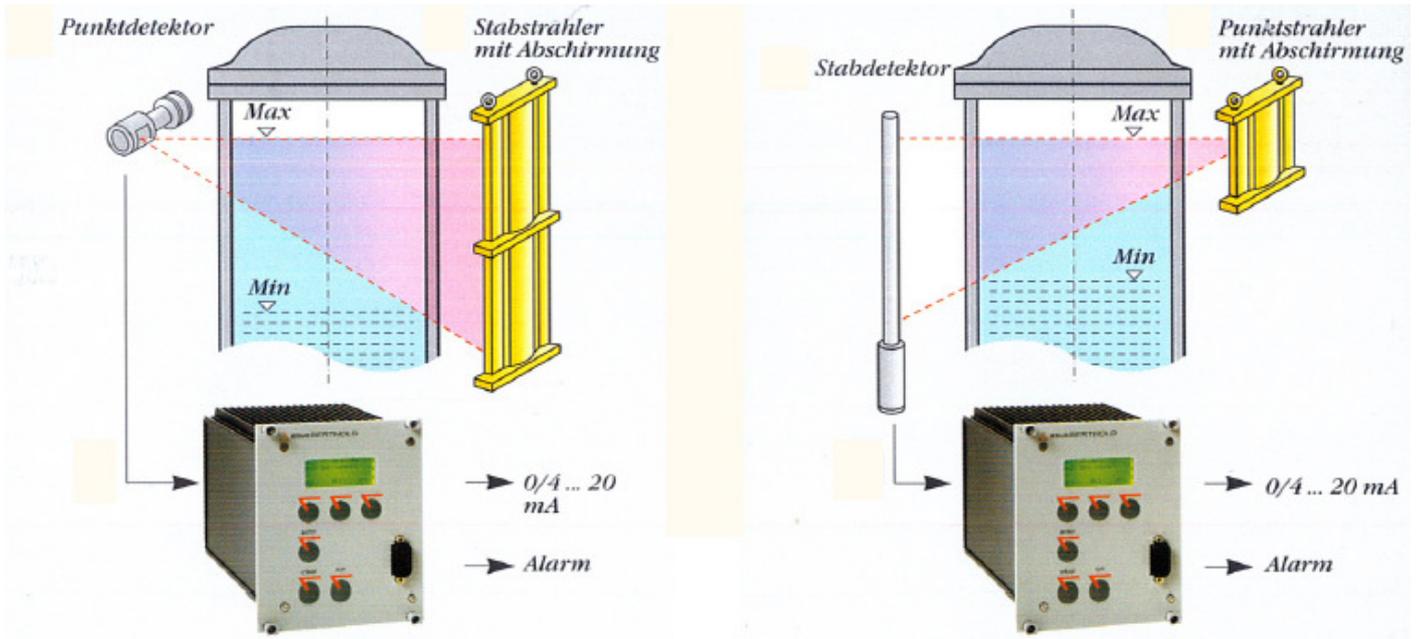


Bild 1

Auswerteeinheit LB 440

Bild 2

Auswerteeinheit LB 440

Punktstrahler

Detektor

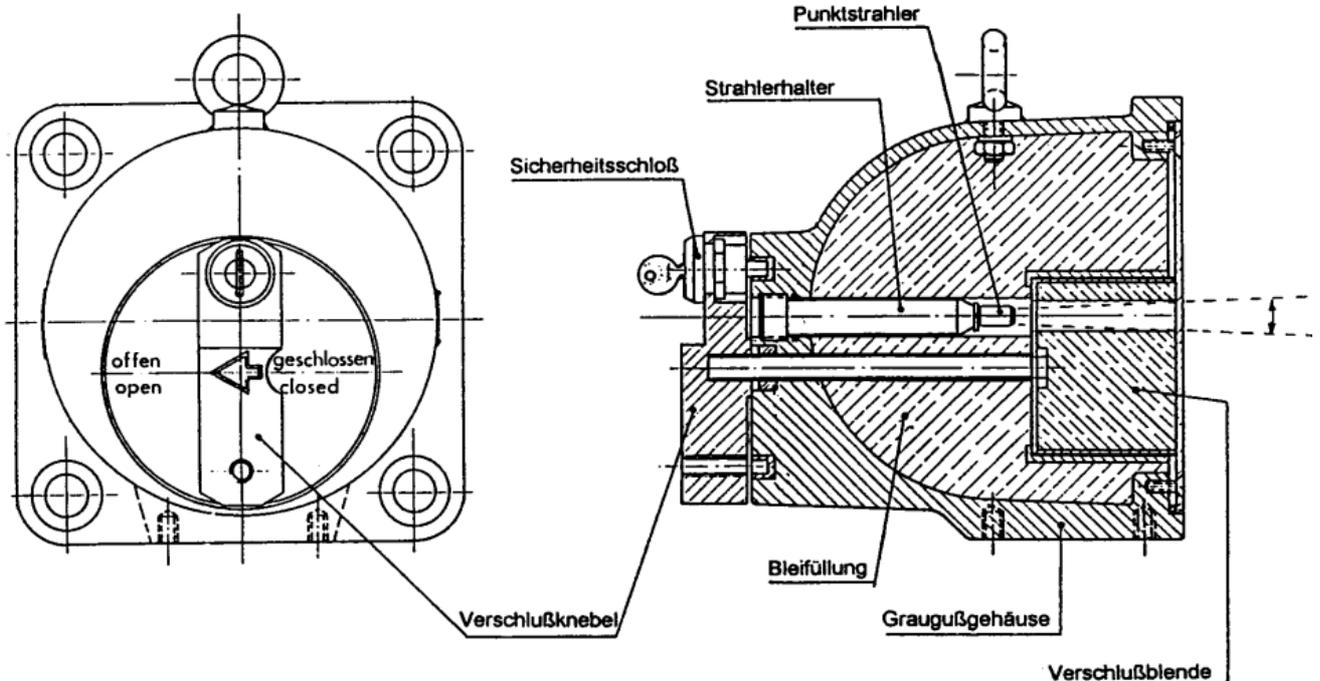
Auswertelektronik



FA. Endress + Hauser



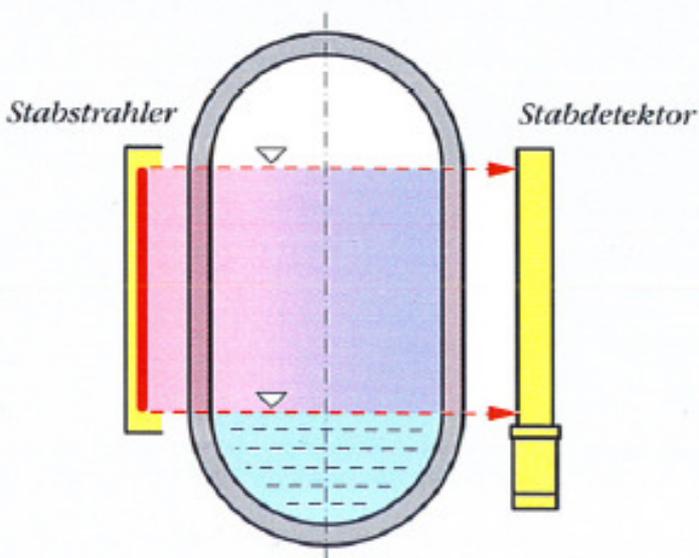
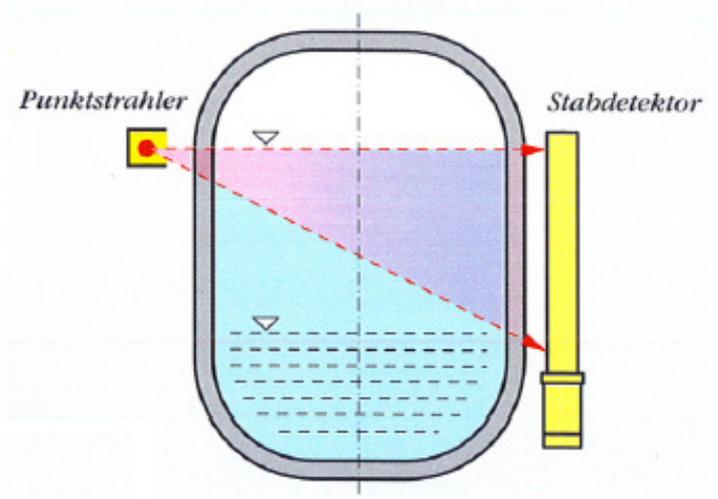
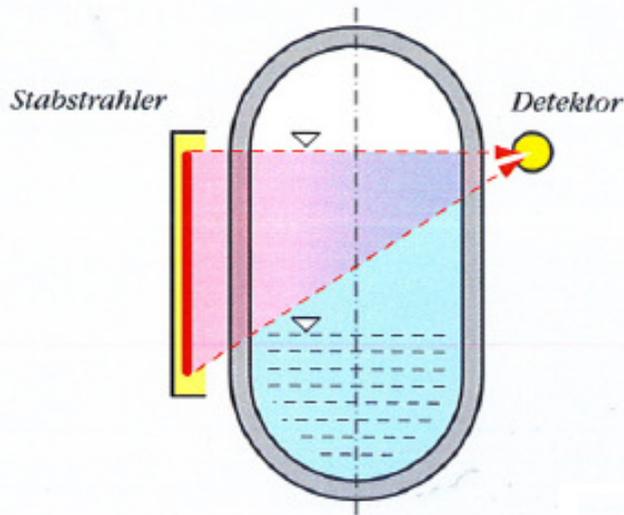
Punktstrahler (Fa. Berthold Technologies)



Abschirmung für Punktstrahler



5.1.10.1 Strahler- und Detektoranordnungen





5.1.10.2 Anwendungsgebiete radiometrischer Messanordnungen (Fa. Berthold)

5.1.10.2.1 Dichte-Messung

Die berührungslose, kontinuierliche Dichte- und Konzentrationsmessung ist sowohl an Rohrleitungen von 21 bis über 1000 mm Durchmesser, als auch an Behältern möglich. Das Messverfahren ist unabhängig von Farbe, Viskosität, Leitfähigkeit und den chemischen Eigenschaften des Produktes. Die Montage erfolgt entweder von außen an die bestehende Rohrleitung (Bild 1) oder es wird speziell bei kleinen Rohrdurchmessern eine Messstrecke (Bild 2) in das Rohrleitungssystem eingefügt. Für spezielle Applikationen kann eine genehmigungsfreie Messstrecke mit ^{241}Am als Gammaquelle eingesetzt werden. Alterungs- und Temperatureinflüsse werden elektronisch kompensiert,

Anwendungsbe- reiche

- Chemie
- Raffinerien
- Kraftwerke
- Zement, Keramik
- Nahrungsmittel
- Kohle
- Stahlindustrie

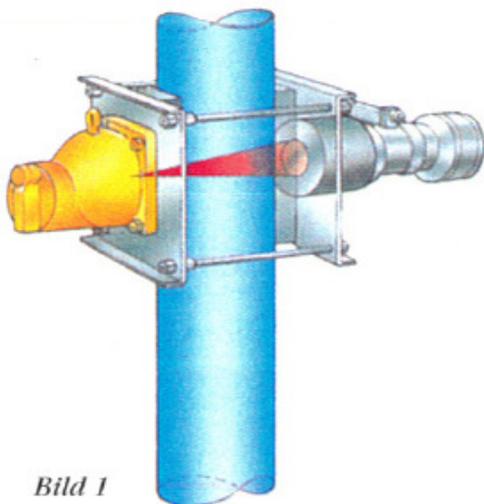


Bild 1

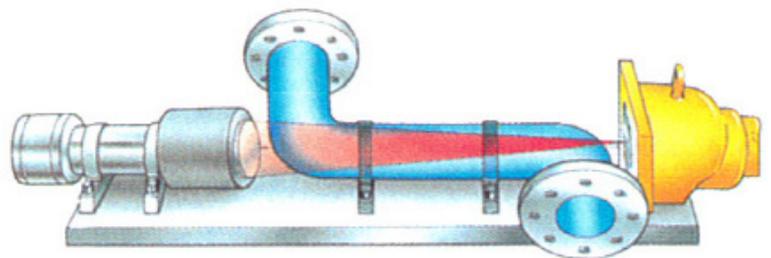


Bild 2

Folgende technische Daten werden benötigt:

- Dichtebereich
- Produkttemperaturbereich
- Für Suspensionen: Feststoffdichte, Flüssigkeitsdichte, min./max. Dichte
- Für Flüssigkeiten: Messbereich in kg/m^3 , min./max.
- Konzentration, chemische Formel, wenn möglich
- Geforderte Genauigkeit
- Außendurchmesser der Rohrleitung
- Wandstärke und -material, Auskleidungen
- Hinweis auf mögliche Gaseinschlüsse an der Messstelle.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Füllstandsmesstechnik	12. Mai 2021

5.1.10.2 Füllstandsmessung

Die Messung von kontinuierlichen Füllständen und Grenzhöhen erfolgt on-line und berührungslos. Durch die externe Anordnung können Messungen an Hochdruckbehälter und an aggressiven Produkten problemlos realisiert werden. Für die kontinuierliche Erfassung des Füllstandes stehen verschiedene Anordnungen zur Verfügung, die an die jeweilige Behälterform angepasst werden. Bei der Anordnung mit Stabstrahler und NaI-Szintillationsdetektor (Bild 3) erfolgt die Linearisierung des Messsignals bereits durch die Strahlerkonfigurierung. Alternativ kann die Messung mit Plastik-Szintillationsdetektor und punktförmiger Strahlungsquelle (Bild 4) realisiert werden. Für die Detektion von Grenzhöhen wird ein Meßsystem aus punktförmiger Strahlungsquelle und Geiger-Müller-Zählrohr (Bild 5) eingesetzt. Ein Prozessormodul in 19" Technik (4TE) liefert das Grenzsinal.

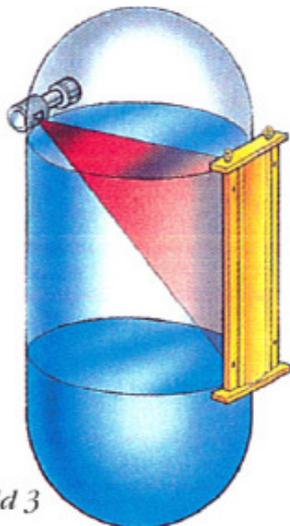


Bild 3

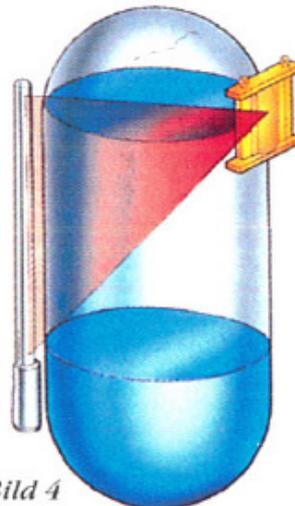


Bild 4

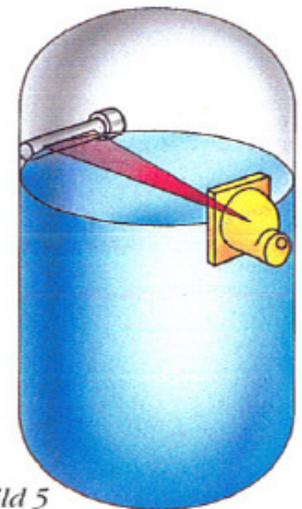


Bild 5

Folgende technische Daten werden benötigt:

- Art und Abmessungen des Behälters
- Alle zu durchstrahlenden Wandstärken mit den entsprechenden Dichten
- Größe und Lage des gewünschten Messbereichs
- Dichte und besondere Eigenschaften des Behälterinhalts
- Bei Hochdrucksystemen Gasdichte unter Betriebsbedingungen
- Maximale Füllstandsänderungsgeschwindigkeit



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Füllstandsmesstechnik	12. Mai 2021

5.1.10.2.3 Massenstrombestimmung

Die Massenstrombestimmung von Schüttgütern kann an bestehende Fördersysteme auf einfache Weise mittels Messbügel (Bild 6) angebaut werden. Es treten keinerlei Verschleißerscheinungen auf, da die Messung berührungslos und ohne bewegte Teile arbeitet. Der Platzbedarf des Meßsystems ist sehr gering und es sind keine Beruhigungsstrecken des Massenstromes erforderlich. Die Massenstrombestimmung kann auch im „Freien Fall“ (Bild 7) an Übergabestellen erfolgen. Auch diese Messung arbeitet online und berührungslos.

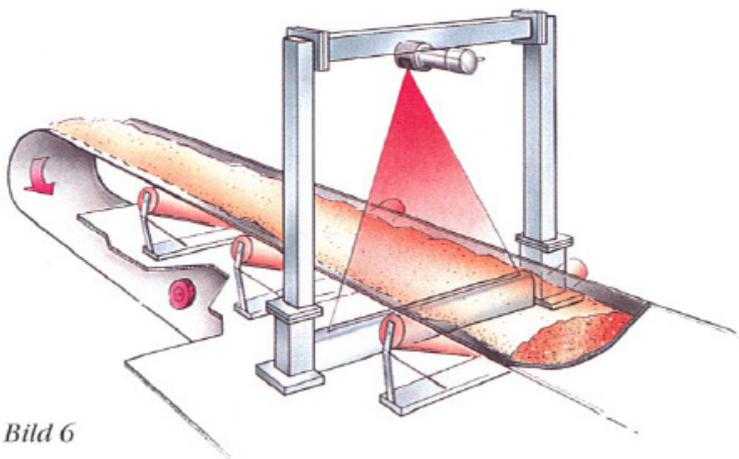


Bild 6

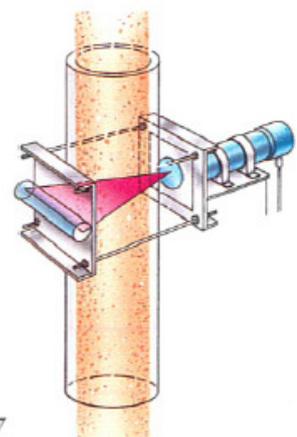


Bild 7

Folgende technische Daten werden benötigt:

- Art und Profil des Fördersystems
- Typischer Massendurchsatz (min/max/normal)
- Gefördertes Produkt, Korngröße
- Typische Belegungshöhe
- Produktgeschwindigkeit (min/max/normal)
- Geforderte Genauigkeit



5.1.10.2.4 Neutronen-Feuchtemessung

Zur Bestimmung des Feuchtegehaltes in Schüttgütern wird die kontinuierlich arbeitende Neutronen-Feuchtemessung eingesetzt. Hierzu kann wahlweise die Bunkersonde (Bild 8) zur Installation im Behälter oder die Oberflächensonde (Bild 9) zur externen Montage verwendet werden. Ein repräsentativer Feuchtwert wird durch die Erfassung aller Wassermoleküle, unbeachtet ihrer physikalischen oder chemischen Bindung, in einem großen Messvolumen ermittelt. Farbe, Temperatur, Druck, pH-Wert oder andere elektrolytische Bestandteile im Messprodukt beeinflussen diese Feuchtemessung nicht.

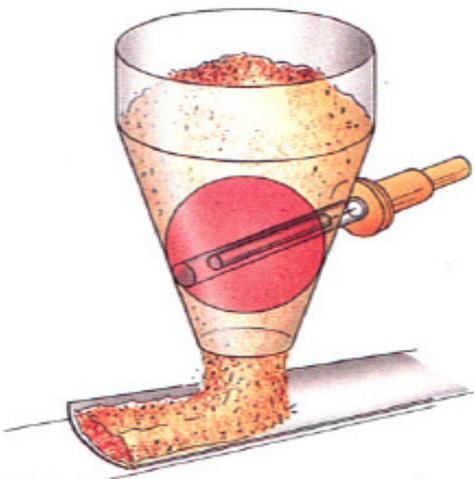


Bild 8

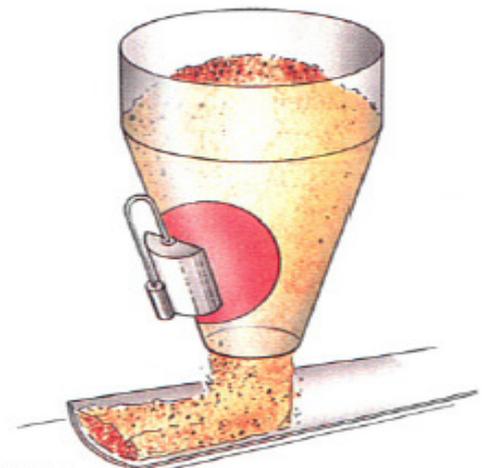


Bild 9

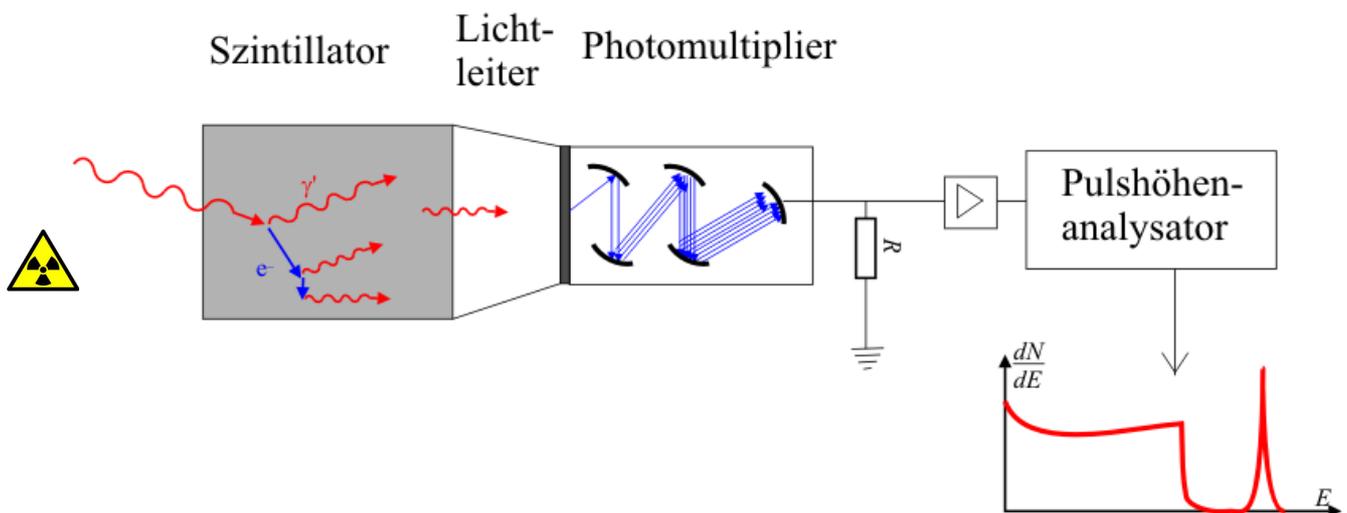
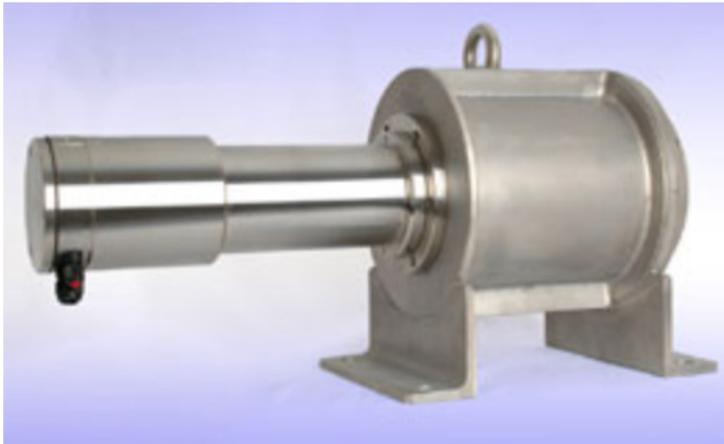
Folgende technische Daten werden benötigt:

- Art und chemische Zusammensetzung des Messproduktes
- Feuchtemessbereich
- Kristallwassergehalt (min/max/normal)
- Schüttgewicht (min/max/normal)
- Geforderte Genauigkeit
- Produkttemperatur
- Korngrößenverteilung



5.1.11 Detektoren

Szintillationszähler (Super-Sens von Berthold)



Im Kopf des Messgerätes befindet sich ein gegen äußeren Lichteinfall (und Feuchtigkeit; z. B. bei Verwendung von sehr hygroskopischem Natriumiodid) geschützter Szintillator, in dem durch die ionisierende Strahlung (indirekt) mehrere Lichtblitze ausgelöst werden, deren Anzahl von der Energie der einfallenden Strahlung abhängt. Diese sehr schwachen Lichtblitze setzen aus der Photokathode des dahinter angebrachten Photomultipliers Elektronen frei (Photoeffekt). Diese Elektronen werden durch Stöße an den Elektroden im Photomultiplier lawinenartig vervielfacht.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Füllstandsmesstechnik	12. Mai 2021

An der Anode kann dann ein gut messbarer Stromimpuls abgenommen werden, dessen Amplitude von der Energie der einfallenden Strahlung abhängig ist. Bei besonders kompakten Szintillationszählern wird anstelle des Photomultipliers auch eine empfindliche Photodiode eingesetzt.

Je nach Szintillator eignet sich ein Szintillationszähler zur Messung von Alpha-, Beta-, Gamma- oder Neutronenstrahlung.

Für das transparente Szintillationsmaterial kommen sowohl anorganische Salze als auch organische Kunststoffe oder Flüssigkeiten in Frage (siehe Szintillator). Anorganische Substanzen haben den Vorteil, dass man mit ihnen eine höhere Dichte erzielen kann, was für Gammastrahlung die Absorptionsfähigkeit und damit die Empfindlichkeit des Zählers verbessert. Ein häufig eingesetzter Stoff ist Natriumiodid (NaI), welches für diesen Zweck mit geringen Mengen Thallium (Tl, ca. 0,1 %) dotiert wird. Andere Materialien sind zum Beispiel Lanthanchlorid (LaCl_3) oder Cäsiumiodid (CsI)^[1], sowie das auch für höherenergetische Gammastrahlung empfindliche Bismutgermanat (BGO) ($\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$) und das mit Ce^{3+} dotierte Lutetium-Yttrium-Oxid-*ortho*-Oxosilicat (Lutetiumyttriumoxyorthosilicat, $\text{LuYO}[\text{SiO}_4]$) oder Lutetium-Oxid-*ortho*-Oxosilicat (Lutetiumoxyorthosilicat, $\text{Lu}_2\text{O}[\text{SiO}_4]$).

(Wikipedia)

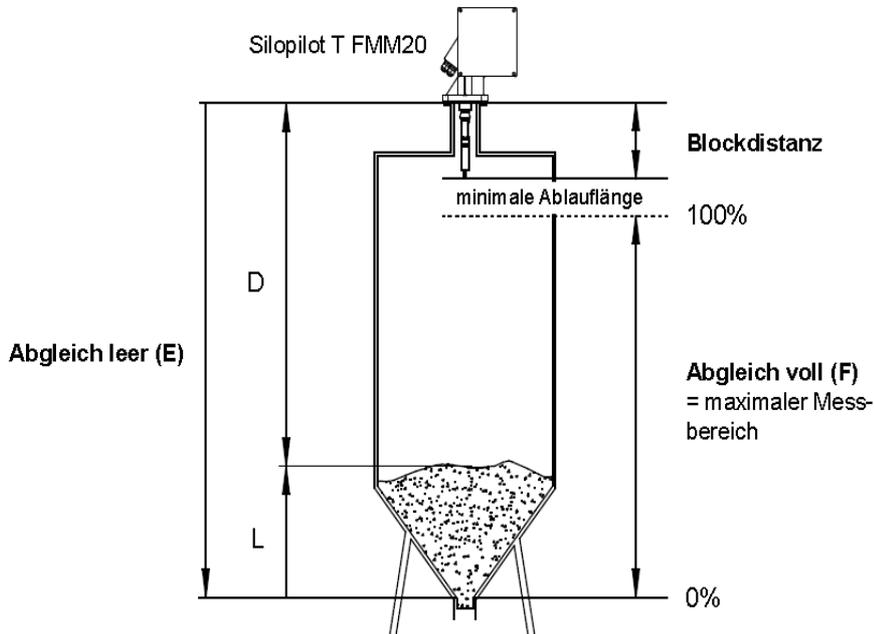


Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Füllstandsmesstechnik	12. Mai 2021

5.1.12 Lotsystem-Niveaumessung (Silopilot T, Fa. Endress + Hauser)



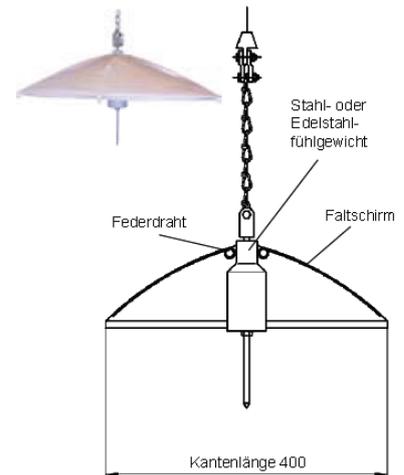
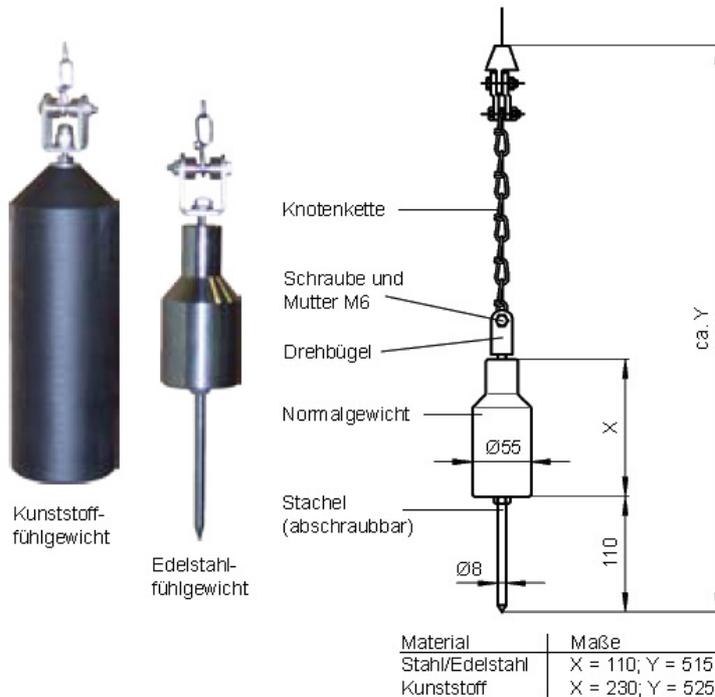
- Messung von Füllständen bis 32 m unabhängig von den Füllguteigenschaften
- Genauigkeit $\pm 2,5$ cm bzw. ± 1 Impuls, daher präzise Erfassung des geloteten Füllstands
- Kompaktgerät (Gewicht nur 11,5 kg)
- 0/4 – 20 mA Stromausgang sowie weitere frei programmierbare Zählgänge (z.B. Zählimpulse)
- Einfache, menügeführte Vor-Ort-Bedienung über vierzeiliges Klartext-Display
- Vollelektronische digitale Minimum-Sicherheitsschaltung, daher kein Abtauchen in den Siloauslauf, keine Beeinträchtigung der Förderorgane Versorgung über Weitspannungsnetzteil (90 – 253 VAC) oder optional 24 VDC mit leistungsfähigem Motor (150 N Zugkraft)
- Optionale Ausführung mit Staub-Ex-Zertifikat zum Einsatz in staubexplosionsgefährdeten Bereichen der Zonen 20, 21 und 22 (Messumgebung) bzw. der Zonen 21 und 22 (Geräteumgebung), Kategorie 1/2D



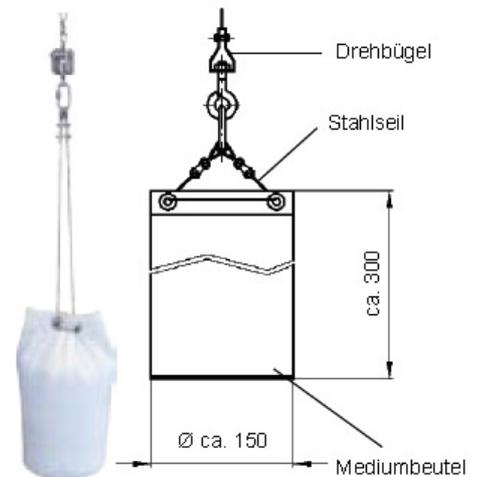
Füllhöhe (L) = Abgleich leer (E) – ermittelte Distanz Flansch zu Füllgutoberfläche (D)

Füllgewichte

Standardgewicht



Fallschirm





Rheinische Fachhochschule Köln

University of Applied Sciences

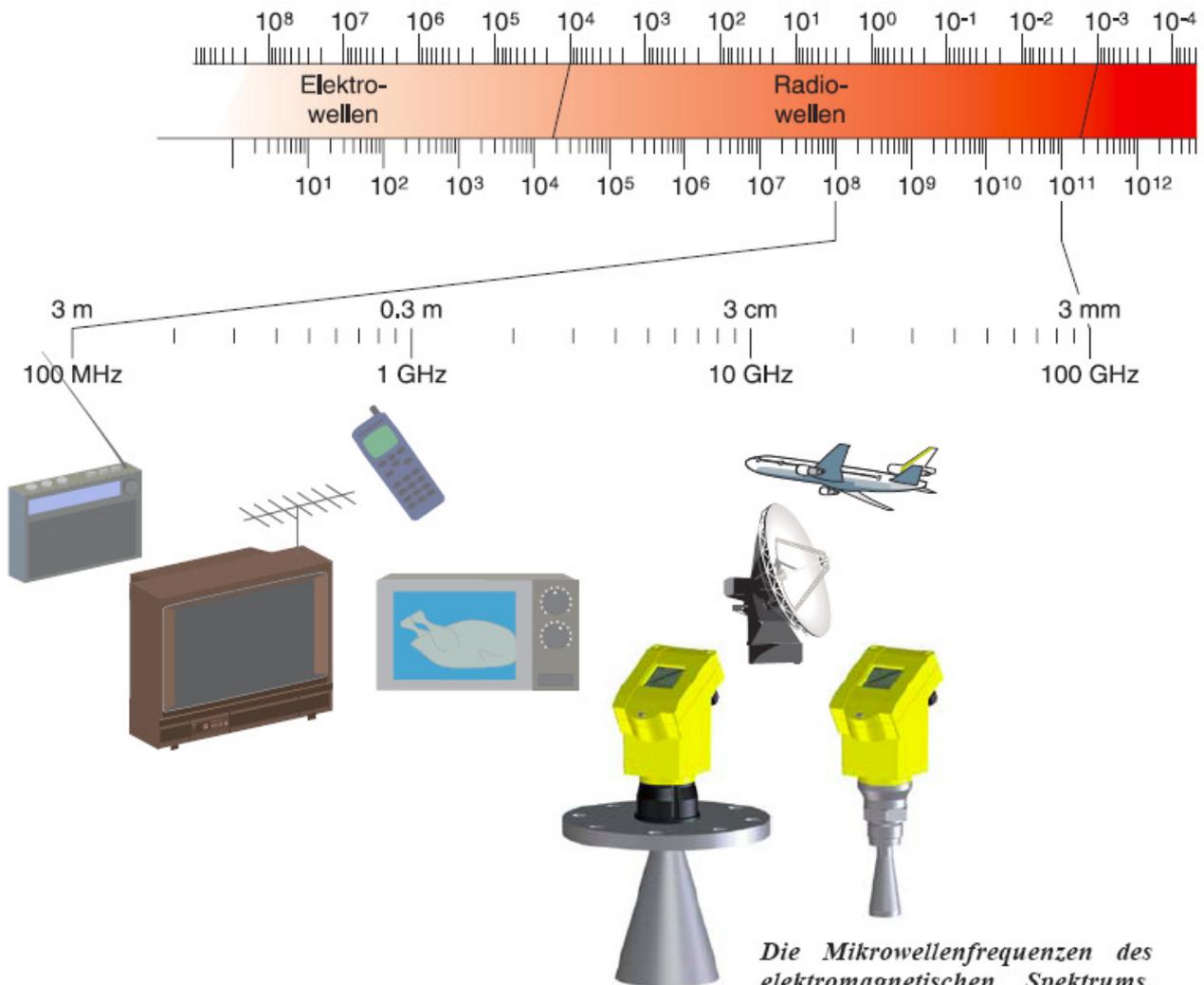
Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEI)	Füllstandsmesstechnik	12. Mai 2021

Füllgutbeutel



5.1.13 Ultraschall- und Radarniveaumessung

Das elektromagnetische Spektrum



Die Mikrowellenfrequenzen des elektromagnetischen Spektrums. Der Bereich für Radar-Füllstandmessungen liegt zwischen 6,3 GHz (4,7 cm) und 26 GHz (1,15 cm).

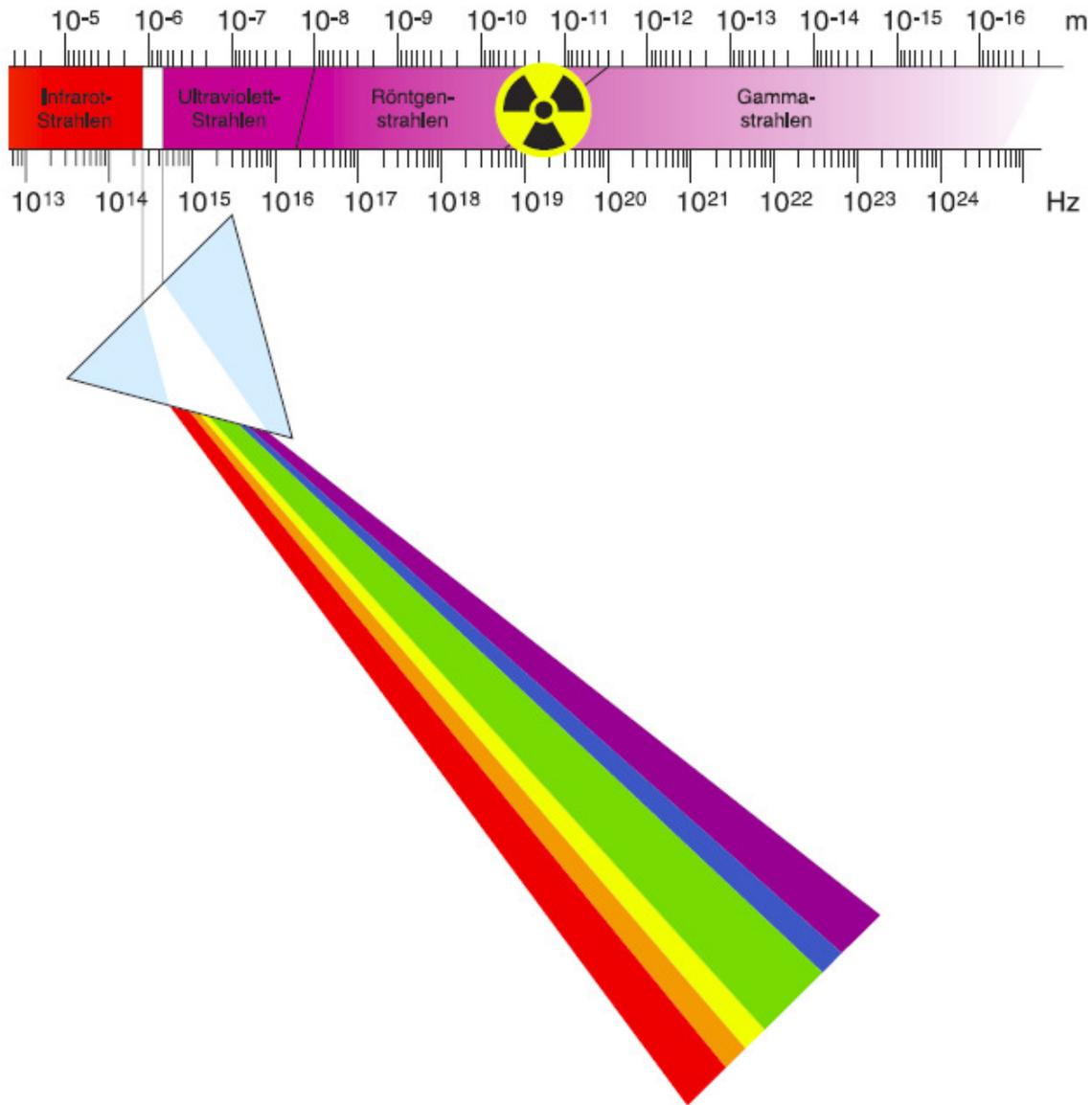
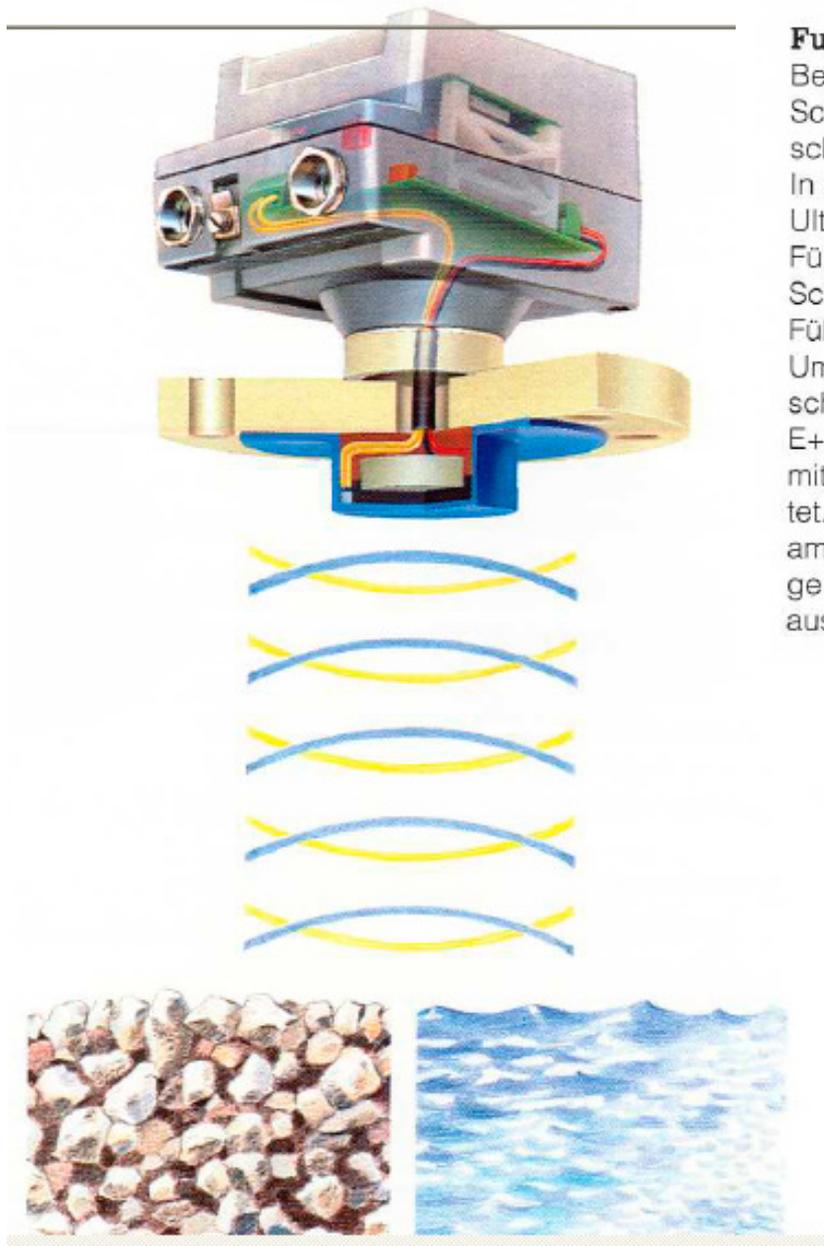


Abb. 2.2: Elektromagnetisches Spektrum

Alle elektromagnetischen Wellen breiten sich mit Lichtgeschwindigkeit im freien Raum aus. Dieses Spektrum zeigt die Frequenzbereiche und die Wellenlängen von elektrischen Wellen bis zu Gammastrahlen.



5.1.13.1 Ultraschallniveaumessung

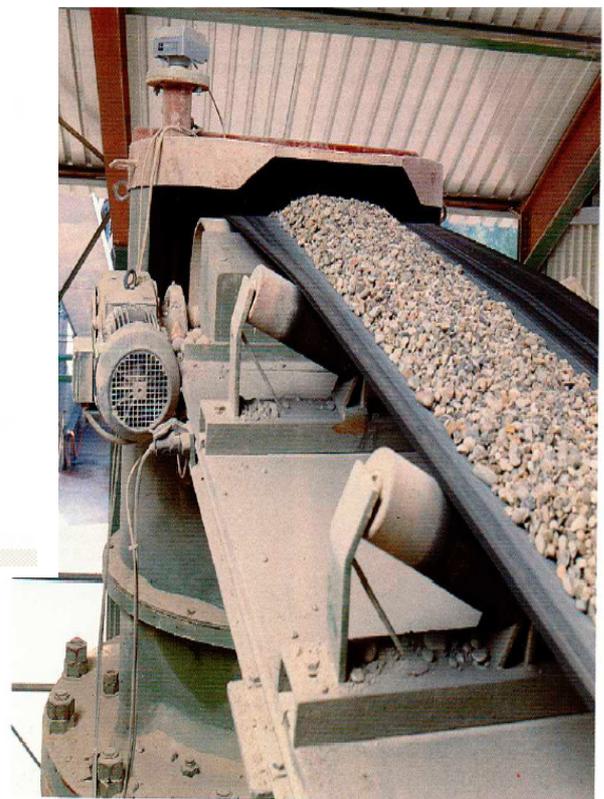


Funktionsprinzip

Beim Ultraschall-Meßprinzip wird die Schalllaufzeit eines reflektierten Ultraschallimpulses gemessen.

In rascher Folge gibt der Sensor kurze Ultraschallimpulse ab, die von der Füllgutoberfläche reflektiert werden. Die Schalllaufzeit wird in ein Maß für die Füllhöhe umgerechnet.

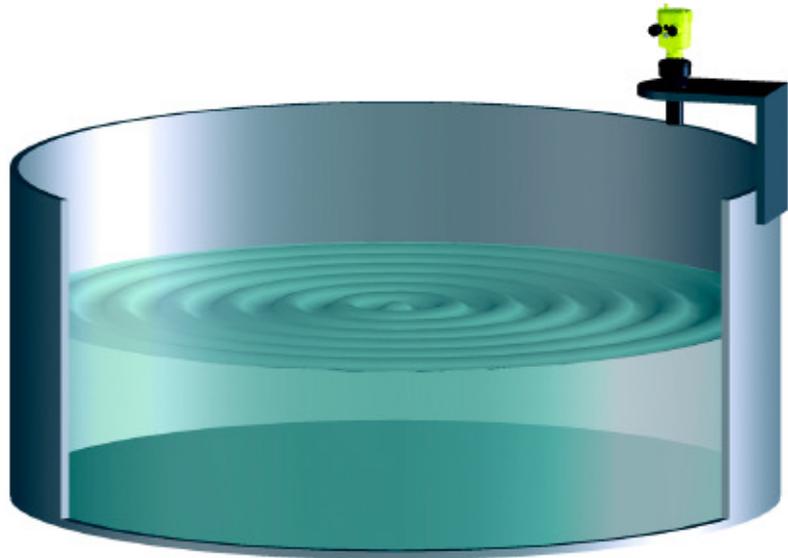
Um Temperatureinflüsse auf die Ultraschalllaufzeit zu kompensieren, sind E+H-Ultraschallsensoren standardmäßig mit einem Temperaturfühler ausgestattet. Auswirkungen einer Ansatzbildung am Sensor werden durch eine selbsttätige Nachführung der Ultraschallfrequenz ausgeglichen.



Mengensteuerung für einen Brecher durch eine Ultraschall-Meßeinrichtung



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEI)	Füllstandsmesstechnik	12. Mai 2021



Messprinzip

Kurze Ultraschallimpulse im Bereich von 35 kHz bis 70 kHz werden vom Schallwandler auf das zu messende Produkt abgestrahlt, von der Füllgutoberfläche reflektiert und vom Schallwandler wieder empfangen.

Die Impulse breiten sich mit Schallgeschwindigkeit aus, die Zeit vom Senden bis zum Empfangen der Signale hängt vom Füllstand im Behälter ab. Neueste Mikroprozessortechnologie und die bewährte ECHOFOX- Software wählen das Füllstandecho auch bei Störndetektion sicher heraus und berechnen die exakte Distanz zur Füllgutoberfläche.

Ein integrierter Temperaturfühler erfasst die Temperatur im Behälter, Einflüsse auf die Schalllaufzeit können so kompensiert werden. Durch einfache Eingabe der Behälterabmessungen wird aus der Distanz ein füllstandproportionales Signal gebildet. Eine Befüllung des Behälters ist für den Abgleich nicht notwendig.

Die Vorteile der berührungslosen Messung mit VEGASON kommen klar zur Geltung: einfach und wartungsfrei. Der Verschmutzungsgrad des Wassers oder eine Verschlammung des Beckens hat keine Bedeutung, da der VEGASON auf die Oberfläche misst.



VEGASON 61



VEGASON 62



Anwendungen:

Flüssigkeiten und Schüttgüter in nahezu allen Industriebereichen, besonders in der Wasser- und Abwasserwirtschaft

Flüssigkeiten und Schüttgüter in nahezu allen Industriebereichen, besonders in der Wasser- und Abwasserwirtschaft

Messbereich:

Flüssigkeiten: 0,25 ... 5 m
(0.82 ... 16.4 ft)
Schüttgüter: 0,25 ... 2 m
(0.82 ... 6.562 ft)

Flüssigkeiten: 0,4 ... 8 m
(1.312 ... 26.25 ft)
Schüttgüter: 0,4 ... 3,5 m
(1.312 ... 11.48 ft)

Prozessanschluss:

G1½ A aus PVDF

G2 A aus PVDF

Prozesstemperatur:

-40 ... +80 °C (-40 ... +176 °F)

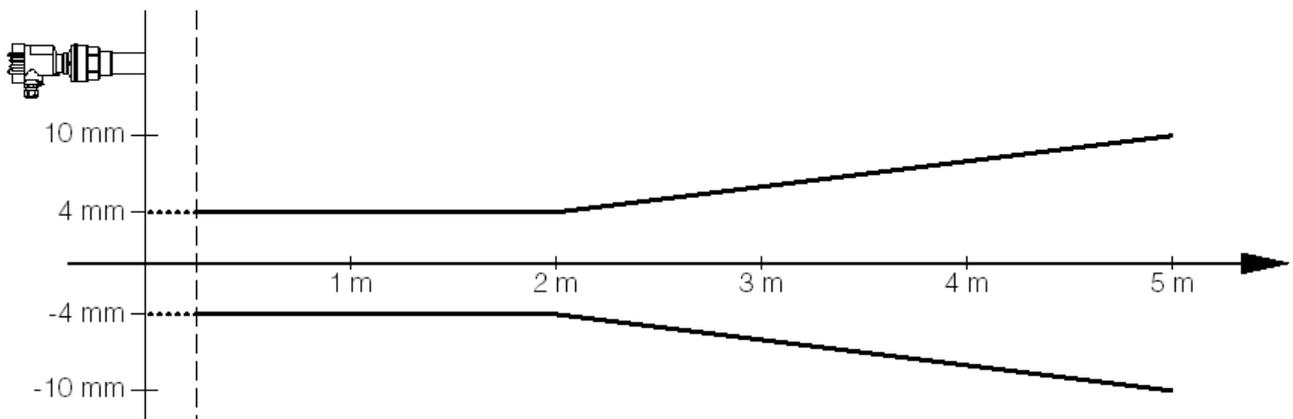
-40 ... +80 °C (-40 ... +176 °F)

Prozessdruck:

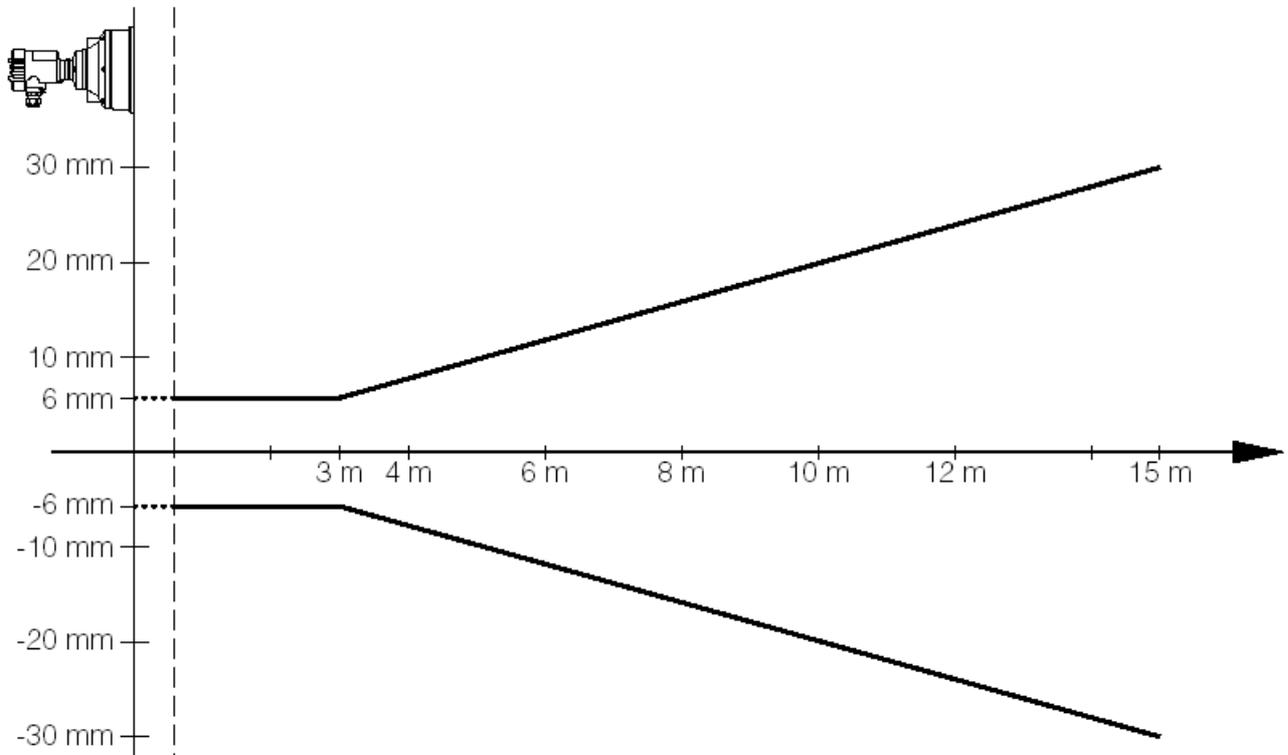
-0,2 ... 2 bar/-20 ... 200 kPa
(-2.9 ... 29 psi)

-0,2 ... 2 bar/-20 ... 200 kPa
(-2.9 ... 29 psi)

Messgenauigkeit



Messabweichung in mm, Messbereich in m (VEGASON 61)



Messabweichung in mm, Messbereich in m (VEGASON 63)

5.1.13.2 Radarniveaumessung 1)

5.1.13.2.1 Dielektrizitätskonstante

1) Füllstandmessung mit Radar Leitfaden für die Prozessindustrie Peter Devine ISBN 3-00-008216-6 © VEGA Grieshaber KG

In der Elektrostatik hängt die Kraft zwischen zwei Ladungen von der Stärke, der Trennung der Ladungen und der Zusammensetzung des Mediums zwischen den Ladungen ab. Die Dielektrizitätskonstante ϵ ist die Eigenschaft des Mediums, welche die Größe der Kraft bewirkt. Je größer die Dielektrizitätskonstante ist, desto niedriger ist die Kraft zwischen den Ladungen. Der Wert der Dielektrizitätskonstanten im freien Raum (im Vakuum) ist:

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ Farad / Meter.}$$



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Füllstandmesstechnik	12. Mai 2021

5.1.13.2.2 Relative Dielektrizitätskonstante oder Dielektrizitätszahl ϵ_r

Das Verhältnis der Dielektrizitätskonstanten eines Mediums zu der Dielektrizitätskonstante im freien Raum ist eine dimensionslose Kennzahl, die als „relative Dielektrizitätskonstante“ oder als „Dielektrizitätszahl“ bezeichnet wird. Zum Beispiel ist die Dielektrizitätszahl von Luft bei 20°C nahe der des Vakuums (ca. 1.0005), während die Dielektrizitätszahl von Wasser bei 20°C ca. 80 ist. (DK als Abkürzung für die Dielektrizitätszahl ist weit verbreitet.) Die Dielektrizitätszahl des zu messenden Produktes ist für Radar-Füllstandmessungen sehr wichtig. In nichtleitenden Stoffen dringt ein Teil der Mikrowellenenergie durch das Produkt und der Rest wird von der Oberfläche reflektiert. Diese Eigenschaft von Mikrowellen kann vorteilhaft benutzt werden, sie kann aber auch in einigen Fällen Messprobleme verursachen.

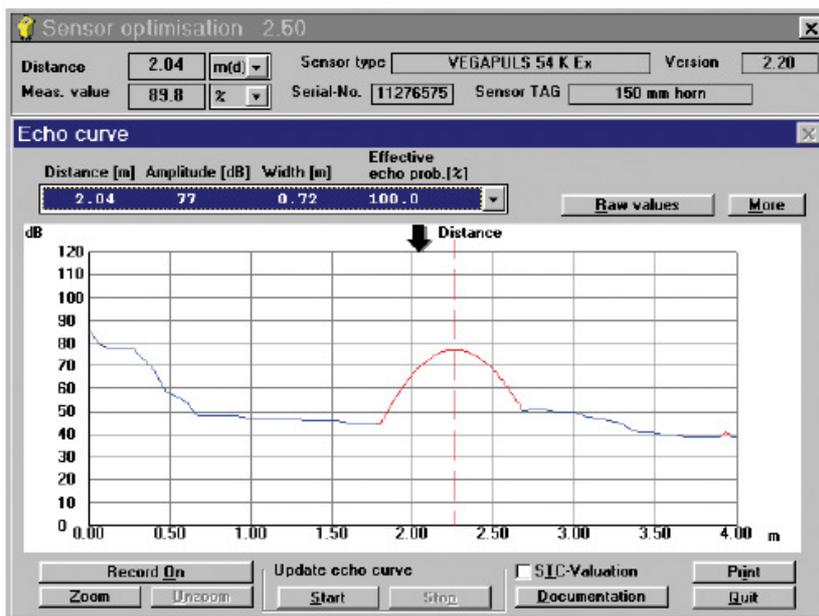


Bild 1.20 - VEGA: Umfassende Informationen sind bei der PC-Echokurve des neuesten Zweileiter-Füllstandmessgerätes verfügbar.



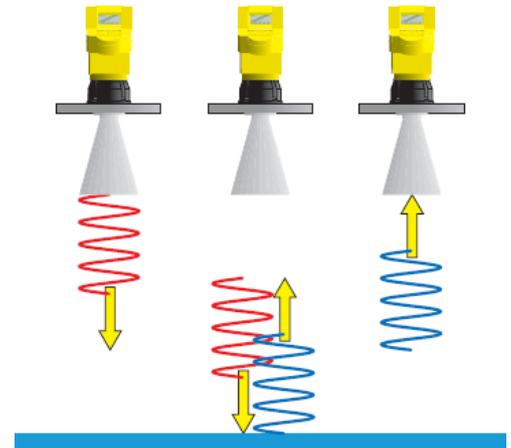
5.1.13.2.3 Funktionsweise ,Pulsradar

Extrem kurze Mikrowellenimpulse geringer Sendeleistung werden vom Antennensystem auf das zu messende Produkt abgestrahlt, von der Füllgutoberfläche reflektiert und vom Antennensystem wieder empfangen. Radarwellen breiten sich mit Lichtgeschwindigkeit aus. Die Zeit vom Senden zum Empfangen der Signale ist proportional zum Füllstand im Behälter.

Ein spezielles Zeitdehnungsverfahren ermöglicht die sichere und genaue Messung der extrem kurzen Zeiten.

Neueste Mikroprozessortechnologie und die bewährte ECHOFOX-Software wählen das korrekte Füllstandecho aus einer Vielzahl von Störreflexionen sicher heraus und vermessen es exakt.

Durch einfache Eingabe der Behälterabmessungen kann ein füllstandproportionales Signal angezeigt werden. Der Füllstand muss zum Abgleich nicht verändert werden.



5.1.13.2.4 Funktionsweise, FMCW (frequenzmoduliertes Dauerstrichradar)

Das FMCW-Radarmessverfahren wird seit den Dreißigerjahren bei militärischen und zivilen Flugzeugfunkehöhenmessern verwendet. Diese Methode wurde in den frühen 70ern zur Füllstandmessung von Rohöl in Supertankern entwickelt. Anschließend wurde das gleiche Verfahren für eichfähige Füllstandmessungen in großen Lagertanks an Land benutzt. FMCW-Sender sind unlängst für Anwendungen in Prozessbehältern angepasst worden.



FMCW- oder frequenzmoduliertes Dauerstrich-Radar ist eine indirekte Methode zur Entfernungsmessung. Die übertragene Frequenz wird zwischen zwei bekannten Werten f_1 und f_2 moduliert, und der Unterschied zwischen dem übertragenen Signal und dem Echosignal f_d wird gemessen. Diese Differenzfrequenz ist direkt proportional zur Laufzeit und somit zur Entfernung. (Beispiele für Modulationsfrequenzen von FMCW-Radar-Füllstandmessgeräten sind 8,5 bis 9,9 GHz, 9,7 bis 10,3 GHz und 24 bis 26 GHz.)

Die Theorie des FMCW-Radars ist einfach. Allerdings gibt es bei Anwendungen in Prozessbehältern viele praktische Probleme, die angesprochen werden müssen. Ein FMCW-Radar-Füllstandmessgerät benötigt einen spannungsgesteuerten Oszillator (VCO) um das Signal zwischen den beiden übertragenen Frequenzen f_1 und f_2 sägezahnförmig zu modulieren. Der Frequenzdurchlauf muss gesteuert werden und so linear wie möglich sein. Eine lineare Frequenzmodulation wird entweder durch eine genaue Frequenzmessung mit geschlossenem Regelkreis des Ausgangs oder durch sorgfältige Linearisierung einschließlich Temperaturkompensation des VCO-Ausgangs erreicht

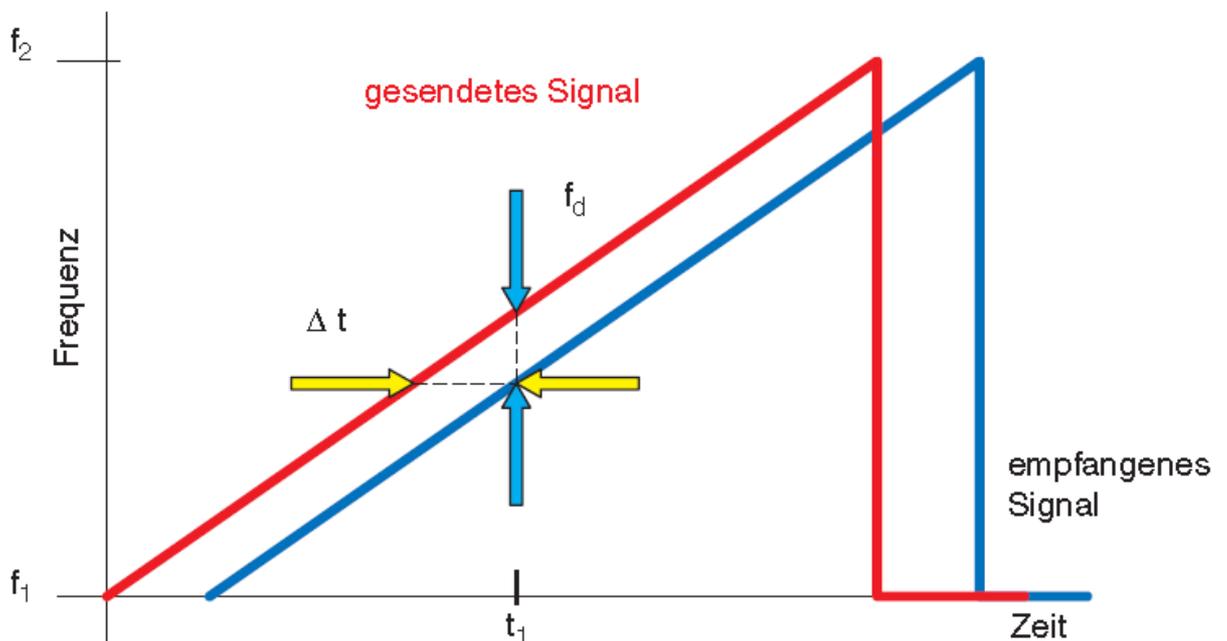


Abb. 4.1: Die FMCW-Radartechnik ist eine indirekte Methode der Füllstandmessung. f_d ist proportional zu Δt , welches proportional zur Entfernung ist.

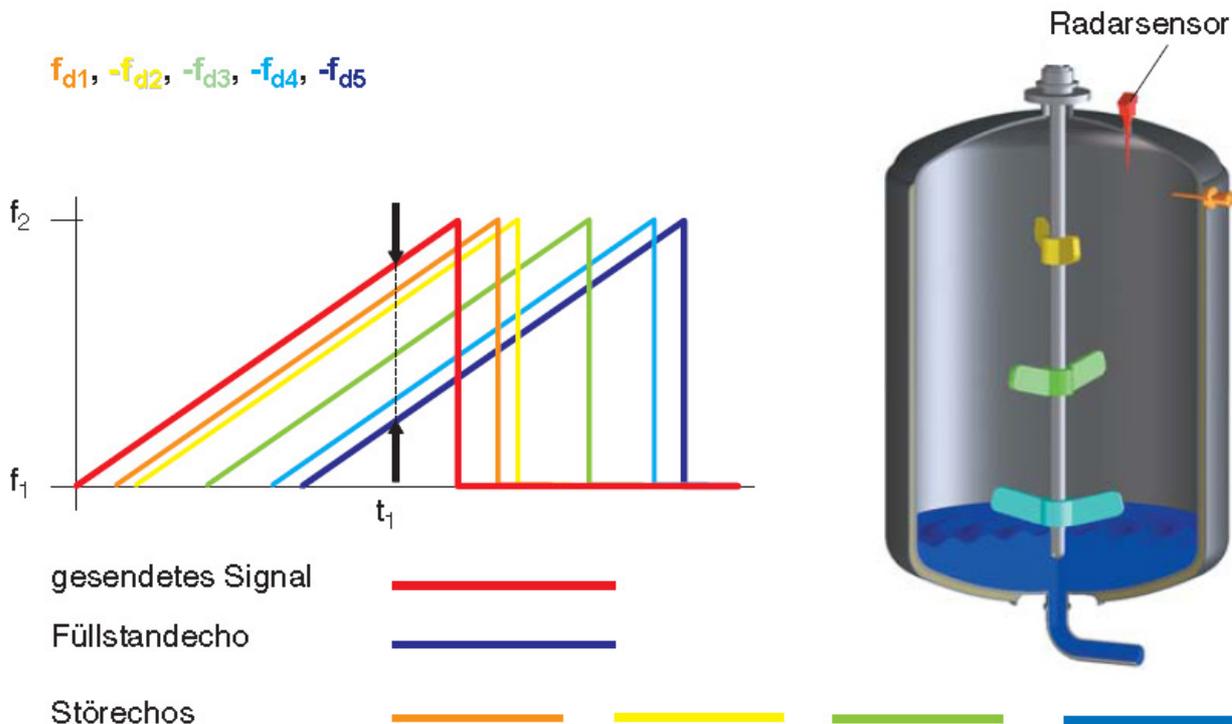


Abb. 4.3a: FMCW-Radar-Füllstandmessgerät in einem aktiven Prozessbehälter.

5.1.13.2.5 Unabhängig von Temperatur und Druck

Die Ausbreitung der Mikrowellen ist praktisch unbeeinflusst von der Umgebungstemperatur und vom Umgebungsdruck. Damit sind Radarsensoren ideal für den Einsatz unter schwierigsten Prozessbedingungen. Drücke von Vakuum bis 160 bar (2320 psi) und Temperaturen von $-40 \dots +400 \text{ °C}$ ($-40 \dots +752 \text{ °F}$) sind kein Problem für eine Radarmessung.

5.1.13.2.6 Unabhängig von den Produkteigenschaften

Schwankungen in der Produktzusammensetzung oder komplette Füllgutwechsel haben keinen Einfluss auf das Messergebnis. Ein erneuter Abgleich ist nicht notwendig.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Füllstandsmesstechnik	12. Mai 2021

5.1.13.2.7 Frequenzbereiche für alle Anwendungen

Radarsensoren von VEGA stehen in zwei verschiedenen Frequenzbereichen zur Verfügung und sind damit in einem sehr breiten Anwendungsgebiet einsetzbar. Die K-Band-Geräte arbeiten in einem Frequenzbereich über 20 GHz. Dies ermöglicht die Verwendung von sehr kleinen Antennen und entsprechend kompakten Prozessanschlüssen. Durch die hohe Signalbündelung wird eine sehr hohe Genauigkeit der Messeinrichtung erreicht. Die C-Band-Geräte zeichnen sich durch eine niedrige Frequenz um 6 GHz aus. Dadurch haben Anhaftungen und Verschmutzungen des Antennensystems oder Schaum auf der Produktoberfläche in den meisten Fällen keine Auswirkung.

5.1.13.2.8 Antennenformen, Hornantenne

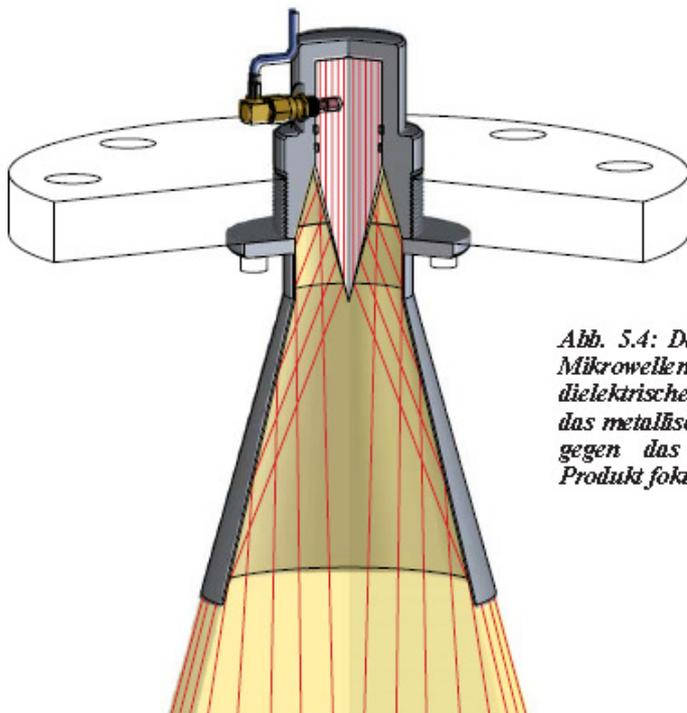
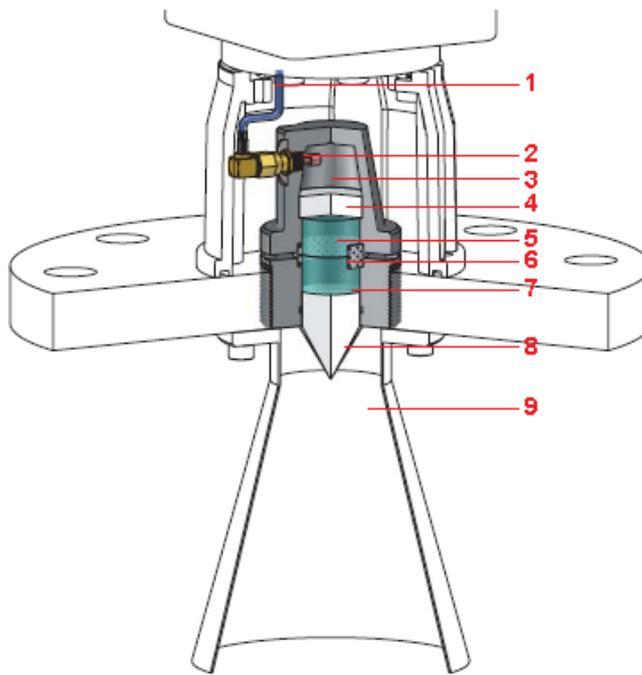


Abb. 5.4: Der Übergang der Mikrowellen vom niedrig dielektrischen Hohlleiter in das metallische Horn, wo sie gegen das zu messende Produkt fokussiert werden.



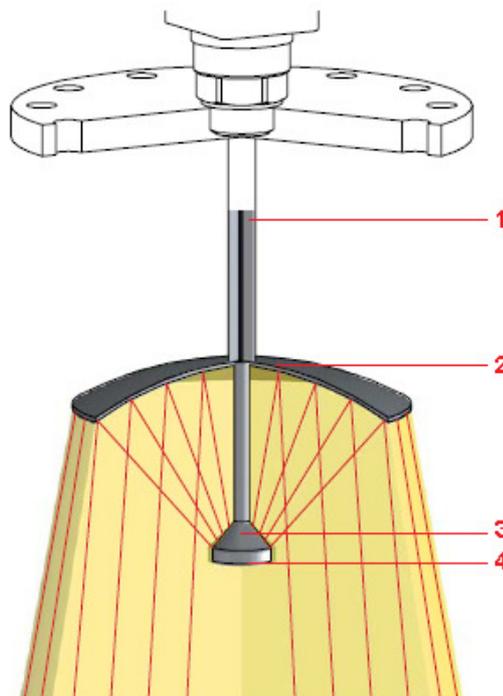
Hornantenne Ausführung I

Abb. 5.5



1. HF-Kabel
2. Signaleinkopplung
3. Hohlleiter (luftgefüllt), Übergang von rechteckigem zu kreisförmigem Querschnitt
4. PTFE Anpassung
5. glasgefüllter Hohlleiter
6. Metallgitter
7. Dichtung zwischen Glas und PTFE
8. PTFE Konus
9. metallische Hornantenne

Parabolantenne



1. Signaleinkopplung
2. Parabolischer Hauptreflektor
3. Primärstrahler
4. Subreflektor, fokussiert auf Hauptreflektor



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Füllstandsmesstechnik	12. Mai 2021

Parabolantennen werden hauptsächlich bei eichfähigen Messungen in großen Lagertanks eingesetzt. Der Nutzen von parabolischen Antennen in diesen Anwendungen ist klar. Die gute Fokussierung durch die parabolische Form ergibt einen hohen Antennengewinn.

Dies wiederum führt zu engeren Öffnungswinkeln und höherer Empfindlichkeit. Allerdings sind Parabolantennen groß, schwer, relativ komplex und teuer in der Herstellung. Diese Faktoren beschränken den Einsatz von parabolischen Antennen in den meisten Prozessanwendungen.

Der zentral zum Hauptreflektor im Brennpunkt der Antenne sitzende Subreflektor führt zu Abschattungen. Dies kann den Antennenwirkungsgrad reduzieren.

Parabolische Antennen wurden z.B. in Bitumenlagertanks eingesetzt. Dort führte ein Materialniederschlag auf dem Hauptreflektor zu einer geringeren Signalabschwächung. Sobald jedoch der Subreflektor vom Produkt überzogen wurde, führte dies zu einer drastischen Verschlechterung der Antenneneigenschaften.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Parabolantenne ein Nischenprodukt für den Einsatz bei eichfähigen Messungen in Lagertanks mit langsamen Füllstandänderungen ist. Sie ist nicht für die schwierigeren Einsatz- und Umgebungsbedingungen in den meisten Prozessbehältern geeignet.



5.1.13.2.9 Störechos

Ebene Flächen, Einbauten z.B. Versteifungen oder auch Einbauten mit scharfen Kanten verursachen große Störechos. An diesen Objekten werden hohe Störampplituden produziert. Runde Profile hingegen produzieren eine diffuse Reflexion und somit nur geringe Störechos. Sie sind deshalb vom Gerät leichter zu verarbeiten als große Störechos, die von einer ebenen Fläche stammen.

Können flache Reflexionsebenen im Messbereich des Radars nicht vermieden werden, sollten diese mit einem zur Seite ablenkenden Streublech versehen werden. Die dann mehrfach gebrochenen Radarsignale sind in der Amplitude deutlich kleiner und deshalb von der Software leichter zu verarbeiten. Diese Maßnahmen müssen umso gewissenhafter durchgeführt werden, je geringer der DK-Wert des Produkts ist und je höher die Genauigkeitsanforderungen sind.

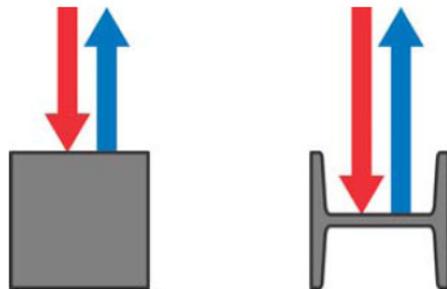


Abb. 6.9: Profile mit ebenen Flächen oder scharfen Ecken verursachen starke Störechos.

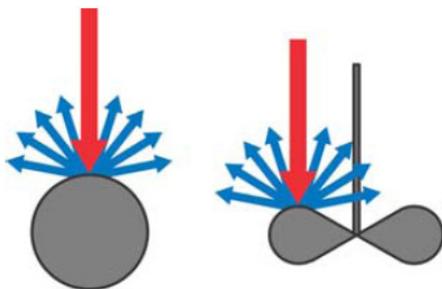


Abb. 6.10: Durch diffuse Reflexion an runden Teilen werden deutlich geringere Störechos produziert.

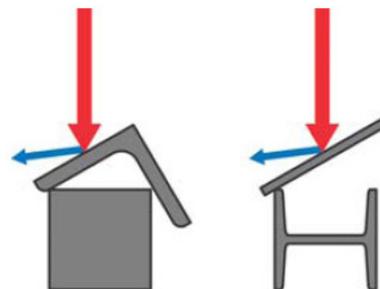


Abb. 6.11: Ein Streublech verteilt die Mikrowellenenergie zur Seite und reduziert damit die Störeoamplitude.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Füllstandsmesstechnik	12. Mai 2021

5.1.13.2.10 Geführtes Radar



Messprinzip:

Hochfrequente Mikrowellenpulse werden auf ein Seil oder einen Stab gekoppelt und entlang der Sonde geführt. Der Impuls wird von der Produktoberfläche reflektiert. Die Zeit vom Senden bis zum Empfangen der Signale ist proportional zur Distanz des Füllstandes.

Füllstandmessung in Flüssigkeiten

Dichteschwankungen, Dampfwicklungen oder starke Druck- und Temperaturschwankungen haben keinen Einfluss auf das Messergebnis. Auch Anhaftungen an der Sonde oder an der Behälterwand beeinflussen die Messung nicht. Dies macht den VEGAFLEX einfach in der Planung und Projektierung. Eine ideale Anwendung ist die Füllstandmessung in einem Bypassrohr oder Standrohr. Sie bietet den Vorzug, dass Sie selbst Produkte mit einer Dielektrizitätszahl unter 1,6 sicher messen können. Dabei haben Schweißnähte, Anhaftungen und Korrosion im Rohrrinneren keinen Einfluss auf die Genauigkeit der Füllstandmessung. Auch bei Überfüllung bis zum Prozessanschluss ist Ihre Messung sicher. Der VEGAFLEX 81 bietet außerdem eine spezielle Lösung für Ammoniak Anwendungen.

Es stehen verschiedene Messsonden zur Verfügung

- Seilmesssonden für Anwendungen in hohen Behältern bis 75 m (246 ft)
- Stabmesssonden für Anwendungen in Behältern bis 6 m (20 ft)
- Koaxialmesssonden für Anwendungen in niedrig viskosen Flüssigkeiten, mit Behältereinbauten, in Behältern bis 6 m (20 ft)

Messgröße ist der Abstand zwischen dem Prozessanschluss des Sensors und der Füllgutoberfläche.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Füllstandsmesstechnik	12. Mai 2021

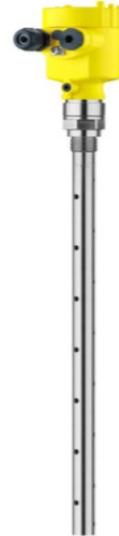
VEGAFLEX 81
Seilausführung



VEGAFLEX 81
Stabausführung



VEGAFLEX 81
Koaxialausführung



Anwendungen	Lagertanks, Flüssigkeiten mit bewegter Oberfläche	Lagertanks, Flüssigkeiten mit ruhiger Oberfläche	Lagertanks, Flüssigkeiten mit geringer Dielektrizitätszahl, Behälter mit Einbauten
Max. Messbereich	75 m (246 ft)	6 m (19.69 ft)	6 m (19.69 ft)
Messsonde	Seilmesssonde ø 2 mm ø 4 mm	Stabmesssonde ø 8 mm ø 12 mm	Koaxialmesssonde ø 21,1 mm ø 42,2 mm
Prozessanschluss	Gewinde ab G $\frac{3}{4}$, $\frac{3}{4}$ NPT Flansche ab DN 25, 1"	Gewinde ab G $\frac{3}{4}$, $\frac{3}{4}$ NPT Flansche ab DN 25, 1"	Gewinde ab G $\frac{3}{4}$, $\frac{3}{4}$ NPT Flansche ab DN 25, 1"
Prozesstemperatur	-40 ... +200 °C (-40 ... +392 °F)	-40 ... +200 °C (-40 ... +392 °F)	-40 ... +200 °C (-40 ... +392 °F)
Prozessdruck	-1 ... +40 bar/-100 ... +4000 kPa (-14.5 ... +580 psig)	-1 ... +40 bar/-100 ... +4000 kPa (-14.5 ... +580 psig)	-1 ... +40 bar/-100 ... +4000 kPa (-14.5 ... +580 psig)
Messgenauigkeit	±2 mm	±2 mm	±2 mm
Signalausgang	<ul style="list-style-type: none"> ● 4 ... 20 mA/HART - Zweileiter ● 4 ... 20 mA/HART - Vierleiter ● Profibus PA ● Foundation Fieldbus ● Modbus- und Levelmaster-Protokoll 		

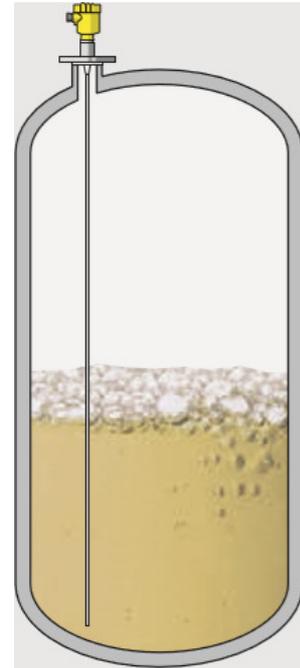
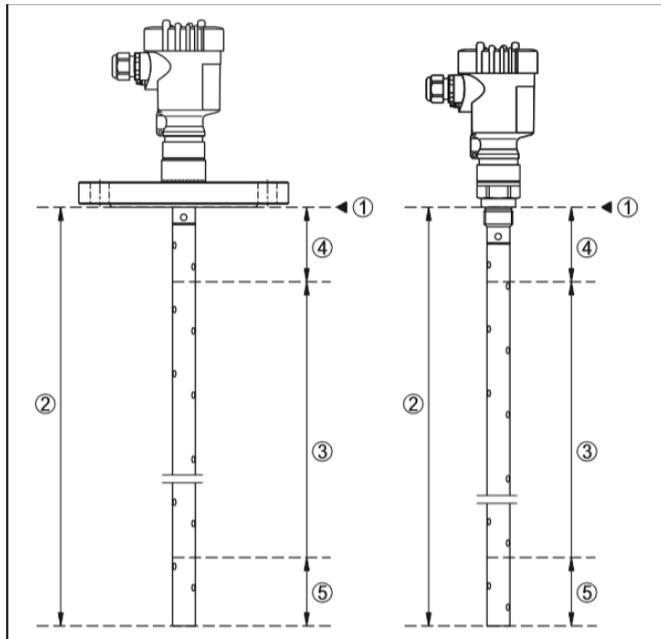


Abb. 2: Messbereiche der VEGAFLEX - Koaxialausführung

- 1 Bezugsebene
- 2 Messsondenlänge (L)
- 3 Messbereich
- 4 Obere Blockdistanz
- 5 Untere Blockdistanz

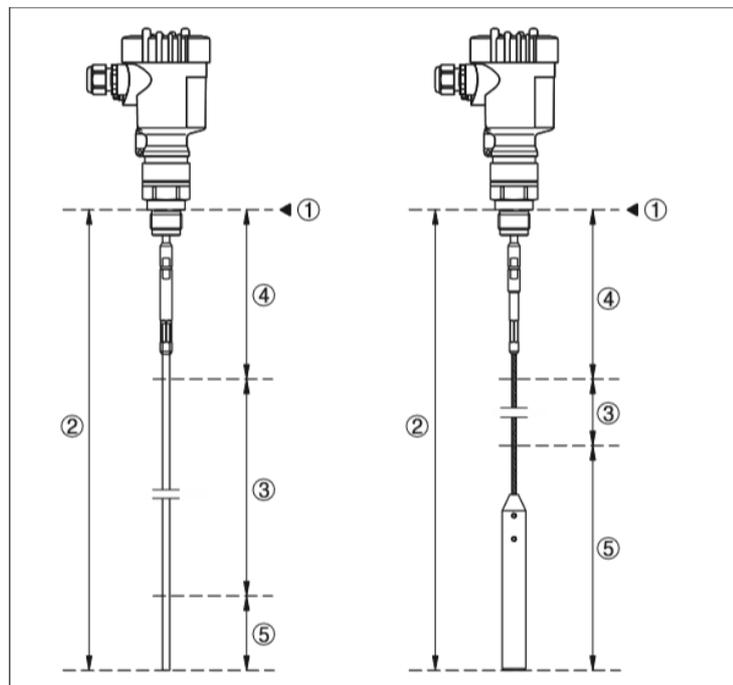
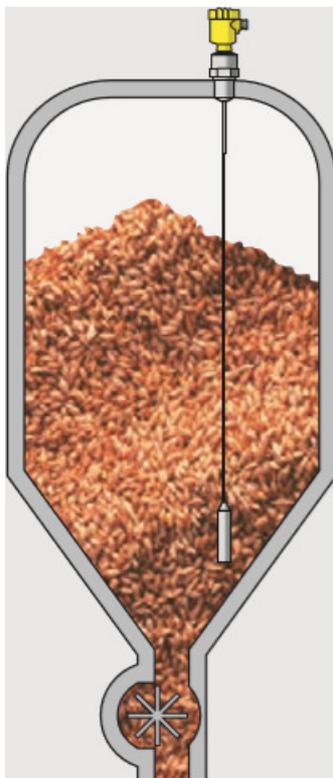


Abb. 1: Messbereiche der VEGAFLEX - Seil- und Stabausführung

- 1 Bezugsebene
- 2 Messsondenlänge (L)
- 3 Messbereich
- 4 Obere Blockdistanz
- 5 Untere Blockdistanz



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Füllstandsmesstechnik	12. Mai 2021

Trennschichtmessung in Flüssigkeiten

Nicht leitfähige Medien reflektieren die Energie der Mikrowelle nur teilweise. Die nicht reflektierte Energie durchläuft das Medium und wird an der Phasengrenze zu einer zweiten Flüssigkeit reflektiert.

Diesen Effekt nutzt die Trennschichtmessung. Sie können diese Funktionalität beim VEGAFLEX über die Bedienwerkzeuge einfach auswählen. Damit erhalten Sie zuverlässig den Gesamtfüllstand sowie den Füllstand des unteren Mediums in Ihrem Behälter. Typische Anwendungen sind Trennschichtmessungen in Lagertanks, Separatoren und Pumpensämpfen. Dabei ermittelt der VEGAFLEX in der Regel den Füllstand der Wasserschicht unter einem nicht leitfähigen Medium. Seine Unabhängigkeit von der Dichte des Mediums bedeutet für Sie eine sichere, wartungsfreie und genaue Messung.

Die Geräte können durch einfaches Umschalten zur Trennschichtmessung von Flüssigkeiten verwendet werden. Die Koaxialausführung ist dank seines Führungsrohrs unbeeinflusst von Behältereinbauten und erfasst zuverlässig Produkte mit geringer Dielektrizitätszahl. Daher ist diese Geräteausführung zu bevorzugen.

Voraussetzungen für die Trennschichtmessung Oberes Medium (L2)

- Das obere Medium darf nicht leitfähig sein
- Die Dielektrizitätszahl des oberen Mediums muss bekannt sein
- Die Zusammensetzung des oberen Mediums muss stabil sein, keine wechselnden Medien oder Mischungsverhältnisse
- Das obere Medium muss homogen sein, keine Schichtungen innerhalb des Mediums
- Die Schicht kann erst ab einer Dicke von 100 mm (4 in) gemessen werden
- Klare Trennung zum unteren Medium, keine Emulsionsphase, keine Mulmschicht • Möglichst kein Schaum auf der Oberfläche

Unteres Medium (L1)

- Dielektrizitätszahl mindestens um 10 größer als die Dielektrizitätszahl des oberen Mediums, vorzugsweise elektrisch leitfähig. Beispiel: oberes Medium Dielektrizitätszahl 2, unteres Medium Dielektrizitätszahl mindestens 12

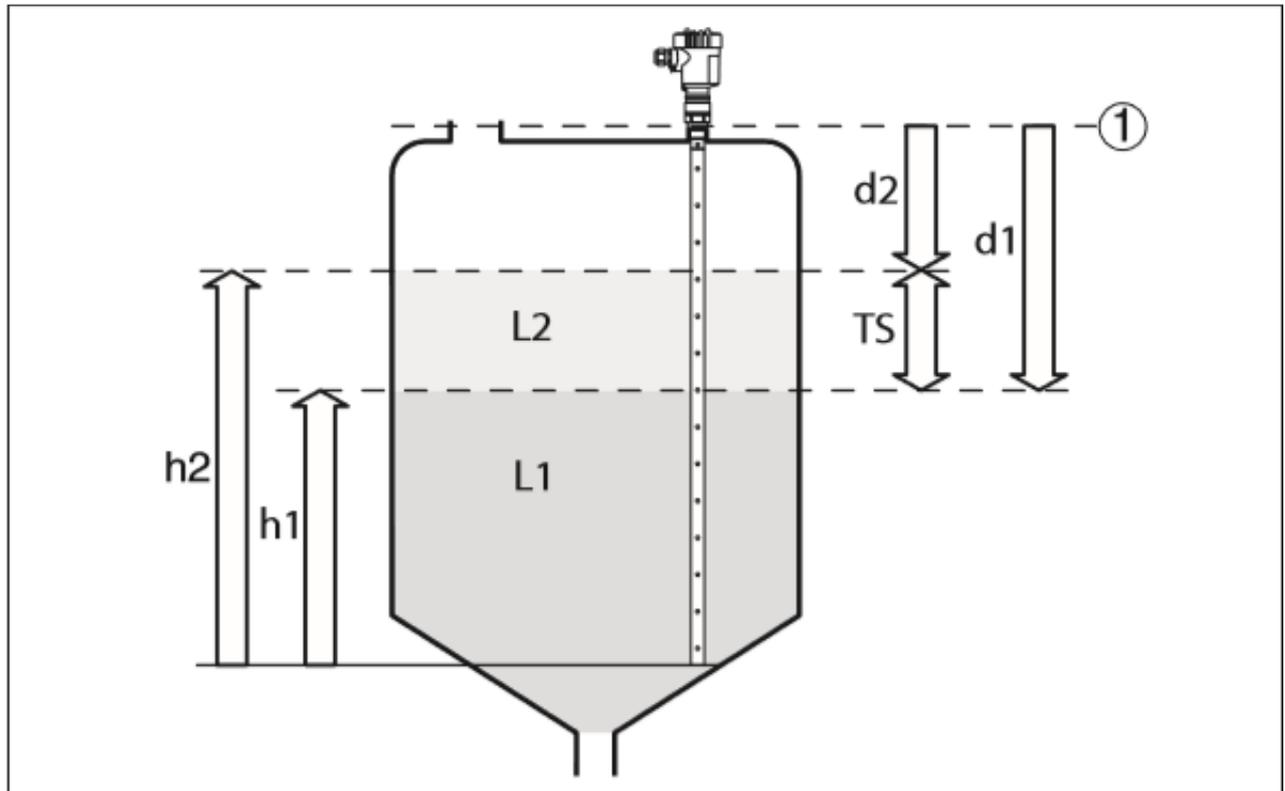


Abb. 3: Trennschichtmessung

- 1 Bezugsebene
- d1 Distanz zur Trennschicht (HART-Wert 1 bzw. Primary Value)
- d2 Distanz zum Füllstand (HART-Wert 3 bzw. Third Value)
- TS Dicke des oberen Mediums ($d1 - d2$)
- h1 Höhe - Trennschicht
- h2 Höhe - Füllstand
- L1 Unteres Medium
- L2 Oberes Medium



5.1.14 Gravimetrische Niveaumessung (DMS-Siloverwiegung ,Fa. Rembe)



Auszug aus dem Prospekt der Fa. Rembe

DMS-Siloverwiegung

Microcell®

Mit den Microcell® Halbleiter-DMS rüsten Sie Ihre Silos im Handumdrehen mit einer vollkommen wartungsfreien Inhaltserfassung aus. Dabei werden die Sensoren einfach an die Stützkonstruktion der Silos geschraubt. Sie erfassen dort die gewichtsabhängige Verformung im Materialgefüge und wandeln diese in ein proportionales Spannungssignal um. Das Signal wird von der Elektronik digitalisiert und direkt in Tonnen (t) angezeigt. Diese Messmethode eignet sich für Lager-, Produktionssilos und Prozessbehälter in allen Industriebereichen (Chemie, Kunststoff, Lebensmittel, Zement, Kalk, ...).

Nachteile: Mechanische Kräfte durch den Stahlbau und die angeschlossenen Rohrleitungen, werden nicht kompensiert (Temperatureinfluss)!





5.1.15 Gravimetrische Niveaumessung (Wägezellen / Kraftmesszellen)



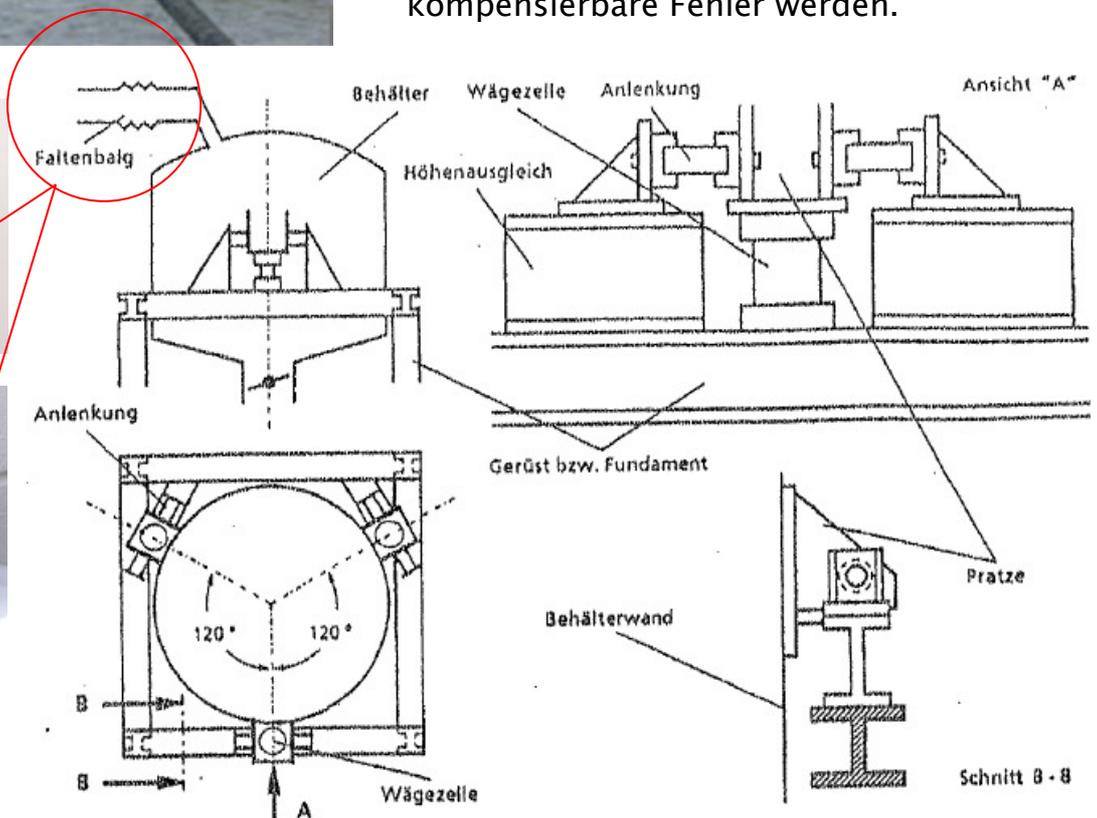
Die vom jeweiligen Niveau abhängige Gewichtskraft des Behälters, wird mittels Kraftmessdosen/ Wägezellen erfasst.

- Wägezellen mit DMS
- Permiabilitäts-Wägezellen

Dabei hängt die Genauigkeit der Messung wesentlich davon ab, wie man die am Behälter angreifenden Kräfte der Rohrleitungen und des Stahlbaus eliminiert bzw. so lenkt, dass aus zufälligen Fehlern beispielsweise infolge des Temperatureinflusses, systematische und damit auskompensierbare Fehler werden.

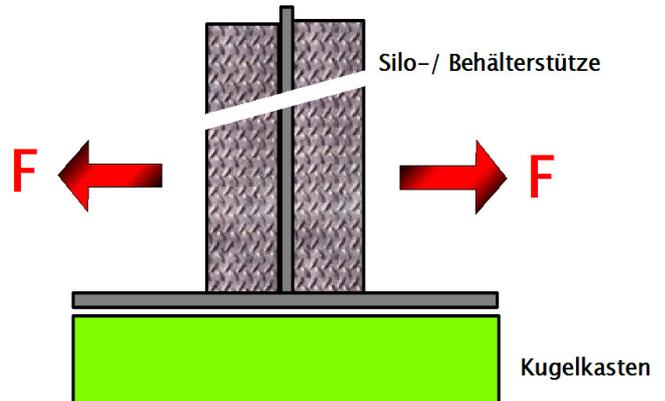
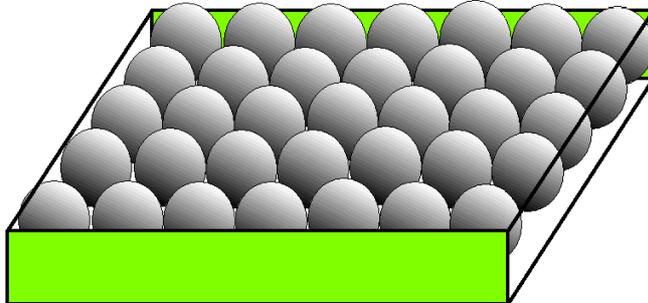


Faltenbälge
(Rohrleitungs-
Komensatoren)





Kugelkasten



Wägezellen der Fa. Soemer Messtechnik GmbH



Wägezelle 220

Messbereich:
5, 10, 20, 30, 50 t

- eichfähig nach OIML R60 bis 6000D, NMI - Prüfbericht
- getrimmtes Ausgangssignal 2mV/V +/- 0,1 %
- lieferbare Messbereiche von 5.000 bis 40.000 kg
- ideal für Fahrzeug-, Silo-, und Behälterwaagen
- als Option mit Ex-Zulassung II 1 GD EEx ia IIC T6
- hermetisch dichte Edelstahlversion, Schutzart IP68
- 6-Leiter-Technik mit doppelter Abschirmung (EMV)



Wägezelle SM60

Messbereich:
2, 5, 10, 15 und 20 t

- Doppelscherkraftenehmer mit 0,05% Genauigkeit
- Hermetisch verschweisste Wägezelle, Schutzart IP68
- lieferbare Messbereiche von 2.000 kg bis 20.000 kg
- ideal für große Silo- und Behälteranlagen
- robustes Design für raue Industrieanwendungen
- Einbaumodul optional komplett aus Edelstahl
- Abhebesicherung und Seitenkraftanschläge
- sehr einfacher und problemloser Einbau



Wägezelle SM61

Messbereich:
10, 15, 20, 30, 50, 100
und 200 t

- Doppelscherkraftenehmer mit 0,05% Genauigkeit
- Hermetisch verschweisste Wägezelle, Schutzart IP68
- lieferbare Messbereiche von 10.000 kg bis 200.000 kg
- ideal für große Silo- und Behälteranlagen
- robustes Design für raue Industrieanwendungen
- Einbaumodul optional komplett aus Edelstahl
- Abhebesicherung und Seitenkraftanschläge
- sehr einfacher und problemloser Einbau



Wägezelle SM66

Messbereich:
100, 200, 300,
500 und 750 t

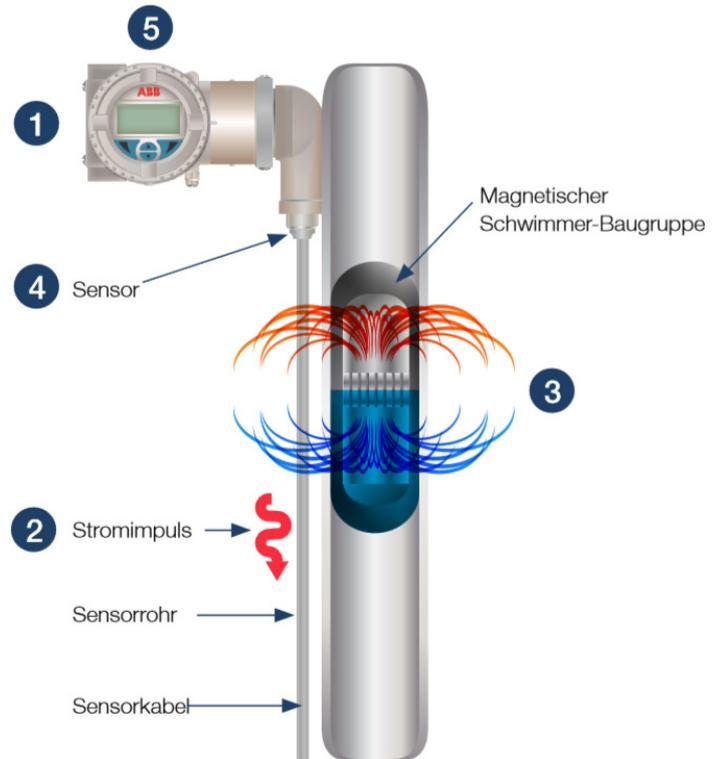
- kombinierter maximaler Fehler +/- 0,2 %
- komplett aus Edelstahl, ultraflaches Design
- lieferbare Messbereiche von 100.000 kg bis 750.000 kg
- ideal für sehr große Silo- und Behälteranlagen
- robustes Design für raue Industrieanwendungen
- ballige Kräfteinleitung für eine perfekte Kräfteinleitung
- hermetisch verschweißt mit hoher Schutzart (IP 68)
- ideal für Gewichts- und Füllstandskontrolle



5.1.16 Magnetostruktive Niveaumessung



Funktionsprinzip: Der LMT200 basiert auf dem magnetostruktiven Prinzip.



1. Die Geräteelektronik erzeugt in festen Intervallen einen Niedrigenergie-Stromimpuls.
2. Diese elektrischen Impulse erzeugen ein Magnetfeld, das an einem speziellen Draht innerhalb des Sensorrohres hinunterreist.
3. Die Wechselwirkung des Magnetfeldes um den Draht und den magnetischen Schwimmer bewirkt eine Torsionsspannungswelle im Draht. Diese Torsion breitet sich entlang des Drahtes mit einer bekannten Geschwindigkeit aus der Position des magnetischen Schwimmers und zu beiden Enden des Drahtes aus.
4. Ein patentiertes Sensorelement in der Messumformer-Baugruppe wandelt die empfangene mechanische Torsion in einen elektrischen Rückführimpuls um.



Rheinische Fachhochschule Köln

University of Applied Sciences

Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Füllstandsmesstechnik	12. Mai 2021

5. Die mikroprozessorbasierte Elektronik misst die verstrichene Zeit zwischen den Start- und Rücklaufimpulsen (Time of Flight) und wandelt sie in eine Positionsmessung um, die proportional zum Schwimmemniveau ist.

Spezifikationen		
Elektronischer Messumformer:		
Wiederholgenauigkeit	± 0,005 % der kompletten Skala oder 0,305 mm (0,012 Zoll), welcher Wert der größere ist	
Nichtlinearität	± 0,01 % der kompletten Skala oder 0,864 mm (0,034 Zoll), welcher Wert der größere ist	
Messgenauigkeit	± 0,01% der kompletten Skala oder 1,27 mm (0,050 Zoll), welcher Wert der größere ist ¹	
Speisespannung	12 bis 42 Vdc - 4-20 mA HART schleifengespeist	
Ausgang / Kommunikationen	4-20 mA HART7*	
Benutzerschnittstelle	Interaktive Anzeige, DTM, EDDL mit NE107-Benachrichtigung	
Leistungsaufnahme	4-20 mA	bei 36,0 Vdc - 3,6 mA 0,13 Watt; 21 mA 0,76 Watt bei 12,0 Vdc - 3,6 mA 0,043 Watt; 21 mA 0,25 Watt
	HART*-Modus (3,6 mA)	bei 36,0 Vdc 0,144 Watt bei 12,0 Vdc 0,048 Watt
Maximaler linearer Widerstandswert	4-20 mA	bei 36,0 Vdc und 21 mA, 1142 Ohm* bei 24,0 Vdc und 21 mA, 571 Ohm bei 12 Vdc und 21 mA, < 72 Ohm** <small>*Minimale Zugabe mit HART*-Kommunikation ist 700 Ohm **Sollte Strom- / Widerstandswert-Kurve</small>
	HART*-Modus (3,6 mA)	< 650 bis 700 Ohm
Polaritätsschutz	Diode in Serie mit Schleife	
Aktualisierungsrate	10 Messungen pro Sekunde	
Minimale Messspanne	76,2 mm (3,0 Zoll). Bitte Hersteller kontaktieren, sollte weniger erforderlich sein	
Dämpfung	Im Feld anpassbar, Bereich: < 0,1 bis 60 Sekunden	
Alarmausgabe	NE43, Software oder Hardware auswählbar. Upscale (21 mA) oder Downscale (3,6 mA)	
Stosswellenunterdrückung	Integrierte Stosswellenunterdrückung mit Option Code S1 verfügbar	
Umgebungstemperatur	-40 bis 85° C (-40 bis 185° F) Umgebungstemperatur ²	
Luftfeuchtigkeit	< 0 bis 100 % RL	
Linearisierung	21-Punkte Tabelle verfügbar	
Gehäuse	Doppelfachgehäuse	
Gehäusematerial	Gegossenes Kupfer-Aluminium mit Pulverbeschichtung oder 316 Edelstahl	
Material Geräte-Tag	AISI 316 Edelstahl	
Elektrischer Anschluss	Zwei M20 x 1,5 oder zwei 1/2 Zoll FNPT, Adapter und Bus-Steckverbinder sind ebenfalls erhältlich	
Schutzart	IP66, NEMA 4X	
Sensorrohr:		
Material	316/L Edelstahl	
Standardlänge der Sonde	304,8 mm bis 15,24 m (1 bis 50 Fuß); 90° Sonden (SEH-Option) 304,8 mm bis 7,62 m (1 Bis 25 Fuß)	
Toleranz Sondenlänge	± 3,2 mm (0,125 Zoll) bis zu 3,0m (10 Fuß); +/- 6,4 mm (0,25 Zoll) bis zu 6,0m (20 Fuß); ± 9,0 mm (0,35 Zoll) bis zu 9,0 m (29,5 Fuß); +/- 25,4 mm (1,0 Zoll) bis zu 15,24 m (50 Fuß)	
Montage	Edelstahl-Klemmen für KM26 Magnet-Füllstandsanzeige im Lieferumfang enthalten; Optionale Vibrationsisolator-Montage	

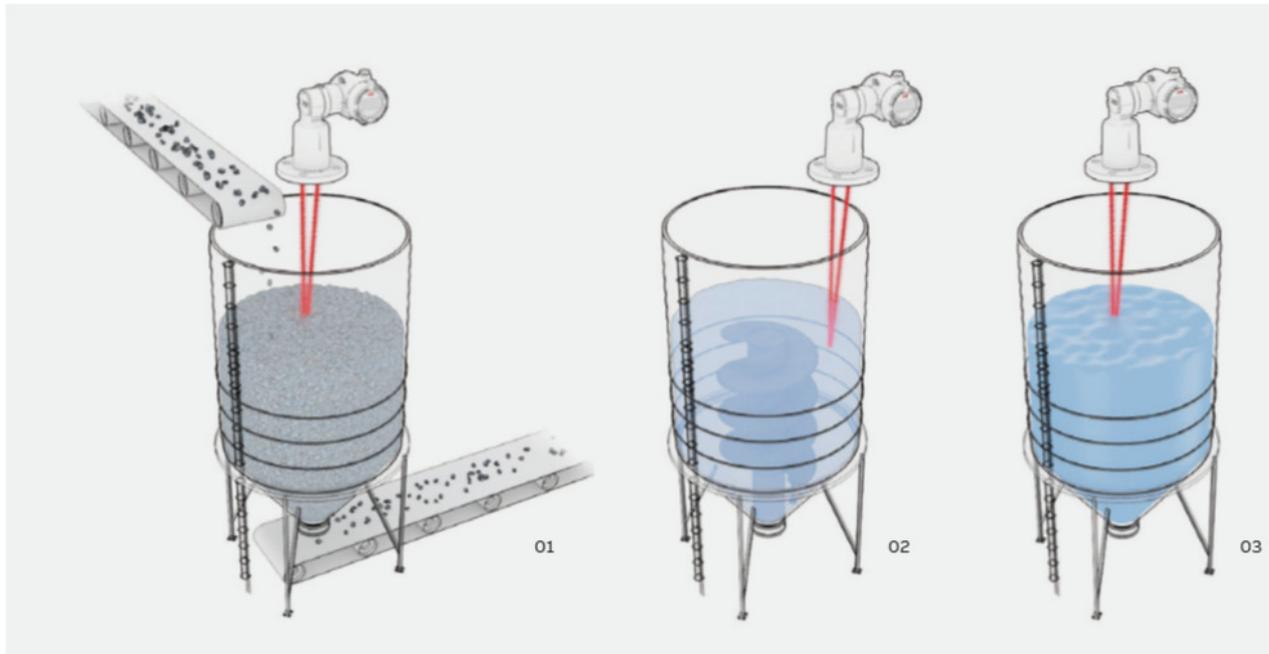
¹ Die Messgenauigkeit wird bei Werks-Umgebungsbedingungen aufgezeichnet (23,88 °F +/- 5,6 °C (75 °F +/- 10 °F)) mit Verwendung eines Kalibriermagneten. Die Genauigkeit kann durch andere Faktoren wie Schwimmerkysterese, Installation, Prozessbedingungen und Umgebungsbedingungen weiter beeinflusst werden.

² Einige Genehmigungen durch Behörden können abweichen
HART® ist eine eingetragene Marke der FieldComm Group



5.1.17 Laser-Niveaumessung

Power and productivity
for a better world™ **ABB**



01 Feststoffsilo — 02 Tank mit klarer Flüssigkeit und Rührwerk — 03 Tank mit trüber Flüssigkeit

Einsatzgebiete

- Bergbau und Bau
- Aggregate
- Düngemittel
- Chemie
- Zellstoff- und
Papierverarbeitung
- Öl und Gas
- Energieerzeugung
- Nahrungs- und
Genussmittel
- Wasser und Abwasser

Kundenvorteile

- Kontaktlos
- Wartungsfrei
- schmaler strahl, der nicht
von Strukturen in der
Umgebung beeinflusst
wird
- Keine Echozuordnung
erforderlich
- sehr flexible Installation,
kann winklig ausgerichtet
werden
- Reichweite bis 200 m
- sehr genau
- schnelle Reaktion



Füllstandmessung mit Lasertechnologie

Durch eine Laufzeitberechnung kann der IM100, der IM80 und der IM200 genau den Abstand zur Zielfläche messen.

Die integrierte Mikroprozessorelektronik berechnet die Laufzeit des Laserimpulses, die zur Überwindung der Entfernung zwischen der Oberfläche eines Mediums und dem Messumformer benötigt wird.

Als Grundlage dient die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht (Lichtgeschwindigkeit c), die eine fundamentale Naturkonstante darstellt.

Die Abstrahlwinkel der Laserstrahlen ist sehr klein ($<0,3^\circ$), sodass eine genaue Zielbestimmung

einfach ist, selbst in Silos oder Gefäßen, die interne

Strukturen haben. Darüber hinaus steht der schmale Strahl nicht in Wechselwirkung

mit Hindernissen und Anbauteilen oder Ansammlungen an Gefäßwänden, was die

Messungen sehr zuverlässig macht, selbst dann, wenn sich die Umgebung verändert.

Das bedeutet keine Neukonfiguration, keine Ausfallzeit und reduzierte

Betriebskosten.

$$\text{Entfernung} = \frac{\text{Lichtgeschwindigkeit} \times \text{Laufzeit}}{2}$$

$$\text{Füllstand} = \text{Höhe} - \text{Entfernung}$$

Konzipiert für industrielle Anwendungen

- Messungen durch Staub und Nebel hindurch
- Für explosionsgefährdete Bereiche zugelassen
- Für hohe Drücke zugelassen



LM200
ZUZ1-U5-

12_RFH_Automatisierungstechnik_Fuellstand_5



Standardausführung



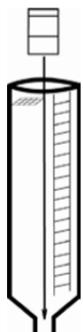
Rheinische Fachhochschule Köln

University of Applied Sciences

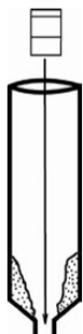
Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Füllstandmesstechnik	12. Mai 2021



	LM80	LM200	LLT100
Produktkategorie	Kontaktlose Füllstandmessung		
Bereich	Füllstand bis zu 100 m (330 ft.)	Füllstand bis zu 190 m (623 ft.)	Füllstand bis zu 100 m (330 ft.)
	Positionierung bis zu 150 m (500 ft.)	Positionierung bis zu 400 m (1312 ft.)	Positionierung bis zu 200 m (655 ft.)
Laser	Messung 905 nm Infrarot-Laserklasse 1M		Messung 905 nm Infrarot-Laserklasse 1
	Laserpointer 635 nm Rot-Laserklasse 3R		
Auflösung	± 10 mm (0,4 in.)		± 5 mm (0,2 in.)
Typische Genauigkeit	± 30 mm	± 40 mm	± 11 mm
Temperatur	-40 bis +60 °C (-40 bis +140 °F)		
Leistung	24 VDC (Dreileitertechnik)		24 VDC (Zweileitertechnik)
			24 VDC (Vierleitertechnik) bei Verwendung der Option „beheiztes Fenster“
Ausgänge	Analogausgang 4–20 mA		
	Zwei Relais		HART 7
	RS232 für Konfiguration		
Gehäuseart	Aluminum	Aluminum	Aluminum
	Nicht rostender Stahl		Nicht rostender Stahl
Prozessdruck	Luftdruck		-1 bis 50 bar, je nach Prozessflansch
Schutzart des Gehäuses	IP66/Nema4X		IP67/Nema4X
Zulassungen	CE	CE	CE
	ATEX	ATEX	ATEX
	IECEX	IECEX	IECEX, KCs
	cCSAus	cCSAus	FM
	FM	FM	3-A
			CRN



Einfache Messung in Silos mit Einbauten oder Produktanhaftungen



Füllstand in Silos und Behältern. Ideal für Pellets, Getreide, Kaffee, Kohle, trockene Schüttgüter, undurchsichtige Flüssigkeiten und Pulver

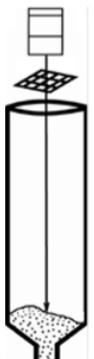


...
können

Oberflächenmessung in jedem Winkel



Berührungsfreie Füllstandmessung durch Hindernisse wie Schutzgitter etc.



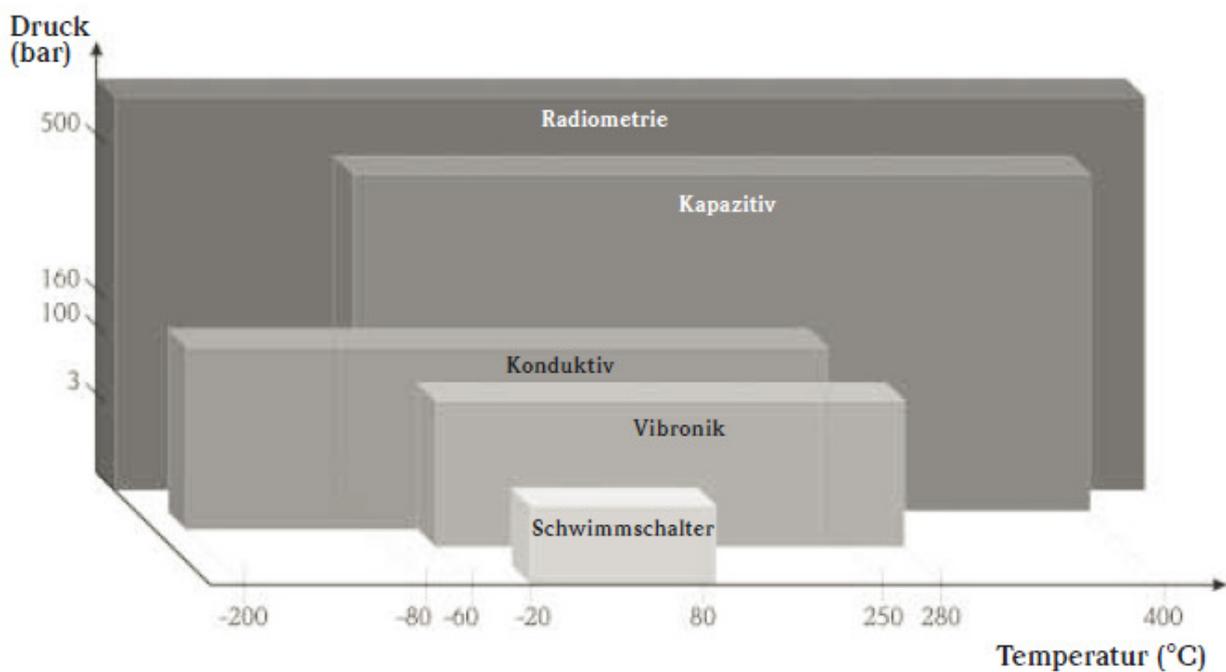


5.2 Grenzstandmessung, Übersicht der Messprinzipien (Fa. Endress + Hauser)

Segmentierung

	Grenzstand	Kontinuierlich
Flüssigkeiten	Vibronik Konduktiv Kapazitiv Schwimmschalter Radiometrie	Radar Geführtes Radar Ultraschall Hydrostatik Kapazitiv Radiometrie
Schüttgüter	Vibronik Kapazitiv Drehflügel Mikrowellenschranke Radiometrie	Geführtes Radar Radar Ultraschall Lotsystem Radiometrie

Prozessbedingungen



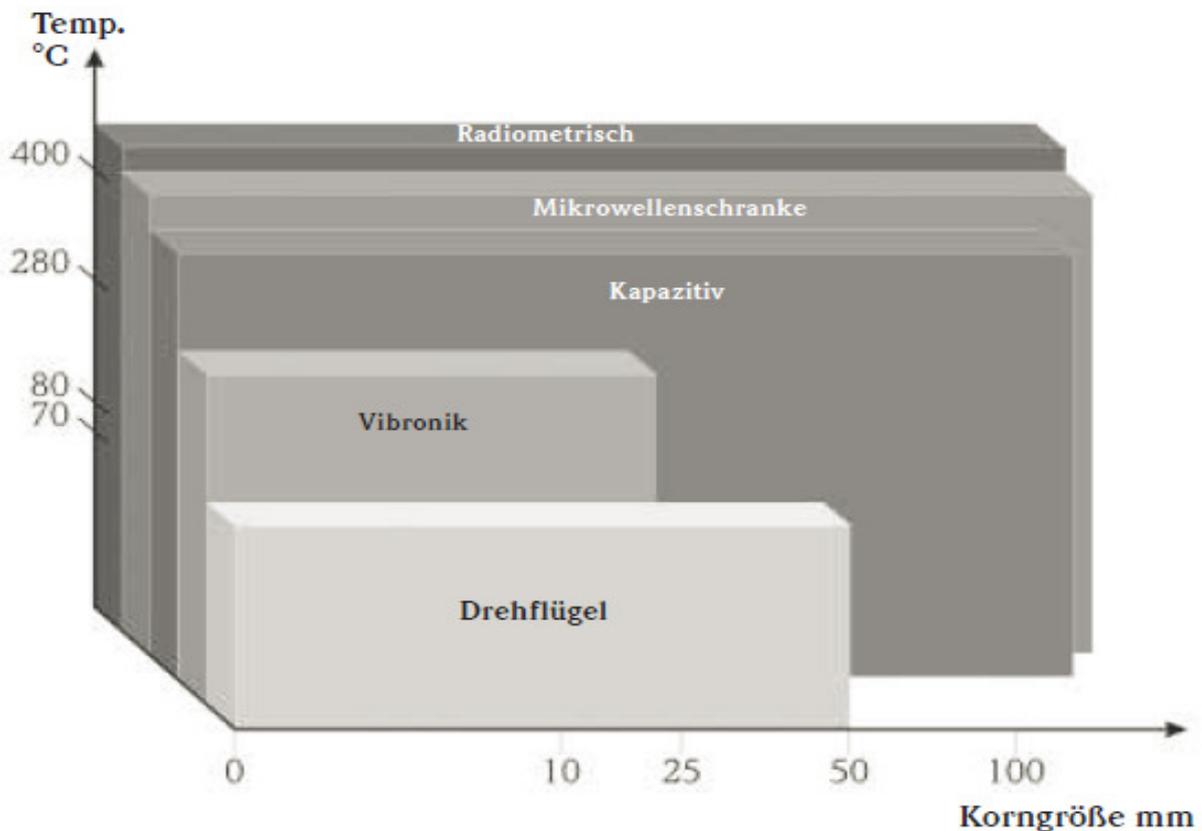


Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Füllstandsmesstechnik	12. Mai 2021

Segmentierung

	Grenzstand	Kontinuierlich
Flüssigkeiten	Vibronik Konduktiv Kapazitiv Schwimmshalter Radiometrie	Radar Geführtes Radar Ultraschall Hydrostatik Kapazitiv Radiometrie
Schüttgüter	Vibronik Kapazitiv Drehflügel Mikrowellenschanke Radiometrie	Geführtes Radar Radar Ultraschall Lotsystem Radiometrie

Prozessbedingungen





Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Füllstandsmesstechnik	12. Mai 2021

5.2.1 Grenzstandmessung, Drehflügelsonde

Fa. Rembe

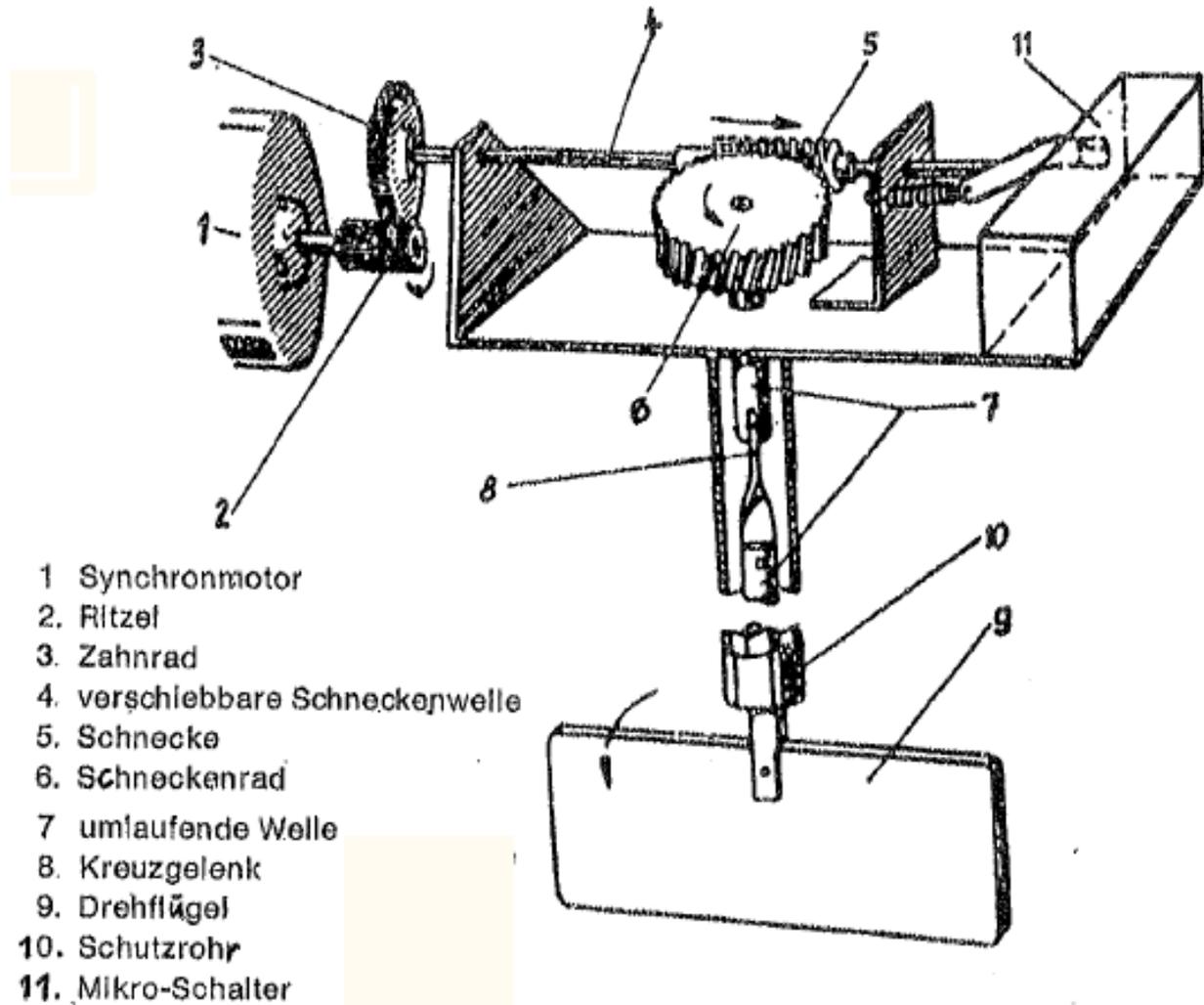


Fa. Endress + Hauser



Ein Synchronmotor treibt über ein Getriebe eine Welle mit dem Messflügel an. Wird der Messflügel durch das Schüttgut gebremst oder angehalten, bewegt sich der drehbar gelagerte Motor im Gehäuse von einer Ruhe- in eine Schaltlage. Dabei werden zwei Kontakte umgeschaltet. Der erste signalisiert den Füllstand nach außen, der zweite schaltet intern den Motor ab.

Gibt das Füllgut den Messflügel wieder frei, dreht der Motor in die Ruhelage zurück. Die zwei Kontakte schalten in die Ruhelage zurück und der Messflügel dreht sich weiter. Belastungsstöße auf den Messflügel, die gegen oder mit der Drehrichtung wirken, werden durch eine Rutschkupplung abgefangen.





5.3.2 Grenzstandmessung, Schwinggabelsonde



Fa. Vega

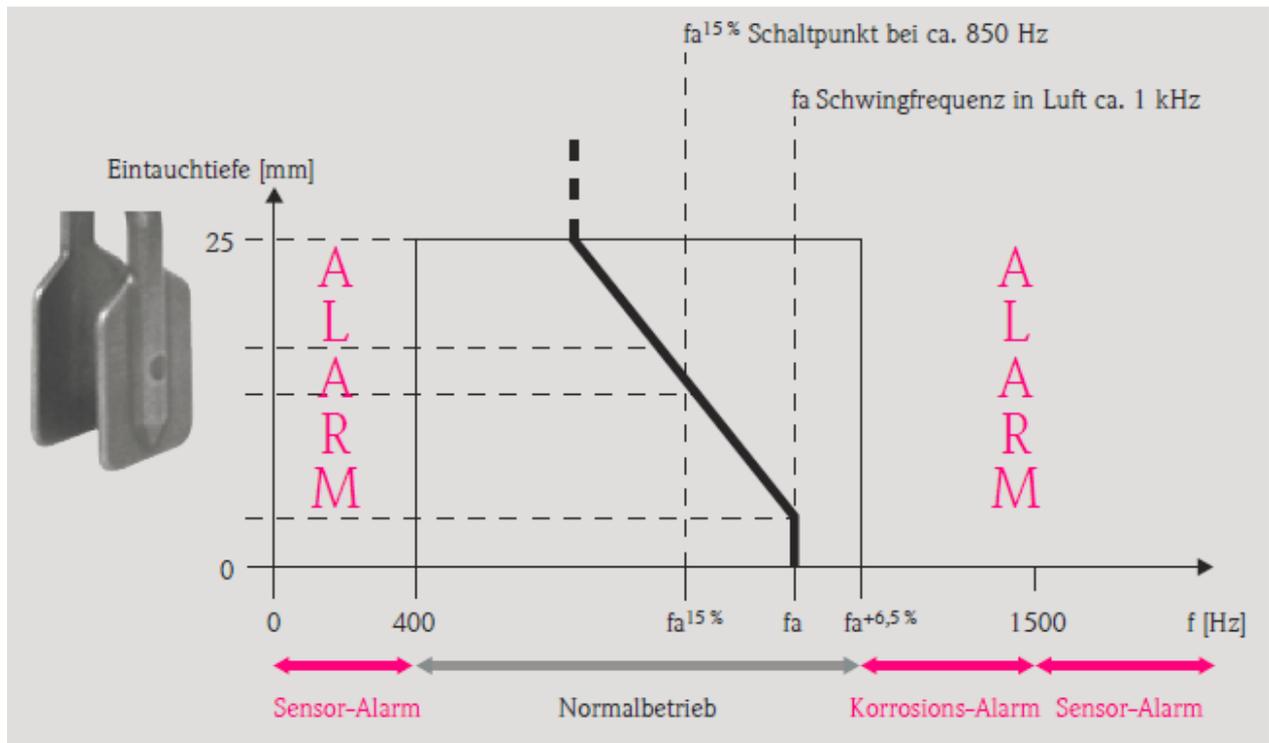


Bimorph- oder Stapelantrieb, das Herz der Vibrationsgrenzschalter von Endress+Hauser

Als Vibrationsgrenzschalter verwendet man generell mechanisch schwingfähige Systeme, die auf ihrer Resonanzfrequenz angeregt werden. Dies kann z. B. eine Schwinggabel sein, welche kombiniert mit einer Elektronik und einem Piezokristall einen elektromechanischen Resonator bildet.



Gegenüber anderen physikalischen Messprinzipien wie z. B. konduktiven Sonden oder Schwimmerschaltern, bieten die Vibrationsgrenzschalter von Endress+Hauser einen entscheidenden Vorteil – die Frequenzauswertung. Sie ermöglicht eine automatische Selbstüberwachung des Schwingsystems. Eine Änderung der Schwingfrequenz über einen zugelassenen Wert hinaus, signalisiert eine Unregelmäßigkeit am Schwingsystem, z. B. Korrosion oder Ansatz. Daraufhin schaltet das Messgerät sicherheitsgerichtet. Alle Typen der Baureihe Liquiphant und Soliphant M arbeiten mit einer solchen Frequenzauswertung.



Ansatz an der Schwinggabel



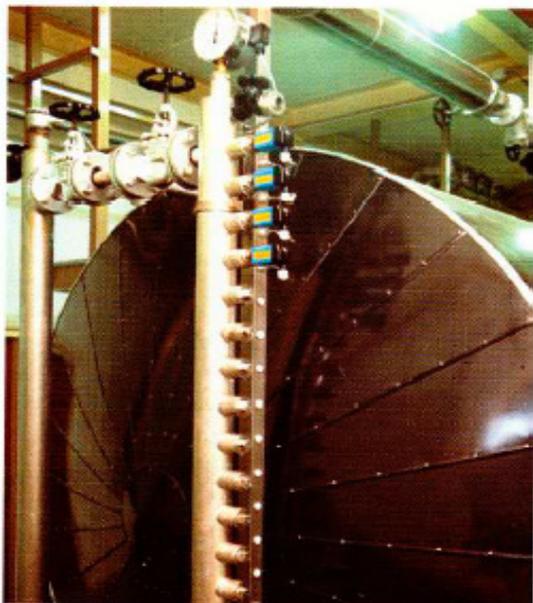
Korrosion der Schwinggabel



Funktionsprinzip

Zwei auf einer Metall-Membran einander angeordnete Metallstäbe werden auf ihrer Resonanzfrequenz zum Schwingen angeregt. Der Antrieb erfolgt piezoelektrisch.

Durch die Berührung mit dem Füllgut wird das Schwingverhalten verändert. Diese Änderung der Schwingungen wird ausgewertet und in ein Schaltsignal umgesetzt.



Realisierung von 4 unabhängigen Schaltepunkten mit Liquiphant-Vibrationssonden im Standrohr eines Sammelbehälters für Kesselspeisewasser



Grenzstandüberwachung mit Liquiphant-Sonden an einem Ansetzbehälter mit Rührwerk. Zuverlässige Funktion auch bei wechselnden Flüssigkeiten, unempfindlich gegen Turbulenzen, Strömungen und Schaum