

# Ultraschall-Füllstandmessung *Sensor DU 51 Z*

**Berührungslose kontinuierliche Füllstandmessung in Flüssigkeitstanks und Schüttgutsilos; zugelassen für den explosionsgefährdeten Bereich Zone 0**



## **Einsatzbereiche**

Der Ultraschallsensor DU 51 Z kann zur berührungslosen Füllstandmessung in Tanks mit Flüssigkeiten aller Art bis 15 m Höhe und in Silos mit grob- und feinkörnigen Schüttgütern bis 7 m Höhe eingesetzt werden.

Der „messende Blindflansch“ ist besonders geeignet bei Anwesenheit von aggressiven oder brennbaren Dämpfen und Gasen.

Zugelassen für den explosionsgefährdeten Bereich Zone 0.

Die eigensichere Versorgung des Sensors erfolgt über das Meßgerät Nivosonic FMU 673 Z oder FMU 678 Z.

## **Vorteile auf einen Blick**

- Der Flansch und die Membran des Schwingers sind aus einem Stück Stahl 1.4571 gefertigt; dadurch werden Dichtungsprobleme vermieden.
- Sehr gute Beständigkeit gegen aus dem Füllgut aufsteigende aggressive Dämpfe.
- Die Resonanzfrequenz des Sensors paßt sich bei Kondensat- und Ansatzbildung automatisch an, dadurch wird stets ein optimaler Wirkungsgrad erreicht.
- Die Verbindung zwischen Meßgerät und Sensor ist eigensicher, d. h., die Verlegung des dreiadrigen (nicht abgeschirmten) Kabels ist problemlos.
- Der Ultraschallsensor wird vom Meßgerät gespeist, benötigt also keine zusätzliche Spannungsversorgung.

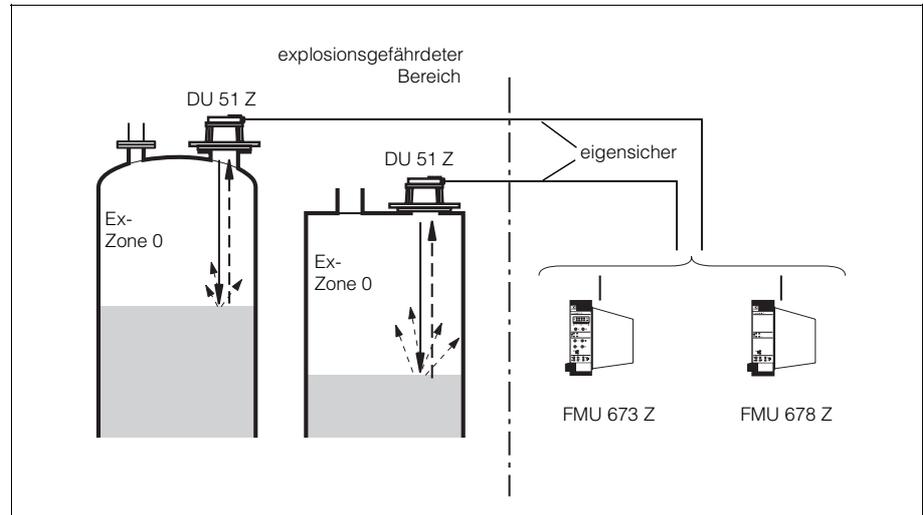
**Endress + Hauser**

Unser Maßstab ist die Praxis



# Die Meßeinrichtung

Meßeinrichtung zur berührungslosen kontinuierlichen Füllstandmessung mit Ultraschall in Tanks und Silos



- Die gesamte Meßeinrichtung besteht aus
- dem Meßgerät Nivosonic FMU 673 Z oder FMU 678 Z in der Warte und
  - dem Ultraschallsensor DU 51 Z auf dem Tank oder Silo

Ein Temperaturfühler zur Laufzeitkompensation des Ultraschalls bei Temperaturschwankungen ist im Sensor eingebaut.

# Funktionsprinzip

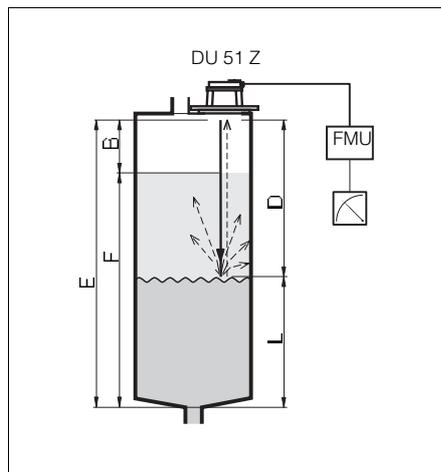
Der Schallgeber im Sensor wird elektrisch angeregt und sendet einen Ultraschallimpuls nach unten in Richtung Füllgut. Die Füllgutoberfläche reflektiert diesen Impuls teilweise. Der Sensor, welcher nun als Richtmikrophon arbeitet, wandelt das empfangene Echo wieder in ein elektrisches Signal um. Die Zeit zwischen Senden und Empfangen des Impulses – die Schall-Laufzeit – ist direkt proportional zur Distanz Sensor-Füllgut. Die Distanz D wird bestimmt aus der Schallgeschwindigkeit c und der Laufzeit t nach der Formel:

$$D = \frac{c \cdot t}{2}$$

## Meßbedingungen

Maßgebend für die Ultraschallmessung ist der Empfang eines Echos von der Füllgutoberfläche. Gasschichtungen können die Genauigkeit der Meßeinrichtungen beeinflussen.

- Flüssigkeiten  
Der Sensor muß exakt senkrecht auf die Oberfläche gerichtet sein. Die Oberfläche darf nicht von einer geschlossenen dicken Schaumschicht bedeckt sein.
- Schüttgüter  
Einen ausreichend starken Anteil des Streuechos von der Schüttgutoberfläche erhält der Sensor, wenn die Oberflächenrauigkeit des Schüttkegels größer als 4 mm ist (diffuse Reflexion). Bei feinkörnigen oder pulverförmigen Schüttgütern, z.B. Quarzsand, Zement, Kunststoffpulver, Rohmehl usw. hängt die Funktion vom Oberflächenprofil ab (spiegelartige Reflexion).



- Meßeinrichtung und Funktion
- B = Blockdistanz (maximale Füllhöhe)
  - D = Distanz vom Sensor bis zur Füllgutoberfläche
  - L = Füllstand im Tank oder Silo (Level)
  - F = maximale Füllhöhe (100 %, Full)
  - E = Nullpunkt der Messung (0 %, Empty)

## Meßbereich

Der maximale Meßbereich wird durch die Abschwächung der Schallimpulse in der Luft sowie durch die Rückstreuungseigenschaften der Füllgutoberfläche begrenzt.

## Blockdistanz

Bedingt durch das Ausschwingverhalten des Sensors gibt es einen Bereich unmittelbar unterhalb des Sensors, in welchem keine Impulse empfangen werden können.

Diese sogenannte Blockdistanz B bestimmt den minimalen Abstand zwischen Sensormembran und maximalem Füllstand im Tank oder Silo. Die Blockdistanz beträgt ca. 0,8 m.

# Planungshinweise

## Maximal mögliche Reichweite

Die Reichweite (der Meßbereich) hängt von folgenden Faktoren ab:

- Stärke des Signals von der Füllgutoberfläche (Streuecho)
- Abschwächung des Signals im Raum zwischen Sensor und Produkt
- Hintergrundstörmpegel, verursacht z. B. durch Befüllgeräusche.
- Störechos von Einbauten im Silo

Die ersten drei Faktoren sind von den Einsatzbedingungen abhängig.

Störechos können vermindert werden, wenn Sie die Empfehlungen in diesem Informationsblatt berücksichtigen.

Sehr gute Einsatzbedingungen herrschen, wenn:

- der Detektionsbereich keine Einbauten tangiert
- der Tank oder Silo während der Messung weder befüllt noch entleert wird
- die Oberfläche einer Flüssigkeit ruhig und ohne Schaum ist
- sich kein starker Dampf im Tank befindet
- Schüttgut hart und grobkörnig ist
- sich kein Staub im Silo befindet
- die Lufttemperatur nicht hoch ist.

Abschätzen der Reichweite des Ultraschallsensors in Ihrem Anwendungsfall:

- Überprüfen Sie mit Hilfe der Tabelle, welche Faktoren die Messung beeinflussen.
- Addieren Sie die entsprechenden Dämpfungswerte (dB).

Das Diagramm zeigt die ideale Echo-dämpfungskurve für den Sensor DU 51 Z.

- Verschieben sie die ideale Kurve um die Strecke nach unten, die der Summe der Dämpfungswerte entspricht.
- Ziehen Sie den zu erwartenden Störpegel von der Nachweisgrenze 120 dB ab. Ein üblicher Störpegel, verursacht durch Befüll- oder Abzugeräusche und Störreflexionen an den Silowänden, beträgt etwa 20 dB. Bei kurzen Meßstrecken vergrößert sich der Störpegel durch stärkere Störreflexionen.
- Der Schnittpunkt der nach unten verschobenen idealen Kurve mit der Störpegellinie zeigt die maximale Reichweite. Siehe Beispiel.

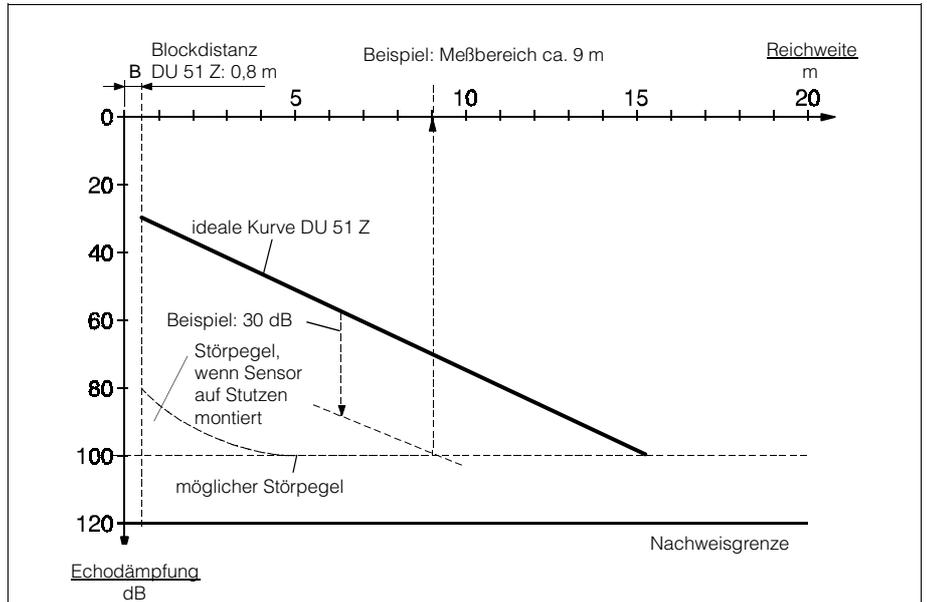
Genügt die ermittelte Reichweite für Ihren Anwendungsfall?

Einflüsse	Dämpfung (dB)
<b>Temperaturschichtung</b>	
Lufttemperaturdifferenz bis 20 °C	0
zwischen Sensor und bis 40 °C	5...10
Füllgutoberfläche bis 60 °C	10...20
<b>Befüllstrom</b>	
außerhalb des Detektionsbereichs	0
geringe Mengen im Detektionsbereich	5...10
große Mengen im Detektionsbereich	10...20
<b>Flüssigkeitsoberfläche</b>	
ruhig	0
wellig	5...10
stark turbulent (z.B. Rührwerk)	10...20
<b>Schaum</b>	
bitte bei Endress+Hauser rückfragen	
<b>Schüttgutoberfläche</b>	
hart, rau	20
weich	20...40
z. B. Torf, staubbedeckter Klinker	
<b>Staub</b>	
keine Staubentwicklung	0
geringe Staubentwicklung	5
starke Staubentwicklung	5...10

Oben:  
Dämpfung in dB bei störenden Einflüssen im Tank oder im Silo.

Rechts:  
Echodämpfung als Funktion der Reichweite und Beispiel für Reichweitenabschätzung.

Im Stutzen erzeugt der Sensor einen Störpegel, der mit zunehmender Meßstrecke abnimmt.



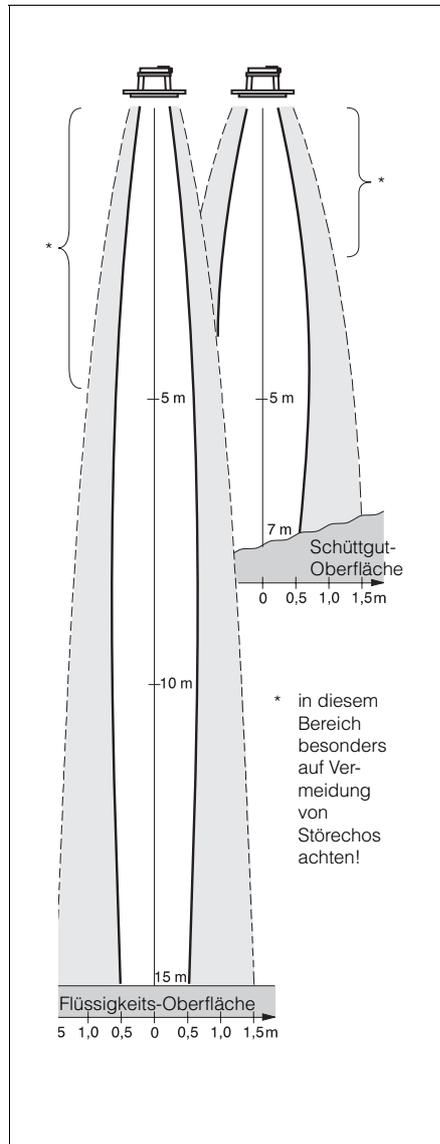
Beispiel für die Reichweitenabschätzung: (Flüssigkeitstank):

Einflüsse:	Dämpfung
Temperaturdifferenz im Tank max. 60 °C	20 dB
Befüllung: außerhalb des Detektionsbereichs	0 dB
wellige Flüssigkeitsoberfläche	<u>10 dB</u>
Summe der Dämpfungswerte	30 dB

Reichweite unter diesen Bedingungen daher ca. 9 m

Detektionsbereiche (Keulenform) in Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen.  
 Durchgezogene Linien: gute Reflexionseigenschaften, wenig Dämpfung, daher geringe Verstärkung im Meßgerät Nivosonic FMU.

Gestrichelte Linien: schlechte Reflexionseigenschaften, starke Dämpfung, daher hohe Verstärkung im Meßgerät Nivosonic FMU.



### Detektionsgrenze und Störsignale

Befinden sich Einbauten im Tank oder Silo, dann ist eine sorgfältige Positionierung des Sensors sehr wichtig, um den Störpegel so klein wie möglich zu halten. Der Ultraschallimpuls sollte ungehindert auf die Füllgutoberfläche gelangen. Der Ultraschall verläßt den Sensor als ein enger Strahl, der sich mit zunehmendem Abstand verbreitert. Jeder Gegenstand, der sich innerhalb dieses Strahls befindet, verursacht ein Echo, das vom Sensor empfangen wird.

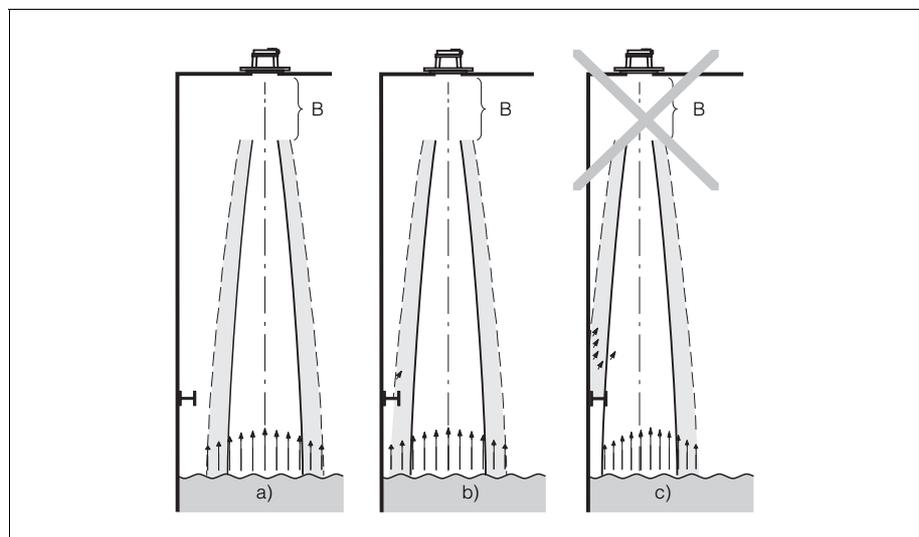
- Kanten, Einbauten usw. im ersten Drittel des Meßbereichs sind kritischer, da die Schallenergie stark konzentriert ist. Kleine Störflächen können dadurch größere Störsignale verursachen.
- Im letzten Drittel des Meßbereichs ist die Schallenergie auf eine größere Fläche verteilt. Einbauten und Störkanten sind dadurch unkritischer.
- Gegenstände in der Mitte des Strahls (durchgezogene Linie im Bild) verursachen starke Echos.
- Echos von der Randzone (gestrichelte Linie) sind nur bei einem schwächeren Nutzsignal von der Schüttgutoberfläche von Bedeutung.

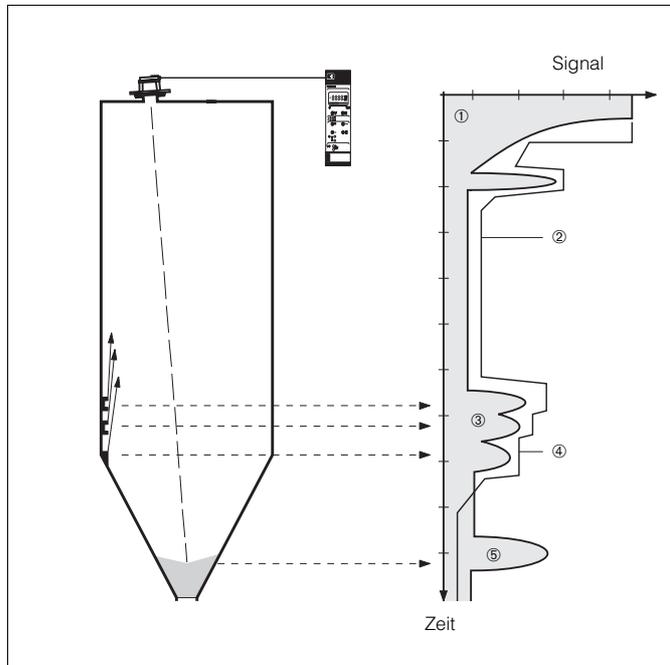
### Meßgenauigkeit

- Der Einfluß von Druckschwankungen ist  $< 0,1\%$  (bei Luft oder Stickstoff).
- Homogene Temperatur und Schallgeschwindigkeit in der Meßstrecke ermöglichen eine hohe Meßgenauigkeit; Fehlergrenzen  $\leq 1\%$ . Bei starken Temperaturgradienten in der Meßstrecke sowie bei sich ändernden Gasgemischen muß der Einfluß geschätzt und das Nivosonic entsprechend programmiert werden. Stickstoffüberlagerung ändert die Schallgeschwindigkeit lediglich um  $+1\%$ . Bei Flüssigkeiten mit hohem Partialdruck muß geprüft werden, ob die Gaszusammensetzung konstant bleibt.
- Die Auflösung beträgt  $1,7 \text{ cm}$  bei einer Schallgeschwindigkeit von  $340 \text{ m/s}$ .

Störechos von Einbauten und rauen Silowänden vermeiden!

- ideale Montage, kein Störecho
- unkritische Montage, nur schwaches Störecho
- ungünstige Montage, starkes Störecho von Einbauten und von Wandunebenheiten (z.B. Schweißnähten)



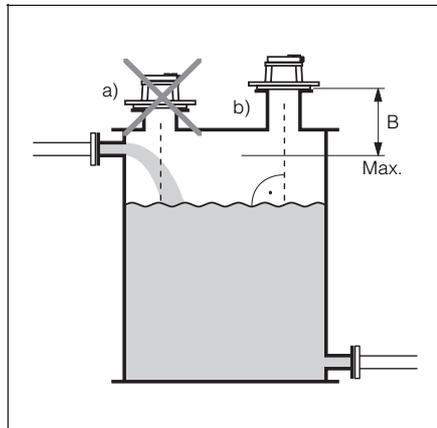


- Unterdrücken von Störechos bei festen Einbauten:
- ① Ausschwingen des Sensors
  - ② Zeitabhängige Schwelle, die ein Echosignal überschreiten muß, um vom Auswertegerät erfaßt zu werden.
  - ③ Störechos
  - ④ Störechoausblendung (angepaßte Detektionsschwelle)
  - ⑤ Nutzsignal von der Füllgutoberfläche

### Störsignalunterdrückung

Mit der „Festzielausblendung“ im Meßgerät Nivosonic FMU 673 ... 678 Z ist es möglich, Störechos von festen Einbauten auszublenden. Die Detektionsgrenze wird dabei automatisch dem Störechoprofil angepaßt, so daß diese Signale nicht mehr erfaßt werden und damit von der weiteren Signalverarbeitung ausgeschlossen sind. Bitte beachten Sie, daß die Anpassung der Detektionsgrenze an das Störechoprofil eine Reduzierung des Meßbereichs zu Folge hat. Besonders bei schwachen Nutzsignalen (z.B. Zementsilo) sollten Sie daher erst versuchen, den Störpegel durch richtige Montage und Positionierung des Sensors zu reduzieren.

## Einbauhinweise



- a) Nicht durch den Befüllstrom hindurch messen
- b) Maß B (Blockdistanz) zum maximalen Füllstand einhalten. Stützenhöhe und -form siehe Abbildung auf der nächsten Seite

### Grundsätzliches zur Montage auf einem Tank

- Richten Sie den Sensor genau senkrecht zur Flüssigkeitsoberfläche aus.
- Vermeiden Sie Messung durch den Befüllstrom hindurch.
- Montieren Sie den Sensor so hoch, daß auch bei Überfüllung des Tanks die Blockdistanz nicht unterschritten wird.
- Beachten Sie die empfohlenen Abmessungen für Montagestutzen.

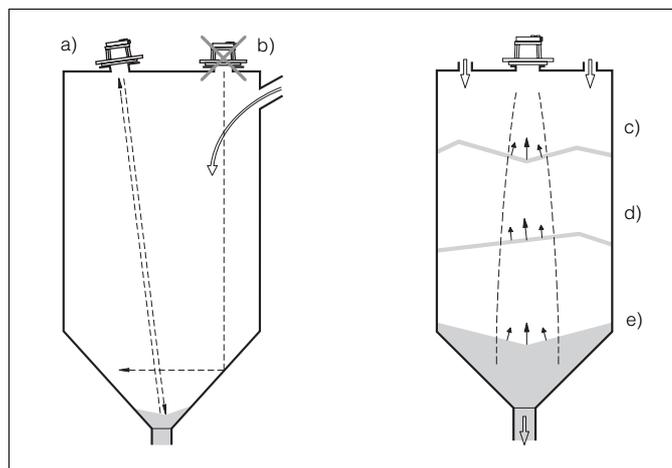
### Grundsätzliches zur Montage auf einem Silo

- Richten Sie den Sensor auf das Zentrum des Auslaufkonus, damit auch bei leerem Silo ein Echo zurückkommt.
- Vermeiden Sie Messung durch den Befüllstrom hindurch.

- Die glatte Oberfläche eines sehr feinkörnigen oder staubförmigen Schüttguts läßt keine diffuse Reflexion entstehen; der Schall wird wie Licht reflektiert (Einfallswinkel = Ausfallwinkel). Der Montageort ist deshalb entscheidend für die Funktion der Messung.

Links:

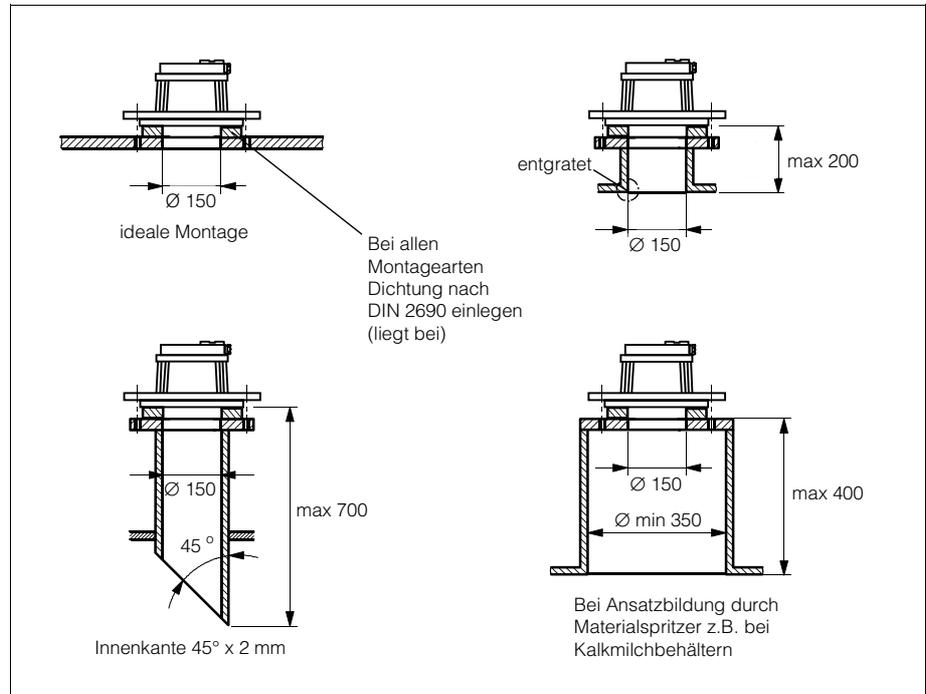
- a) richtiger Einbau  
Möglichst weit von Silowand und Materialeinlauf entfernt. Das Zentrum des Auslaufkonus liefert auch bei leerem Silo ein Echo, das beim Sensor ankommt.
- b) falscher Einbau  
1. Detektion durch Füllgutstrom  
2. Bei leerem Silo wird das Echo zur Seite reflektiert, der Sensor kann kein Nutzsignal empfangen.



Rechts

- Einbaustelle bei pulverförmigen Schüttgütern.
- c) Eine Senke zwischen Schüttgutkegeln bewirkt ein gutes Echo Richtung Sensor.
  - d) leicht schräge Oberflächen mit Böschungswinkeln bis 5° reflektieren noch genügend Schallenergie Richtung Sensor
  - e) Das Zentrum des Abzugstrichters erzeugt ein ausreichend starkes Echo Richtung Sensor.

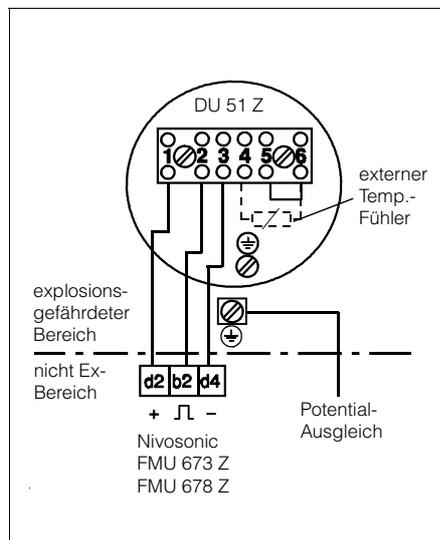
# Montage



Montagebeispiele für geschlossene Tanks oder Silos

- In einem engen Rohrstutzen darf sich kein Materialansatz und kein Kondensat bilden.
- Wählen Sie einen möglichst großen Durchmesser für den Rohrstutzen.
- Die Stutzeninnenseite sollte möglichst glatt sein (keine Kanten, keine Schweißnähte).
- Isolieren Sie bei Montage im Freien den Stutzen, um Kondensatbildung zu vermeiden.
- Bei zylindrischem Tank oder Silo: Vermeiden Sie, besonders bei einer gewölbten Decke, die Montage des Sensors im Zentrum der Decke, da dort Störechos und Mehrfachechos gebündelt ankommen.
- Der Gegenflansch zur Montage des DU 51 Z muß möglichst eben sein. Legen Sie die beigegefügte Dichtung zur Schallentkopplung auf den Gegenflansch. Falls Sie eine andere Dichtung verwenden: Bei gleicher Dicke muß die Härte 60 ... 70 Shore sein.
- Verwenden Sie alle 8 Schrauben zum Befestigen.
- Ziehen Sie die Schrauben gleichmäßig über Kreuz an; empfohlenes Drehmoment: ca. 100 Nm ... 110 Nm; maximales Drehmoment 120 Nm.

# Elektrischer Anschluß



Anschluß des Ultraschallsensors DU 51 Z am Meßgerät Nivosonic FMU ...

Eigensicherer Anschluß des Ultraschallsensors DU 51 Z an das Meßgerät Nivosonic FMU 673 Z oder FMU 678 Z über normales, nicht abgeschirmtes, dreidrahtiges Installationskabel für Meßzwecke; max. 25  $\Omega$  pro Ader. (Explosionsschutz-Vorschriften für die Verlegung beachten!) Falls die Verbindungsleitung durch starke magnetische oder elektrische Wechselfelder verlegt werden muß, empfehlen wir Ihnen, abgeschirmtes, verdrehtes Kabel zu verwenden. Schließen Sie die Abschirmung nur am DU 51 Z an! Falls Sie einen externen Pt-100-Fühler anschließen wollen, müssen Sie dies bei Bestellung des Sensors DU 51 Z angeben. Anschluß an den Klemmen 4 und 6, ohne Brücke 5 – 6.

## Technische Daten

### Meßbereich

Bis 15 m bei Flüssigkeiten,  
unter idealen Bedingungen:

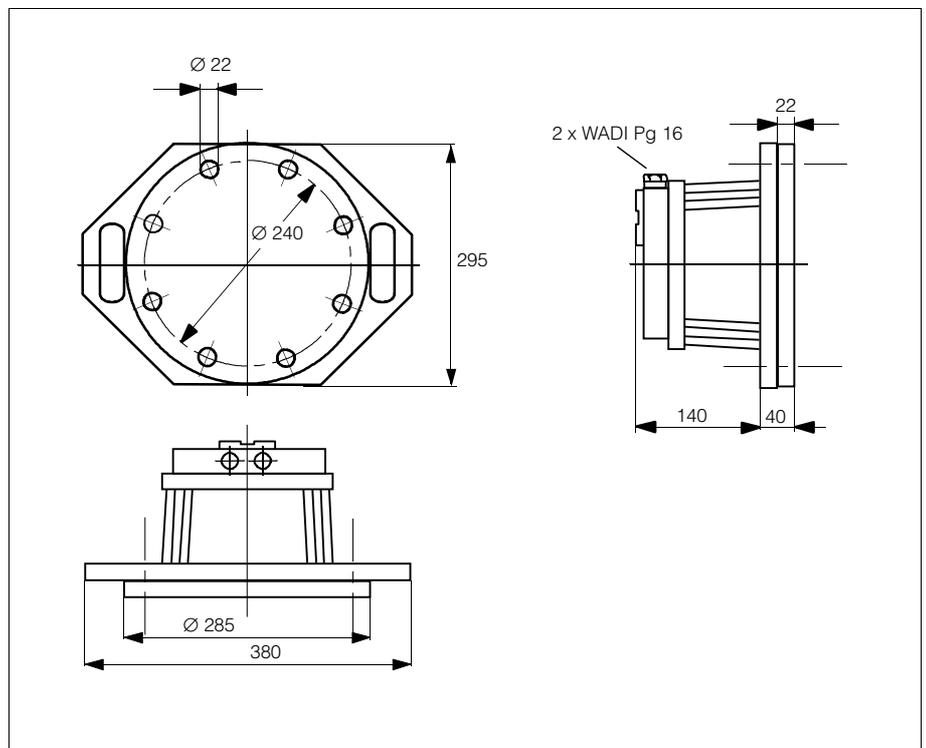
- Umgebungstemperatur 0 . . . 30 °C
- atmosphärischer Druck
- ideale Montage, siehe Seite 6
- ruhige Flüssigkeitsoberfläche, kein Schaum, keine Turbulenzen
- Schallstrecke frei von Hindernissen

Bis 7 m bei Schüttgütern unter  
idealen Bedingungen

- Umgebungstemperatur 0 . . . 30 °C
- atmosphärischer Druck
- ideale Montage, siehe Seite 6
- staubfreie, harte Oberfläche mit einer Körnung größer als 10 mm (z. B. Schotter)
- Schallstrecke frei von Hindernissen

Abmessungen des  
Ultraschallsensors  
DU 51 Z

Maßangaben für  
Standard-Flansch  
DN 150, PN 16,  
DIN 2501



### Betriebsdaten

- Berstdruck: 5 bar
- Betriebstemperatur im Tank oder Silo: -20 °C . . . +80 °C
- Umgebungstemperatur für das Gehäuse: -20 °C . . . +60 °C
- Ultraschall-Laufzeitkompensation: mit Silizium-Temperaturfühler, hinter der Membran des Sensors eingebaut
- Betriebsdruck  $p_e$ : max. 3 bar
- Ultraschallfrequenz: ca. 21 kHz
- Pulsfrequenz: ca. 2 Hz
- Blockdistanz: ca. 0,8 m
- Abstrahlwinkel bei - 3 dB: 3°

### Bauform und Werkstoffe

- Flansch und Schwinger: plan aus einem Stück korrosionsbeständigem Stahl 1.4571
- Flanschmaße: DN 150, PN 16
- beigelegte Dichtung: NBR
- Gehäuse: Aluminium (AlSi 9)
- Schutzart nach DIN 40050: IP 65
- Zündschutzart: EEx de ib IIC T 6
- Gewicht: 16,2 kg

Technische Änderungen vorbehalten.

# Bestellangaben

**Ultraschallsensor DU 51 Z**

Bestellcode DU 51 Z - A11 A1

## Ergänzende Dokumentation

- Konformitätsbescheinigung  
PTB Nr. Ex-89.C.2069  
und  
Bauartzulassungsbescheinigung  
01/PTB Nr. Ex-89.C.2069  
Zertifikat ZE 023/00/d
- Füllstandmeßgerät  
Nivosonic FMU 673 Z, FMU 678 Z  
Technische Information TI 128/00/d

### Deutschland

Endress+Hauser Meßtechnik GmbH+Co.

Techn. Büro Hamburg  
Am Stadtrand 52  
22047 Hamburg  
Tel. (0 40) 69 44 97-0  
Fax (0 40) 69 44 97-50

Büro Hannover  
Brehmstraße 13  
30173 Hannover  
Tel. (05 11) 2 83 72-0  
Fax (05 11) 28 17 04

Techn. Büro Ratingen  
Eisenhüttenstraße 12  
40882 Ratingen  
Tel. (0 21 02) 8 59-0  
Fax (0 21 02) 8 59 1 30

Techn. Büro Frankfurt  
Eschborner Landstr. 42  
60489 Frankfurt  
Tel. (0 69) 9 78 85-0  
Fax (0 69) 7 89 45 82

Techn. Büro Stuttgart  
Mittlerer Pfad 4  
70499 Stuttgart  
Tel. (07 11) 13 86-0  
Fax (07 11) 13 86-2 22

Techn. Büro München  
Stettiner Straße 5  
82110 Germering  
Tel. (0 89) 8 40 09-0  
Fax (0 89) 8 41 44 51

Techn. Büro Teltow  
Potsdamer Straße 12a  
14513 Teltow  
Tel. (0 33 28) 4 35 8-0  
Fax (0 33 28) 4 35 8 41

Vertriebszentrale  
Deutschland:

Endress+Hauser Meßtechnik GmbH+Co. • Postfach 2222  
79574 Weil am Rhein • Tel. (0 76 21) 9 75-01 • Fax (0 76 21) 9 75 55 5  
<http://www.endress.com>

12.97/MTM

### Österreich

Endress+Hauser  
Ges.m.b.H.  
Postfach 1 73  
1235 Wien  
Tel. (01) 8 80 56-0  
Fax (01) 8 80 56 35  
<http://www.endress.com>

### Schweiz

Endress+Hauser AG  
Sternenhofstraße 21  
4153 Reinach/BL 1  
Tel. (061) 7 15 62 22  
Fax (061) 7 11 16 50  
<http://www.endress.com>

**Endress + Hauser**

Unser Maßstab ist die Praxis

