

# Ultraschall-Füllstandmessung DU 44 Z und DU 46 Z Sensoren

**Meßaufnehmer für kontinuierliche,  
berührungslose Füllstandmessung  
in sehr hohen Schüttgutsilos;  
für staubexplosionsgefährdeten Bereich**



DU 46 Z:  
Meßbereich bis  
ca. 60 m.



DU 44 Z:  
Meßbereich bis  
ca. 40 m.

## Vorteile der Ultraschallmessung

- Berührungslose Füllstandmessung
- Meßgenauigkeit nicht durch Füllguteigenschaften, wie Dichte oder Leitfähigkeit, beeinflusst
- Kein Neuabgleich bei wechselnden Produkten notwendig

## Einsatzbereich

- Berührungslose, kontinuierliche Füllstandmessung in sehr hohen Schüttgutsilos.
- Meßbereich: bis zu 40 m (DU 44 Z) bzw. 60 m (DU 46 Z)
- Einsatztemperatur: -20...+60 °C

## Gerätemerkmale

- Der DU 46 Z arbeitet mit einer besonders tiefen Meßfrequenz, was die Reichweite wesentlich erhöht
- Durch ein neues Abstrahlprinzip wird ein hoher Wirkungsgrad erreicht
- Anschluß über ein normales Installationskabel, Mehraderkabel
- Zulassung für StEx Zone 10
- Zulassung nach CSA

Endress + Hauser

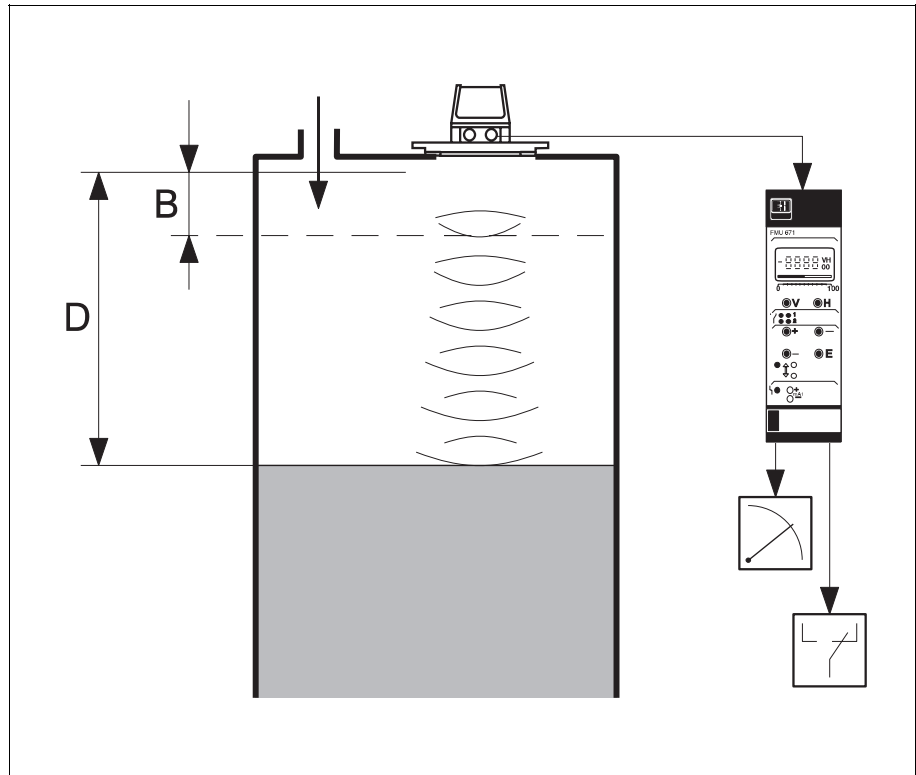
Unser Maßstab ist die Praxis



# Meßprinzip

Prinzip der  
Ultraschallmessung

D= Distanz Sensor -  
Produktoberfläche  
B= Blockdistanz



## Ultraschallmessungen

Ein oberhalb des Füllgutes angeordneter Ultraschallgeber (Sensor) wird elektrisch angeregt und sendet einen gerichteten Ultraschallimpuls durch die Luft in Richtung Füllgut.

Dieser Impuls wird von der Füllgutoberfläche teilweise oder vollständig reflektiert. Der in Richtung Sensor reflektierte Echoanteil wird vom gleichen Sensor, der nun als Richtmikrophon arbeitet, wieder in ein elektrisches Signal umgewandelt.

Die Zeit zwischen Senden und Empfangen des Impulses - die *Laufzeit* - ist direkt proportional zum Abstand Sensor-Füllstand. Die Distanz D bestimmt sich aus der Schallgeschwindigkeit c und der Laufzeit t durch die Formel:

$$D = c \times t/2$$

Bei  $c = 340 \text{ m/s}$  entspricht eine Laufzeit von 10 ms einem zurückgelegten Weg von 3,4 m und damit einer Distanz von 1,7 m.

## Meßbereich

Bedingt durch das Dämpfungsverhalten des Sensors gibt es einen Bereich unmittelbar unterhalb des Sensors, in welchem keine Impulse empfangen werden können. Diese sogenannte *Blockdistanz* bestimmt den Anfang des Meßbereichs.

Das Bereichsende wird durch die Abschwächung der Schallimpulse durch die Luft sowie durch die Rückstreuungseigenschaften der Füllgutoberfläche bestimmt.

## Voraussetzungen

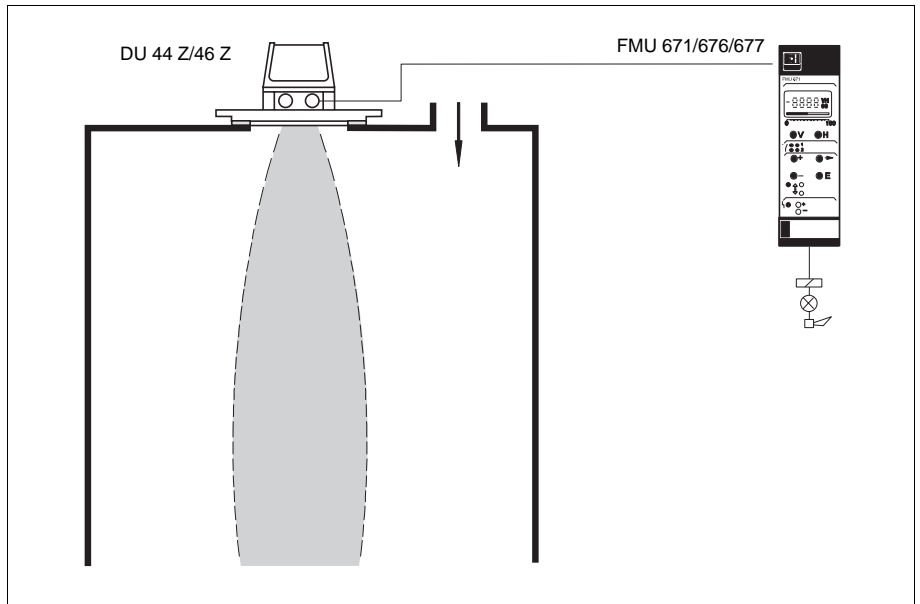
Maßgebend für die Ultraschallmessung ist der Empfang eines guten Echos von der Produktoberfläche:

- Körnige und stückige Schüttgüter, wie z.B. Schotter, Kies, Erz, Kohle, Glasscherben, usw.

Die bei diesen Schüttgütern vorhandene Oberflächenrauigkeit von größer 10 mm ermöglicht durch diffuse Reflexion eine Messung unabhängig vom Böschungswinkel des Schüttkegels bzw. des Abzugstrichters.

- Bei feinkörnigen oder pulverförmigen Schüttgütern, z.B. Quarzsand, Zement, Kunststoffpulver, Rohmehl usw., hängt die Funktion vom Oberflächenprofil ab (spiegelartige Reflexion).

# Meßsystem



Der Ultraschallsensor wird an das Auswertegerät Nivosonic FMU 671/676/677 in Racksyst-Bauform angeschlossen.

## Nivosonic FMU 671/676/677

Der Ultraschallsensor wird vom Auswertegerät Nivosonic FMU 67. mit der notwendigen Energie versorgt. Vom Sensor erhält das Nivosonic Informationen, die in einen Füllstand- bzw. Inhaltswert umgewandelt werden. Ein Temperaturfühler, hinter der Abstrahlfläche eingebaut, erfaßt die Temperatur oberhalb des Produkts.

Im Nivosonic FMU 67. werden folgende Funktionen ausgeführt:

- Anzeige des Meßwerts
- Linearisierung der Behälterkennlinie
- Kompensation der Temperatur
- Unterdrücken von Störechos, hervorgerufen durch Einbauten usw. im Silo.

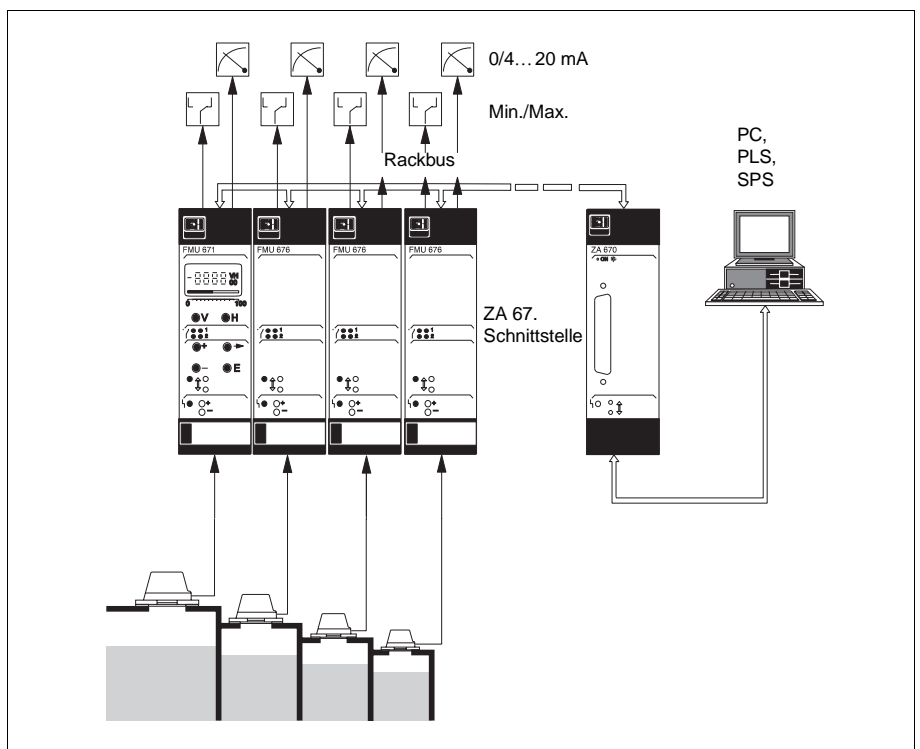
## Meßgenauigkeit

Unterschiede in der Energie des reflektierten Signals haben keinen Einfluß auf die Meßgenauigkeit.

- Der Einfluß von Druckschwankungen im Bereich  $p_e = -0,5 \dots +0,5$  bar ist  $\leq 0,1 \%$  (bei Luft oder Stickstoff).
- Eine homogene Temperatur und Schallgeschwindigkeit in der Meßstrecke ermöglicht erreichbare Meßgenauigkeiten von  $\leq 1 \%$ .
- Die Auflösung beträgt 1,7 cm bei einer Schallgeschwindigkeit von 340 m/s

Im Werk werden die Schallgeschwindigkeit auf 331,6 m/s bei 0°C und der Temperatureinfluß für Luft auf  $0,6 \text{ ms}^{-1}/^\circ\text{C}$  bzw.  $0,17\%/^\circ\text{C}$  eingestellt.

Die Werte sind frei wählbar und damit an andere Gasgemische anpaßbar.



Zusätzlich zu den aufgelisteten Funktionen kann das Nivosonic FMU 671/676/677 mittels Rackbus und ZA 67.-Schnittstelle in ein Prozessleitsystem integriert werden.

# Projektierung

## Maximal möglicher Meßbereich

Die Reichweite hängt von folgenden Faktoren ab:

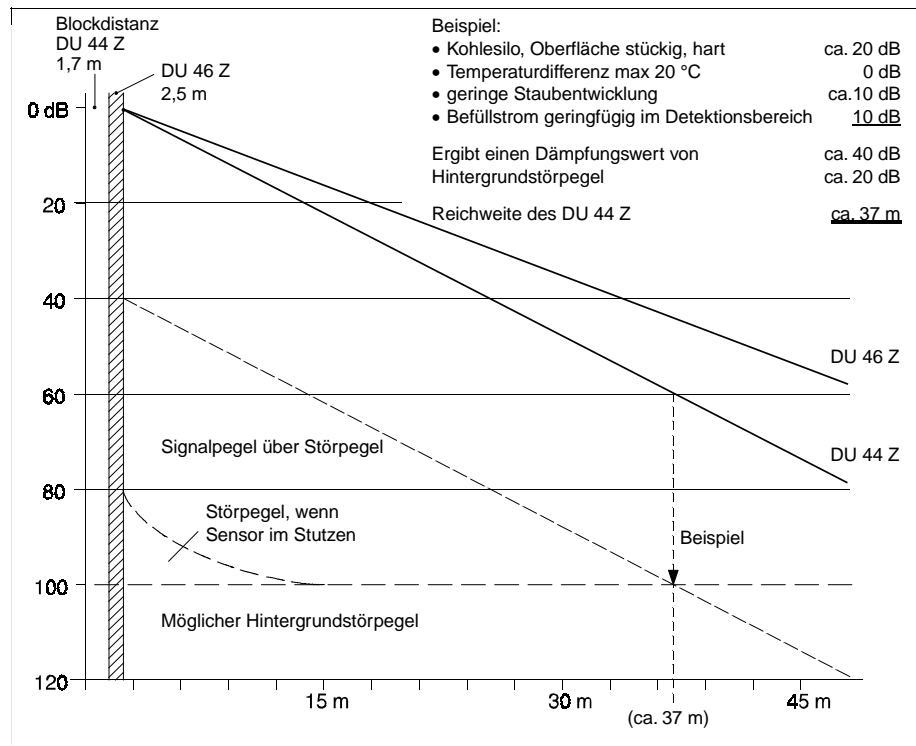
- Stärke des Signals von der Produkt-oberfläche (abhängig von der Oberflächenrauigkeit des Schüttguts).
- Abschwächung des Signals im Raum zwischen Sensor und Produkt (durch Lufttemperatur und Staub).
- Hintergrundstörpegel, verursacht durch Störechos von Einbauten, einer rauhen Silowand und den Befüllstrom.
- Bei großen Meßbereichen ist der Einfluß der Randbedingungen auf die Messung höher als bei kleineren Meßdistanzen.

Sorgfältige Planung des Einbauortes und die richtige Sensormontage sind entscheidend für die einwandfreie Funktion der Messung.

## Echodämpfung

Das Diagramm zeigt die idealen Echodämpfungskurven für die Sensoren DU 44 Z/46 Z:

- Überprüfen Sie mit Hilfe der Tabelle, welche Faktoren die Messung beeinflussen.
- Verschieben Sie die ideale Kurve um die Strecke nach unten, die der Summe der Dämpfungswerte entspricht.
- Überprüfen Sie die Störpegel (im Diagramm 20 dB) und ziehen Sie diese von der Nachweisgrenze von 120 dB ab.
- Der Schnittpunkt zwischen der verschobenen, idealen Kurve und dem Störpegel entspricht der maximalen Reichweite - siehe Beispiel.



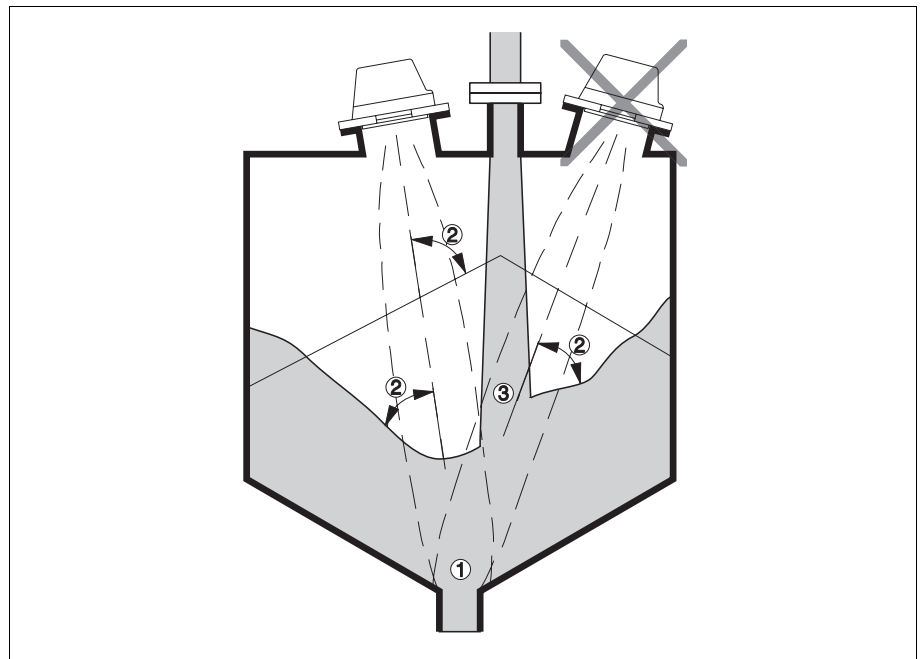
Echodämpfung als Funktion der Reichweite (bei idealer Reflexion und Atmosphäre).

Dämpfung in dB bei störenden Einflüssen im Silo

Einflüsse in Schüttgutsilos	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 Detektionsb.	5...10
große Mengen im Detektionsb.	10...20
<b>Staub</b>	
keine Staubentwicklung	0
geringe Staubentwicklung	5...10
starke Staubentwicklung	10...20
<b>Schüttgutoberfläche</b>	
hart, rau	20
weich	20...40
z.B. Torf, staubbedeckter Klinker	

# Einbauhinweise

- Sensor auf das Zentrum des Abzugtrichters ① richten, damit auch bei leerem Silo ein Echo zurückkommt.
- Ein angenäherter 90°-Winkel sorgt für ein starkes Echo.
- Abstand zur Wand halten und Winkel ② zur Böschung des Schüttkegels bzw. des Abzugtrichters möglichst groß wählen, da sonst die Messung ungenau ist.
- Messung durch Befüllstrom ③ vermeiden.



Beachten Sie die abgebildeten Einbauhinweise.

## Grobkörniges Schüttgut

Durch diffuse Reflexion an der Oberfläche von grobkörnigem Schüttgut oder an der ungleichmäßigen Oberfläche eines feinkörnigen Schüttguts entsteht ein gutes Nutzecho. Der Montageort ist deshalb unkritisch.

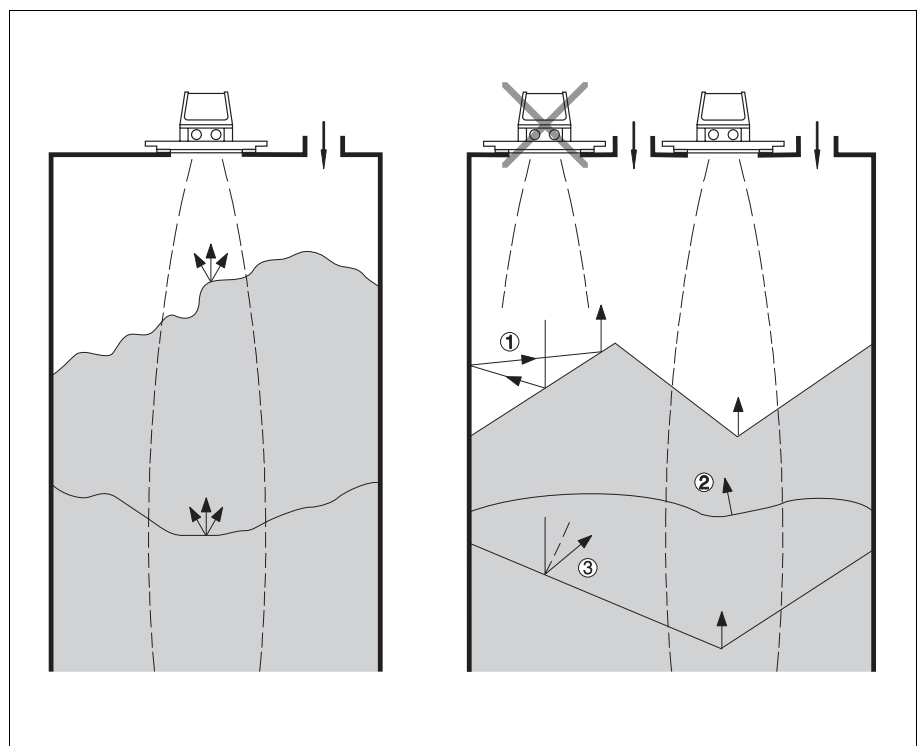
## Feinkörniges Schüttgut

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

links:  
Durch diffuse Reflexion ist der Montageort unkritisch.

- Füllgut nicht durch den Detektionsbereich fallen lassen
- Detektionsbereich auf den Auslauf, damit auch bei leerem Silo ein Echo zurückkommt

rechts:  
Durch die glatte Oberfläche entsteht keine diffuse Reflexion  
① durch die Reflexion Füllgut-Wand-Füllgut wird zu niedriger Füllstand angezeigt  
② leicht schräge Oberflächen mit Böschungswinkel bis 5° werden einwandfrei detektiert  
③ Reflexion zur Seite, das Echo wird nicht empfangen

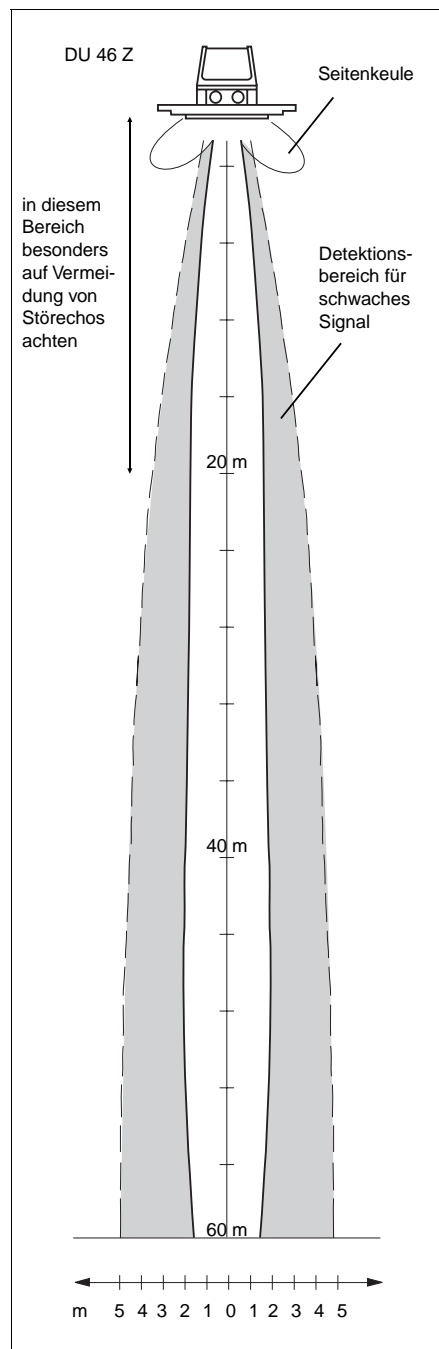


# Einbauten

## Detektionsbereich und Störsignale

- Der Ultraschallimpuls sollte ungehindert auf die Füllgutoberfläche gelangen.
- Befinden sich Verstrebnungen und Einbauten im Silo, ist eine sorgfältige Positionierung des Sensors wichtig, um den Hintergrundstörpegel so gering wie möglich zu halten.
- Wird die Silowand vom Detektionsbereich erfaßt, ist die Wandbeschaffenheit (rauh, glatt, Kanten) entscheidend für den Hintergrundstörpegel.
- Direkt in der Nähe der Abstrahlfläche bilden sich Seitenkeulen aus; Seite 8, Sensormontage, beachten.

Reichweite und Detektionsbereich des DU 46 Z.



## Ultraschallimpulse

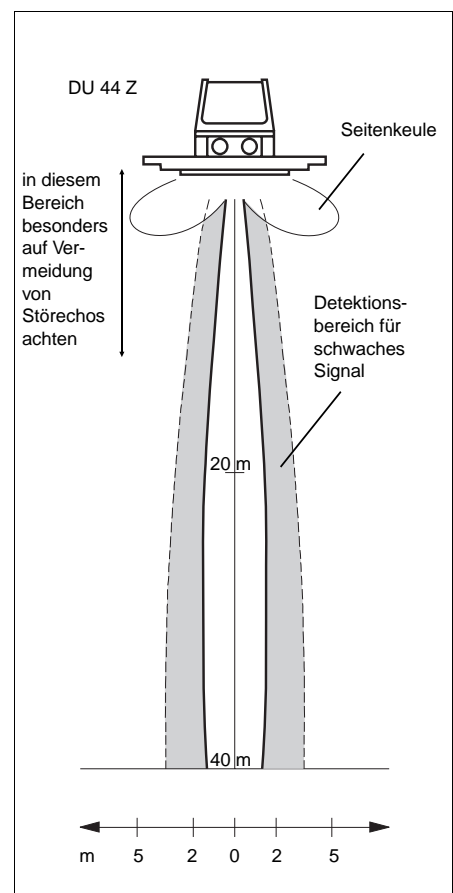
Die Ultraschallimpulse verlassen den Sensor als ein enger Strahl, der sich mit zunehmendem Abstand langsam verbreitert. Jeder Gegenstand, der sich innerhalb dieses Strahls befindet, verursacht ein Echo, das vom Sensor empfangen wird.

- Kanten, Einbauten etc. innerhalb der Schallkeule im ersten Drittel des gewählten Meßbereiches sind kritischer, da die Schallenergie stark konzentriert ist und die Störschall durch die kurze Strecke nur schwach gedämpft werden. Kleine Störfächen können dadurch große Störschall verursachen.
- Im letzten Drittel des gewählten Meßbereiches ist die Schallenergie auf eine größere Fläche verteilt. Einbauten und Störkanten sind dadurch unkritischer.

Quer zum Strahl gibt es zwei Detektionsbereiche:

- Gegenstände im Mittel des Strahles (Vollinie im Bild) verursachen starke Echos.
- Echos von der Randzone (gestrichelte Linie) sind bei einem schwächeren Nutzsignal von der Produktoberfläche von Bedeutung.

Reichweite und Detektionsbereich des DU 44 Z. (Linien gleicher Dämpfung)



### Festzielausblendung

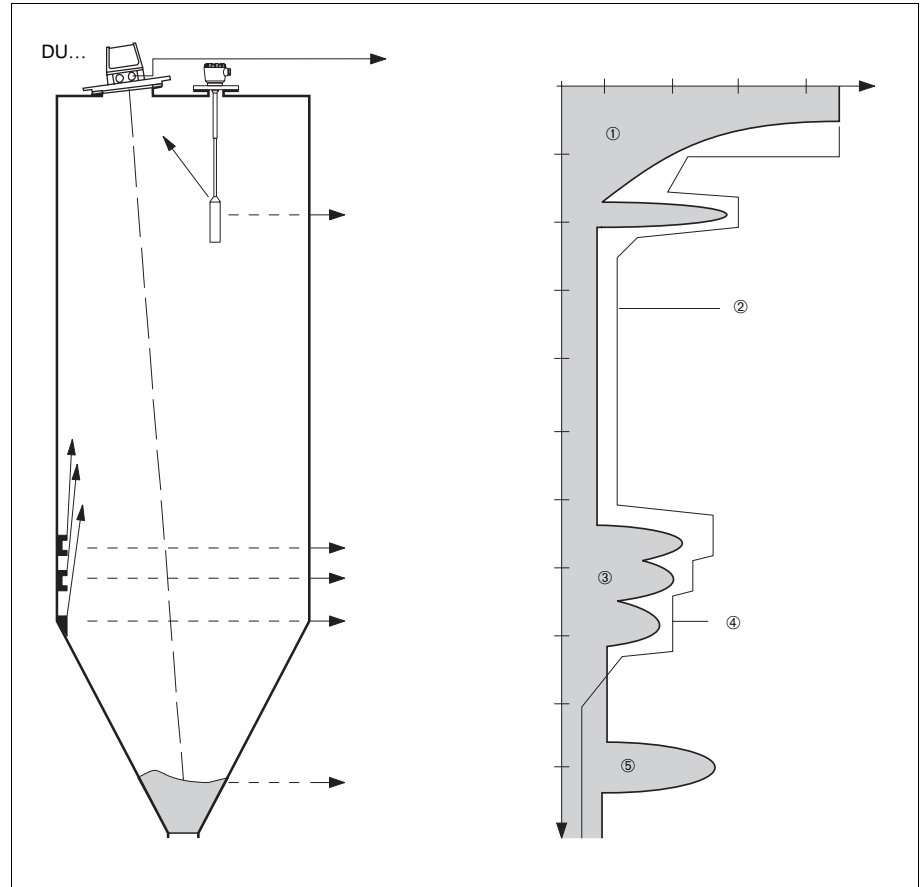
Durch die Festzielausblendung wird eine Analyse aller auf dem Weg zum Füllgut befindlichen Störechos durchgeführt.

Die Detektionsgrenze wird automatisch dem Störechoprofil angepaßt, so daß diese Signale nicht mehr erfaßt werden und damit von der weiteren Signalverarbeitung ausgeschlossen sind.

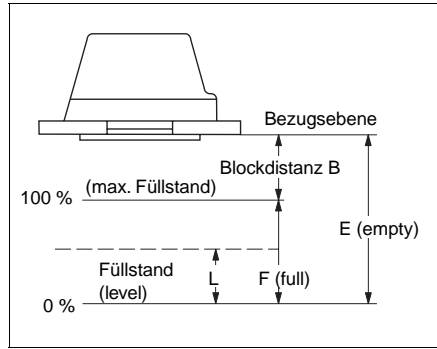
Bitte beachten Sie, daß die Anpassung der Detektionsgrenze an das Störechoprofil eine Reduzierung der nutzbaren Dynamik ist. Besonders bei schwachen Nutzsignalen (Zementsilo, etc.) sollte erst versucht werden, den Störpegel durch richtige Montage und Positionierung des Sensors zu reduzieren, bevor die Festzielausblendung aktiviert wird.

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 Störecho
- ④ Störechoausblendung
- ⑤ Nutzsignal von der Füllgutoberfläche



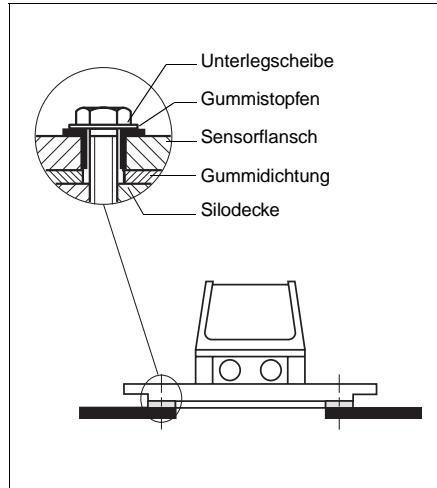
# Sensormontage



## Blockdistanz

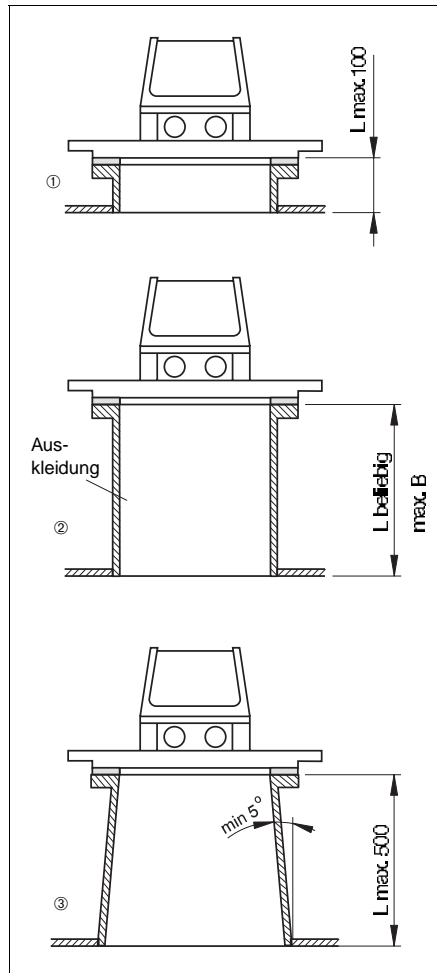
Der Sensor benötigt nach dem Sendepuls eine Ausschwingzeit, bis er das zurückkommende Echo wieder aufnehmen kann. Das bedeutet, daß das Füllgut nicht bis zum Sensor aufsteigen darf. Auch bei maximalem Füllstand (Überfüllung über 100 %) darf die Blockdistanz nicht unterschritten werden. Die Blockdistanz für den Sensor DU 44 Z beträgt 1,7 m, für DU 46 Z 2,5 m.

Zur Schallentkopplung ist der Sensor mit Gummistopfen in den Flanschbohrungen und einer Gummidichtung ausgestattet. Achten Sie beim Festschrauben auf das Anzugsdrehmoment (ca. 35... 40 Nm). Bei zu hohem Drehmoment wird der Gummi so stark zusammengedrückt, daß die Schallentkoppelung nicht mehr gewährleistet ist.



## Montage auf der Silodecke

Die ideale Montage des Sensor bei geschlossenen Füllgutbehältern ist direkt auf der Silodecke. Verwenden Sie beim Befüllen des Behälters eine Staubabsaugung, muß der Sensorflansch an der Silodecke luftdicht montiert werden. Andernfalls kann es durch das Ansaugen der Luft an den undichten Stellen zu einem Zischgeräusch kommen. Dieser Hintergrundstörpegel führt dann unter Umständen zu Fehlmessungen.



## Montage auf einem Montagegestützen

Außer der Hauptschallkeule, welche nach unten gerichtet ist, hat der Sensor noch Seitenkeulen, die sich seitlich ausbreiten (siehe Seite 6). In langen senkrechten Stützen werden die seitlich abgestrahlten Schallimpulse lange Zeit hin- und herreflektiert, d.h. es entstehen kräftige, lang andauernde Störechos. Kann der Sensor nur auf einen Montagegestützen montiert werden, sind deshalb einige wichtige Hinweise zu beachten, damit er fehlerfrei messen kann.

- Wird der zylindrische Stutzen nicht höher als 100 mm, erzeugen die Seitenkeulen keine Störechos, die das Meßergebnis verfälschen.
- Bis zur Blockdistanz hoch kann ein zylindrischer Stutzen sein, wenn er innen vollständig mit schallabsorbierendem Material ausgekleidet wird. Diese Auskleidung kann aus Teppich, z.B. Nadelfilz, oder Schaumstoff, z.B. Plano 10 mm, sein. Dämmstoffe wie z.B. Anti-Dröhnmatten eignen sich nicht! Ein derart ausgekleideter Stutzen absorbiert alle seitlich einfallenden Signale. Die Richtungswirkung des Sensors wird dadurch optimiert.
- Bei konischem Stutzen, rund oder eckig, mit einem Öffnungswinkel von min. 10°, kann der Stutzen bis zu 500 mm hoch sein.

Falls Montage nur mit Stützen möglich ist:

- ① zylindrischer Stutzen, Nennweite zum Sensorflansch passend\*
- ② zylindrischer Stutzen, Nennweite zum Sensorflansch passend,\* mit schallabsorbierendem Material ausgekleidet
- ③ konischer Stutzen, Öffnungswinkel min. 10°  
\*siehe Abmessungen Seite 11

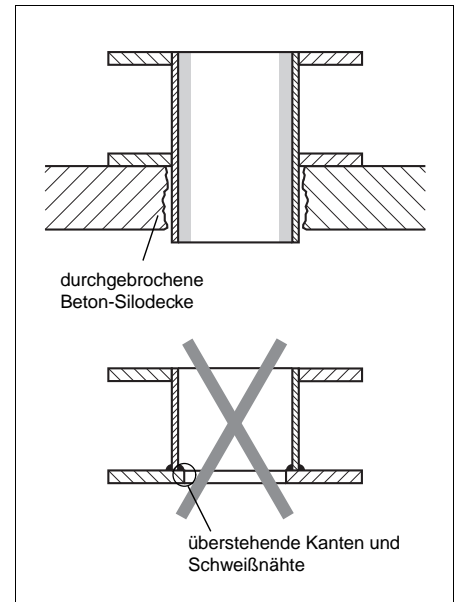


### Stutzen

Beim Einbau eines Montagestutzens muß auch auf Unebenheiten und überstehende Kanten geachtet werden, die Störechos erzeugen.

Auch eine Oberflächenrauigkeit von  $\geq 0,5$  mm kann als Störquelle auftreten.

Wird in einer Beton-Silodecke für den Sensor ein Durchbruch gemacht, muß das Rohrstutzenende ganz in den Behälter hineinragen.  
Beim Stutzen auf überstehende Kanten und Schweißnähte achten.



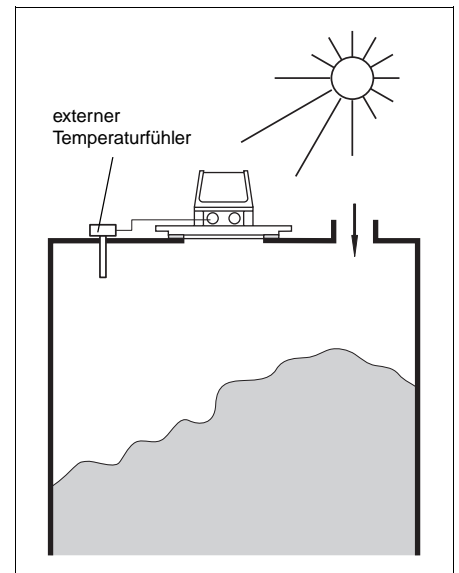
## Zubehör

### Externer Temperaturfühler

Hinter der Membran des Sensors befindet sich der Temperaturfühler zur Ultraschall-Laufzeitkompensation.

Wird der Sensor hoher Sonneneinstrahlung ausgesetzt, kann es zu einer Erwärmung im Inneren des Sensorgehäuses kommen. Dadurch wird vom Temperaturfühler nicht der tatsächliche Wert im Silo gemessen und eine falsche Laufzeitkompensation errechnet, was zu falschen Meßergebnissen führt.

Abhilfe schafft hier ein externer Temperaturfühler, den Sie bei Endress+Hauser beziehen können. Er wird im Sensor an den dafür bezeichneten Klemmen angeschlossen.

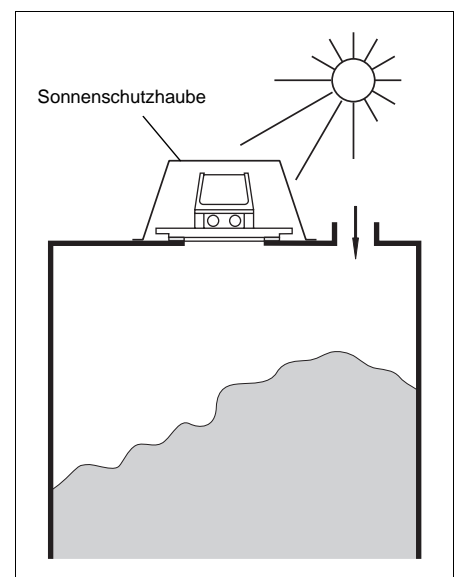


### Sonnenschutzhaube

Anstelle eines externen Temperaturfühlers kann auch durch eine selbst angefertigte Sonnenschutzhaube die Wärmeeinstrahlung auf den Sensor verhindert werden.

Bei der Montage der Sonnenschutzhaube ist darauf zu achten, daß die Schallenkoppelung erhalten bleibt. Deshalb sollte sie ohne Kontakt zum Sensorflansch auf der Silodecke oder an den Befestigungsschrauben montiert werden.

Selbst angefertigte Sonnenschutzhaube, z.B. aus Blech.

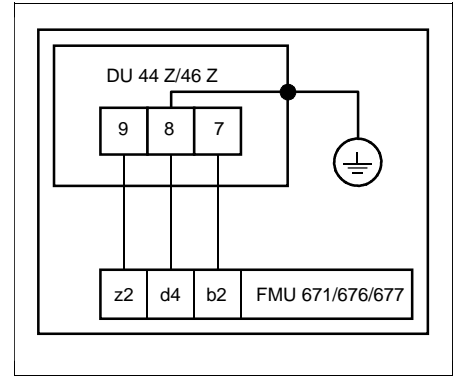


# Elektrischer Anschluß

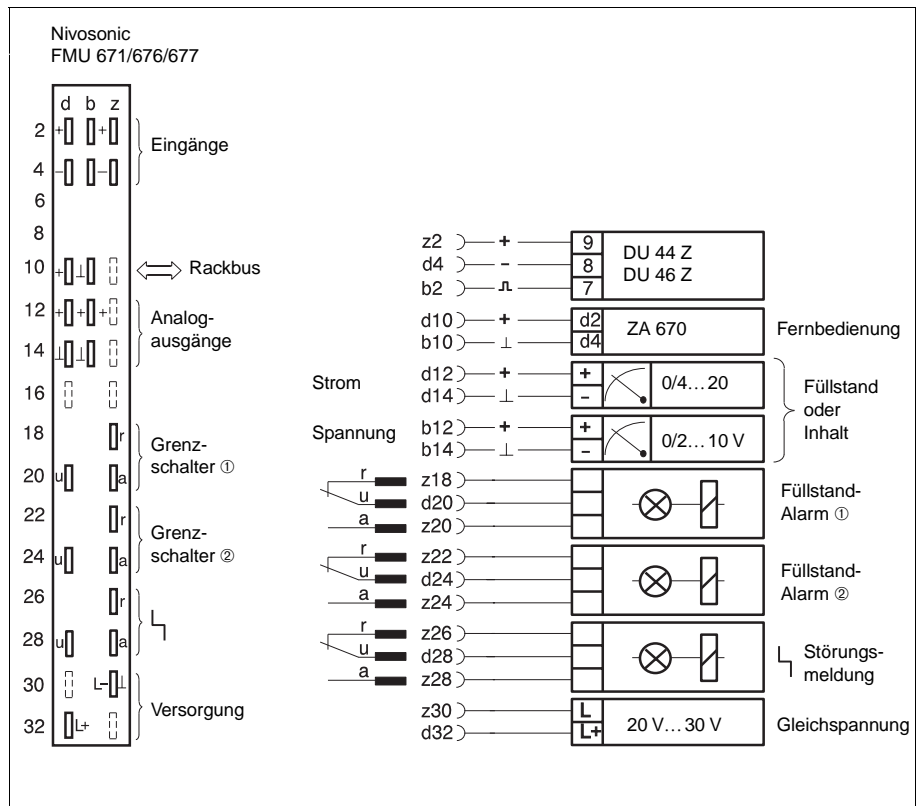
## Sensoranschluß

- Stromversorgung durch das Nivosonic FMU 67.
- Dreiadriges, handelsübliches Installationskabel.
- Bei elektrischen oder magnetischen Wechselfeldern abgeschirmtes, verdrehtes Kabel verwenden.
- Leitungswiderstand max. 25  $\Omega$  pro Ader.
- Abschirmung der Leitung am Sensor und nicht am FMU 67. anschließen.
- Klemme 8 ist im Sensor mit Erde verbunden.

Beim Nivosonic FMU 67. ist der Sensorstromkreis galvanisch getrennt, so daß keine Rückwirkungen auf die Ausgangsstromkreise entstehen.



Anschlußplan  
Sensor DU 44 Z/46 Z -  
Nivosonic FMU 67.



Anschlußplan Nivosonic  
FMU 671/676/677.

# Technische Daten

## Gehäuse

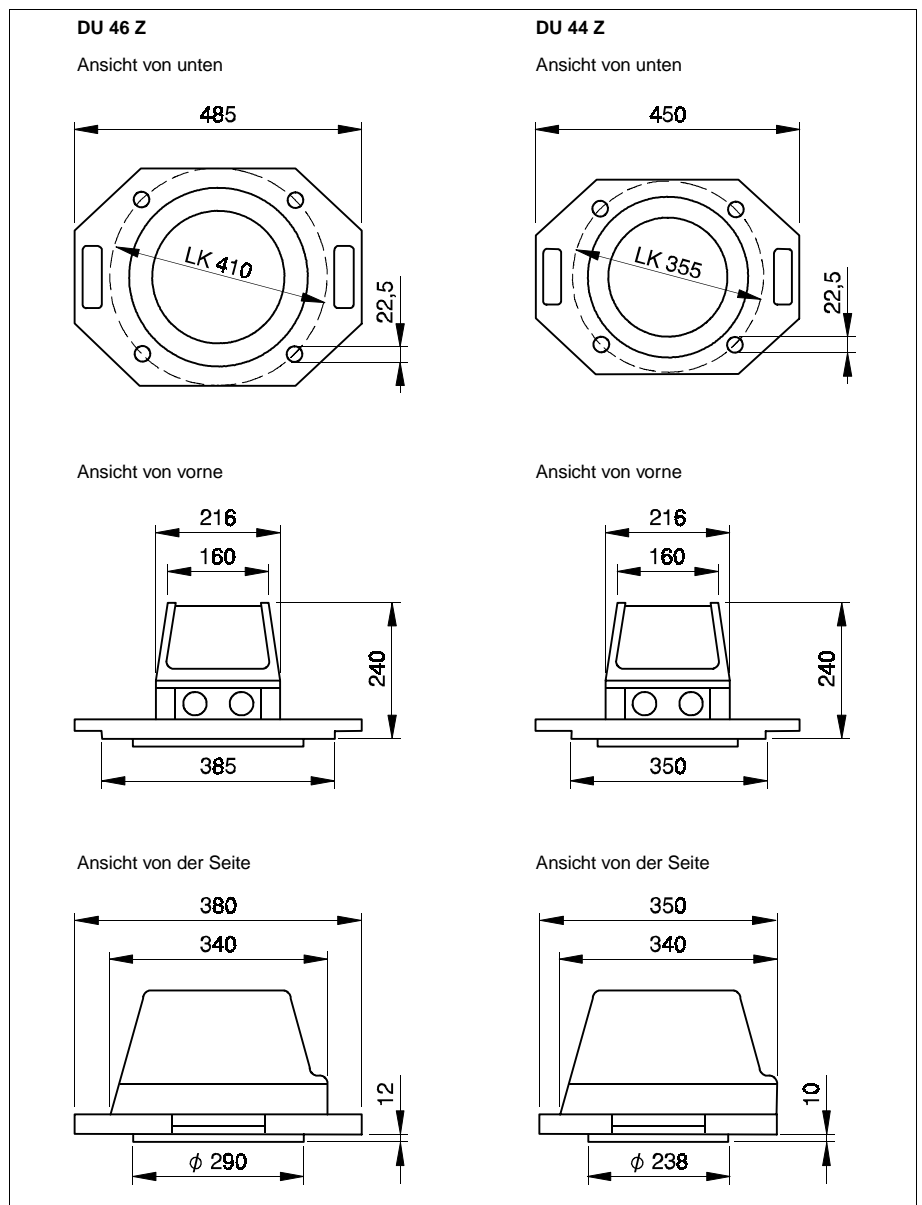
- Werkstoff: PU
- Flansch: Aluminium, lackiert  
DU 44 Z: DN 250, PN 16, DIN 2501  
DU 46 Z: DN 300, PN 16, DIN 2501
- Membran: korrosionsbeständiger Stahl 1.4571
- Gitter vor Membran: Kunststoff
- Ultraschall-Laufzeitkompensation: Silizium-Temperaturfühler, hinter der Membran eingebaut
- Schutzart: IP 65
- Gewicht:  
DU 44 Z ca. 13 kg  
DU 46 Z ca. 15 kg

## Betriebsbedingungen

- Betriebsdruck  $p_e$ : max. 0,5 bar
- Betriebstemperatur:  $-20\text{ °C} \dots +60\text{ °C}$
- Zulassung für St Ex Zone 10
- CSA - Zulassung

## Ultraschall

- |                    | DU 44 Z  | DU 46 Z  |
|--------------------|----------|----------|
| • Reichweite :     | ca. 40 m | ca. 60 m |
| • Arbeitsfrequenz: | 18 kHz   | 12 kHz   |
| • Pulsfrequenz:    | 1 Hz     | 1 Hz     |
| • Blockdistanz:    | 1,7 m    | 2,5 m    |



Abmessungen des Sensors DU 44 Z und DU 46 Z.

## Bestellschema

Sensor DU 44 Z	
Bestellnummer: 918706-0000	Bestellcode: DU44Z-S1
Sensor DU 46 Z	
Bestellnummer: 918707-0000	Bestellcode DU46Z-S1
externer Temperaturfühler	
Bestellnummer: 213239-0000	Bestellcode Temperaturfühler KTY

## Ergänzende Dokumentation

- Übersicht Ultraschallmessung  
Systeminformation SI 005/00/d
- Nivosonic FMU 671/676  
Technische Information TI 062/00/d
- Multipoint FMU 677  
Technische Information TI 086/00/d
- Sensoren DU 43 C, DU 43 S  
für kleinere Meßbereiche  
Technische Information TI 145/00/de

### 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 86-222

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

