

Absolute linear encoder magnetostrictive

Grundlegende Sicherheitshinweise
Verwendungszweck
Allgemeine Funktionsbeschreibung
Montagehinweise

Basic safety instructions
Intended use
General functional description
Instructions for mounting



Montageanleitung
Assembly Instructions

TR-Electronic GmbH

D-78647 Trossingen

Eglisshalde 6

Tel.: (0049) 07425/228-0

Fax: (0049) 07425/228-33

E-mail: info@tr-electronic.de

<http://www.tr-electronic.de>

Urheberrechtsschutz

Dieses Handbuch, einschließlich den darin enthaltenen Abbildungen, ist urheberrechtlich geschützt. Drittenwendungen dieses Handbuchs, welche von den urheberrechtlichen Bestimmungen abweichen, sind verboten. Die Reproduktion, Übersetzung sowie die elektronische und fotografische Archivierung und Veränderung bedarf der schriftlichen Genehmigung durch den Hersteller. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz.

Änderungsvorbehalt

Jegliche Änderungen, die dem technischen Fortschritt dienen, vorbehalten.

Dokumenteninformation

Ausgabe-/Rev.-Datum: 05/18/2017
Dokument-/Rev.-Nr.: TR - ELA - BA - DGB - 0004 - 09
Dateiname: TR-ELA-BA-DGB-0004-09.docx
Verfasser: MÜJ

Schreibweisen

Kursive oder **fette** Schreibweise steht für den Titel eines Dokuments oder wird zur Hervorhebung benutzt.

Courier-Schrift zeigt Text an, der auf dem Display bzw. Bildschirm sichtbar ist und Menüauswahlen von Software.

" < > " weist auf Tasten der Tastatur Ihres Computers hin (wie etwa <RETURN>).

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Änderungs-Index	4
1 Allgemeines	5
1.1 Geltungsbereich.....	5
1.2 Mitgeltende Dokumente.....	5
1.3 EU-Konformitätserklärung	5
1.4 Verwendete Abkürzungen und Begriffe	6
1.5 Allgemeine Funktionsbeschreibung.....	7
2 Grundlegende Sicherheitshinweise	8
2.1 Symbol- und Hinweis-Definition.....	8
2.2 Verpflichtung des Betreibers vor der Inbetriebnahme	8
2.3 Allgemeine Gefahren bei der Verwendung des Produkts	9
2.4 Bestimmungsgemäße Verwendung	9
2.5 Bestimmungswidrige Verwendung	9
2.6 Gewährleistung und Haftung	10
2.7 Organisatorische Maßnahmen	10
2.8 Personalauswahl und –qualifikation; grundsätzliche Pflichten	11
2.9 Sicherheitstechnische Hinweise	11
3 Transport / Lagerung	12
4 Montagehinweise / Schema.....	13
4.1 Mechanik Rohr-Gehäuseausführung.....	13
4.2 Mechanik Profil- Gehäuseausführung	13
4.3 Montageschema der Rohr-Gehäuseausführung	15
5 Einbau in Hydraulikzylinder	16
5.1 Abdichtungsvarianten	17
5.1.1 Axialabdichtung.....	17
5.1.2 Radialabdichtung	18
5.2 Einbauvarianten bei magnetisierbarem Material	19
5.2.1 Einbaubeispiel LA-66.....	19
5.2.2 Einbaubeispiel LMR-48, Variante mit M12-Flanschstecker	20
5.2.2.1 Stecker-Montage.....	20
5.3 Besonderheiten.....	21
5.4 Erforderliches Anzugsdrehmoment	22
5.4.1 Berechnungsbeispiel Axialabdichtung	22
5.4.2 Berechnungsbeispiel Radialabdichtung.....	23
6 Zubehör	24

Änderungs-Index

Änderung	Datum	Index
Erstausgabe	19.06.07	00
Ergänzung der technischen Daten	15.01.08	01
Anpassung der Normen	20.07.09	02
Anpassung der Warnhinweise	05.08.11	03
Aktualisierung	09.03.15	04
Bestimmungsgemäße Verwendung angepasst	14.07.15	05
Toleranzangaben LP-System	20.06.16	06
- Mechanische Kenndaten entfernt -> Verweis auf Produktdatenblätter - Mitgeltende Dokumente	25.08.16	07
LMRI, LMPI und LMRB mit aufgenommen	18.01.17	08
Kapitel „Einbau in Hydraulikzylinder“ hinzugefügt	18.05.17	09

1 Allgemeines

Die vorliegende Montageanleitung beinhaltet folgende Themen:

- Allgemeine Funktionsbeschreibung
- Grundlegende Sicherheitshinweise mit Angabe des Verwendungszwecks
- Montagehinweise
- Einbau in Hydraulikzylinder

Da die Dokumentation modular aufgebaut ist, stellt diese Montageanleitung eine Ergänzung zu anderen Dokumentationen wie z.B. Produktdatenblätter, Maßzeichnungen, Prospekte und schnittstellenspezifische Benutzerhandbücher etc. dar.

1.1 Geltungsbereich

Diese Montageanleitung gilt ausschließlich für folgende Mess-System-Baureihen:

- LA / LMRI
- LP / LMPI
- LMP
- LMRB

Die Produkte sind durch aufgeklebte Typenschilder gekennzeichnet und sind Bestandteil einer Anlage.

1.2 Mitgeltende Dokumente

- anlagenspezifische Betriebsanleitungen des Betreibers
- diese Montageanleitung
- schnittstellenspezifisches Benutzerhandbuch
- Steckerbelegung
- Maßzeichnung
- Produktdatenblatt: www.tr-electronic.de/s/S013470

1.3 EU-Konformitätserklärung

Die Mess-Systeme wurden unter Beachtung geltender europäischer bzw. internationaler Normen und Richtlinien entwickelt, konstruiert und gefertigt.

Eine entsprechende Konformitätserklärung kann bei der Firma TR-Electronic GmbH angefordert werden.

Der Hersteller der Produkte, die TR-Electronic GmbH in D-78647 Trossingen, besitzt ein zertifiziertes Qualitätssicherungssystem gemäß ISO 9001.

1.4 Verwendete Abkürzungen und Begriffe

LA	Linear-Absolutes-Mess-System, Ausführung mit Rohr-Gehäuse
LMRI	Linear-Absolutes-Mess-System, Ausführung mit Rohr-Gehäuse (Industrie-Standard)
LMRB	Linear-Absolutes-Mess-System, Ausführung mit Rohr-Gehäuse und abgesetzter Schnittstelleneinheit (Standardausführung)
LP	Linear-Absolutes-Mess-System, Ausführung mit Profil-Gehäuse
LMPI	Linear-Absolutes-Mess-System, Ausführung mit Profil-Gehäuse (Industrie-Standard)
LMP	Linear-Absolutes-Mess-System, Ausführung mit Profil-Gehäuse
EG	E uropäische G emeinschaft
EU	E uropäische U nion
EMV	E lektro- M agnetische- V erträglichkeit
ESD	Elektrostatische Entladung (E lectro S tatic D ischarge)
IEC	Internationale Elektrotechnische Kommission
NEC	N ational E lectrical C ode
VDE	V erband d er E lektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik

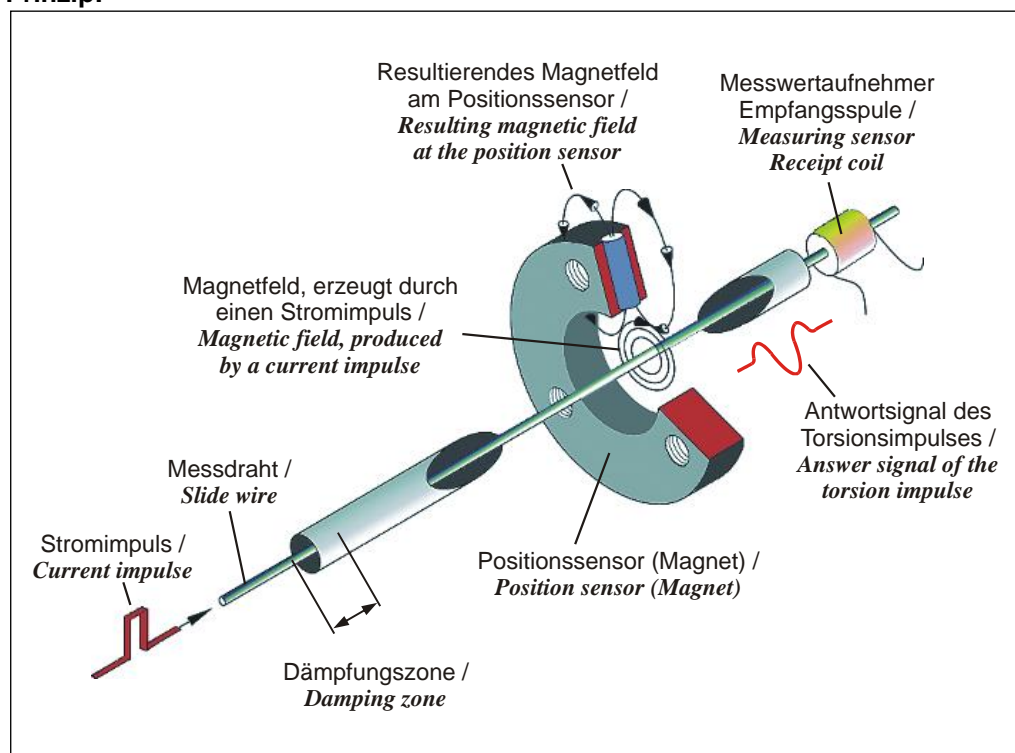
1.5 Allgemeine Funktionsbeschreibung

Das Messprinzip basiert auf einer Laufzeitmessung (Ultraschallbereich). Die Ultraschall-Laufzeit ist wegproportional und wird in einer Elektronik ausgewertet. In einem Schutzrohr ist ein ferromagnetischer Draht (Magnetostriktives Messelement-Wellenleiter) gespannt, der mit einem Stromimpuls beaufschlagt wird. Durch den Stromimpuls entsteht um den Draht ein radiales Magnetfeld.

Als Positionssensor (Permanent-Magnet) wird ein berührungslos zu führendes Magnetsystem verwendet, das ein magnetisches Längsfeld, bezogen auf den Draht, erzeugt. Treffen die beiden Magnetfelder, radial vom Draht und längs vom Magnet, am Messpunkt aufeinander, so wird ein Torsionsimpuls ausgelöst. Dieser Torsionsimpuls bewegt sich als Körperschallwelle mit konstanter Ultraschallgeschwindigkeit vom Messpunkt in beide Richtungen des Drahtes. Über einen Messwertempfänger im Sensorkopf wird das Ultraschall-Signal erfasst und in ein elektrisches wegproportionales Ausgangssignal umgewandelt. Die sich in beiden Richtungen bewegenden Körperschallwellen werden in den Dämpfungszonen am Anfang und Ende des Messelementes abgeschwächt.

Die Zeitdifferenz vom Aussenden des Stromimpulses bis zum Eintreffen des Torsionsimpulses setzt die Messelektronik in ein wegproportionales Ausgangssignal um und stellt dies als digitales oder analoges Signal zur Verfügung.

Prinzip:



2 Grundlegende Sicherheitshinweise

2.1 Symbol- und Hinweis-Definition



bedeutet, dass Tod oder schwere Körperverletzung eintreten kann, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.



bedeutet, dass eine leichte Körperverletzung eintreten kann, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.

ACHTUNG

bedeutet, dass ein Sachschaden eintreten kann, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.



bezeichnet wichtige Informationen bzw. Merkmale und Anwendungstipps des verwendeten Produkts.



bedeutet, dass entsprechende ESD-Schutzmaßnahmen nach DIN EN 61340-5-1 Beiblatt 1 zu beachten sind.

2.2 Verpflichtung des Betreibers vor der Inbetriebnahme

Als elektronisches Gerät unterliegt das Mess-System den Vorschriften der EMV-Richtlinie.

Die Inbetriebnahme des Mess-Systems ist deshalb erst dann erlaubt, wenn festgestellt wurde, dass die Anlage/Maschine in die das Mess-System eingebaut werden soll, den Bestimmungen der EU-EMV-Richtlinie, den harmonisierten Normen, Europanormen oder den entsprechenden nationalen Normen entspricht.

2.3 Allgemeine Gefahren bei der Verwendung des Produkts

Das Produkt, nachfolgend als **Mess-System** bezeichnet, ist nach dem Stand der Technik und den anerkannten sicherheitstechnischen Regeln gefertigt. **Dennoch können bei nicht bestimmungsgemäßer Verwendung Gefahren für Leib und Leben des Benutzers oder Dritter bzw. Beeinträchtigungen des Mess-Systems und anderer Sachwerte entstehen!**

Mess-System nur in technisch einwandfreiem Zustand sowie bestimmungsgemäß, sicherheits- und gefahrenbewusst unter Beachtung der **Mitgeltenden Dokumente** verwenden! Insbesondere Störungen, die die Sicherheit beeinträchtigen können, umgehend beseitigen (lassen)!

2.4 Bestimmungsgemäße Verwendung

Das Mess-System wird zur Erfassung von Linearbewegungen, sowie der Aufbereitung der Messdaten für eine nachgeschaltete Steuerung bei industriellen Prozess- und Steuerungs-Abläufen verwendet.

Zur bestimmungsgemäßen Verwendung gehört auch:

- das Beachten aller Hinweise aus den mitgeltenden Dokumenten,
- das Beachten des Typenschildes und eventuell auf dem Mess-System angebrachter Verbots- bzw. Hinweisschilder,
- das Beachten beigefügter Dokumente,
- das Betreiben des Mess-Systems innerhalb der in den technischen Daten angegebenen Grenzwerten, siehe Produktdatenblatt.

2.5 Bestimmungswidrige Verwendung

Gefahr von Tod, Körperverletzung und Sachschaden durch bestimmungswidrige Verwendung des Mess-Systems !

⚠️ WARNUNG

ACHTUNG

- Da das Mess-System **kein Sicherheitsbauteil** gemäß der EG-Maschinenrichtlinie darstellt, muss durch die nachgeschaltete Steuerung eine Plausibilitätsprüfung der Mess-System-Werte durchgeführt werden.
- Das Mess-System ist vom Betreiber zwingend mit in das eigene Sicherheitskonzept einzubinden.
- Insbesondere ist folgende Verwendung untersagt:
 - In Umgebungen mit explosiver Atmosphäre
 - zu medizinischen Zwecken

2.6 Gewährleistung und Haftung

Grundsätzlich gelten die „Allgemeinen Geschäftsbedingungen“ der Firma TR-Electronic GmbH. Diese stehen dem Betreiber spätestens mit der Auftragsbestätigung bzw. mit dem Vertragsabschluss zur Verfügung. Gewährleistungs- und Haftungsansprüche bei Personen- und Sachschäden sind ausgeschlossen, wenn sie auf eine oder mehrere der folgenden Ursachen zurückzuführen sind:

- Nicht bestimmungsgemäße Verwendung des Mess-Systems.
- Unsachgemäße Montage, Installation, Inbetriebnahme und Programmierung des Mess-Systems.
- Unsachgemäß ausgeführte Arbeiten am Mess-System durch unqualifiziertes Personal.
- Betreiben des Mess-Systems bei technischen Defekten.
- Eigenmächtige vorgenommene mechanische oder elektrische Veränderungen am Mess-System.
- Eigenmächtige durchgeführte Reparaturen.
- Katastrophenfälle durch Fremdeinwirkung und höhere Gewalt.

2.7 Organisatorische Maßnahmen

- Die mitgeltenden Dokumente müssen ständig am Einsatzort des Mess-Systems griffbereit aufbewahrt werden.
- Ergänzend zu den mitgeltenden Dokumenten sind allgemeingültige gesetzliche und sonstige verbindliche Regelungen zur Unfallverhütung und zum Umweltschutz zu beachten und müssen vermittelt werden.
- Die jeweils gültigen nationalen, örtlichen und anlagenspezifischen Bestimmungen und Erfordernisse müssen beachtet und vermittelt werden.
- Der Betreiber hat die Verpflichtung, das Personal auf betriebliche Besonderheiten und Anforderungen hinzuweisen.
- Das mit Tätigkeiten am Mess-System beauftragte Personal muss vor Arbeitsbeginn die Montageanleitung, insbesondere das Kapitel „Grundlegende Sicherheitshinweise“, gelesen und verstanden haben.
- Das Typenschild, eventuell aufgeklebte Verbots- bzw. Hinweisschilder auf dem Mess-System müssen stets in lesbarem Zustand erhalten werden.
- Keine mechanischen oder elektrischen Veränderungen am Mess-System, außer den in den mitgeltenden Dokumentationen ausdrücklich beschriebenen, vornehmen.
- Reparaturen dürfen nur vom Hersteller, oder einer vom Hersteller autorisierten Stelle bzw. Person vorgenommen werden.

2.8 Personalauswahl und –qualifikation; grundsätzliche Pflichten

- Alle Arbeiten am Mess-System dürfen nur von qualifiziertem Fachpersonal durchgeführt werden.

Qualifiziertes Personal sind Personen, die auf Grund ihrer Ausbildung, Erfahrung und Unterweisung sowie ihrer Kenntnisse über einschlägige Normen, Bestimmungen, Unfallverhütungsvorschriften und Betriebsverhältnisse, von dem für die Sicherheit der Anlage Verantwortlichen berechtigt worden sind, die jeweils erforderlichen Tätigkeiten auszuführen, und dabei mögliche Gefahren erkennen und vermeiden können.

- Zur Definition von „Qualifiziertem Personal“ sind zusätzlich die Normen VDE 0105-100 und IEC 364 einzusehen (Bezugsquellen z.B. Beuth Verlag GmbH, VDE-Verlag GmbH).
- Klare Regelung der Verantwortlichkeiten für die Montage, Installation, Inbetriebnahme und Bedienung festlegen. Beaufsichtigungspflicht bei zu schulendem oder anzulernendem Personal!

2.9 Sicherheitstechnische Hinweise

⚠ WARNUNG

ACHTUNG

- **Zerstörung, Beschädigung bzw. Funktionsbeeinträchtigung des Mess-Systems und Gefahr von Körperverletzung!**
 - Verdrahtungsarbeiten, Öffnen und Schließen von elektrischen Verbindungen nur im spannungslosen Zustand durchführen.
 - Keine Schweißarbeiten vornehmen, wenn das Mess-System bereits verdrahtet bzw. eingeschaltet ist.

ACHTUNG

- Sicherstellen, dass die Montageumgebung vor aggressiven Medien (Säuren etc.) geschützt ist.
- Bei der Montage sind Schocks (z.B. Hammerschläge) auf das Mess-System zu vermeiden.
- Sensorrohr nicht verbiegen
- Mess-System nicht in die Nähe von Magnetfeldern montieren.
- Das Öffnen des Mess-Systems ist untersagt.



- **Das Mess-System enthält elektrostatisch gefährdete Bauelemente und Baugruppen, die durch unsachgemäße Behandlung zerstört werden können.**
 - Berührungen der Mess-System-Anschlusskontakte mit den Fingern sind zu vermeiden, bzw. sind die entsprechenden ESD-Schutzmaßnahmen anzuwenden.



- **Entsorgung**
Muss nach der Lebensdauer des Gerätes eine Entsorgung vorgenommen werden, sind die jeweils geltenden landesspezifischen Vorschriften zu beachten.

3 Transport / Lagerung

Transport – Hinweise

Gerät nicht fallen lassen oder starken Schlägen aussetzen!

Das Gerät enthält einen magnetoresistiven Sensor.

Nur Original Verpackung verwenden!

Unsachgemäßes Verpackungsmaterial kann beim Transport Schäden am Gerät verursachen.

Lagerung

Lagertemperatur: siehe Produktdatenblatt
Trocken lagern

4 Montagehinweise / Schema

Bei der Montage des TR-Linear-Wegmess-Systems ist darauf zu achten, dass keine starken magnetischen und elektrischen Störfelder im Bereich des Sensors auftreten.

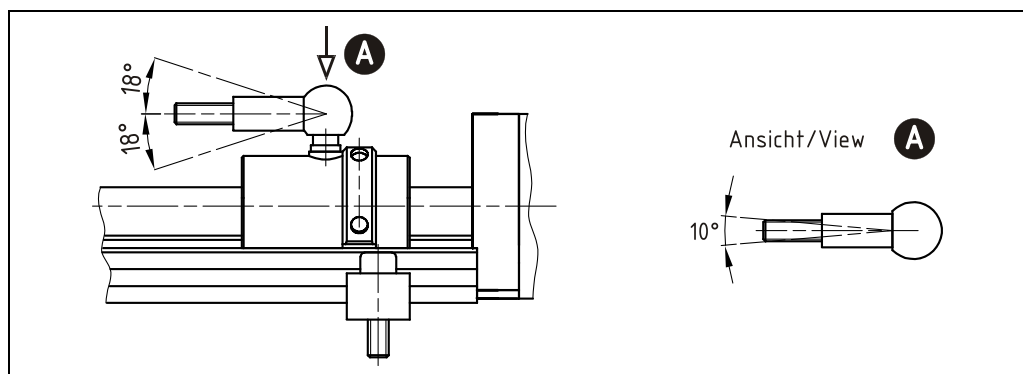
Unzulässige Störfelder können die Messgenauigkeit beeinflussen. Im Bereich des Mess-Stabes darf die Feldstärke max. 3 mT betragen.

4.1 Mechanik Rohr-Gehäuseausführung

Der Messwert wird berührungslos über das Magnetfeld des Positionssensors auf den Sensorstab eingekoppelt. Die Präzision der Messwerte ist u.a. abhängig von der Symmetrie der Magnetfeldgeometrie. Das bedeutet für die Mechanik, dass der Positionssensor zum Rohr zentrisch angebaut, und axial parallel präzise zu führen ist.

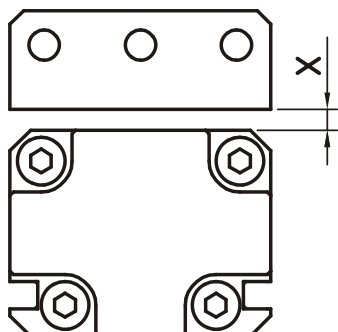
4.2 Mechanik Profil- Gehäuseausführung

Der Einbau des Wegsensors ist relativ einfach, da die mechanische Führung des Positionssensors entfällt. Die optimalen Gleiteigenschaften des Mess-Schlittens ergänzen sich mit dem berührungslosen Abtasten der Messposition. Zur Vermeidung von zusätzlichem Verschleiß der Gleitführungen am Mess-Schlitten müssen die Toleranzangaben (Winkel- und Parallelversatz) eingehalten werden:



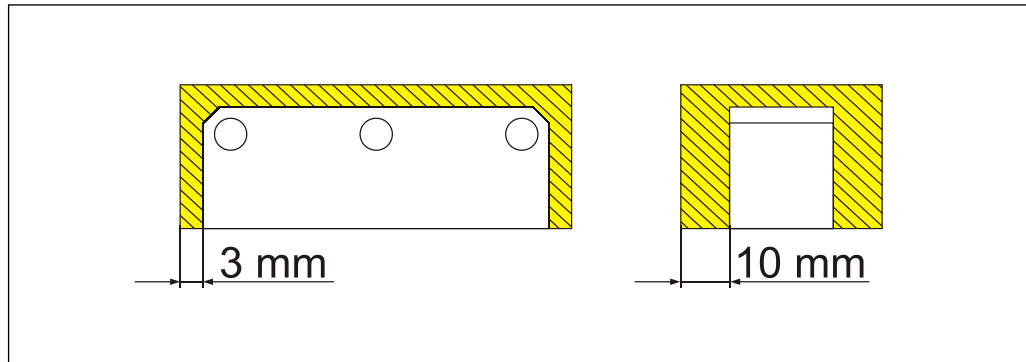
Die Präzision der Messwerte ist u.a. abhängig von der Symmetrie der Magnetfeldgeometrie. Das bedeutet beim Profil-System ohne Mess-Schlitten, dass der Positionssensor zum Mess-System präzise, axial und in der Höhe parallel zu führen ist. Der max. zulässige Abstand zwischen dem Positionssensor und dem Profilgehäuse darf dabei nicht überschritten werden:

Unterscheidung:

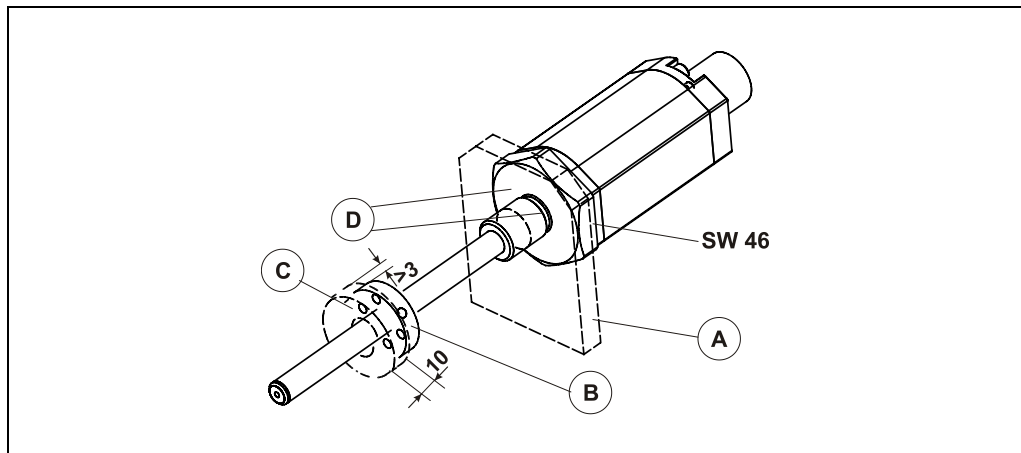
	LP-Systeme		
	Magnet:	Artikel-Nr.:	Magnetabstand:
	T4U3820	49-155-003	$X = 3,2^{-2,4}$
	LMP-Systeme		
	Magnet:	Artikel-Nr.:	Magnetabstand:
	T1-S5520	49-155-009	$X = 3^{-2}$
	T2-S5520	49-155-010	$X = 8^{-3}$
	T1-S3818	49-155-015	$X = 3^{-2}$

Das Befestigungsmaterial für den Positionssensor sollte unbedingt aus nicht magnetisierbarem Material bestehen.

Wird magnetisierbares Befestigungsmaterial verwendet, muss ein Abstandshalter aus nicht magnetisierbarem Material mit 10 mm Dicke und min. 3 mm größer im Abstand zum Umfang des Positionssensors vorgesehen werden. Der Abstandshalter ist zwischen dem Positionssensor und dessen Befestigung zu montieren. Die Befestigungsschrauben müssen aus nicht magnetisierbarem Werkstoff sein.



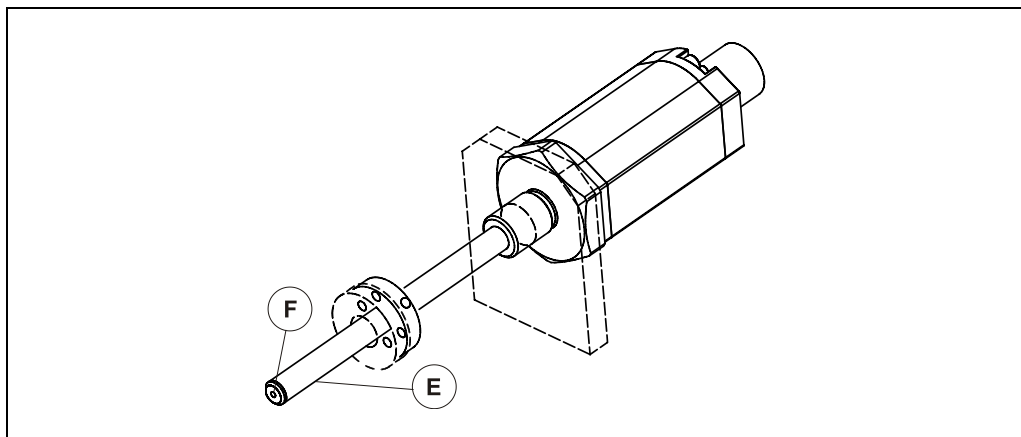
4.3 Montageschema der Rohr-Gehäuseausführung



A: Der Wegsensor wird direkt mit dem Gewinde oder einer Mutter mit der Halterung fixiert, mit einem Anzugsdrehmoment von $< 50 \text{ Nm}$. Das Befestigungsmaterial für den Wegsensor und Positionssensor B sollte unbedingt aus nicht magnetisierbarem Material bestehen.

C: Wird magnetisierbares Befestigungsmaterial verwendet, muss ein Abstandshalter aus nicht magnetisierbarem Material mit 10 mm Dicke und min. 3 mm größer im Abstand zum Umfang des Positionssensors vorgesehen werden. Der Abstandshalter ist zwischen dem Positionssensor und dessen Befestigung zu montieren. Die Befestigungsschrauben müssen aus nicht magnetisierbarem Werkstoff sein.

D: Empfohlen wird die Hydraulikabdichtung an der Flanschfläche mittels O-Ring in einer Zylinderbodennut. Es kann die Abdichtung auch mit einem O-Ring in der Gewindeauslaufnut erfolgen.



E: Horizontal eingebaute Messstäbe $> 1,5 \text{ m}$ lang sollten abgestützt und ein im Umfang offener Positionssensor eingesetzt werden.

F: Optional kann der Wegsensor an der Rohrspitze mit einem Sacklochgewinde M4x5 geliefert werden. Dies kann zur Spitzenlagerung verwendet werden.

5 Einbau in Hydraulikzylinder

Dieses Kapitel gilt ausschließlich für folgende Mess-System-Baureihen, die für den Einbau in Hydraulikzylindern geeignet sind:

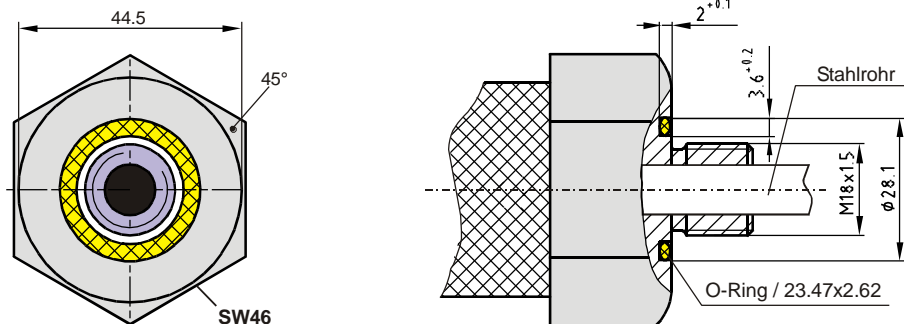
Baureihe	Dichtungsart	Montageart
LA-41	Radialdichtung	von außen an den Hydraulikzylinder montierbar
LA-42	Axialdichtung	von außen an den Hydraulikzylinder montierbar
LA-46	Radialdichtung	von außen an den Hydraulikzylinder montierbar (abnehmbares Hüllrohr)
LMRI-46	Radialdichtung	von außen an den Hydraulikzylinder montierbar (abnehmbares Hüllrohr)
LMR-48	Radialdichtung (am Gehäuse)	Einbau in einen Hydraulikzylinder (einsetzbar in der Mobilhydraulik)
LA-65	Axialdichtung	von außen an den Hydraulikzylinder montierbar (abnehmbares Hüllrohr)
LA-66	Axialdichtung	von außen an den Hydraulikzylinder montierbar

Beim Einbau der Linear-Mess-Systeme in die Hydraulikzylinder müssen die gerätespezifischen Daten und Spezifikationen berücksichtigt werden.

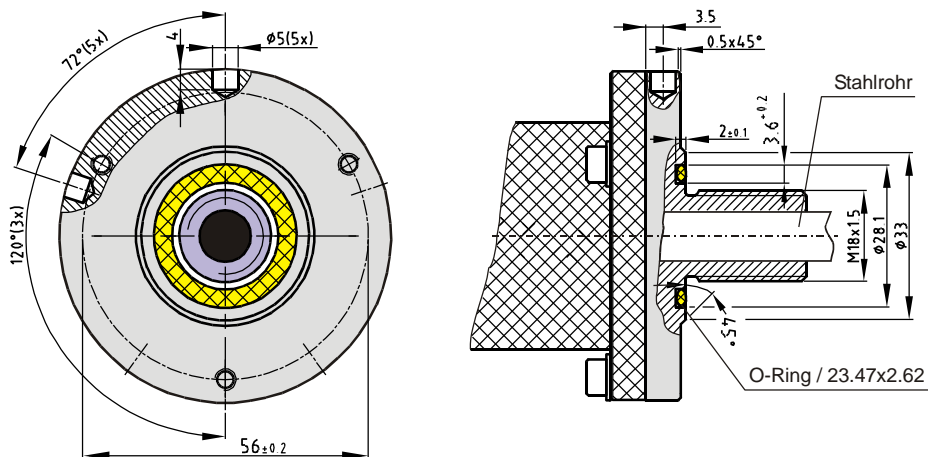
5.1 Abdichtungsvarianten

5.1.1 Axialabdichtung

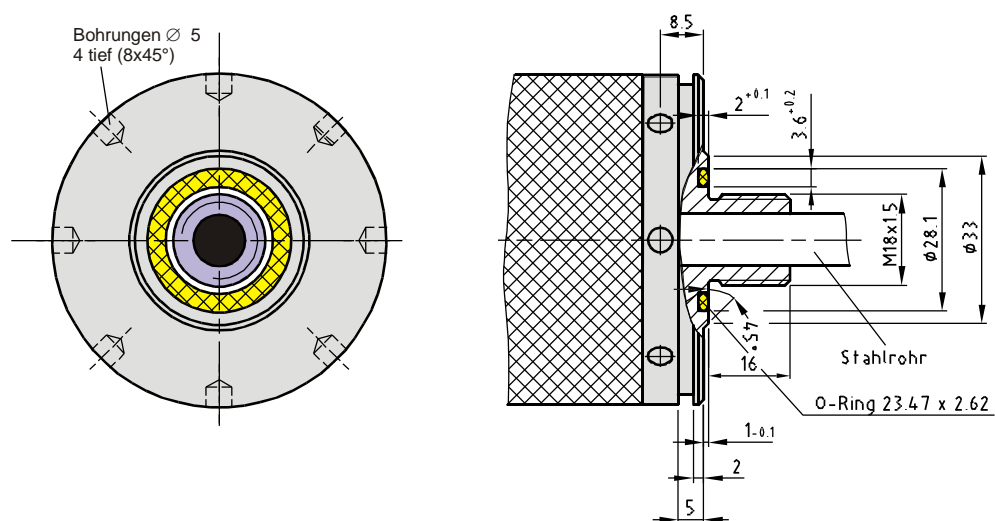
LA-42 nicht angegebene Maße sind aus der kundenspezifischen Zeichnung zu entnehmen!



LA-65-H nicht angegebene Maße sind aus der kundenspezifischen Zeichnung zu entnehmen!



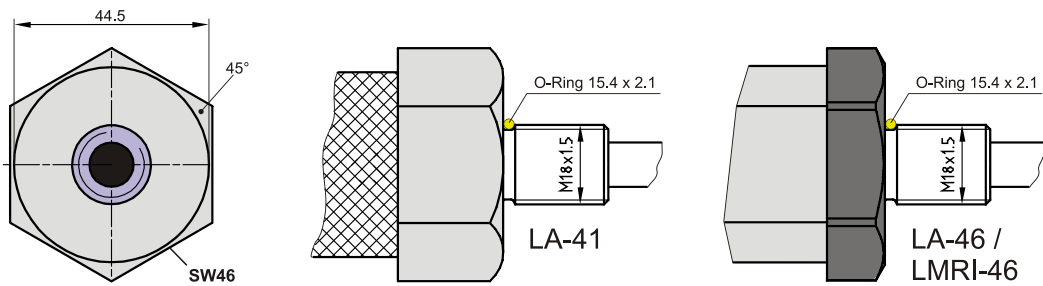
LA-66 nicht angegebene Maße sind aus der kundenspezifischen Zeichnung zu entnehmen!



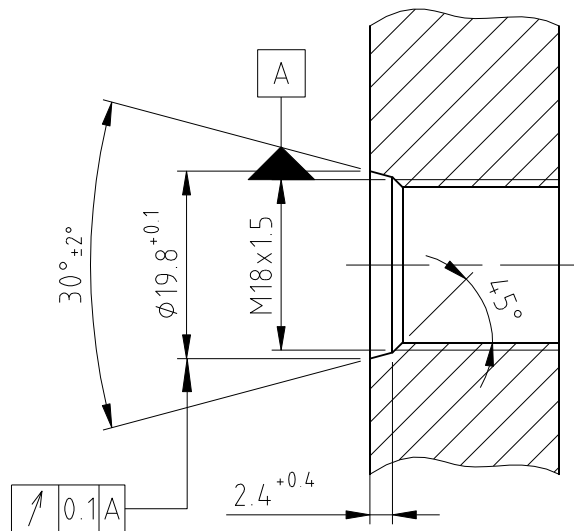
5.1.2 Radialabdichtung

LA-41 / LA-46 / LMRI-46

nicht angegebene Maße sind aus der kundenspezifischen Zeichnung zu entnehmen!



kundenseitige Anforderung, Gewindeaufnahme M18x1.5

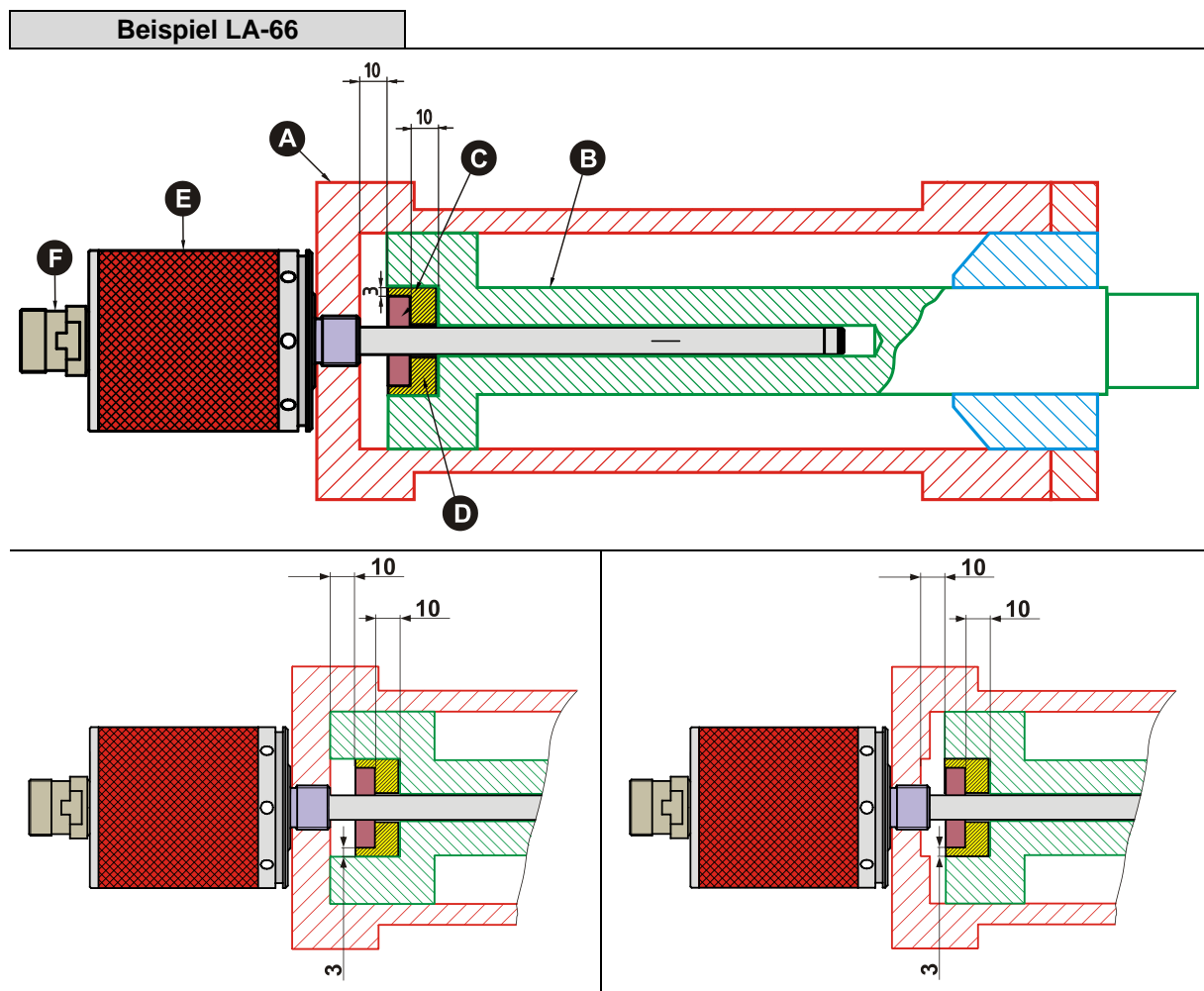


5.2 Einbauvarianten bei magnetisierbarem Material

Wird magnetisierbares Befestigungsmaterial verwendet, muss ein Abstandshalter aus nicht magnetisierbarem Material mit 10 mm Dicke und min. 3 mm größer im Abstand zum Umfang des Positionssensors vorgesehen werden. Der Abstandshalter ist zwischen dem Positionssensor und dessen Befestigung zu montieren. Die Befestigungsschrauben müssen aus nicht magnetisierbarem Werkstoff wie z.B. Messing, Aluminium, Kunststoff etc. sein.

Die Linear-Mess-Systeme welche von außen an den Hydraulikzylinder montiert werden, werden über ein M18x1.5 Gewinde in den Hydraulikzylinder eingeschraubt. Die Abdichtung erfolgt Flansch-seitig entweder radial oder axial über einen O-Ring (kein Lieferumfang!).

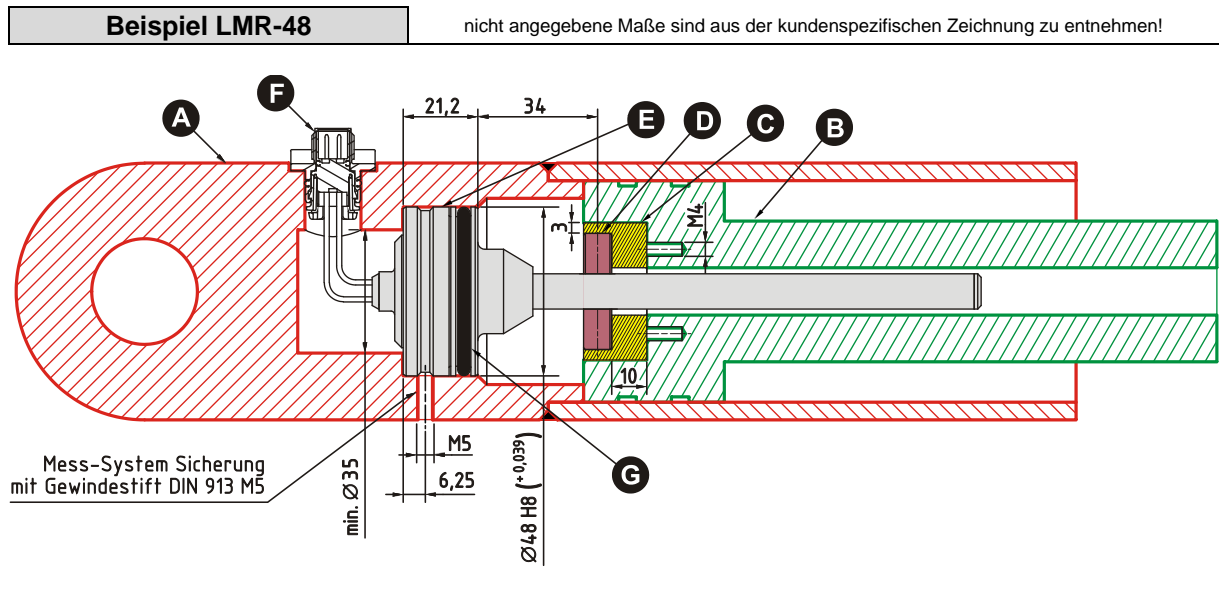
5.2.1 Einbaubeispiel LA-66



- A** Hydraulikzylinder
- B** Kolbenstange
- C** Abstandshalter aus nicht magnetisierbarem Material
- D** Magnet (Positionssensor)
- E** Mess-System
- F** Anschluss-Stecker

5.2.2 Einbaubeispiel LMR-48, Variante mit M12-Flanschstecker

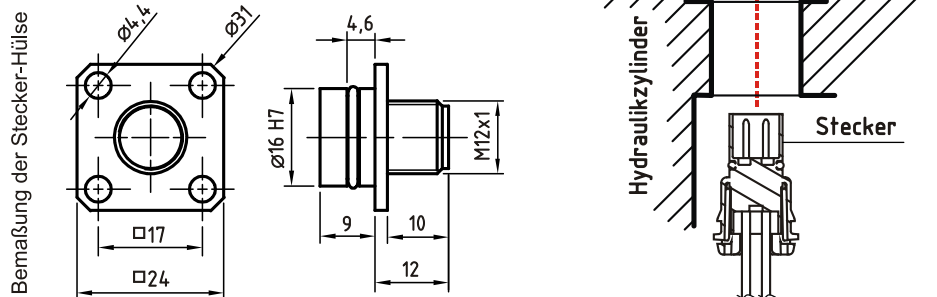
Der LMR-48-Wegsensor wird in den Hydraulikzylinder in die Passung $\text{Ø } 48 \text{ H8}$ eingebracht und mit einem Gewindestift (DIN 913 M5) gegen Verdrehen gesichert. Die Abdichtung erfolgt über einen O-Ring am Mess-System-Gehäuse.



- A** Hydraulikzylinder
- B** Kolbenstange
- C** Abstandshalter aus nicht magnetisierbarem Material
- D** Magnet (Positionssensor)
- E** Mess-System
- F** Stecker mit Stecker-Hülse
- G** O-Ring

5.2.2.1 Stecker-Montage

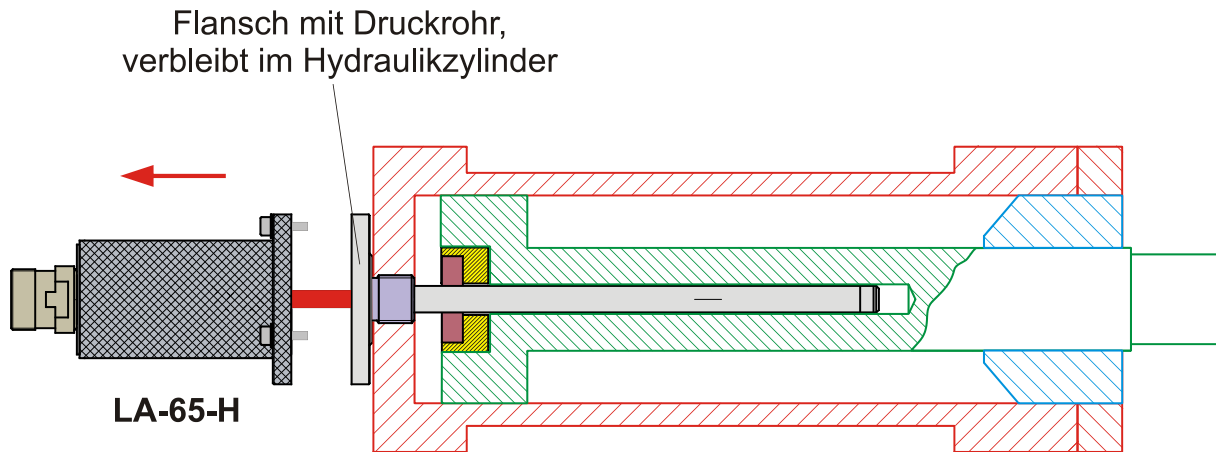
Der Stecker ist bereits vorkonfektioniert und muss durch die Bohrung des Hydraulikzylinders in die Stecker-Hülse eingesteckt werden. Die Hülse mit gestecktem Stecker muss nun mit vier M4 Zylinderkopf-Schrauben an den Hydraulikzylinder montiert werden.



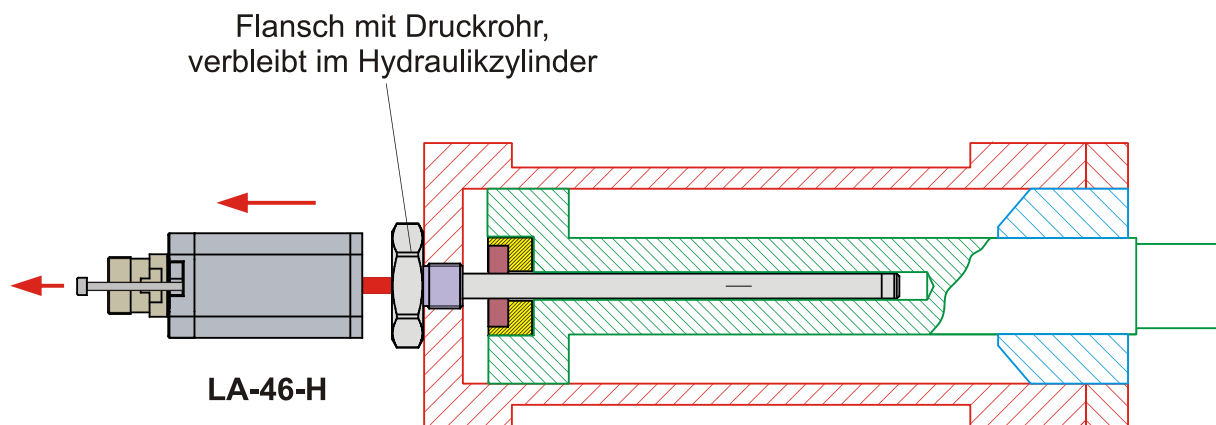
5.3 Besonderheiten

Bei den Linear-Mess-Systemen der Baureihe LA-65-H und LA-46-H ist das Druckrohr und das Sensorelement mechanisch unabhängig.
Das Druckrohr verbleibt daher beim Sensortausch im Hydraulikzylinder. Das Hydrauliksystem bleibt weiterhin unter Druck und langwierige Leer- und Füllzeiten entfallen daher.

Beispiel LA-65-H



Beispiel LA-46-H



5.4 Erforderliches Anzugsdrehmoment

5.4.1 Berechnungsbeispiel Axialabdichtung

Ausführung mit Gewinde M18x1.5,
Axialdichtung über O-Ring 23.47 x 2.62 (kein Lieferumfang!)

LA-42 / LA-65-H / LA-66

A) Erforderliche Klemmkraft, abhängig vom Druck auf den Flansch

1	p =	600,0 bar	statischer Hydraulikdruck am LA-Flansch
2	d_Oring =	23,5 mm	O-Ring-Durchmesser, Auflagefläche
3	F_KI =	25 957,8 N	erforderliche Klemmkraft (bez. auf Hydraulikdruck)

B) Erforderliche Montage-Vorspannkraft, abhängig vom Montagefall

4	ka =	1,6 [-]	Anziehungsfaktor für Anziehen mit Drehmomentschlüssel (I)
5	kl =	1,2 [-]	Lockerungsfaktor für statische Belastung (II)
6	F_VM =	49 838,9 N	Montage-Vorspannkraft, bez. auf ka und kl

C) Gewindegeometrie und Gewindereibung

7	D =	18,0	mm	Nenndurchmesser
8	P =	1,5	[-]	Steigung
9	D2 =	17,03	mm	Flankendurchmesser
10	phi =	0,028	rad	Flankenwinkel
11	my_k =	0,12	[-]	Reibungskoeff. für Gewindereib. "leicht geölt" (III)
12	phi_G =	0,119	rad	Reibungswinkel aus my_k (11)
13	ra =	11,7	mm	Reibradius aus O-Ring-Durchmesser (2)

D) Erforderliches Anzugsmoment für p = 600 bar

14	MA =	133 Nm	Errechnetes Anzugsdrehmoment (IV)
----	-------------	---------------	--

(I) aus "Maschinenelemente", Roloff/Matek, Tabelle A8-11

(II) aus "Maschinenelemente", Roloff/Matek, Tabelle A8-9

(III) aus "Maschinenelemente", Roloff/Matek, Tabelle A8-12a

(IV) aus "Maschinenelemente", Roloff/Matek, Gleichung 8.20

5.4.2 Berechnungsbeispiel Radialabdichtung

Ausführung mit Gewinde M18x1.5,
Radialdichtung über O-Ring 15.4 x 2.1 (kein Lieferumfang!)

LA-41 / LA-46 / LMRI-46

A) Erforderliche Klemmkraft, abhängig vom Druck auf den Flansch

1	$p =$	600,0 bar	<i>statischer Hydraulikdruck am LA-Flansch</i>
2	$d_{\text{Oring}} =$	15,4 mm	<i>O-Ring-Durchmesser, Auflagefläche</i>
3	$F_{\text{KI}} =$	11 175,9 N	<i>erforderliche Klemmkraft (bez. auf Hydraulikdruck)</i>

B) Erforderliche Montage-Vorspannkraft, abhängig vom Montagefall

4	$ka =$	1,6 [-]	<i>Anziehfaktor für Anziehen mit Drehmomentschlüssel (I)</i>
5	$kl =$	1,2 [-]	<i>Lockerungsfaktor für statische Belastung (II)</i>
6	$F_{\text{VM}} =$	21 457,7 N	<i>Montage-Vorspannkraft, bez. auf ka und kl</i>

C) Gewindegeometrie und Gewindereibung

7	$D =$	18,0	mm	Nenndurchmesser
8	$P =$	1,5	[-]	Steigung
9	$D_2 =$	17,03	mm	Flankendurchmesser
10	$\phi =$	0,028	rad	Flankenwinkel
11	$my_k =$	0,12	[-]	Reibungskoeff. für Gewindereib. "leicht geölt" (III)
12	$\phi_G =$	0,119	rad	Reibungswinkel aus my_k (11)
13	$ra =$	7,7	mm	Reibradius aus O-Ring-Durchmesser (2)

D) Erforderliches Anzugsmoment für $p = 600$ bar

14	$MA =$	47 Nm	<i>Errechnetes Anzugsdrehmoment (IV)</i>
----	--------------------------	--------------	--

(I) aus "Maschinenelemente", Roloff/Matek, Tabelle A8-11

(II) aus "Maschinenelemente", Roloff/Matek, Tabelle A8-9

(III) aus "Maschinenelemente", Roloff/Matek, Tabelle A8-12a

(IV) aus "Maschinenelemente", Roloff/Matek, Gleichung 8.20

6 Zubehör

<http://www.tr-electronic.de/produkte/lineargeber/zubehoer.html>

Assembly Instructions

Absolute linear encoder magnetostriction

TR-Electronic GmbH

D-78647 Trossingen

Eglishalde 6

Tel.: (0049) 07425/228-0

Fax: (0049) 07425/228-33

email: info@tr-electronic.de

<http://www.tr-electronic.de>

Copyright protection

This Manual, including the illustrations contained therein, is subject to copyright protection. Use of this Manual by third parties in contravention of copyright regulations is not permitted. Reproduction, translation as well as electronic and photographic archiving and modification require the written content of the manufacturer. Violations shall be subject to claims for damages.

Subject to modifications

The right to make any changes in the interest of technical progress is reserved.

Document information

Release date / Rev. date:	05/18/2017
Document / Rev. no.:	TR - ELA - BA - DGB - 0004 - 09
File name:	TR-ELA-BA-DGB-0004-09.docx
Author:	MÜJ

Font styles

Italic or **bold** font styles are used for the title of a document or are used for highlighting.

`Courier` font displays text, which is visible on the display or screen and software menu selections.

" < > " indicates keys on your computer keyboard (such as <RETURN>).

Contents

Contents	27
Revision index	28
1 General information	29
1.1 Applicability	29
1.2 Other applicable documents	29
1.3 EU Declaration of conformity	29
1.4 Abbreviations and definitions	30
1.5 General functional description	31
2 Basic safety instructions	32
2.1 Definition of symbols and instructions	32
2.2 Obligation of the operator before start-up.....	32
2.3 General risks when using the product	33
2.4 Intended use	33
2.5 Non-intended use	33
2.6 Warranty and liability	34
2.7 Organizational measures.....	34
2.8 Personnel qualification; obligations	35
2.9 Safety information's	35
3 Transportation / Storage.....	36
4 Instructions for mounting / schematic	37
4.1 Mechanics rod housing design	37
4.2 Mechanics profile- housing design	37
4.3 Assembly diagram of the rod housing design.....	39
5 Installation in hydraulic cylinders	40
5.1 Sealing options	41
5.1.1 Axial sealing.....	41
5.1.2 Radial sealing	42
5.2 Installation types with magnetizable material	43
5.2.1 Mounting example LA-66.....	43
5.2.2 Mounting example LMR-48, version with M12-male connector.....	44
5.2.2.1 Plug mounting	44
5.3 Unusual features.....	45
5.4 Required torque	46
5.4.1 Calculation example axial sealing.....	46
5.4.2 Calculation example radial sealing	47
6 Accessories	48

Revision index

Revision	Date	Index
First release	06/19/07	00
Additions in the technical data	01/15/08	01
Modification of the standards	07/20/09	02
Modification of the warnings	08/05/11	03
Actualization	03/09/15	04
Intended use edited	07/14/15	05
Tolerance notes LP-system	06/20/16	06
- Mechanical characteristics removed -> reference to the product data sheets - Other applicable documents	08/25/16	07
LMRI, LMPI and LMRB added	01/18/17	08
Chapter "Installation in hydraulic cylinders" added	05/18/17	09

1 General information

This Assembly Instruction includes the following topics:

- General functional description
- Basic safety instructions with declaration of the intended use
- Instructions for mounting
- Installation in hydraulic cylinders

As the documentation is arranged in a modular structure, this Assembly Instructions are supplementary to other documentation, such as product datasheets, dimensional drawings, leaflets and interface-specific User Manuals etc.

1.1 Applicability

These Assembly Instructions apply exclusively to the following measuring system models:

- LA / LMRI
- LP / LMPI
- LMP
- LMRB

The products are labeled with affixed nameplates and are components of a system.

1.2 Other applicable documents

- the operator's operating instructions specific to the system
- these Assembly Instructions
- interface-specific User Manual
- Pin assignment
- Dimension drawing
- Product data sheet: www.tr-electronic.com/s/S013471

1.3 EU Declaration of conformity

The measuring systems have been developed, designed and manufactured under observation of the applicable international and European standards and directives.

A corresponding declaration of conformity can be requested from TR-Electronic GmbH.

The manufacturer of the product, TR-Electronic GmbH in D-78647 Trossingen, operates a certified quality assurance system in accordance with ISO 9001.

1.4 Abbreviations and definitions

LA	Linear-Absolute Measuring System, type with tube-housing
LMRI	Linear-Absolute Measuring System, type with tube-housing (Industrial standard)
LMRB	Linear-Absolute Measuring System, type with tube-housing and decentralized interface unit (Basic standard)
LP	Linear-Absolute Measuring System, type with profile-housing
LMPI	Linear-Absolute Measuring System, type with profile-housing (Industrial standard)
LMP	Linear-Absolute Measuring System, type with profile-housing
EC	E uropean C ommunity
EU	E uropean U nion
EMC	E lectro M agnetic C ompatibility
ESD	E lectro S tatic D ischarge
IEC	International Electrotechnical Commission
NEC	N ational E lectrical C ode
VDE	Association for Electrical, Electronic & Information Technologies

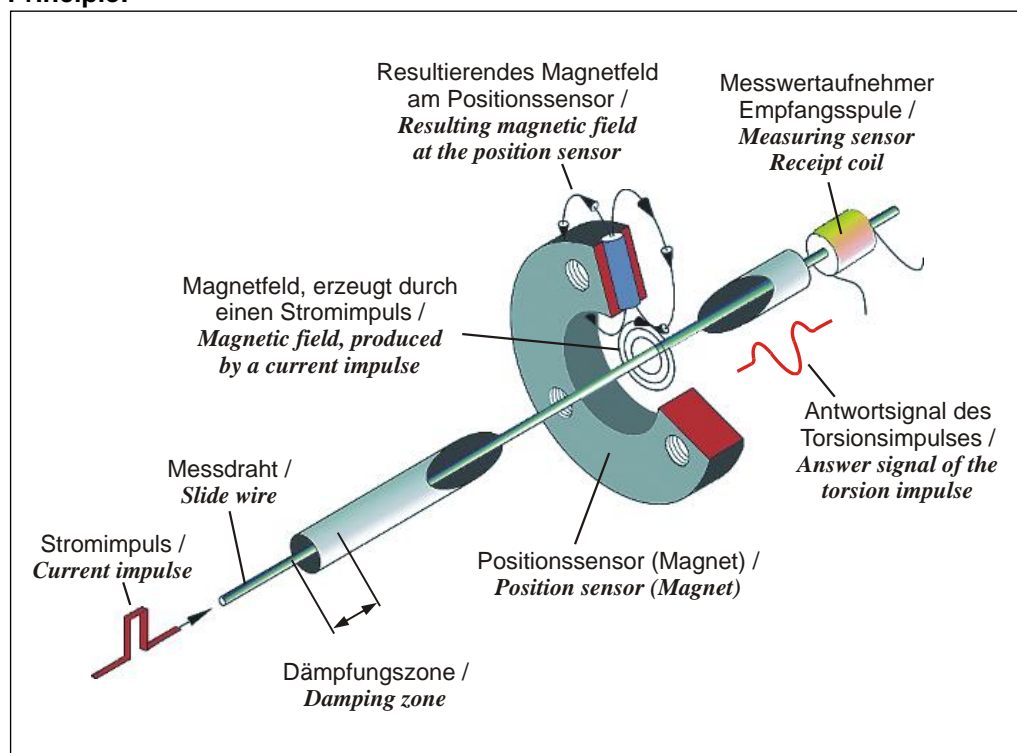
1.5 General functional description

The measuring principle is based on a run time measurement in the ultrasound area. The ultrasound propagation time is path proportional and is evaluated in an electronics. A ferromagnetic wire is (magnetostrictive measuring element shaft conductor) in a reed capsule tense, this one are pressurized with a current pulse. A radial magnetic field arises from the current pulse therefore.

The position sensor (Permanent magnet) is a non-contact and wear free measurement magnetic system, which produces a magnetic axial field, related to the wire. If the two magnetic fields, radially from the wire and axial from the magnet, meet one another at the measuring point, then a torsion impulse will generated. This torsion impulse moves as acoustic wave of the measuring body with constant ultrasonic sound speed of the measuring point in both directions of the wire. Over a sensing element in the sensor head the ultrasonic sound signal is recorded and converted into electrical away-proportional output signal. The acoustic wave of the measuring body moving in both directions are weakened in the damping zones at the beginning and end of the measuring element.

The time difference of sending the current pulse up to the arrival of the torsion impulse converts measuring electronics into an away-proportional output signal and makes this available as digital or analog signal.

Principle:



2 Basic safety instructions

2.1 Definition of symbols and instructions



means that death or serious injury can occur if the required precautions are not met.



means that minor injuries can occur if the required precautions are not met.

NOTICE

means that damage to property can occur if the required precautions are not met.



indicates important information or features and application tips for the product used.



means that appropriate ESD-protective measures are to be considered according to DIN EN 61340-5-1 supplementary sheet 1.

2.2 Obligation of the operator before start-up

As an electronic device the measuring system is subject to the regulations of the EMC Directive.

It is therefore only permitted to start up the measuring system if it has been established that the system/machine into which the measuring system is to be fitted satisfies the provisions of the EU EMC Directive, the harmonized standards, European standards or the corresponding national standards.

2.3 General risks when using the product

The product, hereinafter referred to as "*the measuring system*", is manufactured according to state-of-the-art technology and accepted safety rules. **Nevertheless, non-intended use can pose a danger to life and limb of the user or third parties, or lead to impairment of the measuring system or other property!**

Only use the measuring system in a technically faultless state, and only for its intended use, taking safety and hazard aspects into consideration, and observing the **Other applicable documents!** Faults which could threaten safety should be eliminated without delay!

2.4 Intended use

The measuring system is used to measure linear movements and to condition the measurement data for the subsequent control of industrial control processes.

Intended use also includes:

- observing all instructions in the other applicable documents,
- observing the nameplate and any prohibition or instruction symbols on the measuring system,
- observing the enclosed documents,
- operating the measuring system within the limit values specified in the technical data, see Product Data Sheet

2.5 Non-intended use

Danger of death, physical injury and damage to property in case of non-intended use of the measuring system!

⚠ WARNING

- As the measuring system **does not constitute a safety component** according to the EC machinery directive, a plausibility check of the measuring system values must be performed through the subsequent control system.

NOTICE

- It is mandatory for the operator to integrate the measuring system into his own safety concept.
 - The following area of use is especially forbidden:
 - In environments where there is an explosive atmosphere
 - for medical purposes
-

2.6 Warranty and liability

The General Terms and Conditions ("Allgemeine Geschäftsbedingungen") of TR-Electronic GmbH always apply. These are available to the operator with the Order Confirmation or when the contract is concluded at the latest. Warranty and liability claims in the case of personal injury or damage to property are excluded if they result from one or more of the following causes:

- Non-intended use of the measuring system.
- Improper assembly, installation, start-up and programming of the measuring system.
- Incorrectly undertaken work on the measuring system by unqualified personnel.
- Operation of the measuring system with technical defects.
- Mechanical or electrical modifications to the measuring systems undertaken autonomously.
- Repairs carried out autonomously.
- Third party interference and Acts of God.

2.7 Organizational measures

- The other applicable documents must always be kept accessible at the place of use of the measuring system.
- In addition to the other applicable documents, generally applicable legal and other binding accident prevention and environmental protection regulations are to be observed and must be mediated.
- The respective applicable national, local and system-specific provisions and requirements must be observed and mediated.
- The operator is obliged to inform personnel on special operating features and requirements.
- The personnel instructed to work with the measuring system must have read and understood the Assembly Instruction, especially the chapter "Basic safety instructions" prior to commencing work.
- The nameplate and any prohibition or instruction symbols applied on the measuring system must always be maintained in a legible state.
- Do not undertake any mechanical or electrical modifications on the measuring system, apart from those explicitly described in the other applicable documents.
- Repairs may only be undertaken by the manufacturer or a facility or person authorized by the manufacturer.

2.8 Personnel qualification; obligations

- All work on the measuring system must only be carried out by qualified personnel.
Qualified personnel includes persons, who, through their training, experience and instruction, as well as their knowledge of the relevant standards, provisions, accident prevention regulations and operating conditions, have been authorized by the persons responsible for the system to carry out the required work and are able to recognize and avoid potential hazards.
- The definition of “Qualified Personnel” also includes an understanding of the standards VDE 0105-100 and IEC 364 (source: e.g. Beuth Verlag GmbH, VDE-Verlag GmbH).
- Define clear rules of responsibilities for the assembly, installation, start-up and operation. The obligation exists to provide supervision for trainee personnel !

2.9 Safety information's

WARNING

NOTICE

- ***Destruction, damage or malfunctions of the measuring system and risk of physical injury!***
 - De-energize the system before carrying out wiring work or opening and closing electrical connections.
 - Do not carry out welding if the measuring system has already been wired up or is switched on.

NOTICE

- Ensure that the area around the assembly site is protected from corrosive media (acid, etc.).
- Avoid any shocks (e.g. hammer-blow) on the measuring system while mounting.
- Do not bend the sensor rod.
- Do not install the measuring system next to magnetic fields.
- Do not open the measuring system.



- ***The measuring system contains electrostatically endangered circuit elements and units which can be destroyed by an improper use.***
 - Contacts of the measuring system connection contacts with the fingers are to be avoided, or the appropriate ESD protective measures are to be applied.



- **Disposal**
If disposal has to be undertaken after the life span of the device, the respective applicable country-specific regulations are to be observed.

3 Transportation / Storage

Notes on transportation

Do not drop the device or expose it to strong strokes!

Device contains a magnetoresistive sensor.

Only use the original packaging!

The wrong packaging material can cause damage to the device during transportation.

Storage

Storage temperature: see product data sheet
Store in a dry place

4 Instructions for mounting / schematic

Before mounting TR-linear-Transducer, make sure there are no strong magnetic and electric interference fields in the vicinity.

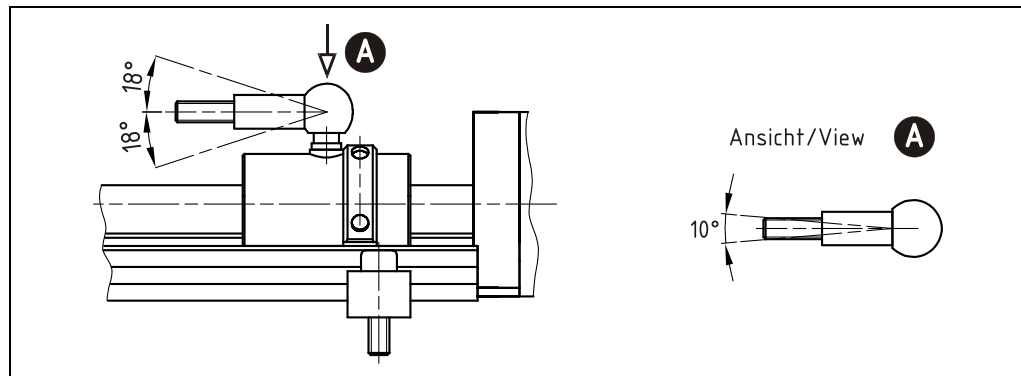
Inadmissible interference fields can influence the measuring precision. The field strength may be max. 3 mT in the vicinity of the measuring rod.

4.1 Mechanics rod housing design

The measurement is one coupled contactlessly about the magnetic field of the position sensor on the sensor rod. The precision of the measurements is among others addicted to the balance of magnetic field geometry. This means for the mechanics, that the position sensor has to be led centrally add-only and axially parallel to the rod precisely.

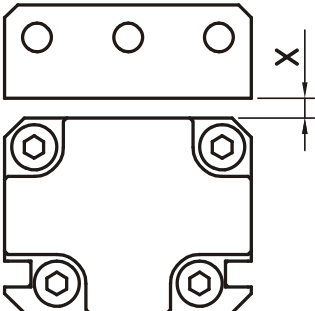
4.2 Mechanics profile- housing design

Since the position sensor by the measuring body mechanically one leads, is relatively simple the installation the TR-linear-Transducer system. The exact guidance of the captive-sliding magnet and non-contact and wear free measurement system each other optimally. In order to reduce the wear between captive-sliding magnet and measuring body to a minimum, the dimensional tolerances for angle and parallel disalignment must be absolutely kept:



The exact of the measured value depends also on the symmetry of magnetic field geometry. If no captive-sliding magnet is used, the position sensor must be led exactly in axial direction to the measuring body. The admissible maximum distance between position sensor and measuring body may not be exceeded:

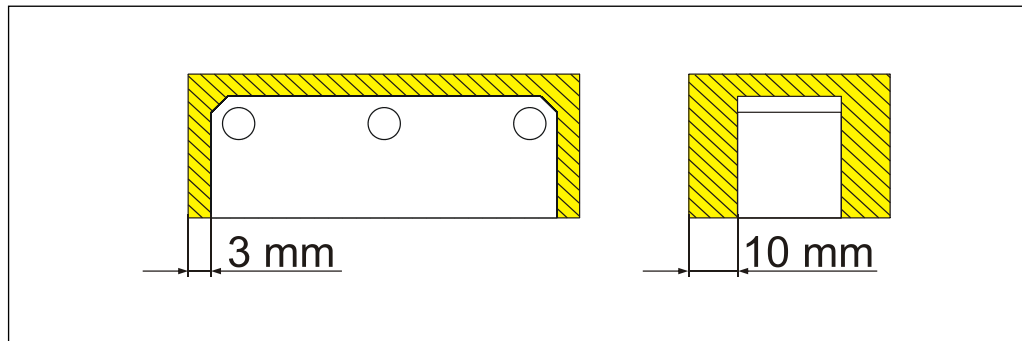
Distinction:

	LP-Systems		
	Magnet:	Art.-No.:	Magnet distance:
	T4U3820	49-155-003	$X = 3.2^{-2,4}$
	LMP-Systems		
	Magnet:	Art.-No.:	Magnet distance:
T1-S5520	49-155-009	$X = 3^{-2}$	
T2-S5520	49-155-010	$X = 8^{-3}$	
T1-S3818	49-155-015	$X = 3^{-2}$	

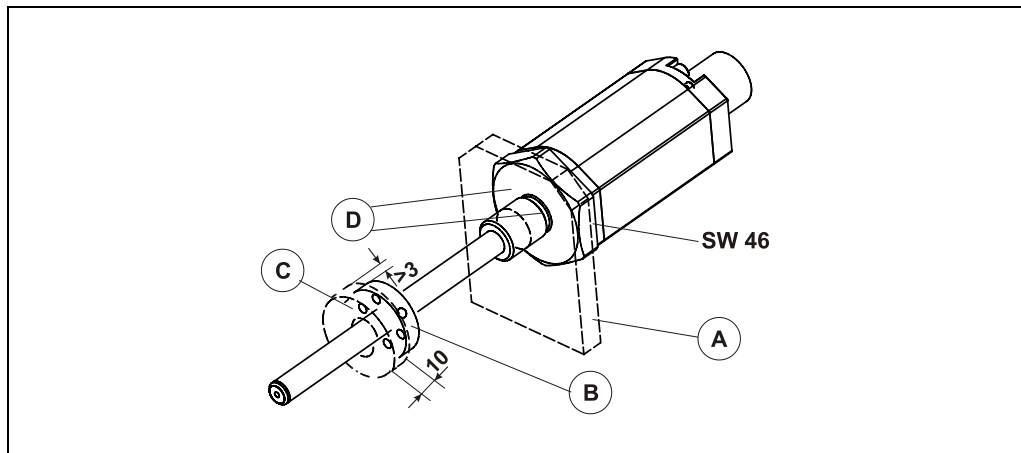
Instructions for mounting / schematic

The mounting material for the position sensor should absolutely consist of not magnetizable material.

If magnetizable mounting material is used, a spacer from not magnetizable material with 10 mm thickness and min. 3 mm must be planned more largely in the distance to the extent of the position sensor. The spacer is to be installed between the position sensor and its attachment. The screws must be from not magnetizable material.



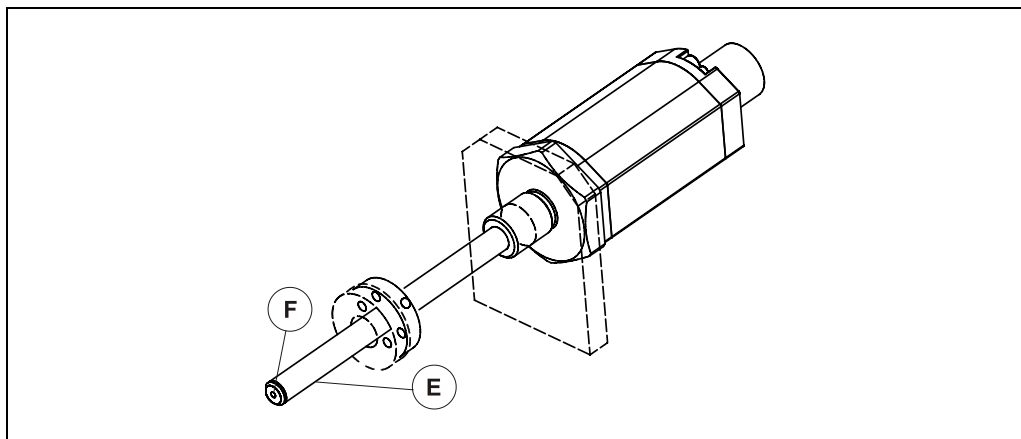
4.3 Assembly diagram of the rod housing design



A: The linear transducer is fixed directly with the thread or a nut/mother with the mounting plate, with one attraction moment of $< 50 \text{ Nm}$. The mounting material for the way sensor and position sensor B should absolutely consist of not magnetizable material.

C: If magnetizable mounting material is used, a spacer from not magnetizable material with 10 mm thickness and min. 3 mm must be planned more largely in the distance to the extent of the position sensor. The spacer is to be installed between the position sensor and its attachment. The screws must be from not magnetizable material.

D: The hydraulic sealing at the flange contact surface is recommended by means of O-ring in a cylinder soil groove. It can take place the sealing also with an O-ring in the thread runout groove.



E: Horizontal inserted rods $> 1.5 \text{ m}$ long should be supported and a position sensor open to the extent be used.

F: Optionally the linear transducer can be supplied at the tubing point with a blind hole thread M4x5. This can be used for the rod end bearing.

5 Installation in hydraulic cylinders

This chapter applies exclusively to the following measuring systems series that made for the mounting with hydraulic cylinders:

Series	Sealing	Mounting
LA-41	Radial sealing	for external mounting to a hydraulic cylinder
LA-42	Axial sealing	for external mounting to a hydraulic cylinder
LA-46	Radial sealing	for external mounting to a hydraulic cylinder (exchangeable sensor)
LMRI-46	Radial sealing	for external mounting to a hydraulic cylinder (exchangeable sensor)
LMR-48	Radial sealing (at the housing)	for mounting into a hydraulic cylinder (applicable for mobile machines)
LA-65	Axial sealing	for external mounting to a hydraulic cylinder (exchangeable sensor)
LA-66	Axial sealing	for external mounting to a hydraulic cylinder

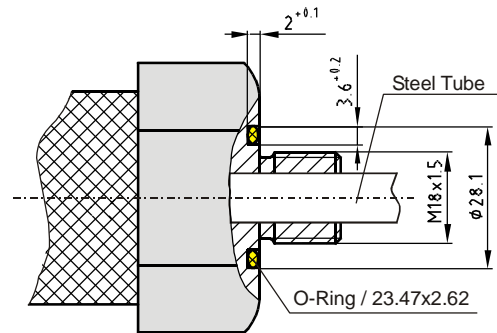
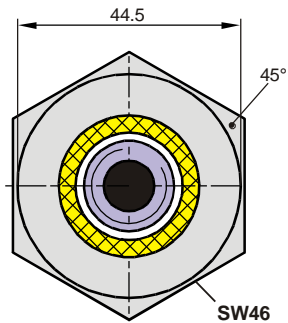
At the installation of the measuring system into the hydraulic cylinders the device specific data and specifications must be taken into account.

5.1 Sealing options

5.1.1 Axial sealing

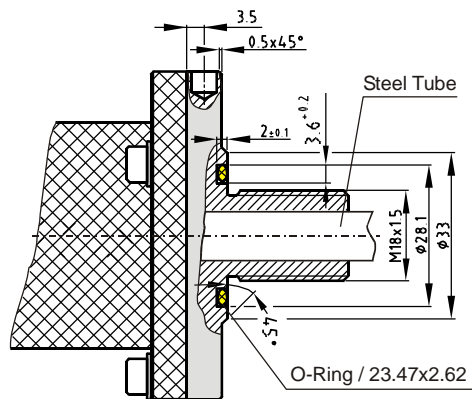
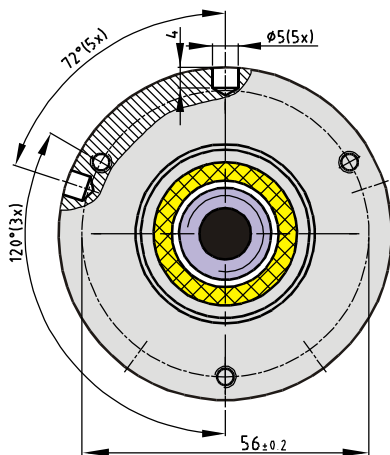
LA-42

not specified dimensions see customized drawing!



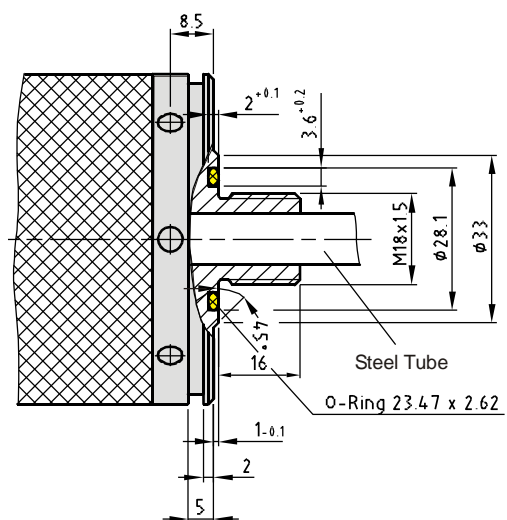
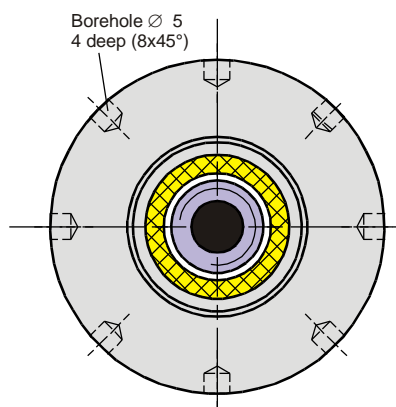
LA-65-H

not specified dimensions see customized drawing!



LA-66

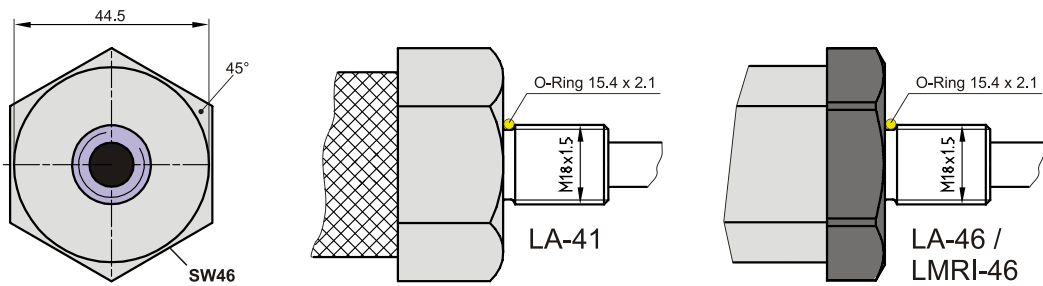
not specified dimensions see customized drawing!



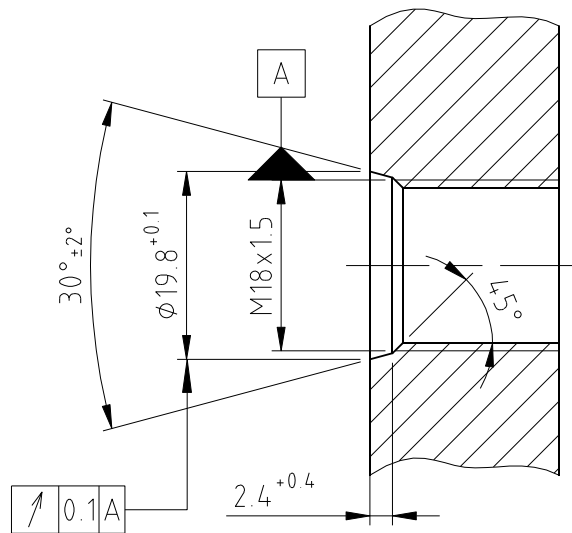
5.1.2 Radial sealing

LA-41 / LA-46 / LMRI-46

not specified dimensions see customized drawing!



User requirements, thread M18x1.5 (mating part)

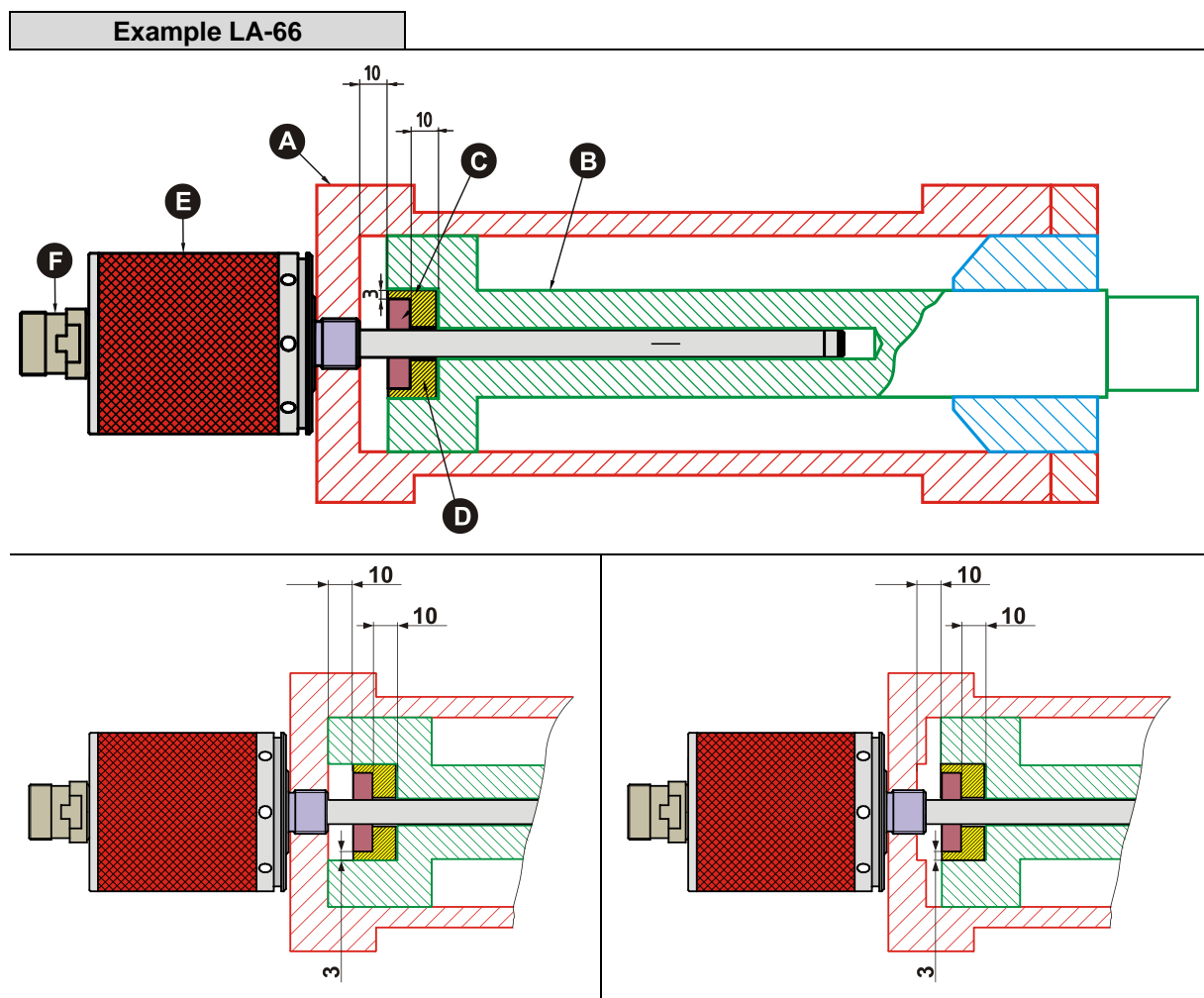


5.2 Installation types with magnetizable material

If at the installation of the linear sensor magnetizable materials are used, it is necessary to use not magnetizable material for the spacer with minimum 10 mm thickness and minimum 3 mm bigger than the perimeter of the position sensor. The spacer must be mounted between the position sensor and its mounting. For mounting the position sensor, screws must be used of not magnetizable materials such as brass, aluminum, plastic etc..

The TR-Linear-Sensors which are made for the external mounting into the hydraulic cylinder are screwed over a M18 x 1.5 thread. On the side of the flange the sealing is made radially or axially via an O-ring (No scope of supply!).

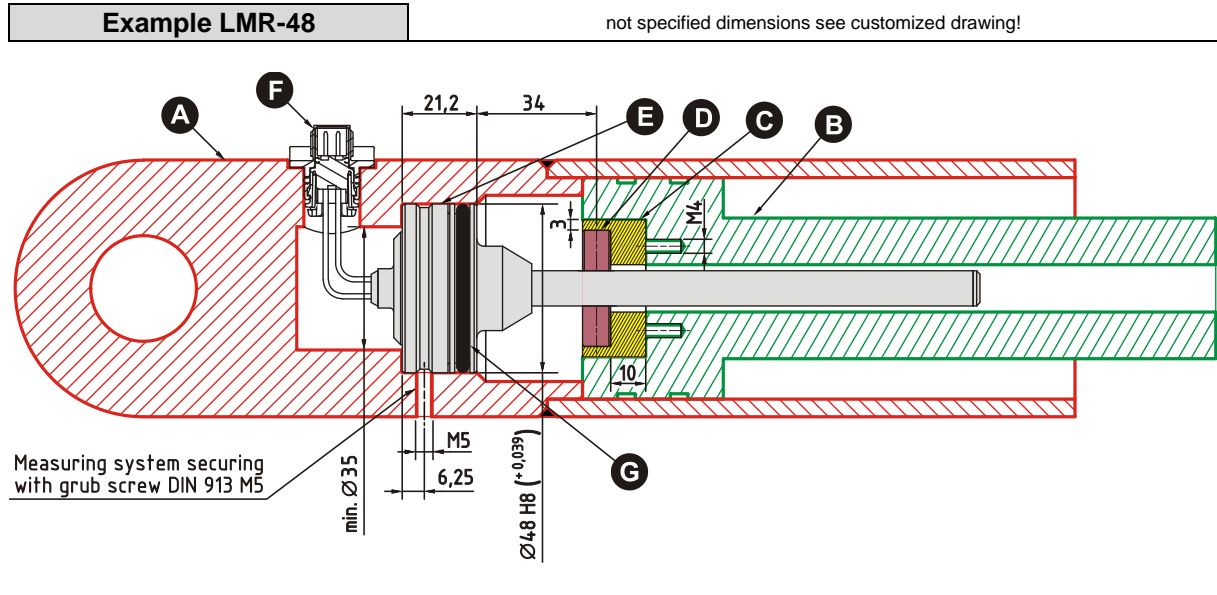
5.2.1 Mounting example LA-66



- A** Hydraulic cylinder
- B** Piston rod
- C** Spacer, consisting of not magnetizable material
- D** Magnet (Position sensor)
- E** Measuring system
- F** Connector plug

5.2.2 Mounting example LMR-48, version with M12-male connector

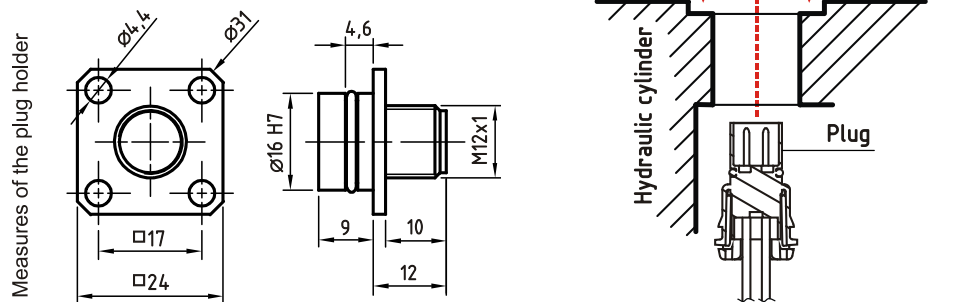
The LMR-48 linear sensor is fit into the hydraulic cylinder and secured from twisting with a grub screw (DIN 913 M5). The sealing is realized by means of an O ring at the device housing.



- A** Hydraulic cylinder
- B** Piston rod
- C** Spacer, consisting of not magnetizable material
- D** Magnet (Position sensor)
- E** Measuring system
- F** Plug with plug holder
- G** O ring

5.2.2.1 Plug mounting

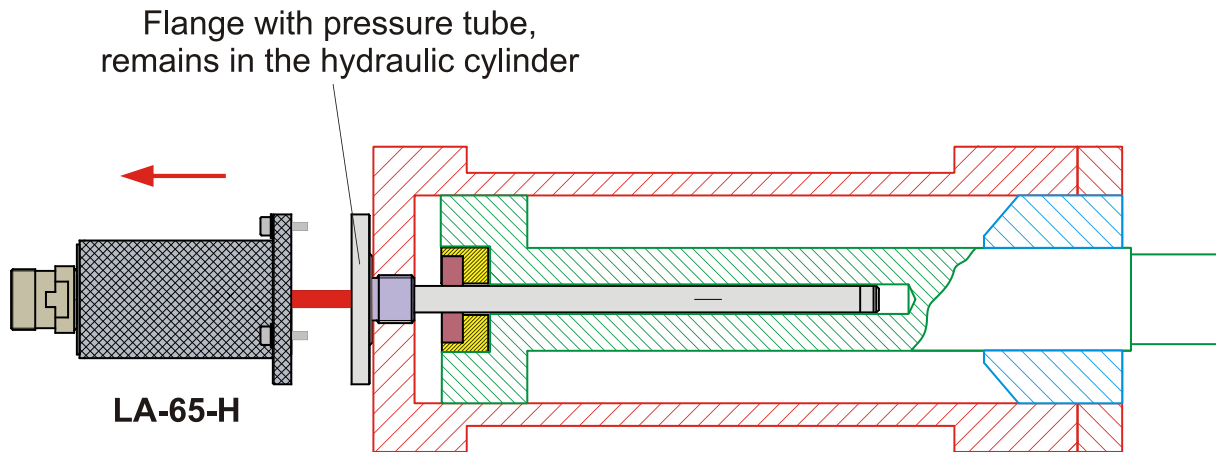
The plug is already pre-assembled and must be plugged through the drilling of the hydraulic cylinder in to the plug holder. The plug holder with the connected plug must be mounted now with four M4 cylinder head screws to the hydraulic cylinder.



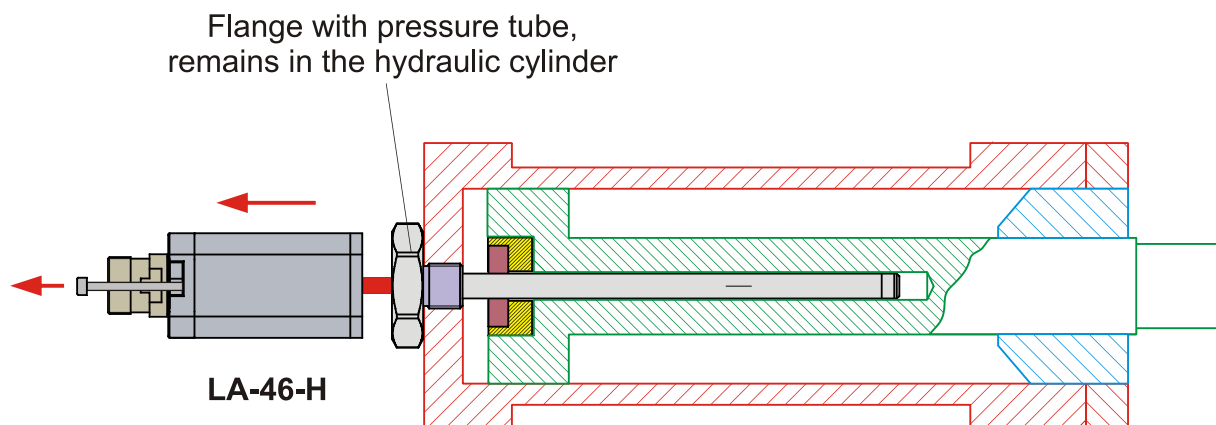
5.3 Unusual features

At the linear sensors of the series LA-65-H and LA-46-H the pressure tube and the sensor element are mechanically independent. Therefore the pressure tube remains at the sensor exchange in the hydraulic cylinder. Furthermore the hydraulics system remains under pressure and long emptying times or filling times are therefore dropped.

Example LA-65-H



Example LA-46-H



5.4 Required torque

5.4.1 Calculation example axial sealing

Sensor type with thread M18x1.5,
axial sealing via O-ring 23.47 x 2.62 (No scope of supply!)

LA-42 / LA-65-H / LA-66

A) Required locking force, dependent on the pressure on the flange

15	p =	600,0 bar	<i>static hydraulic pressure at the sensor flange</i>
16	d_Oring =	23,5 mm	<i>O-ring-Ø, mounting surface</i>
17	F_KI =	25 957,8 N	<i>required locking force (related to hydraulic pressure)</i>

B) Required mounting prestressing force, dependent on mounting case

18	ka =	1,6 [-]	<i>Attraction factor for tightening with torque wrench (I)</i>
19	kl =	1,2 [-]	<i>Loosening factor for static load (II)</i>
20	F_VM =	49 838,9 N	<i>Mounting-prestressing force, related to ka and kl</i>

C) Thread geometry and thread friction

21	D =	18,0	mm	Nominal thread diameter
22	P =	1,5	[-]	Thread lead
23	D2 =	17,03	mm	Pitch diameter
24	phi =	0,028	rad	Thread angle
25	my_k =	0,12	[-]	Friction coefficient for thread friction ¹ "leicht geölt" (III)
26	phi_G =	0,119	rad	Angle of friction, see my_k (11)
27	ra =	11,7	mm	Friction radius, see O-ring-Ø (2)

D) Required torque for p = 600 bar

28	MA =	133 Nm	Calculated torque (IV)
----	-------------	---------------	-------------------------------

(I) see "Maschinenelemente" (Machine elements), Roloff/Matek, table A8-11

(II) see "Maschinenelemente" (Machine elements), Roloff/Matek, table A8-9

(III) see "Maschinenelemente" (Machine elements), Roloff/Matek, table A8-12a

(IV) see "Maschinenelemente" (Machine elements), Roloff/Matek, equation 8.20

¹ "oiled easily"

5.4.2 Calculation example radial sealing

Sensor type with thread M18x1.5,
radial sealing via O-ring 15.4 x 2.1 (No scope of supply!)

LA-41 / LA-46 / LMRI-46

A) Required locking force, dependent on the pressure on the flange

1	$p =$	600,0 bar	<i>static hydraulic pressure at the sensor flange</i>
2	$d_{\text{Oring}} =$	15,4 mm	<i>O-ring-\varnothing, mounting surface</i>
3	$F_{\text{KI}} =$	11 175,9 N	<i>required locking force (related to hydraulic pressure)</i>

B) Required mounting prestressing force, dependent on mounting case

4	$ka =$	1,6 [-]	<i>Attraction factor for tightening with torque wrench (I)</i>
5	$kl =$	1,2 [-]	<i>Loosening factor for static load (II)</i>
6	$F_{\text{VM}} =$	21 457,7 N	<i>Mounting-prestressing force, related to ka and kl</i>

C) Thread geometry and thread friction

7	$D =$	18,0	mm	Nominal thread diameter
8	$P =$	1,5	[-]	Thread lead
9	$D_2 =$	17,03	mm	Pitch diameter
10	$\phi =$	0,028	rad	Thread angle
11	$my_k =$	0,12	[-]	Friction coefficient for thread friction ² "leicht geölt" (III)
12	$\phi_G =$	0,119	rad	Angle of friction, see my_k (11)
13	$ra =$	7,7	mm	Friction radius, see O-ring- \varnothing (2)

D) Required torque for $p = 600$ bar

14	$MA =$	47 Nm	Calculated torque (IV)
----	--------------------------	--------------	-------------------------------

(I) see "Maschinenelemente" (Machine elements), Roloff/Matek, table A8-11

(II) see "Maschinenelemente" (Machine elements), Roloff/Matek, table A8-9

(III) see "Maschinenelemente" (Machine elements), Roloff/Matek, table A8-12a

(IV) see "Maschinenelemente" (Machine elements), Roloff/Matek, equation 8.20

² "oiled easily"

6 Accessories

<http://www.tr-electronic.com/products/linear-encoders/accessories.html>