

Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten

Bautechnisches Prüfamt

Eine vom Bund und den Ländern  
gemeinsam getragene Anstalt des öffentlichen Rechts



## Europäische Technische Bewertung

ETA-06/0131  
vom 3. April 2019

### Allgemeiner Teil

Technische Bewertungsstelle, die die Europäische Technische Bewertung ausstellt

Deutsches Institut für Bautechnik

Handelsname des Bauprodukts

MAURER MSM<sup>®</sup> Kalotten- und Zylinderlager

Produktfamilie,  
zu der das Bauprodukt gehört

Kalotten- und Zylinderlager mit besonderem Gleitwerkstoff aus UHMWPE (Ultra high molecular weight polyethylene)

Hersteller

MAURER SE  
Frankfurter Ring 193  
80807 München  
DEUTSCHLAND

Herstellungsbetrieb

Werk 1 bis 5  
Plant 1 to 5

Diese Europäische Technische Bewertung enthält

31 Seiten, davon 24 Anhänge, die fester Bestandteil dieser Bewertung sind.

Diese Europäische Technische Bewertung wird ausgestellt gemäß der Verordnung (EU) Nr. 305/2011, auf der Grundlage von

EAD 050004-01-0301

Diese Fassung ersetzt

ETA-06/0131 vom 24. Mai 2018

Die Europäische Technische Bewertung wird von der Technischen Bewertungsstelle in ihrer Amtssprache ausgestellt. Übersetzungen dieser Europäischen Technischen Bewertung in andere Sprachen müssen dem Original vollständig entsprechen und müssen als solche gekennzeichnet sein.

Diese Europäische Technische Bewertung darf, auch bei elektronischer Übermittlung, nur vollständig und ungekürzt wiedergegeben werden. Nur mit schriftlicher Zustimmung der ausstellenden Technischen Bewertungsstelle kann eine teilweise Wiedergabe erfolgen. Jede teilweise Wiedergabe ist als solche zu kennzeichnen.

Die ausstellende Technische Bewertungsstelle kann diese Europäische Technische Bewertung widerrufen, insbesondere nach Unterrichtung durch die Kommission gemäß Artikel 25 Absatz 3 der Verordnung (EU) Nr. 305/2011.

**Besonderer Teil**

**1 Technische Beschreibung des Produkts**

Das MAURER MSM® Kalotten- oder Zylinderlager ermöglicht Verdrehungen und Verschiebungen durch Gleitbewegungen in einer ebenen und gekrümmten Gleitfläche zwischen stählernen Trägerplatten (siehe Anhang A). Gegenstand dieser ETA ist das komplette Lager einschließlich ggf. erforderlicher Führungen oder Arretierungen. Alternativ zur Darstellung im Anhang A dürfen die Lager auch umgedreht, d. h. mit unten liegender ebener Gleitfläche (sinnvoll z. B. bei Stahlbrücken) verwendet werden.

Das MAURER MSM® Kalotten- oder Zylinderlager ist nach EN 1337-7 ausgebildet und kann gemäß EN 1337-1 mit Gleitelementen nach EN 1337-2 kombiniert werden. Anstelle von PTFE nach EN 1337-2 wird MSM®, ein besonderer Gleitwerkstoff aus UHMWPE (Polyethylen mit ultrahohem Molekulargewicht) für die Lagergleitflächen verwendet, der im Vergleich zu PTFE nach EN 1337-2 einen erhöhten Verschleißwiderstand und eine höhere Tragfähigkeit aufweist sowie für niedrigere und höhere Temperaturen geeignet ist. Die Schmelztemperatur des Gleitwerkstoffs liegt mindestens 50 °C oberhalb der unten angegebenen maximalen Einsatztemperatur.

Gleitflächen, deren umschreibender Kreis einen Durchmesser von weniger als 75 mm oder mehr als 3000 mm hat oder deren wirksame Lagertemperatur niedriger als -50 °C oder höher als +80 °C ist, liegen außerhalb des Anwendungsbereichs dieser ETA. Wirksame Lagertemperaturen über 48 °C sollen nur von kurzer Dauer sein, z. B. bedingt durch klimatische Temperaturveränderungen. Wenn Verbundwerkstoffe in Führungen verwendet werden, ist die höchste wirksame Lagertemperatur auf 48 °C beschränkt.

Anmerkung: Die wirksame Lagertemperatur ist definiert als die Lufttemperatur im Schatten nach EN 1991-1-5.

Kalottenlager mit einem Öffnungswinkel von  $2\theta > 60^\circ$  bzw. Zylinderlager mit einem Öffnungswinkel von  $2\theta > 75^\circ$  liegen außerhalb des Anwendungsbereichs dieser ETA.

Die Gleitlegierung MSA® kann als Gegenwerkstoff in Gleitflächen verwendet werden. Zusätzlich kann für effektive Lagertemperaturen zwischen -50 °C und 48 °C das Gleitbeschichtungssystem MSC® als Gegenwerkstoff in Gleitflächen verwendet werden.

**Werkstoffkombinationen**

Die zulässigen Werkstoffkombinationen für Gleitteile sind in Tabelle 1 angegeben. Dabei wird nur jeweils eine Werkstoffkombination pro Gleitfläche verwendet. Die Schmierung der Gleitflächen erfolgt in Übereinstimmung mit EN 1337-2, Abschnitt 7.4.

Tabelle 1: Zulässige Kombinationen von Gleitwerkstoffen für die Langzeitanwendung als Gleitflächen in MAURER MSM® Kalotten- oder Zylinderlagern

Ebene Gleitfläche		Gekrümmte Gleitfläche		Führungen	
MSM® mit Schmier-taschen	Austenitischer Stahl	MSM® mit Schmier-taschen	Austenitischer Stahl	MSM® ohne Schmier-taschen	Austenitischer Stahl
	MSA®		Hartchrom		MSC®
	MSC®		MSA®	CM1	Austenitischer Stahl
			MSC®	CM2	

elektronische Kopie der eta des dibt: eta-06/0131

Die Gleitfläche darf in zwei mit Anschlägen versehene Teilflächen oberhalb und unterhalb des Kippteils aufgeteilt werden, wenn die Gesamtgleitfläche den Bemessungswert der Verschiebung aufnimmt, siehe Beispiel in Anhang A, Abb. A.7.

#### **MSM®-Platten**

Die Materialzusammensetzung ist vertraulich. Wesentliche Informationen sind in Tabelle 2 aufgelistet. Weiterführende Details sind in der technischen Dokumentation dieser ETA bei der Technischen Bewertungsstelle hinterlegt.

Die erforderlichen geometrischen Eigenschaften von MSM®-Platten und deren Kammerung sind in Anhang B angegeben. Die gekrümmte MSM® Platte darf entweder an der konvexen oder der konkaven Trägerplatte befestigt werden.

#### **Mehrschicht-Werkstoffe**

Anstelle von MSM®-Platten ohne Schmiertaschen dürfen für Streifen in Führungen die Mehrschicht-Werkstoffe CM1 und CM2 nach EN 1337-2, Abschnitte 5.3.1 oder 5.3.2 angewendet werden, sofern diese sich selbst ausrichten können.

#### **Austenitischer Stahl**

Austenitisches Stahlblech wird in Übereinstimmung mit EN 1337-2, Abschnitt 5.4 und von Anhang C, Abschnitt C.4 verwendet.

#### **Hartverchromte Oberflächen**

Hartverchromte Oberflächen entsprechen EN 1337-2, Abschnitt 5.5.

#### **Gleitlegierung MSA®**

Die Gleitlegierung MSA® mit spezieller Oberflächenbehandlung kann als Alternative zu Stahl für Kalotten- und Zylinderträgerplatten gemäß Anhang D verwendet werden. Die Materialeigenschaften und Oberflächenbehandlungen der Gleitlegierung MSA® sind vertraulich und in der technischen Dokumentation dieser ETA bei der Technischen Bewertungsstelle hinterlegt.

#### **Gleitbeschichtung MSC®**

Die Gleitbeschichtung MSC® kann als Alternative zu austenitischem Stahl verwendet werden. Die Materialeigenschaften, der Schichtaufbau sowie die Oberflächeneigenschaften der Gleitbeschichtung MSC® sind vertraulich und in der technischen Dokumentation dieser ETA bei der Technischen Bewertungsstelle hinterlegt.

#### **Schmierstoff**

Als Schmierstoff für Gleitflächen wird Silikonfett nach EN 1337-2, Abschnitt 5.8 verwendet.

#### **Eisenhaltige Werkstoffe für Trägerplatten**

Eisenhaltige Werkstoffe für Trägerplatten entsprechen EN 1337-2, Abschnitt 5.6.

#### **Befestigung von Gleitwerkstoffen**

Die Befestigung der Gleitwerkstoffe erfolgt nach EN 1337-2, Abschnitt 7.2 und Anhang C, Abschnitt C.4.

## 2 Spezifizierung des Verwendungszwecks gemäß anwendbarem Europäischen Bewertungsdokument

MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlager werden zur Lagerung von Brücken oder Bauwerken mit kritischen Anforderungen an Einzellager entsprechend dem Anwendungsbereich von EN 1337-1 eingesetzt.

MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlager sind für alle Bauwerksarten geeignet, besonders aber für weiche Bauwerke mit großen und häufigen Verformungen aus Verkehr, für Bauwerke mit schnell auftretenden Gleitbewegungen des Lagers, wie z. B. Brücken für Hochgeschwindigkeitseisenbahnen sowie für Regionen mit lang andauernden tiefen und/oder hohen Temperaturen. Sphärische und zylindrische Gleitteile aus der Gleitlegierung MSA® sind besonders korrosionsbeständig.

MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlager werden hauptsächlich in Beton-, Stahl- und Verbundbauwerken eingesetzt.

Von den Leistungen in Abschnitt 3 kann nur ausgegangen werden, sofern die MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlager entsprechend den Angaben und unter den Randbedingungen nach den Anhängen verwendet werden.

Die Prüf- und Bewertungsmethoden, die dieser Europäischen Technischen Bewertung zu Grunde liegen, führen zur Annahme einer Nutzungsdauer der MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlager von mindestens 50 Jahren. Die angenommene Nutzungsdauer des Lagers reduziert sich auf 10 Jahre, wenn Mehrschicht-Werkstoffe in Führungen anstelle des Gleitwerkstoffs MSM® verwendet werden. Die Angaben zur Nutzungsdauer können nicht als Garantie des Herstellers ausgelegt werden, sondern sind lediglich ein Hilfsmittel zur Auswahl der richtigen Produkte im Hinblick auf die erwartete wirtschaftlich angemessene Nutzungsdauer des Bauwerks.

### 3 Leistung des Produkts und Angaben zur Methode ihrer Bewertung

#### 3.1 Tragfähigkeit (BWR 1)

Wesentliches Merkmal	Methode der Bewertung	Leistung
Tragfähigkeit	EAD, Abschnitt 2.2.1	<i>Charakteristische Druckfestigkeit <math>f_k</math> für die in Tabelle 1 aufgeführten Gleitpaarungen:</i> Siehe Anhang C, Tabelle C.1
		<i>Charakteristische Kurzzeit-Druckfestigkeit <math>f_{k,s-t}</math> für die in Tabelle 1 aufgeführten Gleitpaarungen:</i> Siehe Anhang C, Tabelle C.2
		<i>Beständigkeit der Gleiteile gegen hohe Temperaturen:</i> Beständig bis zu 80 °C
Rotationsvermögen	EAD, Abschnitt 2.2.2	<i>Gesamt-Rotationsvermögen (siehe Anhang E):</i> Maximaler aufaddierter Gleitweg von 10.000 m in gekrümmten Gleitflächen für alle entsprechenden, in Tabelle 1 aufgeführten Gleitpaarungen
Verschiebungskapazität	EAD, Abschnitt 2.2.3	<i>Gesamt-Verschiebungskapazität (siehe Anhang E):</i> Maximaler aufaddierter Gleitweg von 50.000 m in ebenen Gleitflächen für den Gleitpartner Austenitischer Stahl Maximaler aufaddierter Gleitweg von 10.000 m in ebenen Gleitflächen für die Gleitpartner MSA® oder MSC® (Tabelle 1) Maximaler aufaddierter Gleitweg von 10.000 m in Führungen für den Gleitpartner Austenitischer Stahl Max. aufaddierter Gleitweg von 2.000 m in Führungen für den Gleitpartner MSC® (Tabelle 1)
Reibungszahl	EAD, Abschnitt 2.2.4	Siehe Anhang B
Beständigkeit gegen Korrosion, chemische Medien und Umwelteinflüsse	EAD, Abschnitt 2.2.5	<i>Korrosionsbeständigkeit:</i> Korrosionsschutz-Beschichtungssysteme für eisenhaltige Werkstoffe mit Schutzdauer "h" und folgender Korrosivitätskategorie (EN ISO 12944-1 und -2): Korrosivitätskategorie C5 (Außenbereich) oder C4 (Innenbereich) Gleitlegierung MSA®: Beständig in Übereinstimmung mit EN 1337-9 Gleitbeschichtung MSC®: Schutzdauer "h", Korrosivitätskategorie C4 Die Bestimmungen für hartverchromte Oberflächen in Abschnitt 7.3. der EN 1337-2 sind zu berücksichtigen.
		<i>Beständigkeit des besonderen Gleitwerkstoffs MSM® und der Gleitbeschichtung MSC® gegen chemische Medien und Umwelteinflüsse:</i> Beständig

**4 Angewandtes System zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit mit Angabe der Rechtsgrundlage**

Gemäß Entscheidung der Europäischen Kommission 95/467/EC, geändert durch die Entscheidungen der Europäischen Kommission 2001/596/EC und 2002/592/EC, ist das System 1 zur Bewertung der Überprüfung der Leistungsbeständigkeit (siehe Anhang V der Verordnung (EU) Nr. 305/2011) anzuwenden.

**5 Für die Durchführung des Systems zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit erforderliche technische Einzelheiten gemäß anwendbarem Europäischen Bewertungsdokument**

Technische Einzelheiten, die für die Durchführung des Systems zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit notwendig sind, sind Bestandteil des Prüfplans, der beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegt ist.

Ausgestellt in Berlin am 3. April 2019 vom Deutschen Institut für Bautechnik

BD Dipl.-Ing. Andreas Kummerow  
Abteilungsleiter

Beglaubigt

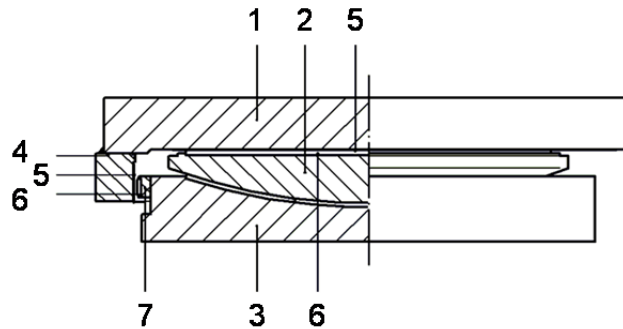
## Anhang A

### Beschreibung des Produkts und seiner Verwendung

MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlager (Beispiel)

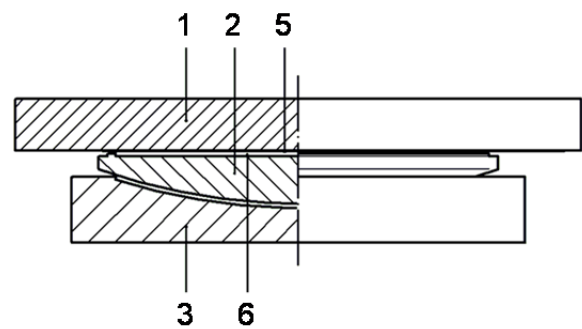
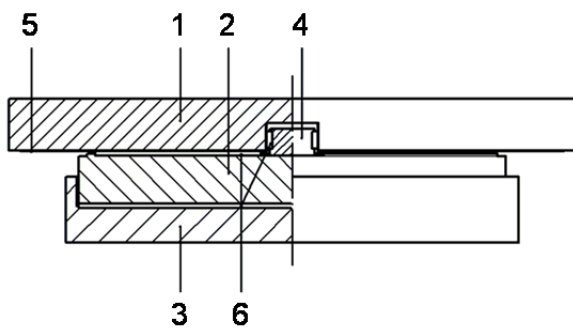
Kalottenlager mit einachsig  
beweglichem Gleitteil

Kalottenlager mit zweiachsig  
beweglichem Gleitteil



Zylinderlager mit einachsig  
beweglichem Gleitteil

Zylinderlager mit zweiachsig  
beweglichem Gleitteil



#### Legende:

- |   |   |   |                           |
|---|---|---|---------------------------|
| 1 | Gleitplatte (ebene Trägerplatte)          | 5 | Gleitblech                |
| 2 | Kalotte / Zylinder (konvexe Trägerplatte) | 6 | MSM®-Platte bzw. Streifen |
| 3 | Unterteil (konkave Trägerplatte)          | 7 | Kippleiste                |
| 4 | Führungsleiste                            |   |                           |

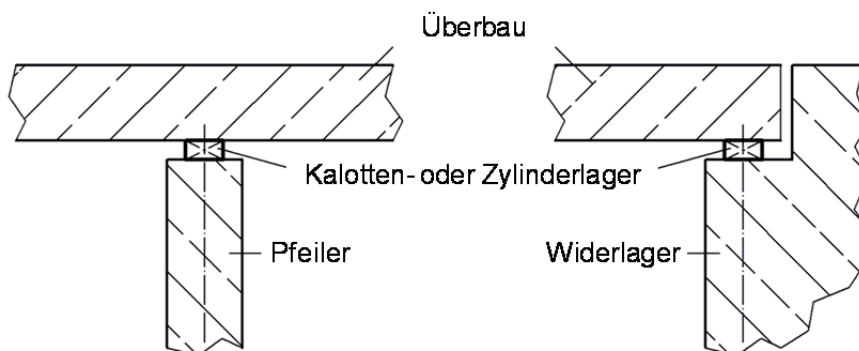


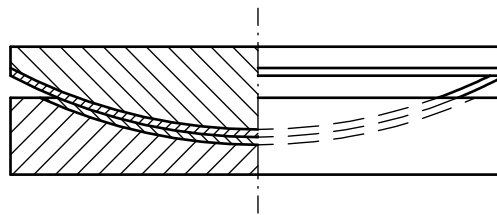
Abb. A.1 - Zusammenbau eines geführten und eines zweiachsig verschiebbaren MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlagers und vorgesehener Einsatzzweck (Beispiel)



MAURER MSM<sup>®</sup> Kalotten- und Zylinderlager bestehen aus einer konvex-kugelförmigen oder zylindrischen Oberfläche (Verdrehungselement) und einer Trägerplatte mit konkav-kugelförmiger oder zylindrischer konkaven Oberfläche, zwischen denen eine MSM<sup>®</sup>-Platte und ein Gegenwerkstoff eine gekrümmte Gleitfläche bilden (siehe Bild A.2 und A.4).

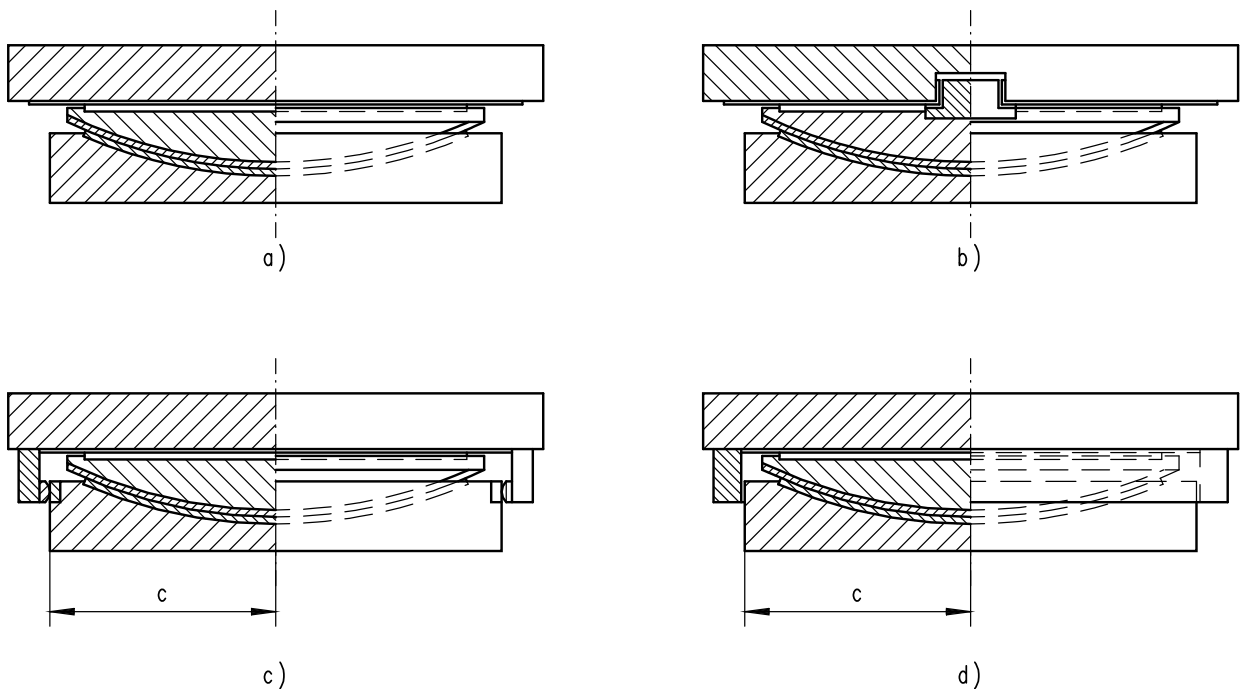
Für die Ausbildung zweiachsig oder einachsig verschiebbarer Lager werden MAURER MSM<sup>®</sup> Kalotten- oder Zylinderlager auch mit ebenen Gleitteilen und Führungen kombiniert (siehe Abb. A.3 (a) bis (c) und A.5 (a) bis (c)). MAURER MSM<sup>®</sup> Kalotten- oder Zylinderlager in Kombination mit einem ebenen Gleitteil können mit einem Arretiererring zur Ausbildung unverschiebbarer Lager ausgebildet werden (siehe Abb. A.3 (d)).

Anmerkung: Die Zahlen in Klammern bei den Abb. A.2 bis A.5 entsprechen dem Lagertyp von EN 1337-1, Abb. 1.



Unverschiebbar durch Gleitfläche (3.2)

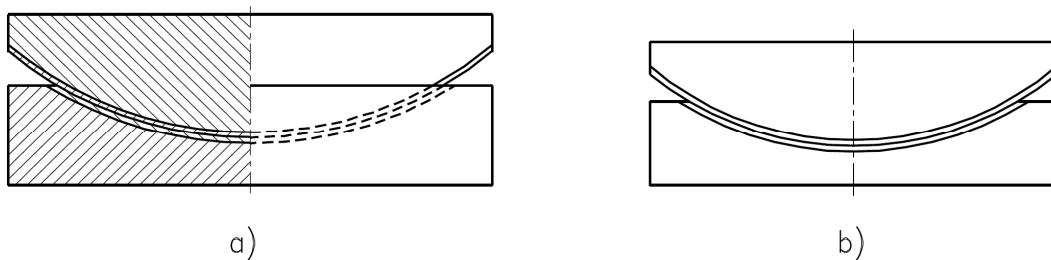
Abb. A.2 - MAURER MSM<sup>®</sup> Kalottenlager



**Legende:**

- a) Zweiachsig verschiebbar (3.5)
- b) Einachsig verschiebbar mit Innenführung (3.4)
- c) Einachsig verschiebbar mit Außenführung (3.3)
- d) Unverschiebbar durch Arretiererring (3.1)

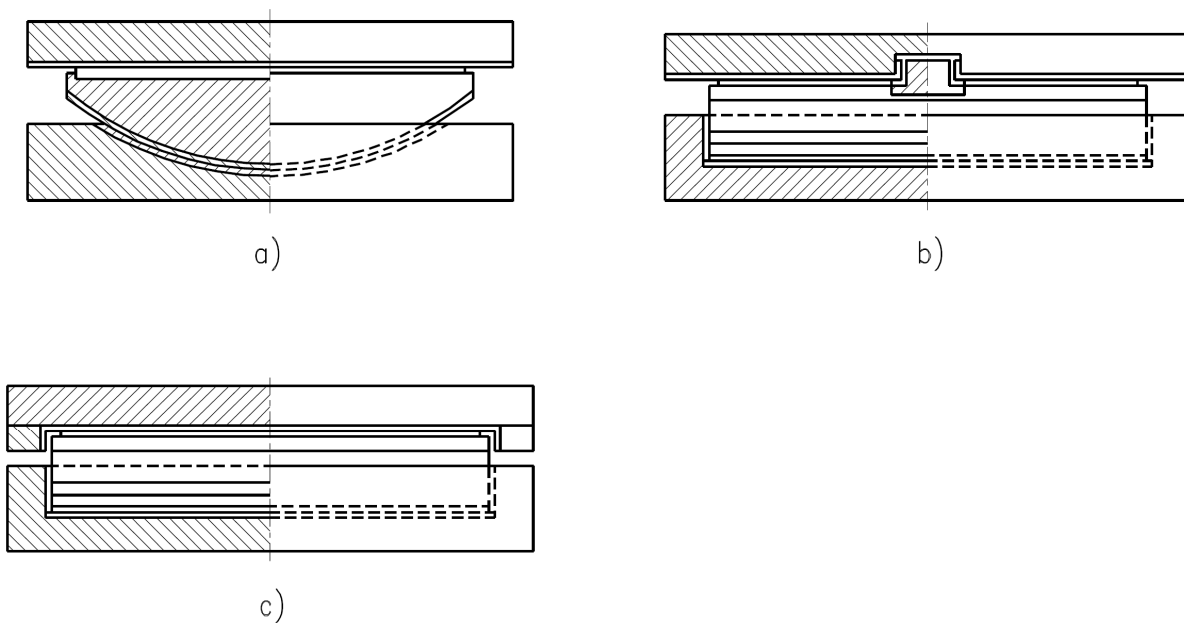
Abb. A.3 - MAURER MSM<sup>®</sup> Kalottenlager in Kombination mit ebenen Gleitteilen



**Legende:**

- a) Unverschiebbar durch Endanschläge und Gleitfläche (7.1)
- b) Ohne Endanschläge für Verschiebungen in  $y$ -Richtung (7.2)

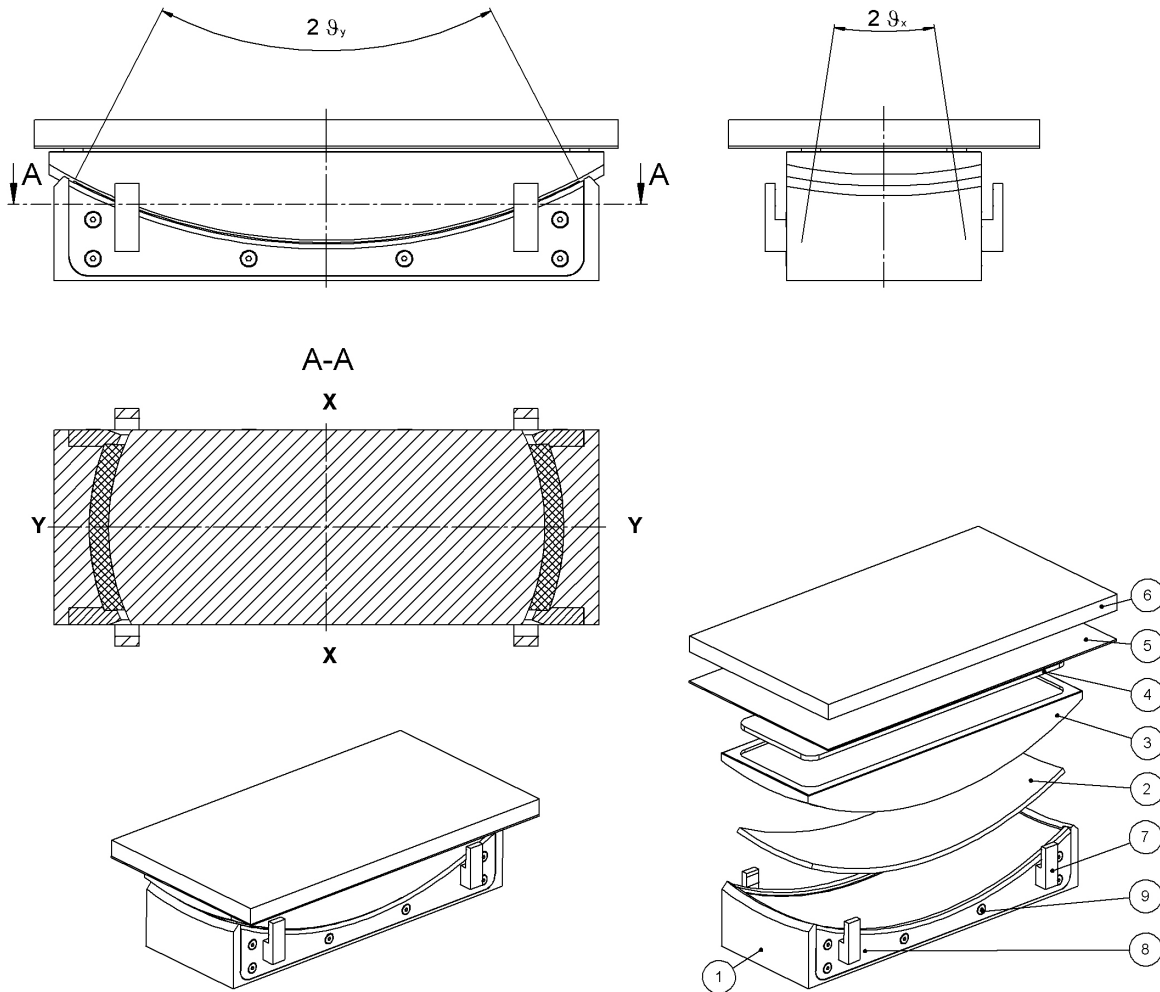
Abb. A.4 - MAURER MSM® Zylinderlager



**Legende:**

- a) Zweiachsig verschiebbar (7.4)
- b) Mit Innenführung für Verschiebungen in  $x$ -Richtung (7.3)
- c) Mit Außenführung für Verschiebungen in  $x$ -Richtung

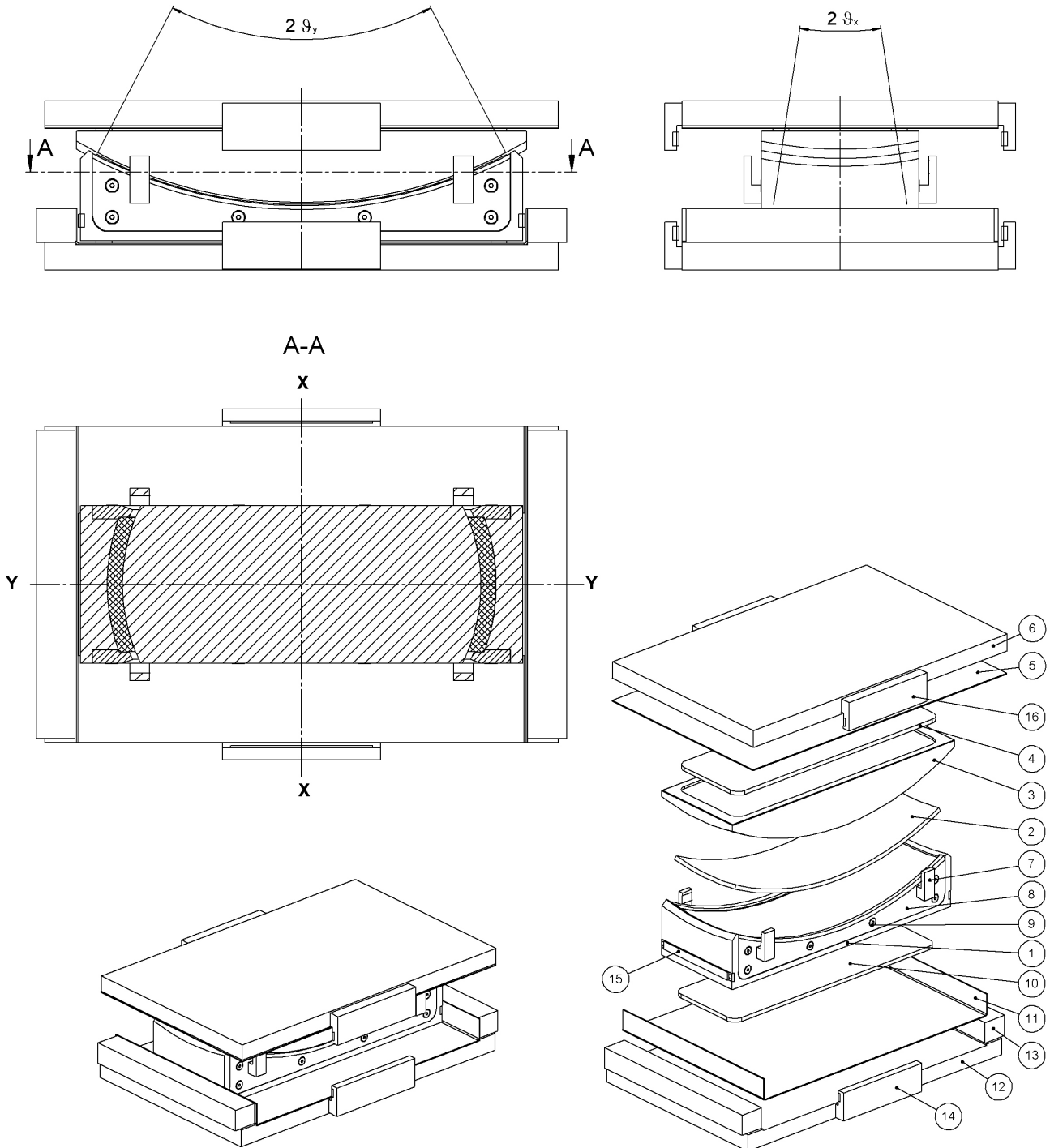
Abb. A.5 - MAURER MSM® Zylinderlager in Kombination mit ebenen Gleitteilen



**Legende:**

- 1 Untere Trägerplatte
- 2 Gekrümmte MSM®-Platte
- 3 Kalottensegment
- 4 Ebene MSM®-Platte
- 5 Gegenwerkstoff
- 6 Obere Trägerplatte
- 7 Arretierung
- 8 Seitliche Kammerungsplatte
- 9 Schraube

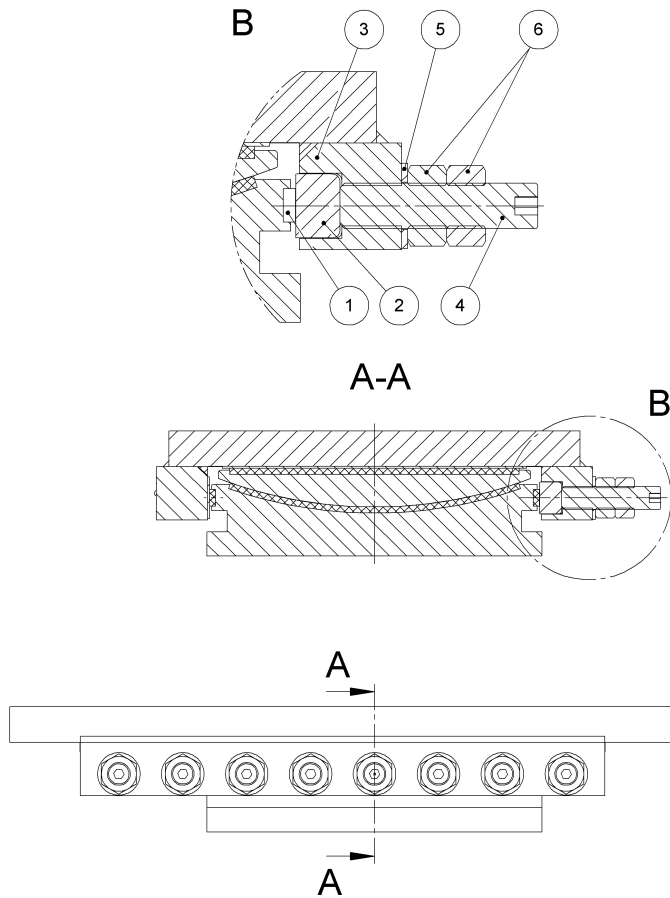
Abb. A.6 - MAURER MSM® Kalottensegmentlager (Beispiel)



**Legende:**

- |   |                            |    |                          |
|---|----------------------------|----|--------------------------|
| 1 | Untere Trägerplatte        | 9  | Schraube                 |
| 2 | Gekrümmte MSM®-Platte      | 10 | Untere ebene MSM®-Platte |
| 3 | Kalottensegment            | 11 | Unterer Gegenwerkstoff   |
| 4 | Obere ebene MSM®-Platte    | 12 | Untere Gleitplatte       |
| 5 | Oberer Gegenwerkstoff      | 13 | Führungsleiste           |
| 6 | Obere Gleitplatte          | 14 | Unterer Anschlag         |
| 7 | Arretierung                | 15 | MSM®-Streifen            |
| 8 | Seitliche Kammerungsplatte | 16 | Oberer Anschlag          |

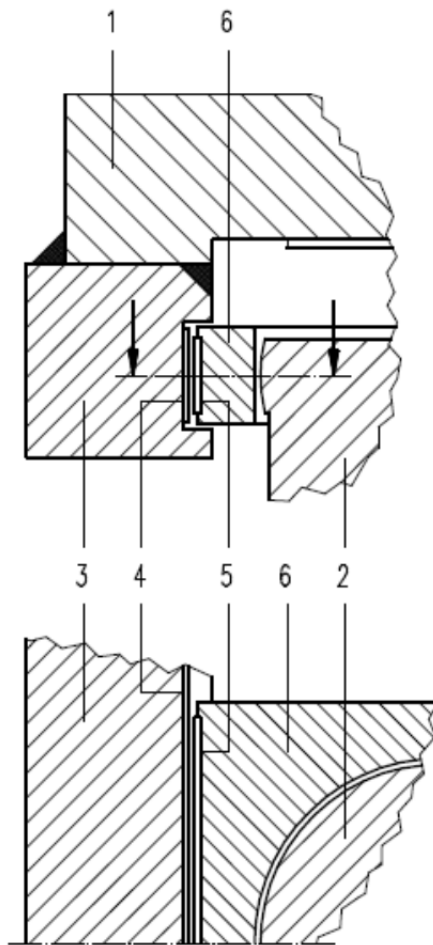
Abb. A.7 - MAURER MSM® Kalottensegmentlager mit zwei Gleitflächen (Beispiel)



**Key:**

- 1 MSM®-Streifen in Führungen
- 2 Leiste aus austenitischem Stahl
- 3 Führungsleiste
- 4 Gewindebolzen
- 5 Beilagscheibe
- 6 Mutter, Kontermutter

Abb. A.8 - MAURER MSM® Lager mit justierbaren Führungen (Beispiel)



**Legende:**

- 1 Gleitplatte
- 2 Trägerplatte
- 3 Führungsrille
- 4 Gegenwerkstoff
- 5 MSM® oder CM
- 6 Führungsring

Abb. A.9 - MAURER MSM® Kalottenlager mit Führungsring (Beispiel)

## Anhang B

### Reibungszahl

Die folgenden Reibungszahlen  $\mu_{max}$  sind für den Nachweis des Lagers zu verwenden. Für den Nachweis des Tragwerks, in das dieses Lager eingebaut ist, sind die minimalen Reibungszahlen der Fälle (a) bis (c) zu verwenden. Die Werte sind nicht bei hochdynamischen Einwirkungen, die z.B. in Erdbebengebieten auftreten können, anwendbar. Der Reibungswiderstand darf nicht zur Aufnahme von Schnittgrößen aus äußeren horizontalen Lasten herangezogen werden.

#### (a) Reibungszahl bei niedrigen Temperaturen

Für Gleitteile mit geschmierten MSM<sup>®</sup>-Platten mit Schmieraschen zum Einsatz in Gebieten, in denen die minimale wirksame Lagertemperatur nicht unter -35 °C fällt, wird die Reibungszahl  $\mu_{max}$  als Funktion der mittleren Pressung  $\sigma_{MSM}$  [MPa] wie folgt bestimmt:

$$0,020 \leq \mu_{max} = \frac{1,6}{15 + \sigma_{MSM}} \leq 0,08$$

Bei Führungen ist die Reibungszahl unabhängig vom Kontaktdruck. Als Reibungszahl ist  $\mu_{max} = 0,10$  zu verwenden.

#### (b) Reibungszahl bei sehr tiefen Temperaturen

Für Gleitteile mit geschmierten MSM<sup>®</sup>-Platten mit Schmieraschen zum Einsatz in Gebieten, in denen die minimale wirksame Lagertemperatur unter -35 °C (bis zu -50 °C) fällt, wird die Reibungszahl  $\mu_{max}$  als Funktion der mittleren Pressung  $\sigma_{MSM}$  [MPa] wie folgt bestimmt:

$$0,027 \leq \mu_{max} = \frac{2,8}{30 + \sigma_{MSM}} \leq 0,08$$

Bei Führungen ist die Reibungszahl unabhängig vom Kontaktdruck. Als Reibungszahl ist  $\mu_{max} = 0,12$  zu verwenden.

#### (c) Reibungszahl bei gemäßigt niedrigen Temperaturen

Für Gleitteile mit geschmierten MSM<sup>®</sup>-Platten mit Schmieraschen zum Einsatz in Gebieten, in denen die minimale wirksame Lagertemperatur nicht unter -5 °C fällt, wird die Reibungszahl  $\mu_{max}$  als Funktion der mittleren Pressung  $\sigma_{MSM}$  [MPa] wie folgt bestimmt:

$$0,015 \leq \mu_{max} = \frac{1,2}{15 + \sigma_{MSM}} \leq 0,06$$

Bei Führungen ist die Reibungszahl unabhängig vom Kontaktdruck. Als Reibungszahl ist  $\mu_{max} = 0,07$  zu verwenden.

Mehrschicht-Werkstoffe sind in Abschnitt 6.7 von EN 1337-2 geregelt.

## Anhang C

### Tragfähigkeit (Druckfestigkeit)

#### C.1 Bemessungsnachweise für Gleitflächen

Bei der Bemessung von Gleitflächen sind sämtliche Schnittgrößen infolge der Einwirkungen und des Reibungswiderstandes zu berücksichtigen. Die in Rechnung zu stellenden Bemessungswerte der Einwirkungen sind in Übereinstimmung mit den Bemessungsgrundlagen nach EN 1337-1 zu bestimmen. Die Verformbarkeit von Gleitwerkstoffen darf nicht für die Aufnahme von Verdrehungen herangezogen werden, sofern dies nicht nach C.2 zulässig ist.

Folgende Bedingung ist mit der Grundkombination der Einwirkungen nachzuweisen:

$$N_{Sd} \leq \frac{f_k}{\gamma_m} \cdot A_r = \frac{f_k}{\gamma_m} \cdot \lambda \cdot A$$

Dabei ist

$N_{Sd}$  der Bemessungswert der Normalkraft

$f_k$  die charakteristische Druckfestigkeit gemäß Tabelle C.1

$\gamma_m$  Teilsicherheitsbeiwert für Werkstoffe nach EN 1990

$A$  die Kontaktfläche der Gleitfläche oder ihre Projektion bei gekrümmten Flächen

$\lambda$  ein Koeffizient gemäß Anhang H

$A_r$  die reduzierte Kontaktfläche der Gleitfläche, in deren Schwerpunkt  $N_{Sd}$  mit der Gesamtexzentrizität  $e_t$  angreift, die sowohl durch mechanische als auch geometrische Effekte verursacht wird.  $A_r$  ist auf der Grundlage der Plastizitätstheorie unter Annahme eines rechteckigen Spannungsblocks zu berechnen (siehe Anhang G). In Führungen darf die Exzentrizität vernachlässigt werden.

Für den Nachweis bei der Kombinationen von Einwirkungen für Bemessungssituationen bei Erdbeben kann  $f_k$  durch die charakteristische Kurzzeit-Druckfestigkeit  $f_{k,s-t}$  nach Tabelle C.2 ersetzt werden. Des Weiteren kann in diesem Fall  $\gamma_m$  durch den Teilsicherheitsbeiwert für Kurzzeitlasten  $\gamma_{m,s-t}$  ersetzt werden.

*Anmerkung:* Der Wert  $\gamma_m$  sollte als NDP (national determined parameter) angegeben werden. Bei Fehlen eines NDP beträgt der empfohlene Wert  $\gamma_m = 1,4$  bzw.  $\gamma_{m,s-t} = 1,2$ .

Für MSM<sup>®</sup>-Platten mit der Kleinstabmessung  $L$ ,  $a$  oder  $b \geq 100$  mm (nach Anhang G.1) ist als Kontaktfläche  $A$  bzw.  $A_r$  die Gesamtfläche ohne Abzug der Schmieraschen anzusetzen. Bei Platten mit  $L$ ,  $a$  oder  $b < 100$  mm sind die Schmieraschen von der Gesamtfläche abzuziehen.

Die Angabe der Leistung des Produktes erfolgt auf Basis der Bewertung gemäß den Grundlagen entsprechend Abschnitt 2.2.1 des EAD.

Die charakteristischen Druckfestigkeiten von MSM<sup>®</sup> sind in Tabelle C.1 angegeben und gültig für wirksame Lagertemperaturen bis zu 80 °C. Für Lager, deren größte wirksame Lagertemperatur 35 °C (bis höchstens 80 °C) überschreitet, ist die charakteristische Druckfestigkeit durch lineare Interpolation der in Tabelle C.1 angegebenen Werte zu berechnen.

Tabelle C.1: Charakteristische Druckfestigkeiten von MSM<sup>®</sup>

Wirksame Lagertemperatur	≤ 35 °C	48 °C	70 °C <sup>1)</sup>	80 °C <sup>1)</sup>
<b>Gleitfläche</b>	<b>Charakteristische Druckfestigkeit <math>f_k</math></b>			
<b>Hauptgleitfläche</b> Ständige und veränderliche Einwirkungen	180 MPa	135 MPa	90 MPa	75 MPa
<b>Führungen</b> Veränderliche Einwirkungen				
<b>Führungen</b> Ständige Einwirkungen; Einwirkungen aus Temperatur, Kriechen und Schwinden	60 MPa	45 MPa	30 MPa	25 MPa
<sup>1)</sup> Die Verwendung von MSC <sup>®</sup> als Gleitpartner ist auf eine maximale wirksame Lagertemperatur von 48 °C beschränkt.				



Für Führungen aus Mehrschicht-Werkstoff siehe Abschnitt 6.3 und 6.6 von EN 1337-2.

Tabelle C.2: Charakteristische Kurzzeit-Druckfestigkeit von MSM<sup>®</sup>

<b>Maximale wirksame Lagertemperatur <math>T_{max, seismisch}</math></b>	48 °C
<b>Gleitfläche <sup>1)</sup></b>	<b>Charakteristische Kurzzeit-Druckfestigkeit <math>f_{k,s-t}</math></b>
<b>Hauptgleitfläche</b> Kurzzeit-Einwirkungen im Erdbebenfall	240 MPa
<b>Führungen</b> Kurzzeit-Einwirkungen im Erdbebenfall	
<sup>1)</sup> Für Gleitflächen mit MSC <sup>®</sup> als Gleitpartner ist $f_k$ auch für Nachweise bei der Kombination der Einwirkungen im Erdbebenfall zu verwenden.	

Für den Nachweis der aufnehmbaren Pressung ist die gekrümmte Gleitfläche durch ihre ebene Projektion nach Abbildung C.1 zu ersetzen.

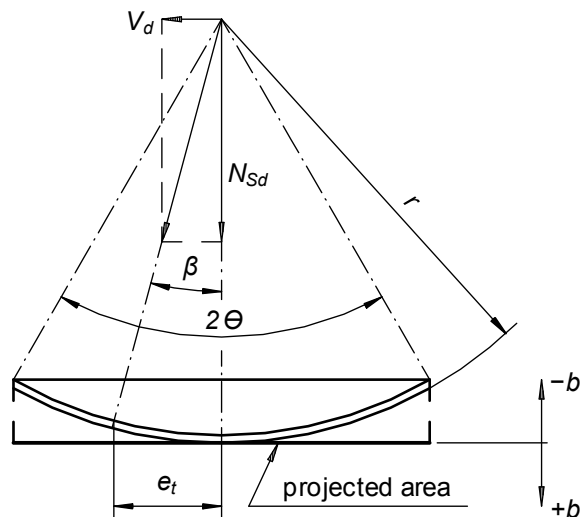


Abb. C.1 - Nachweisschema für die gekrümmte Gleitfläche (Beispiel)

Bei der Bestimmung der Gesamtexzentrizität  $e_t$  der Normalkraft  $N_{Sd}$  sind die auf die gekrümmte Gleitfläche einwirkenden Schnittgrößen infolge des Reibungswiderstandes, der von außen einwirkenden Horizontal-lasten und des verdrehten Zustandes des Lagers zu berücksichtigen.

Nebeneffekte infolge von Bewegungseinschränkungen sind ebenfalls zu berücksichtigen.

*Anmerkung:* In Anhang H sind für die gebräuchlichsten Fälle Gleichungen zur Ermittlung der Exzentrizitäten angegeben.

*Ein Klaffen der Gleitfuge kann zum Verschleiß infolge von Verschmutzungen und zu erhöhter Verformung wegen der mangelhaften Kammerung der MSM<sup>®</sup>-Platte führen. Da dies langfristig die Gebrauchseignung gefährden kann, wird das Erreichen der Randpressung in der Gleitfläche  $\sigma_{MSM} = 0$  als Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit betrachtet.*

Mit Ausnahme bei Führungen ist unter der maßgebenden charakteristischen Einwirkungskombination nachzuweisen, dass  $\sigma_{MSM} \geq 0$  ist. Dabei ist anzunehmen, dass sich der Gleitwerkstoff linear elastisch verhält und die Trägerplatten starr sind. Die Bedingung  $\sigma_{MSM} \geq 0$  ist erfüllt, wenn sich die Gesamtexzentrizität  $e_t$  innerhalb des Querschnittkerns befindet. Für kreisförmige Platten ist diese Bedingung erfüllt, wenn:

$$e_t \leq \frac{L}{8}$$

Dabei ist

$L$  Durchmesser gemäß Anhang F

## C.2 Führungen

Führungen dürfen zur Aufnahme seitlicher Kräfte  $V_d$  infolge von veränderlichen und ständigen Einwirkungen verwendet werden. Je nach Lagerkonstruktion dürfen Führungen außenseitig oder zentral angeordnet werden. Die Gleitmaterialien müssen an Führungsleisten und in einer Nut der Trägerplatte befestigt sein.

Das Spiel  $c$  zwischen den Gleitkomponenten im Neuzustand muss die folgenden Bedingungen erfüllen:

$$c \leq 1.0 \text{ mm} + \frac{L [\text{mm}]}{1000}$$

Typische Beispiele für die Befestigung von Führungsleisten und Führungen sind in Bild A.1 von Anhang A dargestellt. Beim Nachweis des Anschlusses im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach EN 1993-1-1 sind die Auswirkungen der seitlichen Kraft  $V_d$ , des daraus resultierenden Momentes und der Reibungskräfte zu berücksichtigen.

Das maximale Spiel in den Führungen kann durch justierbare Führungsleisten verkleinert werden. Hierzu sind hochfeste Schrauben nach EN 1993 einzusetzen. Das wesentliche Prinzip von justierbaren Führungen ist in Abb. A.8 von Anhang A dargestellt.

Sofern bei der charakteristischen Einwirkungskombinationen und einer Verdrehung um eine Querachse die Verformungsdifferenz über die kleinste Abmessung  $a$  der MSM<sup>®</sup>-Platte 0,2 mm überschreitet, so ist die Trägerplatte mit einem Gelenkstück zu versehen (siehe EN 1337-1, Abb. 1 und Abb. 3.3). Die Werkstoffkombination dieses Verdrehungselementes ist nach den Vorgaben von Führungen in dieser ETA oder wie die Kontaktflächen zwischen Topf und Deckel von Topflagern nach EN 1337-5 auszuführen.

## C.3 Arretierungsring

Die Angabe der Leistung des Produktes erfolgt auf Basis der Bewertung unter den folgenden Bedingungen: Zweiachsig verschiebbare MAURER MSM<sup>®</sup> Kalotten- und Zylinderlager dürfen mit einem Arretierungsring festgehalten werden. Für die Bemessung und die entsprechenden Nachweise sind die Regeln für den Topf und Deckel von Topflagern nach EN 1337-5 sinngemäß anzuwenden.

## C.4 Austenitisches Stahlblech

Die Mindestdicke austenitischer Stahlbleche muss Tabelle C.2 entsprechen.

Die Angabe der Leistung des Produktes erfolgt auf Basis der Bewertung unter den folgenden Bedingungen:

- Es ist sicherzustellen, dass das austenitische Stahlblech im Bereich des Kontaktes mit der MSM<sup>®</sup>-Platte vollflächig an der Trägerplatte anliegt.
- Wird das austenitische Stahlblech durch Verschraubung, Verschraubung mit Senkstanzung oder Nietung befestigt, so sind korrosionsbeständige Befestigungsmittel, die mit dem austenitischen Stahlblech verträglich sind, für die Sicherung der Ränder zu verwenden. Sie sind außerhalb des Kontaktbereichs der MSM<sup>®</sup>-Platte an allen Ecken und entlang der Ränder in Abständen vorzusehen, die nicht größer sein dürfen als in Tabelle C.3 angegeben.

Tabelle C.2: Blechdicke und Befestigungsarten für austenitische Stahlbleche

Art der Oberfläche	Befestigungsart	Dicke [mm]
Eben	Vollflächige Klebung	1,5
	Schweißung mit durchgehender Naht	≥ 1,5
	Verschraubung mit Senkstanzung	≥ 1,5
	Schraubung, Nietung	≥ 2,5
Kugelförmig	Vollflächige Klebung	≥ 2,5
	Schweißung mit durchgehender Naht	≥ 2,5
	gekammert in konkaven Flächen	≥ 2,5
Zylindrisch	Vollflächige Klebung	≥ 1,5
	Schweißung mit durchgehender Naht an den geraden Rändern	≥ 1,5
	Gekammert in konkaven Flächen	≥ 2,5

Tabelle C.3: Größtabstände von Schrauben, Schrauben mit Senkstanzung und Nieten für die Befestigung des austenitischen Stahlblechs

Dicke des austenitischen Stahlblechs [mm]	Größtabstand der Befestigungsmittel [mm]
1,5	150
2,0	300
2,5	450
3,0	600

## Anhang D

### Last-Verformungsverhalten

Die Angabe der Leistung des Produktes erfolgt auf Basis der Bewertung unter der folgenden Bedingung:

- Die MSM<sup>®</sup>-Platte und die Gleitmaterialien der Gegenfläche sind durch metallische Platten (Trägerplatten) mit ebenen oder gekrümmten Oberflächen zu unterstützen.
- Die geometrischen Bedingungen sind Anhang I zu entnehmen.

Bei der Bemessung von Trägerplatten ist Folgendes zu berücksichtigen:

- der Festigkeitsnachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit, wenn zusätzlich zu den Auswirkungen aus Verformung wie nachstehend Schnittgrößen infolge von seitlichen Einwirkungen zu berücksichtigen sind,
- jegliche Reduzierung des Querschnitts (z. B. infolge der Führungsnut und der Befestigungsbolzen),
- Verformung wie nachstehend,
- die vorgeschriebene Steifigkeit für Transport und Einbau wie nachstehend,
- die Verteilung der Kräfte in die anschließenden Bauteile wie nachstehend.

*Anmerkung: Wenn die Verformung (siehe Bild E.1) den nachstehenden Wert überschreitet, so ergibt sich ein unzureichender Abstand zwischen den benachbarten Trägerplatten und es tritt erhöhter Verschleiß auf. Da dies langfristig die Gebrauchstauglichkeit des Gleitteils gefährden kann, wird dieser Zustand als Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit betrachtet.*

Die Verformung  $\Delta w$  (siehe Abb. E.1) muss die folgende Bedingung erfüllen:

$$\Delta w \leq h \left( 0.45 - 1.708 k \sqrt{\frac{h}{L}} \right) \text{ with } 0 \leq 1.708 k \leq 1.0 \text{ and } k = \frac{\sigma_{MSM} [\text{MPa}] - 45}{78.5}$$

Dabei ist

$L, h$  siehe Anhang G

$\sigma_{MSM}$  mittlere Pressung in der Gleitfläche unter der charakteristischen Einwirkungskombination

$k$  vom Gleitwerkstoff abhängige Steifigkeitsziffer

Die durch diese Verformung in der Trägerplatte verursachten Spannungen dürfen nicht die Elastizitätsgrenze überschreiten, um bleibende Verformungen zu vermeiden. Das mechanische Modell für den Nachweis, dass vorgenannte Bedingung (Verformung  $\Delta w$  und Streckgrenze) erfüllt ist, muss die Auswirkungen der die Verformung nennenswert beeinflussenden Lagerteile einschließlich der angrenzenden Bauteile mit ihren Kurz- und Langzeiteigenschaften berücksichtigen.

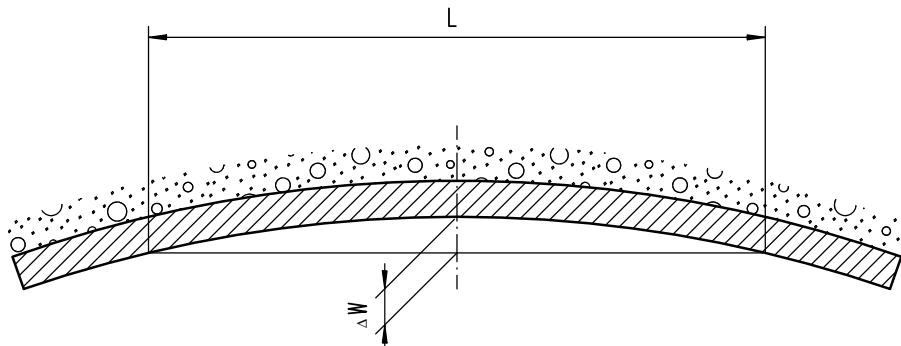


Abb. D.1 - Verformung von Trägerplatten.

Für Stahl und Beton gelten die Bemessungswerte der Materialeigenschaften nach EN 1993-1-1 und EN 1992-1-1.

Dabei sind folgende Annahmen zu treffen:

- a) zentrische Druckkraft;
- b) Bemessungswert des fiktiven Elastizitätsmoduls des MSM<sup>®</sup> = 900 MPa;
- c) die gesamte Dicke  $t_{MSM}$  der MSM<sup>®</sup>-Platte;
- d) Bemessungswert der fiktiven Querdehnungszahl des MSM<sup>®</sup> = 0.44;
- e) im Fall angrenzender Massivbauteile: lineare Abnahme des Elastizitätsmoduls des Betons oder des Mörtels vom Rand zum Zentrum der Trägerplatte von 100 % auf 80 %.

Im Anhang I, Abschnitt I.5 des ist ein geeignetes Verfahren zur Berechnung der Verformung  $\Delta w$  für übliche Werkstoffe angegeben.

Bei Anwendung des Verfahrens nach Anhang I darf der Nachweis für die Trägerplatte, dass die Streckgrenze nicht überschritten wird, entfallen, wenn:

- der Grenzwert für oben genannte Verformung  $\Delta w$  eingehalten wird;
- der Beton mindestens der Festigkeitsklasse C25/30 nach EN 206-1 entspricht;
- der Stahl mindestens der Festigkeit S355 nach EN 10025-2 entspricht.

Bei niedrigeren Festigkeiten darf der Spannungsnachweis ebenfalls entfallen, wenn der Grenzwert der o. g. Verformung  $\Delta w$  mit den nachstehenden Faktoren reduziert wird:

- 0,90 bei Verwendung von Betongüte C20/25,
- 0,67 bei Verwendung von Stahl der Festigkeit S235,
- 0,60 bei Verwendung von Betongüte C20/25 zusammen mit Stahl der Festigkeit S235.

*Anmerkung: Außer den vorgenannten sind gegebenenfalls weitere Kriterien für die Berechnung der Verformung  $\Delta w$  zu berücksichtigen. Besonderes Augenmerk ist auf Lasten zu richten, die während des Bauzustandes auftreten (z. B. wenn große Trägerplatten während des Betonierens nicht ausgesteift sind).*

Die Berechnung der Verformung der Trägerplatte mit konvexer Fläche kann vernachlässigt werden. Quadratische oder rechteckige Platten sollen zu runden Platten mit dem Durchmesser

$$d_b = 1.13 \cdot a_b$$

idealisiert werden, wobei  $a_b$  den Seiten der quadratischen Platte oder der kleineren Seite der rechteckigen Platte entspricht.

Die Dicke der Trägerplatte muss:

$$t_b \geq 0.04 \cdot \sqrt{a_b^2 + b_b^2}$$

jedoch mindestens 10 mm betragen, wobei:

- $a_b$  die kleinere Seite der Trägerplatte und
- $b_b$  die größere Seite der Trägerplatte ist.

## Anhang E

### Rotationsvermögen und Verschiebungskapazität von MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlagern

#### E.1 Rotationsvermögen

Die Angabe der Leistung des Produktes bzgl. der Gleitflächen erfolgt auf Basis der Bewertung unter den Bedingungen aus dieser ETA:

Unter der Grundkombination der Einwirkungen muss nachgewiesen werden, dass:

- die Gegenfläche die MSM®-Platte vollständig überdeckt und
- kein Kontakt zwischen dem Ober- und Unterteil oder irgendeiner anderen metallischen Komponente auftritt (siehe EN 1337-1, Anhang A)

Beim Nachweis der o. g. Bedingungen muss die Erhöhung der Rotation nach EN 1337-1, Abschnitt 5.4 berücksichtigt werden.

Rotationen um die Querachse von Führungen sind in Anhang C, Abschnitt C.2 geregelt.

Führungen aus Mehrschicht-Werkstoff unterliegen den Regelungen nach EN 1337-2, Abschnitt 6.3.

Bei MAURER MSM® Kalottenlagern mit außenliegenden Führungen kann die Verdrehungskapazität um die vertikale Achse durch einen Führungsring vergrößert werden, siehe Anhang A, Abb. A.9. Die Kontaktflächen dieses Führungsringes müssen die Anforderungen nach Anhang C, Abschnitt C.3 erfüllen.

#### E.2 Verschiebungskapazität

Die einfache, maximale Verschiebungskapazität ergibt sich aus der geometrischen Auslegung der Gleitelemente. Unter Berücksichtigung der erhöhten Bewegungen nach EN 1337-1, Abschnitt 5.4 muss nachgewiesen werden, dass unter der Grundkombination der Einwirkungen bei maximaler Verschiebung des Gleitteils die MSM®-Platten bzw. CM-Platten vollständig vom Gleitpartner überdeckt sind.

Die angenommene Nutzungsdauer von 50 Jahren von MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlagern entspricht einer Nutzungsdauer der Klasse 3 (siehe Tabelle F.1). Die Bestimmung der angenommenen Nutzungsdauer basiert auf den zwei unterschiedlichen maximalen Bemessungswerten des aufaddierten Gleitweg pro Jahr  $S_{Ay,d}$  für Gebäude und Brücken und der Verwendung der entsprechenden empfohlenen Gleitpartner in ebenen Gleitflächen nach Tabelle E.2.

Tabelle E.1: Klassifizierung der Nutzungsdauer von Bauwerkslagern

Klasse der Nutzungsdauer	Jahre
1	10
2	25
3	50
4	100

Tabelle E.2: Empfohlener Gleitpartner von MSM® in Gleitflächen in Abhängigkeit von der Bauwerksart

Bauwerksart	Bemessungswert des aufaddierten Gleitwegs pro Jahr $S_{Ay,d}$	Empfohlener Gleitpartner von MSM® in Gleitflächen		
		Eben	Gekrümmt	Führungen
Gebäude	$\leq 200$ m/Jahr	MSA®, MSC®	Alle Materialkombinationen nach Tabelle 1	MSC®
Brücken	$\leq 1000$ m/Jahr	Austenitischer Stahl		Austenitischer Stahl

## Anhang F

### Geometrische Eigenschaften von MSM<sup>®</sup>-Platten

#### F.1 Einzelheiten der Kammerung und des Überstandes von Gleiteilen mit MSM<sup>®</sup>

Die in dieser ETA wiedergegebenen Leistungsmerkmale von MAURER MSM<sup>®</sup> Kalotten- und Zylinderlagern sind nur für folgende geometrische Bedingungen gültig.

Bei MAURER MSM<sup>®</sup> Kalottenlagern dürfen bei ungeteilten Platten zwei symmetrische Kreisabschnitte entfallen, wenn die in Abschnitt 1 genannten Grenzbedingungen für den Öffnungswinkel und der Nachweis der nicht klaffenden Fuge nach Abschnitt C.1 des Anhangs C in Richtung beider Hauptachsen erfüllt ist. Das wesentliche Prinzip von MAURER MSM<sup>®</sup> Kalottensegmentlagern zeigt Anhang A, Abbildungen A.6 und A.7.

#### F.1.1 Kammerung von MSM<sup>®</sup>-Platten

Die MSM<sup>®</sup>-Platten sind gemäß Abb. G.1 in einer Trägerplatte zu kammern.

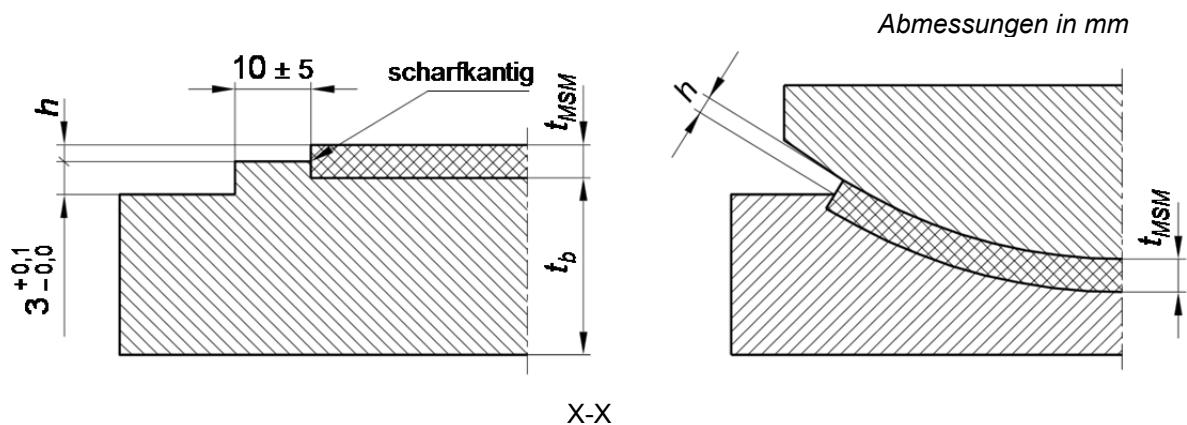


Abb. F.1 - Einzelheiten der MSM<sup>®</sup>-Kammerung und des MSM<sup>®</sup>-Überstandes

*Anmerkung:* Es wird ein Einheitsmaß festgelegt, um die Messung des Überstandes  $h$  nach dem Einbau zu erleichtern. Für Schnitt  $x-x$ , siehe Bild G.2 bzw. G.3.

Die Dicke  $t_{MSM}$  und der Überstand  $h$  der MSM<sup>®</sup>-Platte müssen beim unbelasteten und mit Korrosionsschutz versehenen Gleiteil den Bedingungen der Tabelle F.1 entsprechen.

Tabelle F.1: Dicke  $t_{MSM}$  und der Überstand  $h$  von MSM<sup>®</sup>-Platten

Bemessungswerte	Ebene und gekrümmte Gleitflächen	Führungen
Dicke $t_{MSM}$ in mm	$2.65 \cdot h \leq t_{MSM} \leq 10.0$ (mit $h$ in mm)	$8.0 \leq t_{MSM} \leq 10.0$
Überstand $h$ in mm	$h = 2.50 + \frac{L}{3000}$ $L$ Durchmesser der Projektionsfläche der MSM <sup>®</sup> -Platte in mm	$h = 3.0 \pm 0.2$

Die Grenzabmaße des Überstandes  $h$  betragen bei  $L \leq 1200$  mm  $\pm 0,2$  mm und bei  $L > 1200$  mm  $\pm 0,3$  mm. Der Überstand  $h$  ist an markierten Messstellen nachzuweisen, an denen die Dicke der Korrosionsschutzbeschichtung 300  $\mu$ m nicht überschreiten darf. Es müssen mindestens zwei Messstellen an geeigneter Stelle angeordnet werden.



Die zulässige Dickenabweichung  $t_{MSM}$  von einteiligen oder entsprechenden mehrteiligen MSM<sup>®</sup>-Platten ist:

- $+0,3$   
 $-0,0$  mm für Platten mit einem Durchmesser von  $L \leq 1200$  mm und
- $+0,4$   
 $-0,0$  mm für Platten mit einem Durchmesser von  $L > 1200$  mm.

### F.1.2 Ebene MSM<sup>®</sup>-Platten

Ebene MSM<sup>®</sup>-Platten müssen kreisförmig sein und dürfen in höchstens vier gleiche Abschnitte unterteilt werden. Weitere Unterteilungen sind außerhalb des Anwendungsbereiches dieser ETA. Die Kleinstabmessung  $a$  darf nicht kleiner als 50 mm sein. Der Abstand zwischen den einzelnen MSM<sup>®</sup>-Abschnitten darf nicht größer als das Zweifache der Dicke der Trägerplatte für das MSM<sup>®</sup> oder für den Gegenwerkstoff sein. Der kleinere Wert ist maßgebend. In Abb. F.2 sind einige Beispiele für unterteilte ebene MSM<sup>®</sup>-Platten dargestellt.

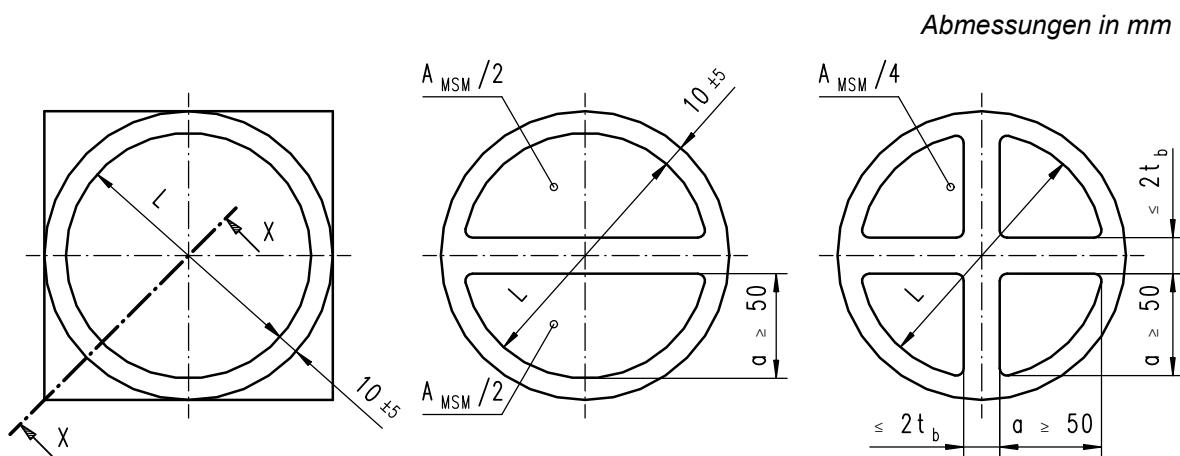


Abb. F.2 - Beispiele für die Ausbildung gekammerter ebener MSM<sup>®</sup>-Platten MSM<sup>®</sup>

### F.1.3 Gekrümmte MSM<sup>®</sup>-Platten

Gekrümmte MSM<sup>®</sup>-Platten müssen kreisförmig sein und dürfen in eine Scheibe und einen Ring unterteilt werden. Der Durchmesser der Scheibe darf, falls unterteilt, nicht kleiner als 1000 mm, jedoch mindestens gleich  $2/3 \cdot L$  und die Breite des Ringes nicht kleiner als 50 mm sein. Der Ring darf in gleiche Abschnitte unterteilt werden. Die Scheibe und der Ring müssen getrennt gekammert sein. Der Trennungsring der Trägerplatte darf nicht breiter als 10 mm sein. In Abb. G.3 sind die Ausbildungen von gekrümmten MSM<sup>®</sup>-Platten für kugelförmige Gleitflächen dargestellt.

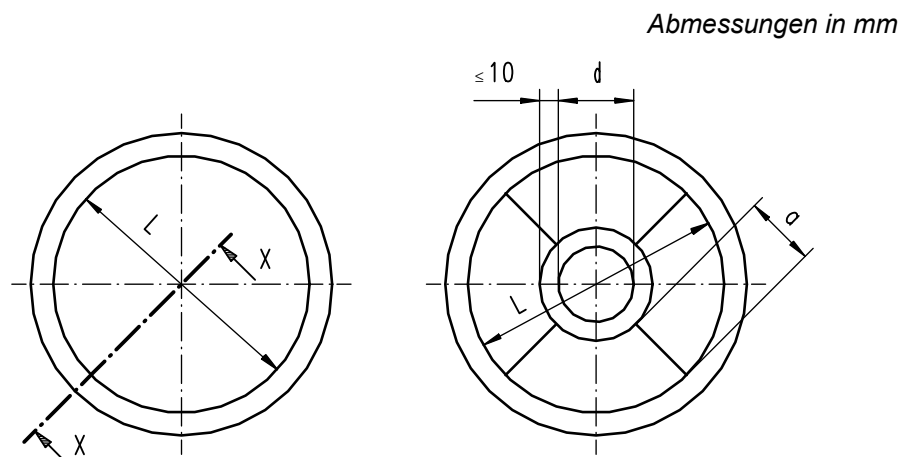


Abb. F.3 - Unterteilung gekammerter MSM<sup>®</sup>-Platten für kugelförmige Gleitflächen



Gekrümmte MSM<sup>®</sup> Platten für zylindrische Gleitflächen müssen rechteckig sein und dürfen in höchstens zwei identische Teile unterteilt werden. Abbildung 4 der EN 1337-2 zeigt die Anordnung von gekrümmten MSM<sup>®</sup>-Platten für zylindrische Gleitflächen.

#### F.1.4 MSM<sup>®</sup>-Platten von MAURER Mehrflächen-Kalottenlagern

Als Alternative zu den oben genannten geometrischen Bedingungen dürfen ebene und gekrümmte Gleitflächen aus MSM<sup>®</sup> aus einer zentrischen Kreisplatte mit dem Durchmesser  $a$  sowie einem oder mehreren konzentrischen Ringen mit der konstanten Breite  $b$  bestehen. Die Abmessungen  $a$  und  $b$  dürfen nicht kleiner als 50 mm sein. Der radiale Abstand  $f$  zwischen den einzelnen Platten darf nicht kleiner als 10 mm und nicht größer als das Zweifache der Dicke der Trägerplatte für das MSM<sup>®</sup> oder für den Gegenwerkstoff sein. Der kleinere Wert ist maßgebend. Die Ringe dürfen in Segmente unterteilt werden. Die Scheibe und der Ring müssen getrennt gekammert sein. Abbildung F.4 zeigt die Anordnung der ebenen und gekrümmten MSM<sup>®</sup>-Platten von MAURER MSM<sup>®</sup> Mehrflächen-Kalottenlagern.

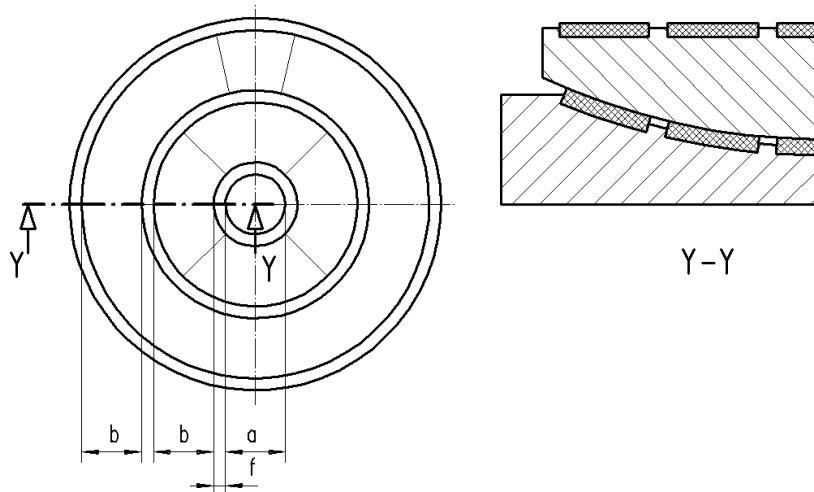


Abb. F.4 - Unterteilung von gekammerten MSM<sup>®</sup>-Platten von MAURER MSM<sup>®</sup> Mehrflächen-Kalottenlagern (Beispiel)

#### F.1.5 MSM<sup>®</sup>-Platten für Führungen

Die Abmessung  $a$  muss mindestens 15 mm betragen und der modifizierte Formfaktor

$$S = \frac{A_{MSM}}{u \cdot h} \cdot \frac{t_{MSM} - h}{h}$$

muss größer als 4 sein (siehe Abb. F.5).  $A_{MSM}$  ist die komprimierte (nicht deformierte) Oberfläche und  $u$  der Umfang der MSM<sup>®</sup>-Platte.

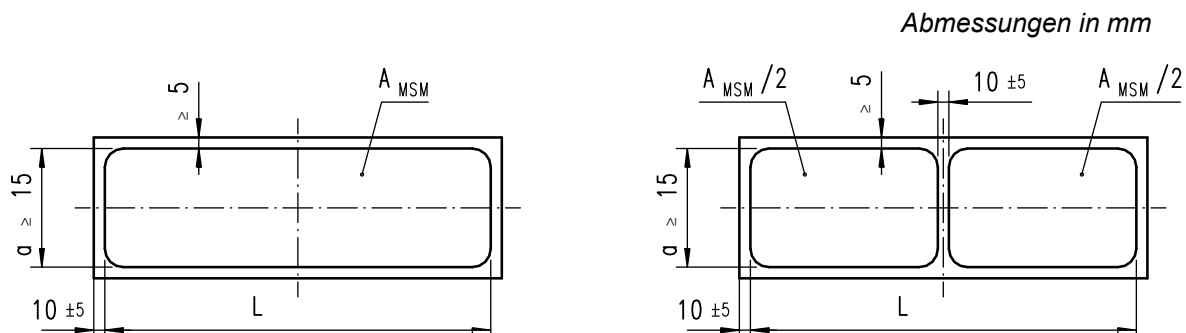
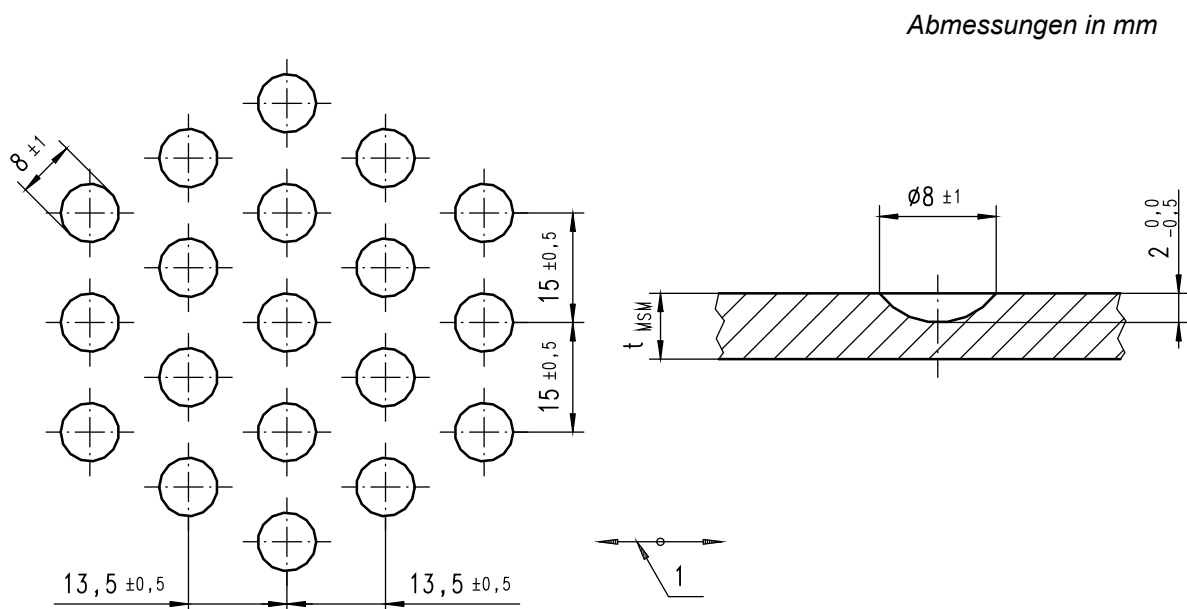


Abb. F.5 - Beispiele für gekammerte MSM<sup>®</sup>-Platten für Führungen

## F.2 Schmieraschenmuster für Gleitelemente mit MSM®

Überschreiten die Pressungen infolge von ständigen charakteristischen Einwirkungen  $G_k$  einen Wert von 5 MPa, so sind Schmieraschen für die Speicherung von Schmierstoff vorzusehen. Form und Anordnung der Schmieraschen im unbelasteten und unbenutzten Zustand und die Ausrichtung nach der Hauptgleitrichtung sind in Bild G.5 dargestellt.



### Legende:

1 Hauptgleitrichtung

Abb. F.6 - Schmieraschenmuster in gekammerten MSM®-Platten

## Anhang G

### Reduzierte Kontaktfläche in kreisförmigen Gleitflächen

Dieser Anhang beinhaltet tabellierte Werte für den Koeffizienten  $\lambda$ , mit dem nach Anhang C die reduzierte Fläche  $A_r$  von gekrümmten Gleitflächen berechnet wird. Die Werte wurden mittels eines mathematischen Modells berechnet, dem folgende Annahmen zu Grunde liegen:

- 1) Es werden nur Druckspannungen übertragen;
- 2) Die im gedrückten Bereich auftretenden Spannungen sind konstant und gleich dem Bemessungswert  $f_d$  der Druckfestigkeit von MSM<sup>®</sup>-Platten (d.h., es wird die Spannungsblock-Theorie zu Grunde gelegt);
- 3) Die Spannungen sind immer normal zur Kontaktfläche gerichtet. Dies ist eine konservative Annahme, die wegen der niedrigen Reibungszahl von MSM<sup>®</sup> im Kontakt mit polierten Metalloberflächen berechtigt ist;
- 4) Die angrenzenden Trägerplatten sind absolut starr.

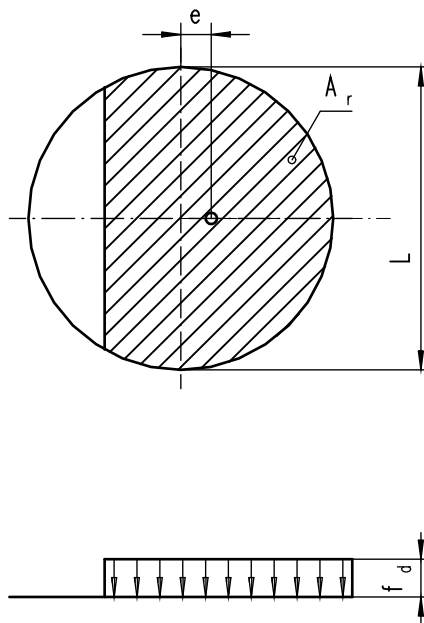


Abb. G.1 - Reduzierte Kontaktfläche  $A_r$  in kreisförmigen Gleitflächen.

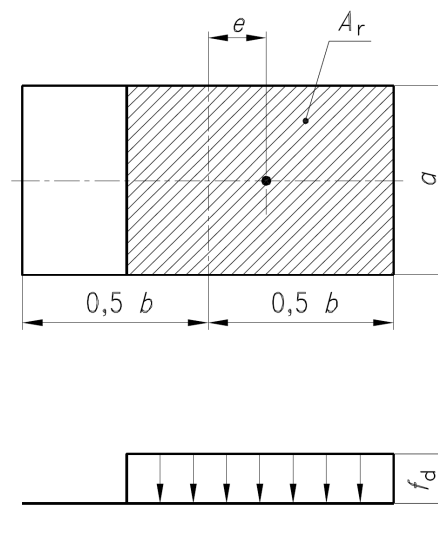


Abb. G.2 - Reduzierte Kontaktfläche  $A_r$  in rechteckigen Gleitflächen.

$$A_r = \lambda \cdot A$$

Dabei ist:

$\lambda$  Koeffizient nach Tabelle G.1

A Kontaktfläche der ebenen Gleitfläche oder die Projektionsfläche der gekrümmten Gleitfläche

$$A = \pi \cdot L^2 / 4$$

Alternativ zu den exakten Werten der Tabelle G.1 kann folgende Näherungsformel für ebene Gleitflächen von Kalottenlagern verwendet werden:

$$\lambda = 1 - 0,75 \pi \cdot e / L$$

Tabelle G.1 - Koeffizient  $\lambda = A_r / A$

e / L	Gleitfläche								
	Eben	Kugelförmig				Zylindrisch			
		$\theta$							
		30°	25°	20°	10°	30°	25°	20°	10°
0,000									
0,050	0,990	0,991	0,991	0,990	0,990				
0,010	0,979	0,982	0,981	0,980	0,979	0,984	0,983	0,981	0,980
0,020	0,957	0,962	0,961	0,960	0,958	0,968	0,965	0,962	0,961
0,030	0,934	0,942	0,940	0,938	0,936	0,951	0,947	0,943	0,941
0,040	0,912	0,922	0,919	0,916	0,913	0,934	0,929	0,924	0,921
0,050	0,888	0,901	0,898	0,894	0,890	0,917	0,911	0,905	0,901
0,060	0,865	0,880	0,876	0,872	0,867	0,900	0,893	0,886	0,881
0,070	0,841	0,858	0,853	0,849	0,844	0,882	0,874	0,866	0,862
0,080	0,818	0,836	0,831	0,826	0,820	0,864	0,855	0,847	0,842
0,090	0,793	0,814	0,808	0,803	0,796	0,846	0,837	0,827	0,822
0,100	0,769	0,792	0,786	0,780	0,773	0,828	0,818	0,808	0,802
0,110	0,745	0,770	0,763	0,757	0,749	0,809	0,799	0,788	0,782
0,120	0,722	0,747	0,740	0,733	0,724	0,790	0,779	0,768	0,762
0,125	0,709	0,736	0,729	0,722	0,712	0,780	0,769	0,758	0,752
0,130	0,697	0,725	0,717	0,710	0,700	0,771	0,760	0,749	0,742
0,140	0,673	0,702	0,693	0,686	0,676	0,752	0,740	0,729	0,722
0,150	0,649	0,680	0,670	0,663	0,653	0,733	0,721	0,709	0,702
0,160	0,625	0,657	0,647	0,639	0,628	0,713	0,701	0,689	0,682
0,170	0,601	0,635	0,624	0,616	0,604	0,693	0,681	0,669	0,662
0,180	0,577	0,612	0,601	0,592	0,581	0,673	0,661	0,649	0,642
0,190	0,552	0,590	0,578	0,569	0,557	0,653	0,641	0,629	0,622
0,200	0,529	0,567	0,556	0,546	0,533	0,633	0,621	0,609	0,602
0,210	0,506	0,545	0,533	0,523	0,510	0,612	0,600	0,589	0,582
0,215	0,500	0,541	0,529	0,518		0,602	0,590	0,579	0,572
0,220	0,482	0,523	0,511	0,500		0,592	0,580	0,569	0,562
0,230	0,458	0,501				0,571	0,559	0,548	0,542
0,240	0,435					0,550	0,539	0,528	0,522
0,250	0,412					0,529	0,518	0,508	0,502

Anmerkung: Zwischenwerte können durch lineare Interpolation ermittelt werden

## Anhang H

### Berechnungsmethode für Exzentrizitäten in MAURER MSM<sup>®</sup> Kalotten- und Zylinderlagern

#### H.1 Allgemeines

Reibungskräfte, Kräfte infolge von einwirkenden Horizontallasten und der verdrehte Zustand des Lagers erzeugen eine Exzentrizität der Normalkraft  $N_S$ , die beim Nachweis der MSM<sup>®</sup>-Platten, der angrenzenden Bauteile und der Verankerungsmittel zu berücksichtigen ist. Dieser Anhang enthält Angaben zur Berechnung der wesentlichen Exzentrizitäten. Je nach Art der Ausführung können zusätzliche Exzentrizitäten auftreten. Wenn mehrere Exzentrizitäten in einem betrachteten Querschnitt vorkommen, sind diese zu addieren.

#### H.2 Reibungswiderstand

##### H.2.1 Gekrümmte Gleitflächen

Beim Auftreten von Verdrehungsbewegungen tritt ein inneres Moment infolge des Reibungswiderstandes auf. Ungeachtet dessen, ob das Lager eine oder zwei Gleitflächen besitzt, ist die damit verbundene Exzentrizität  $e_1$  wie folgt anzunehmen:

$$e_1 = \mu_{max} \cdot r$$

Die Reibungszahl  $\mu_{max}$  ist in Anhang B angegeben.

##### H.2.2 Gleitflächen in Führungen und Arretierungsringen

Für Kalotten- und Zylinderlager der in Abb. A.3 (c) und (d) sowie Abb. A.5 (c) in Anhang A gezeigten Bauart, bewirken Rotationen eine Exzentrizität, die nur die angrenzenden Bauteile (z. B. Pfeiler, Träger usw.) sowie die Verankerungen betrifft, wobei:

$$e_2 = \frac{V_d}{N_{Sd}} \cdot \mu_{max} \cdot c$$

Für Lager mit Gleiteilen in Führungen gemäß Tabelle 1 ist die Reibungszahl  $\mu_{max}$  in Anhang B angegeben. Bei Arretierungsringen mit Stahl/Stahl-Kontakt wird  $\mu_{max}$  mit 0,2 zugrunde gelegt.

#### H.3 Verdrehung

Bei allen Lagertypen mit zwei Gleitflächen verursacht der Verdrehungswinkel  $\alpha$  folgende Exzentrizität  $e_3$  der Vertikallast in der gekrümmten Gleitfläche:

$$e_3 = \alpha \cdot (r + b)$$

wobei  $b$  der Abstand des betrachteten Querschnitts von der Gleitfläche ist. Diese Exzentrizität wirkt in jedem Fall in entgegengesetzter Richtung von derjenigen gemäß Anhang C. Das Auftreten von  $e_3$  hängt davon ab, ob die gekrümmte MSM<sup>®</sup>-Platte an der konvexen oder konkaven Trägerplatte befestigt ist, ob  $\alpha$  größer oder kleiner als  $\mu$  ist und ob bei geführten Lagern das Lagerspiel seine Funktion wirksam erfüllt. Bei Lagertypen mit nur einer Gleitfläche tritt  $e_3$  nur in der gekrümmten MSM<sup>®</sup>-Platte auf, und zwar nur dann, wenn diese Platte an der konvexen Trägerplatte befestigt ist.

#### H.4 Seitliche Kräfte

Seitliche Kräfte werden durch horizontale Einwirkungen und die Reibungswiderstände der anderen Lager erzeugt. Bei Lagern, in denen seitliche Kräfte durch Außenführungen oder Arretierungsringe übertragen werden, erzeugen diese Kräfte keine Exzentrizität in den Gleitflächen. In festen Lagern mit nur einer Gleitfläche bzw. mit Innenführung erzeugt die Horizontalkraft  $V_S$  folgende Exzentrizität:

$$e_4 = \frac{V_d}{N_{Sd}} \cdot (r + b)$$

In allen Fällen, in denen die Wirkungslinien der Querkraft und der zugehörigen Reaktionskraft nicht zusammenfallen, erzeugt das sich ergebende Kräftepaar eine Exzentrizität, die ebenfalls zu berücksichtigen ist.

## Anhang I Trägerplatten

### I.1 Allgemeines

In Bild I.1 sind Grenzabmessungen für Trägerplatten mit konkaver Oberfläche angegeben.

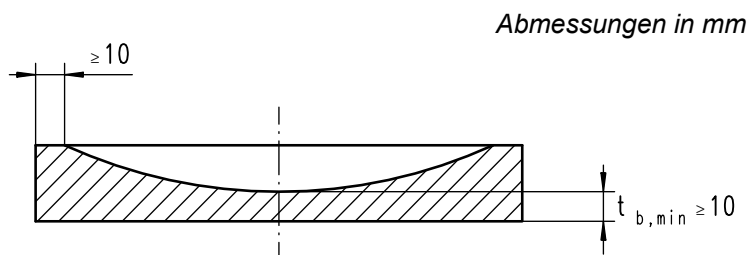


Abb. I.1 - Grenzabmessungen der Trägerplatte mit konkaver Oberfläche

### I.2 MSM<sup>®</sup>-Kammerung

Der obere Rand der Vertiefung (Kammerung) ist scharfkantig und rechtwinklig auszuführen um das Fließen des MSM<sup>®</sup>-Gleitwerkstoffs einzuschränken (siehe Anhang F, Abb. F.1). Im Bereich des Übergangs zwischen Wandung und Boden der Kammerung darf der Radius der Ausrundung 1 mm nicht überschreiten. Die Tiefe der Kammerung ist auf die Maße der MSM<sup>®</sup>-Platte nach Anhang F zu beziehen. Grundsätzlich muss die MSM<sup>®</sup>-Platte die Kammerung ohne Spiel ausfüllen. Bereichsweise vorkommende Spalten zwischen dem Rand der MSM<sup>®</sup>-Platte und der Wandung der Kammerung dürfen bei Raumtemperatur die Werte der Tabelle I.1 nicht überschreiten.

Tabelle I.1 - Passung gekammerter MSM<sup>®</sup>-Platten.

Abmessung $L$ [mm]	Spalt [mm]
$75 \leq L \leq 600$	0,6
$600 < L \leq 1200$	0,9
$1200 < L \leq 1500$	1,2

Dabei ist

$L$  Durchmesser nach Anhang F

Für Durchmesser  $L > 1500$  mm sind die Spalte auf  $L$  [mm] / 1250 beschränkt.

### I.3 Ebenheit

Oberflächen von Trägerplatten, die Gleitmaterialien stützen oder an Anker- oder Futterplatten anschließen, sind so zu bearbeiten, dass die größte Abweichung  $\Delta z$  von der theoretisch ebenen Oberfläche nicht größer als  $0,0003 \cdot d$  oder 0,2 mm ist. Der größere Wert ist maßgebend.

### I.4 Passung der Gleitflächen

Die größte Abweichung  $\Delta z$  der ebenen oder der gekrümmten Oberflächen von der theoretischen Oberfläche darf innerhalb der anliegenden MSM<sup>®</sup>-Platte nicht größer als  $0,0003 \cdot d$  oder 0,2 mm sein. Der größere Wert ist maßgebend.

### I.5 Verfahren zur Berechnung der Verformung von an Beton anschließenden Trägerplatten

Für runde Stahlplatten, die an Bauteilen aus Beton mindestens der Festigkeitsklasse C20/25 nach EN 206-1 und Mörtelschichten mit entsprechender Festigkeit anschließen, kann die größte, auf den Durchmesser  $L$  bezogene Relativverformung  $\Delta w$  anhand folgender Gleichung ermittelt werden:

$$\Delta w = \frac{0,55}{L} \cdot k_c \cdot \alpha_c \cdot k_b \cdot \alpha_b$$

mit

$$k_c = 1,1 + (1,7 - 0,85 \cdot d_b/L) \cdot (2 - d_b/L_0) \quad \text{wenn } L_0 \leq d_b \leq 2 \cdot L_0$$

$$k_c = 1,1 \quad \text{wenn } d_b > 2 \cdot L_0$$

$$\alpha_c = \frac{N_{Qd}}{E_{cd}} + \frac{N_{Gd}}{E_{crd}}$$

$$k_b = 0,30 + (0,55 \cdot d_b/L)$$

$$\alpha_b = \left( \frac{L}{L + 2 \cdot t_b} \right)^2 \cdot \left( \frac{3 \cdot L_0}{d_b} \right)^{0,4}$$

Dabei ist

$d_b$  Durchmesser der Trägerplatte

$t_b$  Dicke der Trägerplatte; bei Trägerplatten mit konkaver Oberfläche darf der Berechnung die folgende konstante Ersatzdicke zu Grunde gelegt werden:

$$t'_b = t_{b,min} + 0,6 (t_{b,max} - t_{b,min})$$

$L$  Durchmesser der MSM<sup>®</sup>-Platte

$L_0$  Bezugsdurchmesser = 300 mm

$N_{Qd}$  Druckkraft infolge von Bemessungswerten der veränderlichen Einwirkungen

$N_{Gd}$  Druckkraft infolge von Bemessungswerten der ständigen Einwirkungen

$E_{cd}$  der Bemessungswert des Elastizitätsmoduls des Betons

$E_{crd}$  der Bemessungswert des reduzierten Elastizitätsmoduls des Betons zur Erfassung des Kriechens unter Bemessungswerten der ständigen Einwirkungen  $N_{Gd}$  ( $E_{crd} \cong 1/3 E_{cd}$ )

Das vorstehende Näherungsverfahren darf auch auf quadratische oder rechteckige Platten angewendet werden, wenn sie zu runden Platten mit dem Durchmesser

$$d_b = 1,13 a_b$$

idealisiert werden, wobei  $a_b$  den Seiten der quadratischen Platte oder der kleineren Seite der rechteckigen Platte entspricht.