

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

Europäische Technische  
Bewertungsstelle für Bauprodukte



## Europäische Technische Bewertung

ETA-06/0131  
vom 3. März 2026

### Allgemeiner Teil

Technische Bewertungsstelle, die die Europäische Technische Bewertung ausstellt

Deutsches Institut für Bautechnik

Handelsname des Bauprodukts

MAURER MSM® 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

35 Seiten, davon 27 Anhänge (Anhänge A-J), die fester Bestandteil dieser Bewertung sind.

Diese Europäische Technische Bewertung wird ausgestellt gemäß Artikel 95(4) der Verordnung (EU) Nr. 2024/3110, auf der Grundlage von

EAD 050004-01-0301

Diese Fassung ersetzt

ETA-06/0131 vom 3. April 2019

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 36 Absatz 3 der Verordnung (EU) Nr. 2024/3110.

**Besonderer Teil**

**1 Technische Beschreibung des Produkts**

**1.1 Allgemeines**

Das Bauprodukt "MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlager" ist ein Kalotten- oder Zylinderlager, das Verdrehungen und Verschiebungen durch Gleitbewegungen in einer ebenen und einer gekrümmten Gleitfläche zwischen Lagerplatten aus Stahl ermöglicht (siehe Abbildungen in Anhang A). Gegenstand der ETA ist das komplette Kalotten- oder Zylinderlager, gegebenenfalls einschließlich der erforderlichen Führungen oder Arretierungen. Alternativ zu den Abbildungen in Anhang A kann das Lager auch umgedreht verwendet werden, d. h. mit unten liegender ebener Gleitfläche (sinnvoll beispielsweise bei Stahlbrücken).

Das MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlager ist nach EN 1337-7 ausgebildet und kann gemäß EN 1337-1 mit Gleitelementen nach EN 1337-2 kombiniert werden. Anstelle von PTFE gemäß EN 1337-2 wird MSM®, ein besonderer Gleitwerkstoff aus ultrahochmolekularem Polyethylen (UHMWPE), für die Gleitflächen des Lagers verwendet, der für niedrige und hohe Temperaturen außerhalb des Anwendungsbereichs der EN 1337-2 geeignet ist und eine verbesserte Verschleißfestigkeit und Tragfähigkeit aufweist.

Gleitflächen mit einem Durchmesser des umschreibenden Kreises der Gleitmaterialplatten von weniger als 75 mm oder mehr als 3000 mm oder mit lang anhaltenden wirksamen Lagertemperaturen von weniger als -50 °C oder mehr als +48 °C liegen außerhalb des Anwendungsbereichs dieser ETA (siehe Abschnitt 2).

Die ETA gilt auch für Gleitflächen, die für den Betrieb bei kurzfristigen wirksamen Lagertemperaturen aufgrund täglicher Temperaturschwankungen über +48 °C und bis zu +80 °C vorgesehen sind (siehe Abschnitt 2). Wenn Mehrschicht-Werkstoffe gemäß EN 1337-2, Abschnitte 5.2 und 5.3, in Führungen verwendet werden (siehe Tabelle 1), ist die maximale kurzfristige wirksame Lagertemperatur auf +48 °C begrenzt.

*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. (siehe EN 1337-7, Abschnitt 1 und Abbildung 6).

**Werkstoffkombinationen**

Die Gleitwerkstoffe im Lager werden gemäß Tabelle 1 kombiniert. Dabei wird nur jeweils eine Werkstoffkombination pro Gleitfläche verwendet.

*Tabelle 1: Kombination von Werkstoffen für dauerhafte Anwendungen als Gleitflächen in MAURER MSM® Kalotten- oder Zylinderlagern*

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

Die ebene 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 Abb. A.7 von Anhang A.

### **MSM®-Platten**

Die Materialzusammensetzung ist vertraulich. Wesentliche Informationen sind in Tabelle 2 aufgeführt. Weitere Einzelheiten sind in der technischen Dokumentation zu dieser ETA enthalten, die bei der Technischen Bewertungsstelle hinterlegt ist.

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

### **Mehrschicht-Werkstoffe**

Anstelle von MSM®-Platten ohne Schmieraschen dürfen die Mehrschicht-Werkstoffe CM1 und CM2 nach EN 1337-2, Abschnitt 5.3, als Streifen in Führungen angewendet werden, sofern diese sich selbst ausrichten können.

### **Austenitischer Stahl**

Austenitisches Stahlblech wird in Übereinstimmung mit EN 1337-2, Abschnitt 5.4 und Anhang F, Abschnitt F.5 verwendet.

### **Hartverchromte Oberflächen**

Hartverchromte Oberflächen entsprechen EN 1337-2, Abschnitt 5.5.

### **Gleitlegierung MSA®**

Die Gleitlegierung MSA® mit spezieller Oberflächenbehandlung kann als Alternative zu austenitischem Stahl als Gegenfläche (Tabelle 1) und als Alternative zu Stahl für Trägerplatten gemäß Anhang D verwendet werden. Die Materialeigenschaften und Oberflächenbehandlungen von MSA® sind vertraulich und in der technischen Dokumentation zu dieser ETA festgelegt, die bei der Technischen Bewertungsstelle hinterlegt ist.

### **Schmierstoff**

Als Schmierstoff in den Gleitflächen wird Silikonfett gemäß EN 1337-2, Abschnitt 5.8, verwendet und gemäß EN 1337-2, Abschnitt 7.4, aufgetragen.

### **Eisenhaltige Werkstoffe für Trägerplatten**

Eisenhaltige Werkstoffe, die für Trägerplatten der Gleitflächen verwendet werden, entsprechen EN 1337-2, Abschnitt 5.6, oder EN 10250, Teile 1 bis 4, soweit zutreffend. Diese ETA gilt nur für Trägerplatten mit einer maximalen Verformung gemäß Anhang D.

### **Befestigung von Gleitwerkstoffen**

Die Befestigung von Gleitwerkstoffen erfolgt gemäß EN 1337-2, Abschnitt 7.2 und Anhang F, Abschnitt F.5.

## 2 Spezifizierung des Verwendungszwecks gemäß dem anwendbaren Europäischen Bewertungsdokument

MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlager sind für die Lagerung von Brücken oder Bauwerken gemäß dem Anwendungsbereich der EN 1337-1, Abschnitt 1, vorgesehen, bei denen die Anforderungen an das einzelne Lager kritisch sind. Die Lager sind auch für den Einsatz in Bauwerken vorgesehen, die kurzzeitig wirkenden Lasten ausgesetzt sind (z. B. durch zufällige Einwirkungen oder seismische Einwirkungen).

MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlager sind für alle Bauwerksarten geeignet, insbesondere aber für weiche Bauwerke mit großen und häufigen Verformungen aufgrund von Verkehr sowie für Bauwerke mit schnell auftretenden Gleitbewegungen des Lagers, wie z. B. Brücken für Hochgeschwindigkeitseisenbahnen.

Der Bereich der in dieser ETA behandelten wirksamen Lagertemperaturen von MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlagern liegt zwischen  $-50\text{ °C}$  und  $+80\text{ °C}$ , wobei Temperaturen über  $+48\text{ °C}$  auf kurze Zeiträume aufgrund des täglichen Temperaturzyklus' begrenzt sind. Wenn Mehrschicht-Werkstoffe in Gleitflächen verwendet werden, ist die wirksame Lagertemperatur auf  $+48\text{ °C}$  begrenzt.

Die Bestimmungen dieser Europäischen Technischen Bewertung beruhen auf einer angenommenen Nutzungsdauer der MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlager von mindestens 125 Jahren für den vorgesehenen Verwendungszweck, in Abhängigkeit von den gemäß Tabelle 2 und Anhang E dieser ETA bewerteten Gesamtgleitwegen und unter der Voraussetzung einer ordnungsgemäßen Nutzung und Instandhaltung der Lager. Diese Bestimmungen basieren auf dem aktuellen Stand der Technik und den verfügbaren Kenntnissen und Erfahrungen. Die angenommene Nutzungsdauer der Lager reduziert sich auf 10 Jahre, wenn Mehrschicht-Werkstoffe gemäß EN 1337-2 in Führungen anstelle des Gleitwerkstoffs MSM® verwendet werden.

Die Angaben zur Nutzungsdauer sind nicht als Garantie des Herstellers oder der Technischen Bewertungsstelle, sondern als Richtwert zur Auswahl eines geeigneten Bauprodukts hinsichtlich der erwarteten, wirtschaftlich angemessenen Nutzungsdauer des Bauwerks zu betrachten.

### 3 Leistung des Produkts und Angaben zu den verwendeten Bewertungsmethoden

Tabelle 2 : Wesentliche Merkmale und Leistung von MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlagern

Allgemeine Anforderungen an das Bauwerk	Wesentliches Merkmal	Bewertungsmethode	Leistung
<b>BWR 1</b>	Tragfähigkeit	EAD, Abschnitt 2.2.1	Charakteristische Druckfestigkeit $f_k$ für Langzeit-Lasten: Siehe Anhang C, Tabelle C.1
			Charakteristische Druckfestigkeit $f_{k,s-t}$ für Kurzzeit-Lasten: Siehe Anhang C, Tabelle C.2
			Tragfähigkeit $N_{R,max}$ und $N_{R,max,s-t}$ für Vertikallasten: Siehe Anhang C, Abschnitt C.3
			Tragfähigkeit $V_{R,max}$ und $V_{R,max,s-t}$ für Horizontallasten: Siehe Anhang C, Abschnitt C.4
			Last-Verformungs-Verhalten (weitere Details siehe Anhang D): $k = \frac{\sigma_{MSM} - 11,7}{77,2}$ with $0,43 \leq k < 1,02$ ; $E_{tp} = 900 \text{ MPa}$
	Verdrehungskapazität	EAD, Abschnitt 2.2.2	Siehe Anhang E.1
Verschiebungskapazität	EAD, Abschnitt 2.2.3	Gesamtgleitweg $S_{T,i}$ für verschiedene Materialkombinationen gemäß Tabelle 1:	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• MSM® mit Schmieraschen für Hauptgleitflächen; Gegenfläche: austenitischer Stahl: 125 000 m</li> <li>• MSM® mit Schmieraschen für Hauptgleitflächen; Gegenfläche: MSA®: 25 000 m</li> <li>• MSM® ohne Schmieraschen, initial geschmiert, für Führungen; Gegenfläche: austenit. Stahl 25 000 m</li> </ul>	
		Weitere Details zur Verschiebungskapazität: Siehe Anhang E.2	
Reibungszahl	EAD, Abschnitt 2.2.4	Siehe Anhang B	
<b>BWR 2</b>	Brandverhalten	EAD, Abschnitt 2.2.5	<b>Brandverhalten:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metallteile: Leistungsklasse A1 (Entscheidung 96/603/EG)</li> <li>• Gleitmaterial MSM®: nicht bewertet.</li> <li>• Kalotten- und Zylinderlager: nicht bewertet.</li> </ul>
<b>Aspekte der Dauerhaftigkeit</b>	Schutz vor Verschmutzung der Gleitflächen	EAD, Abschnitt 2.2.6.1	Siehe Anhang J, Abschnitt J.1
	Korrosionsbeständigkeit	EAD, Abschnitt 2.2.6.2	Siehe Anhang J, Abschnitt J.2
	Alterungsbeständigkeit	EAD, Abschnitt 2.2.6.3	Siehe Anhang J, Abschnitt J.3
	Beständigkeit gg. chemische und umweltbedingte Einflüsse	EAD, Abschnitt 2.2.6.4	Siehe Anhang J, Abschnitt J.4

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

Gemäß EAD 050004-01-0301 ist der geltende europäische Rechtsakt für das Bauprodukt MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlager die Entscheidung 95/467/EG der Europäischen Kommission, geändert durch 2001/596/EG, 2002/592/EG und 2010/679/EU.

Das System der Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit ist 1 (siehe Anhang V der Verordnung (EU) Nr. 305/2011).

**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 Kontrollplans, der bei der Technischen Bewertungsstelle Deutsches Institut für Bautechnik hinterlegt ist.

Andreas Schult  
Referatsleiter

Beglaubigt  
Hoppe

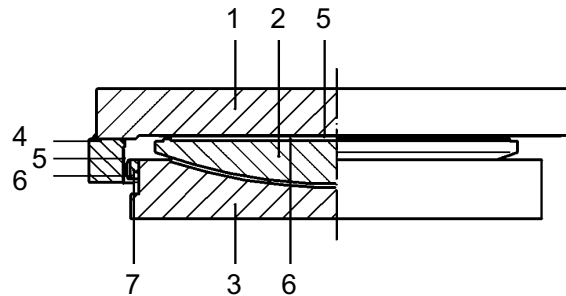
## Anhang A

### Beschreibung des Produkts und seiner Verwendung

MAURER MSM® Kalotten - und Zylinderlager (Beispiel)

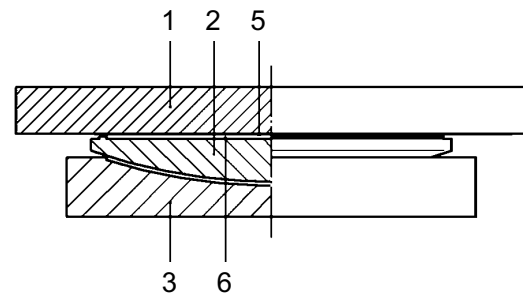
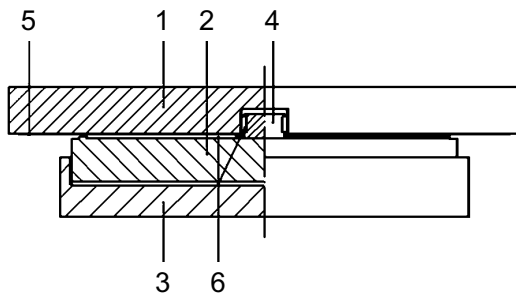
Kalottenlager mit einachsig  
beweglichem Gleitteil

Kalottenlager mit zweiachsig  
beweglichem Gleitteil



Zylinderlager mit einachsig  
beweglichem Gleitteil

Zylinderlager mit zweiachsig  
beweglichem Gleitteil



#### Legende:

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

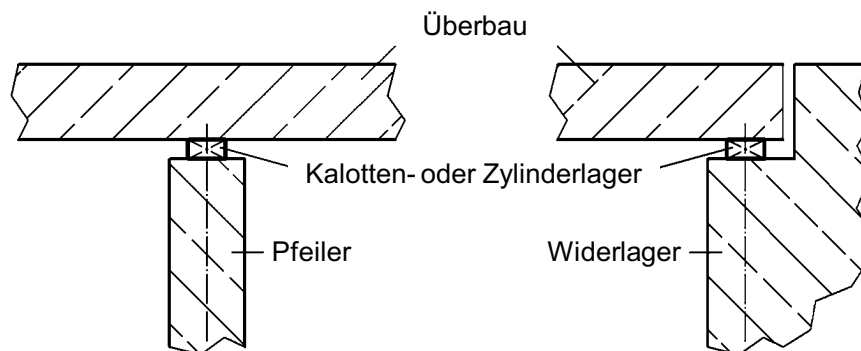


Abbildung A.1: Aufbau eines geführten und eines zweiachsig verschieblichen MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlagers und vorgesehener Verwendungszweck (Beispiel)

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

Für die Ausbildung zweiachsig oder einachsig verschieblicher Lager werden MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlager auch mit ebenen Gleitteilen und Führungen kombiniert (siehe Abbildung A.3 a) bis d) und A.5 a) bis c)). MAURER MSM® Kalottenlager in Kombination mit einem ebenen Gleitteil können mit einem Arretierungsring zu unverschieblichen Lagern ausgebildet werden (siehe Abbildung A.3 d)).

*Anmerkung: Die Zahlen in Klammern in den Abbildungen A.2 bis A.5 entsprechen dem Lagertyp in den in Abbildung 1 der EN 1337-1 dargestellten Beispiele.*

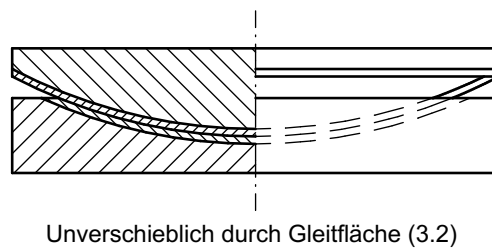
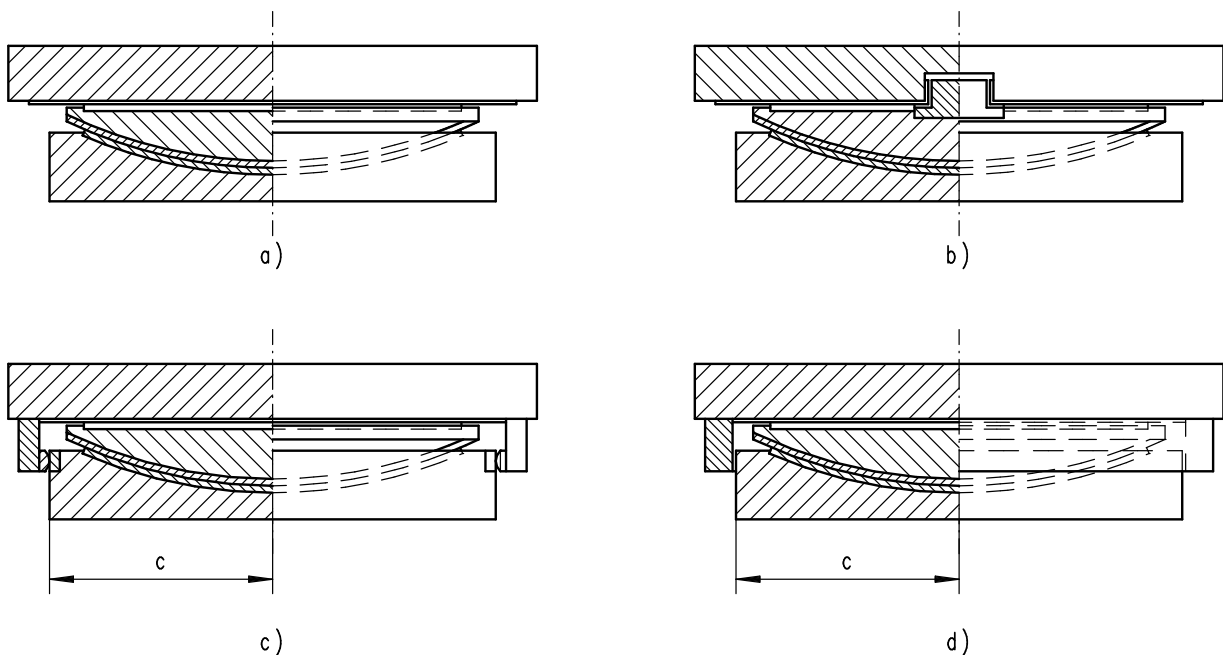


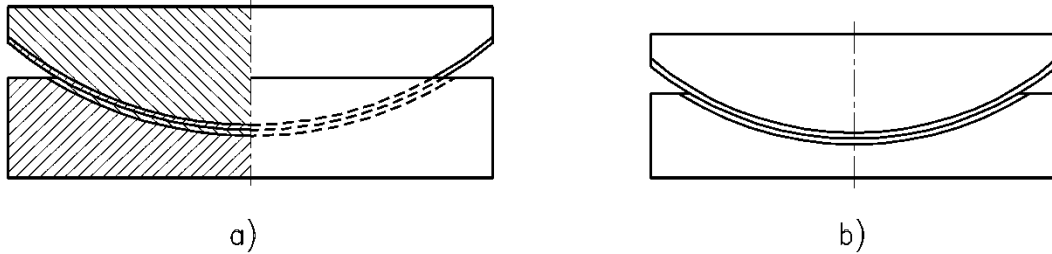
Abbildung A.2: MAURER MSM® Kalottenlager



**Legende:**

- a) Zweiachsig verschieblich (3.5)
- b) Einachsig verschieblich mit Innenführung (3.4)
- c) Einachsig verschieblich mit Außenführung (3.3)
- d) Unverschieblich durch Arretierungsring (3.1)

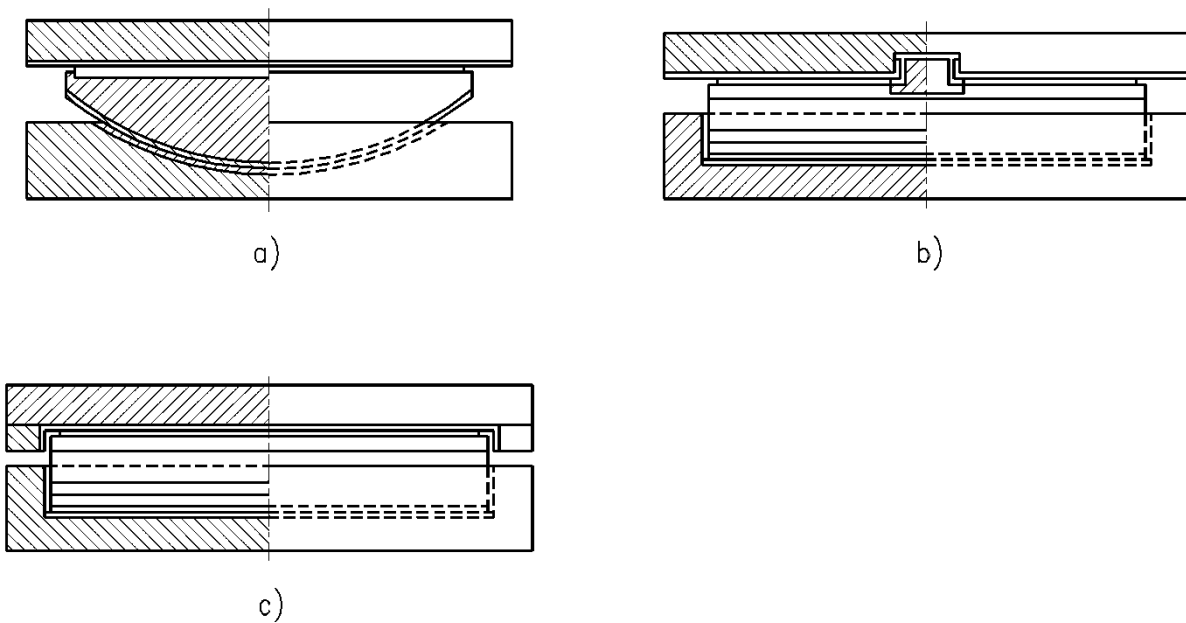
Abbildung A.3: MAURER MSM® Kalottenlager in Kombination mit ebenen Gleitelementen



**Legende:**

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

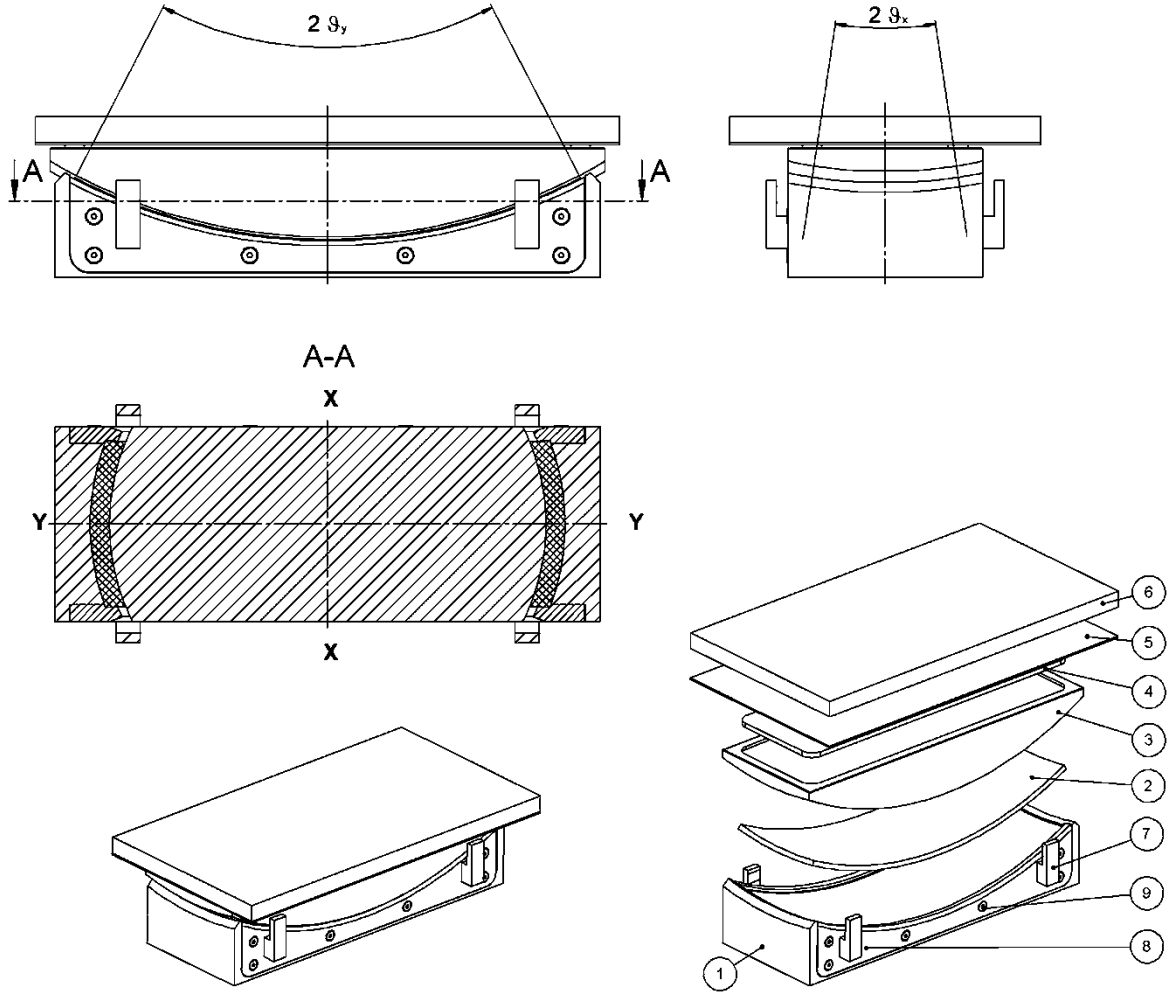
Abbildung A.4: MAURER MSM® Zylinderlager



**Legende:**

- a) Allseits verschieblich (7.4)
- b) Mit Innenführung für Verschiebungen in x-Richtung (7.3)
- c) Mit Außenführung für Verschiebungen in x-Richtung

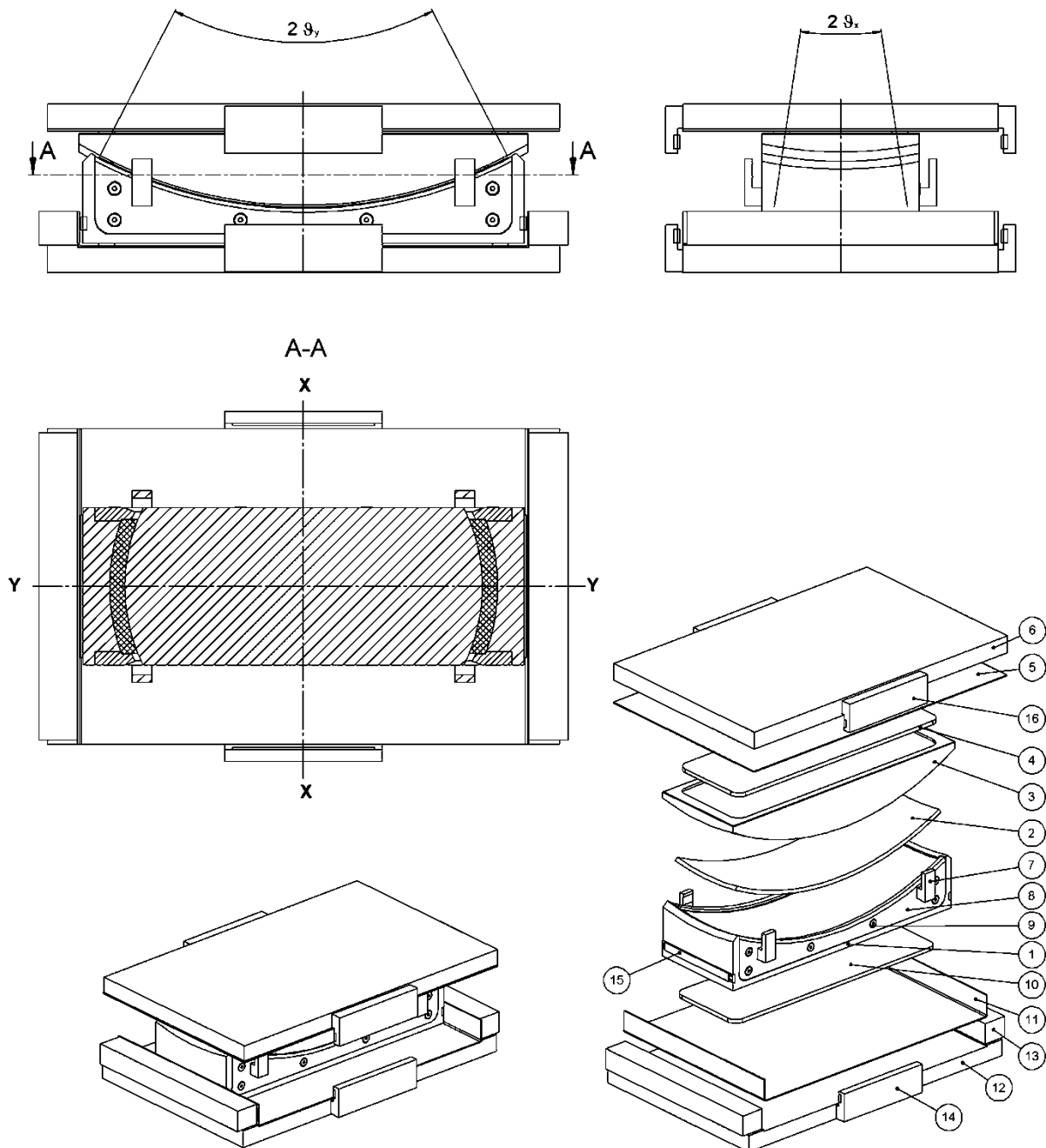
Abbildung A.5: MAURER MSM® Zylinderlager in Kombination mit ebenen Gleitelementen



**Legende:**

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

Abbildung A.6: MAURER MSM® Kalottensegmentlager (Beispiel)

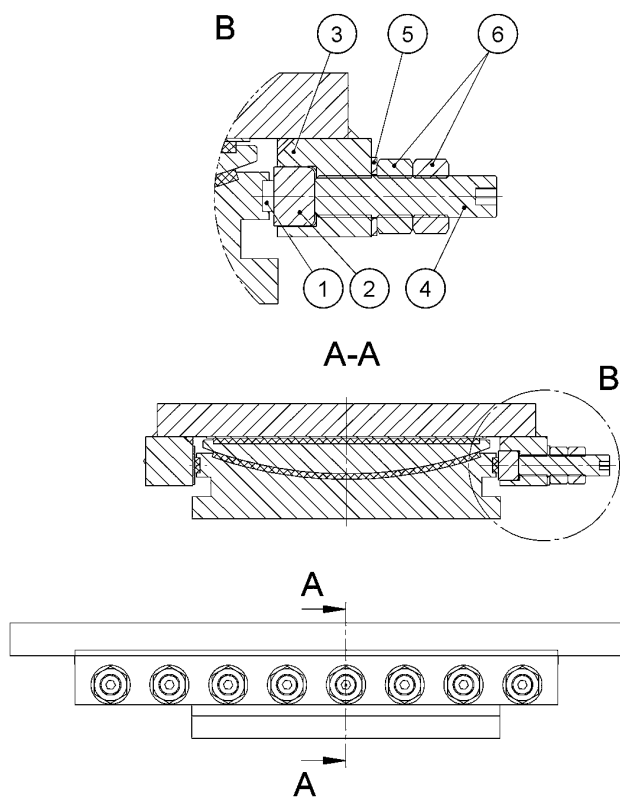


**Legende:**

- 1 Untere Trägerplatte
- 2 Gekrümmte MSM®-Platte
- 3 Kalottensegment
- 4 Obere ebene MSM®-Platte
- 5 Obere Gegenfläche
- 6 Obere Gleitplatte
- 7 Arretierung
- 8 Seitliche Kammerungsplatte

- 9 Schraube
- 10 Untere ebene MSM®-Platte
- 11 Untere Gegenfläche
- 12 Untere Gleitplatte
- 13 Führungsleiste
- 14 Unterer Anschlag
- 15 MSM®-Streifen
- 16 Oberer Anschlag

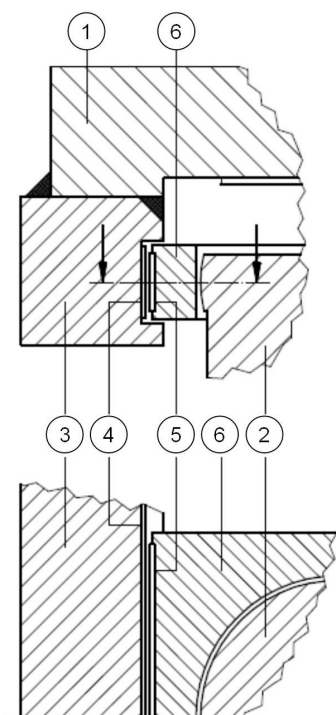
Abbildung A.7: MAURER MSM® Kalottensegmentlager mit zwei Gleitflächen (Beispiel)



**Legende:**

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

Abbildung A.8: MAURER MSM® Lager mit justierbaren Führungen (Beispiel)



**Legende:**

- 1 Gleitplatte
- 2 Trägerplatte
- 3 Führungsleiste
- 4 Gegenfläche
- 5 MSM® oder CM
- 6 Führungsring

Abbildung A.9: MAURER MSM® Kalottenlager mit Führungsring (Beispiel)

## Anhang B Reibungszahl

Die folgenden Reibungszahlen  $\mu_{max}$  sind für den Nachweis des Lagers zu verwenden. Diese Werte dürfen nicht bei hochdynamischen Einwirkungen angewendet werden, wie sie z.B. in Erdbebengebieten auftreten können. Der Reibungswiderstand darf nicht zur Aufnahme von Schnittgrößen aus äußeren horizontalen Lasten herangezogen werden.

Die Reibungszahl  $\mu_{max}$  für geschmierte MSM®-Platten mit Schmieraschen in Hauptgleitflächen wird für verschiedene minimale wirksame Lagertemperaturen  $T_{min}$  und in Abhängigkeit vom mittleren Druck  $\sigma_{MSM}$  [MPa]<sup>1)</sup> gemäß Tabelle B.1 für Gleitelemente mit austenitischem Stahl oder Hartverchromung und gemäß Tabelle B.2 für Gleitelemente mit MSA® als Gegenfläche. Bei Führungen mit initial geschmierten MSM®-Platten ohne Schmieraschen ist die Reibungszahl als unabhängig von der Kontaktpressung anzusehen und ist in Tabelle B.3 für verschiedene minimale wirksame Lagertemperaturen  $T_{min}$  angegeben.

Für Führungen mit den Mehrschicht-Werkstoffen CM1 oder CM2 gilt  $\mu_{max}$  gemäß EN 1337-2, Abschnitt 6.7.

*Tabelle B.1: Reibungszahl für Gleitelemente mit geschmierten MSM®-Platten mit Schmieraschen und austenitischem Stahl oder Hartchrom als Gegenfläche für Gesamtgleitwege bis zu 125 000 m*

Wirksame Lagertemperatur	Reibungszahl in Hauptgleitflächen
Gemäßigt niedrige Temperaturen ( $T_{min} = - 5 \text{ °C}$ )	$0,010 \leq \mu_{max} = \frac{0,60}{12 + (\sigma_{MSM})^{0,91}} \leq 0,06$
Niedrige Temperaturen ( $T_{min} = - 35 \text{ °C}$ )	$0,013 \leq \mu_{max} = \frac{0,65}{10 + (\sigma_{MSM})^{0,87}} \leq 0,08$
Sehr niedrige Temperaturen ( $T_{min} = - 50 \text{ °C}$ )	$0,018 \leq \mu_{max} = \frac{0,55}{8 + (\sigma_{MSM})^{0,74}} \leq 0,08$

*Tabelle B.2: Reibungszahl für Gleitelemente mit geschmierten MSM®-Platten mit Schmieraschen und MSA® als Gegenfläche für Gesamtgleitwege bis zu 25 000 m*

Wirksame Lagertemperatur	Reibungszahl in Hauptgleitflächen
Gemäßigt niedrige Temperaturen ( $T_{min} = - 5 \text{ °C}$ )	$0,012 \leq \mu_{max} = \frac{0,79}{19 + (\sigma_{MSM})^{0,93}} \leq 0,06$
Niedrige Temperaturen ( $T_{min} = - 35 \text{ °C}$ )	$0,018 \leq \mu_{max} = \frac{1,1}{19 + (\sigma_{MSM})^{0,89}} \leq 0,08$
Sehr niedrige Temperaturen ( $T_{min} = - 50 \text{ °C}$ )	$0,025 \leq \mu_{max} = \frac{1,2}{19 + (\sigma_{MSM})^{0,80}} \leq 0,08$

*Tabelle B.3: Reibungszahl für Führungen mit initial geschmierten MSM®-Platten ohne Schmieraschen und austenitischem Stahl als Gegenfläche für Gesamtgleitwege bis zu 25 000 m*

Wirksame Lagertemperatur	Reibungszahl in Führungen
Gemäßigt niedrige Temperaturen ( $T_{min} = - 5 \text{ °C}$ )	$\mu_{max} = 0,031$
Niedrige Temperaturen ( $T_{min} = - 35 \text{ °C}$ )	$\mu_{max} = 0,038$
Sehr niedrige Temperaturen ( $T_{min} = - 50 \text{ °C}$ )	$\mu_{max} = 0,048$

<sup>1)</sup> In den Formeln zur Berechnung von  $\mu_{max}$  ist die mittlere Kontaktpressung  $\sigma_{MSM}$  [MPa] als dimensionsloser Wert zu verwenden.

## Anhang C Tragfähigkeit

### C.1 Allgemeines

Die Bemessung der Gleitflächen von MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlagern erfolgt gemäß Abschnitt 6.2.1 und 6.2.2 von EN 1337-7 und Abschnitt 6.8.1 bis Abschnitt 6.8.3 von EN 1337-2 unter Berücksichtigung der folgenden Anpassungen auf Grundlage der wesentlichen Eigenschaften des Gleitmaterials MSM®:

- Mögliche Materialkombinationen sind in Tabelle 1 angegeben.
- Beim Nachweis der Tragfähigkeit ist die temperaturabhängige charakteristische Druckfestigkeit von MSM® gemäß Abschnitt C.2 zu verwenden.
- Bei der Berechnung der Gesamtexzentrizität  $e_t$  der Vertikalkraft  $N_S$  ist der Reibungswiderstand der Gleitflächen anhand der Reibungszahlen von MSM® gemäß Anhang B zu bestimmen.
- Trägerplatten werden gemäß Anhang D bewertet.

Für Gleitflächen sind folgende Bedingungen nachzuweisen:

$N_{Sd} \leq N_R / \gamma_m$  und  $N_{Sd,s-t} \leq N_{R,s-t} / \gamma_{m,s-t}$  für vertikale Langzeit- und Kurzzeit-Lasten sowie

$V_{Sd} \leq V_R / \gamma_m$  und  $V_{Sd,s-t} \leq V_{R,s-t} / \gamma_{m,s-t}$  für horizontale Langzeit- und Kurzzeit-Lasten.

Dabei ist:

$N_{Sd}, V_{Sd}$ : Bemessungswert der vertikalen bzw. horizontalen Langzeit-Lasten unter der Grundkombination von Einwirkungen.

$N_{Sd,s-t}, V_{Sd,s-t}$ : Bemessungswert der vertikalen und horizontalen Kurzzeit-Lasten unter der Kombination von Einwirkungen im Erdbebenfall.

$N_R, V_R$ : Tragfähigkeit der Gleitflächen für langfristig wirkende Vertikallasten (siehe Abschnitt C.3) bzw. langfristig wirkende Horizontallasten (siehe Abschnitt C.4).

$N_{R,s-t}, V_{R,s-t}$ : Tragfähigkeit der Gleitflächen für kurzzeitig wirkende Vertikallasten (siehe Abschnitt C.3) bzw. kurzzeitig wirkende Horizontallasten (siehe Abschnitt C.4).

$\gamma_m, \gamma_{m,s-t}$ : Teilsicherheitsbeiwert für Werkstoffe gemäß EN 1990.<sup>2)</sup>

Die Verformbarkeit von Gleitwerkstoffen darf nicht für die Aufnahme von Verdrehungen herangezogen werden, sofern dies nicht nach Anhang F, Abschnitt F.3, zulässig ist.

### C.2 Druckfestigkeit von MSM®

Die temperaturabhängige charakteristische Druckfestigkeit von MSM® für Langzeit-Lasten ist in Tabelle C.1 angegeben. Für Lager, die einer wirksamen Lagertemperatur von mehr als + 35 °C und bis zu + 80 °C ausgesetzt sind, ist die charakteristische Druckfestigkeit durch lineare Interpolation der in Tabelle C.1 angegebenen Werte zu berechnen.

Die charakteristische Druckfestigkeit von MSM® für Kurzzeit-Lasten, die bis zu einer wirksamen Lagertemperatur von  $T_{max, seismic} = + 48$  °C angesetzt werden kann, ist in Tabelle C.2 angegeben

Wenn Mehrschicht-Werkstoffe CM1 oder CM2 gemäß EN 1337-2, Abschnitt 5.3, als Gleitmaterial in Führungen verwendet werden, ist der Wert der charakteristischen Druckfestigkeit gemäß EN 1337-2, Abschnitt 6.6, Tabelle 10 zu verwenden.

<sup>2)</sup> Der Wert für  $\gamma_m$  (Langzeit-Lasten) und  $\gamma_{m,s-t}$  (Kurzzeit-Lasten) sollte als NDP (national festgelegter Parameter) angegeben werden. Liegen keine relevanten NDPs vor, beträgt der empfohlene Wert  $\gamma_m = 1,4$  und  $\gamma_{m,s-t} = 1,2$ .

Tabelle C.1: Charakteristische Druckfestigkeit  $f_k(T)$  von MSM® für Langzeit-Lasten

Wirksame Lagertemperatur		≤ 35 °C	48 °C	60 °C	70 °C	80 °C
<b>Gleitfläche</b>		<b>Charakteristische Druckfestigkeit für Langzeit-Lasten <math>f_k(T)</math></b>				
<b>Hauptgleitfläche</b> Totlasten und variable Lasten		180 MPa	135 MPa	105 MPa	90 MPa	75 MPa
<b>Führungen</b>	Veränderliche Einwirkungen					
	Ständige Einwirkungen; Einwirkungen aus Temperatur, Kriechen und Schwinden	60 MPa	45 MPa	35 MPa	30 MPa	25 MPa

Tabelle C.2: Charakteristische Druckfestigkeit  $f_{k,s-t}(T)$  von MSM® für Kurzzeit-Lasten

<b>Maximale wirksame Lagertemperatur <math>T_{max, seismic}</math></b>	48 °C
<b>Gleitfläche</b>	<b>Charakteristische Druckfestigkeit für Kurzzeit-Lasten <math>f_{k,s-t}</math></b>
<b>Hauptgleitfläche</b> Kurzzeitige Einwirkungen im Erdbebenfall	240 MPa
<b>Führungen</b> Kurzzeitige Einwirkungen im Erdbebenfall	

### C.3 Tragfähigkeit für Vertikallasten

Die Tragfähigkeiten für langfristig wirkende Vertikallasten  $N_R$  und kurzzeitig wirkende Vertikallasten  $N_{R,s-t}$  einer Gleitfläche sind wie folgt definiert:

Tragfähigkeit für Langzeit-Vertikallasten:

$$N_R = f_k(T) \cdot A_r = f_k(T) \cdot \lambda \cdot A$$

Tragfähigkeit für Kurzzeit-Vertikallasten:

$$N_{R,s-t} = f_{k,s-t}(T) \cdot A_r = f_{k,s-t}(T) \cdot \lambda \cdot A$$

Dabei ist:

$f_k(T)$ : Charakteristische temperaturabhängige Druckfestigkeit für langfristig wirkende Lasten gemäß Tabelle C.1

$f_{k,s-t}(T)$ : Charakteristische temperaturabhängige Druckfestigkeit für kurzzeitig wirkende Lasten gemäß Tabelle C.2

$A_r$ : Reduzierte Kontaktfläche der Gleitfläche gemäß Anhang G

$A$ : Kontaktfläche der ebenen Gleitfläche oder ihre Projektion bei gekrümmten Flächen

$\lambda$ : Koeffizient gemäß Anhang G

Für die Bewertung der Druckspannung ist die gekrümmte Gleitfläche durch ihre Projektion auf eine ebene Fläche gemäß EN 1337-7, Abbildung 6, zu ersetzen.

Der Schwerpunkt der reduzierten Kontaktfläche der Gleitfläche  $A_r$  ist der Punkt, durch den die Axialkraft  $N_S$  mit der Gesamtexzentrizität  $e_t$  wirkt, die sowohl durch mechanische als auch durch geometrische Effekte verursacht wird.  $A_r$  ist auf der Grundlage der Plastizitätstheorie unter der Annahme eines rechteckigen Spannungsblocks zu berechnen (siehe Anhang G).

Bei der Bestimmung der resultierenden Gesamtexzentrizität  $e_t$  sind die auf die gekrümmte Gleitfläche wirkenden inneren Kräfte und Momente aufgrund des Reibungswiderstands, der von außen aufgebracht horizontalen Lasten und des verdrehten Zustands des Lagers zu berücksichtigen. Nebeneffekte infolge von Bewegungseinschränkungen sind ebenfalls zu berücksichtigen. In Anhang H sind für die gebräuchlichsten Fälle Gleichungen für die Bewertung der Exzentrizitäten angegeben.

Bei MSM®-Platten mit kleinster Abmessung  $L$ ,  $a$  oder  $b$  gemäß Anhang F.1 größer oder gleich 100 mm ist als Kontaktfläche  $A$  bzw.  $A_r$  die Gesamtfläche ohne Abzug der Schmieraschen anzusetzen. Bei Platten mit  $L$ ,  $a$  oder  $b$  kleiner als 100 mm sind die Schmieraschen von der Gesamtfläche abzuziehen.

Beispielhafte charakteristische Tragfähigkeiten von MAURER MSM® Kalottenlagern für Vertikallasten bei relevanten wirksamen Lagertemperaturen einschließlich der Maximalwerte  $N_{R,max}$  und  $N_{R,s-t,max}$  bei  $L = 3000$  mm sind in Tabelle C.3 angegeben.

Ein Klaffen der Gleitfuge kann zum Verschleiß infolge von Verschmutzungen und zu erhöhter Verformung wegen der mangelhaften Kammerung der MSM®-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 die Gesamtexzentrizität  $e_t$  innerhalb des Kerns der projizierten Fläche liegt. Für kreisförmige Platten ist diese Bedingung erfüllt, wenn:

$$e_t \leq \frac{L}{8}, \quad \text{wobei } L \text{ der Durchmesser gemäß Anhang F ist.}$$

Tabelle C.3: Beispielhafte charakteristische Tragfähigkeit von MAURER MSM® Kalottenlagern für Vertikallasten

		Durchmesser $L$ der projizierten Fläche der MSM®-Platte								
		250 mm			1000 mm			3000 mm		
		Exzentrizität $e/L$								
Maximale wirksame Lagertemperatur	Charakteristische Druckfestigkeit	0,25	0,125	0,05	0,25	0,125	0,05	0,25	0,125	0,05
		Koeffizient $\lambda = A_r/A$								
		0,4110	0,7055	0,8822	0,4110	0,7055	0,8822	0,4110	0,7055	0,8822
$T_{max}$	$f_k(T)$	Tragfähigkeit $N_R$ für Langzeit-Vertikallasten [MN] <sup>a) b)</sup>								
35 °C	180 MPa	3,6	6,2	7,8	58,1	99,7	124,7	523	898	1122
48 °C	135 MPa	2,7	4,7	5,8	43,6	74,8	93,5	392	673	842
60 °C	105 MPa	2,1	3,6	4,5	33,9	58,2	72,8	305	524	655
70 °C	90 MPa	1,8	3,1	3,9	29,0	49,9	62,4	261	449	561
80 °C	75 MPa	1,5	2,6	3,2	24,2	41,6	52,0	218	374	468
$T_{max,seismic}$	$f_{k,s-t}(T)$	Tragfähigkeit $N_{R,s-t}$ für Kurzzeit-Vertikallasten [MN] <sup>a) b)</sup>								
≤ 48 °C	240 MPa	4,8	8,3	10,4	77,5	133,0	166,3	697	1197	1497

a) Bei Lagern mit Innenführungen (Lagerbeispiel (b) in Abbildung A.3) muss die reduzierte Tragfläche berücksichtigt werden.  
b) Andere Werte für  $L$ ,  $T_{max}$  oder  $e/L$  sind unter Verwendung der Formeln gemäß Abschnitt C.3 zu berücksichtigen.

#### C.4 Tragfähigkeit für Horizontallasten

Führungen können zum Widerstand gegen horizontale Kräfte aufgrund variabler und permanenter Einwirkungen verwendet werden. Die Tragfähigkeiten für langfristig wirkende Horizontallasten  $V_R$  und kurzzeitig wirkende Horizontallasten  $V_{R,s-t}$  der Gleitfläche von Führungen sind wie folgt definiert:

Tragfähigkeit für Langzeit-Horizontallasten:  $V_R = f_k(T) \cdot A$

Tragfähigkeit für Kurzzeit-Horizontallasten:  $V_{R,s-t} = f_{k,s-t}(T) \cdot A$

Dabei ist:

$f_k(T)$ : charakteristische temperaturabhängige Druckfestigkeit von MSM® für Langzeit-Lasten gemäß Tabelle C.1

$f_{k,s-t}(T)$ : Charakteristische temperaturabhängige Druckfestigkeit von MSM® für Kurzzeit-Lasten gemäß Tabelle C.2

A: Kontaktfläche der Gleitfläche (gemäß EN 1337-2, Abschnitt 6.8.3, Exzentrizität kann bei Führungen vernachlässigt werden)

Beispielhafte charakteristische Tragfähigkeiten der Führungen von MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlagern bei relevanten wirksamen Lagertemperaturen sind in Tabelle C.4 angegeben.

Weitere Anforderungen an Führungen in MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlagern sind in Anhang F, Abschnitt F.3 aufgeführt.

Tabelle C.4: Beispielhafte charakteristische horizontale Tragfähigkeit von MAURER MSM® Kalottenlagern

Maximale wirk- same Lager- temperatur	Charakteristi- sche Druck- festigkeit	Länge $L$ der MSM®-Platte in der Führung; Breite $a = 50$ mm <sup>a)</sup>		
		250 mm	1000 mm	3000 mm
$T_{max}$	$f_k(T)$ <sup>b)</sup>	Tragfähigkeit $V_R$ für Langzeit-Horizontallasten [kN] <sup>b) c)</sup>		
35 °C	180 MPa	2250	9000	27000
48 °C	135 MPa	1688	6750	20250
60 °C	105 MPa	1313	5250	15750
70 °C	90 MPa	1125	4500	13500
80 °C	75 MPa	938	3750	11250
$T_{max,seismic}$	$f_{k,s-t}(T)$	Tragfähigkeit $V_{R,s-t}$ für Kurzzeit-Horizontallasten [kN] <sup>c)</sup>		
≤ 48 °C	240 MPa	3000	12000	36000

a) Zur Definition der Variablen  $L$  und  $a$  siehe Abbildung F.3; Wird die effektive Tragfläche in den Führungen z. B. durch Unterteilung der MSM®-Platte verringert, so verringert sich die Tragfähigkeit im gleichen Verhältnis.  
b) Gültig für variable Lasten in Führungen. Für Ständige Einwirkungen sowie Einwirkungen aus Temperatur, Kriechen und Schwinden sind die in dieser Tabelle für Langzeit-Lasten angegebenen Tragfähigkeitswerte gemäß Tabelle C.1 mit dem Faktor 0,33 zu multiplizieren.  
c) Andere Werte für  $L$ ,  $a$  oder  $T_{max}$  sind unter Verwendung der Formeln gemäß Abschnitt C.4 zu berücksichtigen.

## Anhang D

### Last-Verformungsverhalten

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

- Die MSM®-Platten und die Gegenflächen sind durch metallische Platten (Trägerplatten) mit ebenen oder gekrümmten Oberflächen zu unterstützen.
- Die geometrischen Bedingungen sind in Anhang I angegeben.

Bei der Bemessung von Trägerplatten ist Folgendes zu berücksichtigen:

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

*Anmerkung: Wenn die Verformung (siehe Abbildung D.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 Abbildung D.1) darf den Wert  $\Delta w_{\text{lim}}$  gemäß der folgenden Gleichung in Übereinstimmung mit EAD 050004-01-0301, Anhang B, nicht überschreiten:

$$\Delta w_{\text{lim}} = \frac{3}{2} \left[ 0,9 \cdot h_0 - \left( 2 k \sqrt{\frac{(0,9 \cdot h_0)^3}{L}} \right) - (h_{r,\text{basis}} + h_{r,\text{flatTol}}) \right]$$

Dabei ist:

- $h_0$  Initialer Überstand der MSM®-Platte im unbelasteten Zustand [mm] (siehe Anhang F)
- $k$  Pressungsabhängiger Nachgiebigkeitskoeffizient von MSM®
- $L$  Durchmesser des umschreibenden Kreises der MSM®-Platte [mm] (siehe Anhang F)
- $h_{r,\text{basis}}$  Basis-Grenzwert des Gleitspalts;  $h_{r,\text{basis}} = 1,0$  mm gemäß EN 1337-2, Abschnitt 10.
- $h_{r,\text{flatTol}}$  Zusatzterm, der die Unebenheit der Trägerplatten berücksichtigt. Gemäß der in EN 1337-2, Abschnitt 7.1.2, angegebenen Toleranz ergibt sich daraus:  $h_{r,\text{flatTol}} = 0,0003 \text{ mm} \times L$  oder 0,2 mm, je nachdem, welcher Wert größer ist.

Der Nachgiebigkeitskoeffizient  $k$  ist als Funktion der mittleren Pressung  $\sigma_{\text{MSM}}$  wie folgt zu berechnen:

$$k = \frac{\sigma_{\text{MSM}} - 11,7}{77,2} \quad \text{with} \quad 0,43 \leq k < 1,02$$

wobei

- $\sigma_{\text{MSM}}$  Durchschnittliche Pressung in der Gleitfläche unter der charakteristischen Einwirkungskombination. Bei der Berechnung von  $k$  ist die Pressung  $\sigma_{\text{MSM}}$  [MPa] als dimensionsloser Wert zu verwenden.

Die durch die 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  $\Delta w_{\text{lim}}$  und Streckgrenze) erfüllt ist, muss die Auswirkungen der die Verformung nennenswert beeinflussenden Lagerteile einschließlich der angrenzenden Bauteile mit ihren Kurz- und Langzeiteigenschaften berücksichtigen. Für Stahl und Beton gelten die Bemessungswerte der Materialeigenschaften gemäß EN 1993-1-1 bzw. EN 1992-1-1.

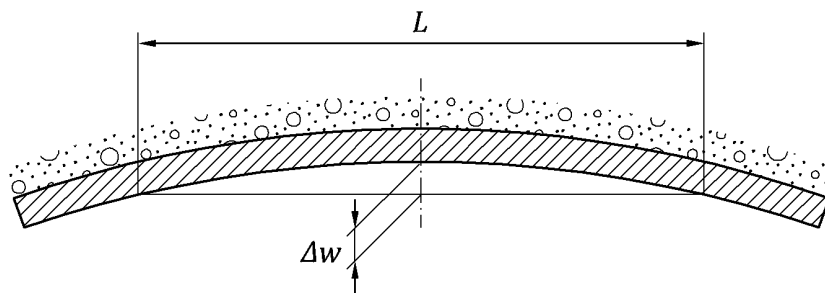


Abbildung D.1: Verformung von Trägerplatten.

In diesem Modell sind folgende Annahmen zu treffen:

- Zentrische Druckkraft;
- Bemessungswert des fiktiven Elastizitätsmoduls von MSM® = 900 MPa;
- die gesamte Dicke  $t_{MSM}$  der MSM®-Platte;
- Bemessungswert der fiktiven Querdehnungszahl von MSM® = 0,44;
- im Fall angrenzender Massivbauteile: lineare Abnahme des Elastizitätsmoduls des Betons oder des Mörtels vom Rand zum Zentrum der Trägerplatte von 100 % auf 80 %.

In Anhang I, Abschnitt I.5, ist ein geeignetes Verfahren zur Berechnung der Verformung  $\Delta w$  für übliche Werkstoffe angegeben. Bei Anwendung des Verfahrens nach Anhang I kann 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;
- und der Stahl mindestens der Festigkeit S355 nach EN 10025-2 entspricht.

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

- 0,90 bei Verwendung der Betonfestigkeitsklasse C20/25
- 0,67 bei Verwendung von Stahl der Festigkeit S235
- 0,60 bei Verwendung von Beton C20/25 zusammen mit Stahl 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 Oberfläche kann vernachlässigt werden.

Quadratische oder rechteckige Platten sollen zu kreisförmigen Platten mit dem Durchmesser

$$d_b = 1,13 \cdot a_b$$

idealisiert werden, wobei  $a_b$  die Seite der quadratischen oder die kurze Seite der rechteckigen Platte ist.

Die Dicke der Trägerplatte muss

$$t_b \geq 0,04 \cdot \sqrt{a_b^2 + b_b^2}$$

oder 10 mm entsprechen, je nachdem, welcher Wert größer ist, wobei:

- $a_b$  die kurze Seite der Trägerplatte und
- $b_b$  die lange Seite der Trägerplatte ist.

## Anhang E

### Verdrehungs- und Verschiebungskapazität

#### E.1 Verdrehungskapazität

Die Verdrehungskapazität des MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlagers wird geometrisch auf Grundlage der Konstruktionsdaten unter Berücksichtigung der ungünstigsten Verschiebung der ebenen Gleitfläche bestimmt. Unter der Grundkombination der Einwirkungen ist der maximale geometrische Verdrehungswinkel  $\alpha_{max,geom.}$  der niedrigste Wert aus den folgenden:

- Maximaler Verdrehungswinkel, bei dem gemäß EN 1337-7, Abschnitt 6.2.4 kein Kontakt zwischen oberer und unterer Platte oder einem anderen metallischen Bauteil besteht, sodass der Kippspalt  $> 0$  ist;
- Maximaler Verdrehungswinkel, bei dem die MSM®-Platte in der gekrümmten Gleitfläche gemäß EN 1337-7, Abschnitt 6.2.4, noch von der Gegenfläche überdeckt ist;
- Bei geführten Lagern ohne Gelenkstück für Führungen gemäß EN 1337-2, Abschnitt 6.4: Maximaler Verdrehungswinkel, bei dem die Verformungsdifferenz über die kleinste Abmessung  $a$  der MSM®-Platte in Führungen  $< 0,2$  mm beträgt (siehe Anhang F, Abschnitt F.3);
- Bei geführten Lagern mit Gelenkstück für Führungen gemäß EN 1337-2, Abschnitt 6.4: Maximaler Verdrehungswinkel, bei dem das Gelenkstück für Führungen gemäß EN 1337-2, Abschnitt 6.4, die Grenze seiner Verdrehungskapazität erreicht.

Der maximale Verdrehungswinkel  $\alpha_{max}$  wird berechnet, indem die erhöhte Verdrehung gemäß EN 1337-1, Abschnitt 5.4, vom ermittelten Winkel  $\alpha_{max,geom.}$  abgezogen wird. Beispielwerte für  $\alpha_{max}$  von MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlagern bei Exzentrizitätsverhältnissen  $e/L$  von 0,125 und 0,250 in Abhängigkeit von der minimalen wirksamen Lagertemperatur  $T_{min}$  und der minimalen mittleren Kontaktpressung  $\sigma_{MSM}$  sind in Tabelle E.1 angegeben.

Tabelle E.1: Maximaler Verdrehungswinkel  $\alpha_{max}$  von MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlagern bei Exzentrizitätsverhältnissen  $e/L$  von 0,125 und 0,250 unter der Annahme, dass Führungen oder Kontakte zwischen Trägerplatten nicht zu einer Verringerung der Verdrehungskapazität führen, unter Berücksichtigung der erhöhten Verdrehung nach EN 1337-1, Abschnitt 5.4.

		$\sigma_{MSM} \geq 30 \text{ MPa}^a)$			$\sigma_{MSM} \geq 60 \text{ MPa}^a)$		
Min. wirksame Lagertemperatur $T_{min}$		- 5 °C	- 35 °C	- 50 °C	- 5 °C	- 35 °C	- 50 °C
Reibungszahl $\mu_{max}$		0,0185	0,0278	0,0351	0,0123	0,0192	0,0264
Exzentrizität $e/L$ <sup>b)</sup>	Öffnungswinkel $\theta$	Maximaler Verdrehungswinkel $\alpha_{max}$ [rad] <sup>c)</sup>					
0,125	10°	0,020	0,011	0,003	0,026	0,019	0,012
	20°	0,060	0,051	0,044	0,066	0,059	0,052
	25°	0,079	0,069	0,062	0,085	0,078	0,071
	30°	0,096	0,087	0,080	0,103	0,096	0,089
	37,5° <sup>d)</sup>	0,121	0,112	0,105	0,128	0,121	0,114
0,250	10°	0,063	0,054	0,047	0,069	0,063	0,055
	20°	0,146	0,136	0,129	0,152	0,145	0,138
	25°	0,184	0,175	0,168	0,191	0,184	0,176
	30°	0,221	0,212	0,205	0,228	0,221	0,214
	37,5° <sup>d)</sup>	0,274	0,264	0,257	0,280	0,273	0,266

a) Die zur Berechnung verwendeten Reibungszahlen gelten für die gegebenen minimalen mittleren Kontaktpressungen  $\sigma_{MSM}$   
b) Für die Berechnung gemäß Anhang H wurden folgende Exzentrizitäten angenommen:  $e_1 = \mu_{max} \cdot r$ ;  $e_3 = \alpha \cdot r$ ;  $e_2 = e_4 = 0$   
c) Die Anforderung an eine erhöhte Verdrehungsfähigkeit gemäß EN 1337-1, Abschnitt 5.4, wurde berücksichtigt.  
d) Gemäß dem Geltungsbereich dieser ETA gelten Öffnungswinkel von  $30^\circ < \theta < 37,5^\circ$  nur für zylindrische Lager

Wenn Mehrschicht-Werkstoff CM1 oder CM2 gemäß EN 1337-2, Abschnitt 5.3, als Gleitmaterial in Führungen verwendet wird, ist EN 1337-2, Abschnitt 6.3, zu berücksichtigen.

Bei MAURER MSM® Kalottenlagern mit außenliegenden Führungen kann die Verdrehungskapazität um die vertikale Achse durch einen Führungsring vergrößert werden, siehe Anhang A, Abbildung A.9. Die Kontaktflächen dieses Führungsringes sind gemäß den Anforderungen in Anhang F, Abschnitt F.4 auszulegen.

## E.2 Verschiebungskapazität

Die einfache, maximale Verschiebungskapazität des MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlagers ergibt sich aus der projektspezifischen 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 von der Gegenfläche überdeckt sind.

Die bewertete Verschiebungskapazität von Gleitflächen mit MSM®-Platten in Bezug auf den maximalen Gesamtgleitweg  $S_{T,i}$  für verschiedene Materialkombinationen gemäß Tabelle 1 ist wie folgt:

- |  |           |
|--|-----------|
| - Gleitelemente mit geschmierten MSM®-Platten mit Schmier-taschen und austenitischem Stahl oder Hartchrom als Gegenfläche: | 125 000 m |
| - Gleitelemente mit geschmierten MSM®-Platten mit Schmier-taschen und MSA® als Gegenfläche:                                | 25 000 m  |
| - Führungen mit initial geschmierten MSM®-Platten ohne Schmier-taschen und austenitischem Stahl als Gegenfläche:           | 25 000 m  |

Gemäß EAD, Anhang E, entsprechen diese Verschiebungskapazitäten der Gleitflächen einer angenommenen Nutzungsdauer für die vorgesehene Verwendung von MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlagern von 125 Jahren.

Wenn Gleitmaterialien CM1 und CM2 gemäß EN 1337-2, Abschnitt 5.3, in Führungen verwendet werden, entspricht der Gesamtgleitweg für diese Kombination den Angaben in EN 1337-2, Tabelle 4. Dementsprechend reduziert sich die Nutzungsdauer auf 10 Jahre.

## Anhang F Eigenschaften von Gleitelementen

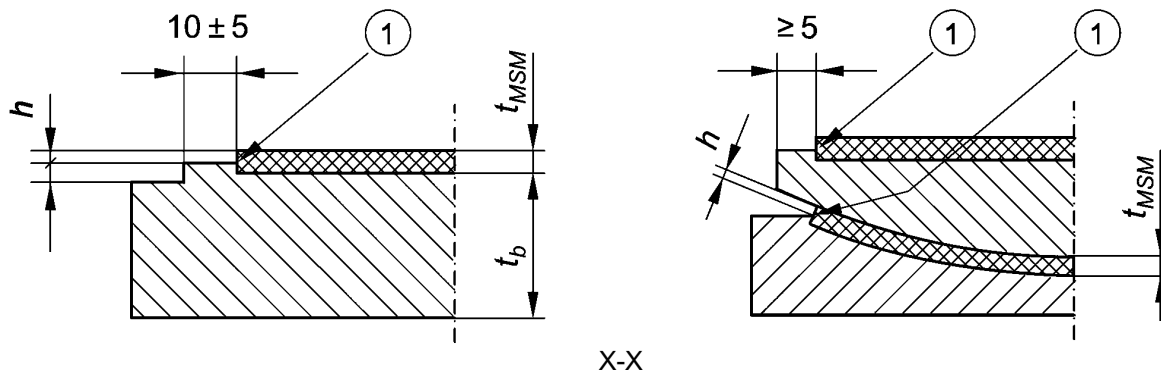
### F.1 Geometrische Eigenschaften von MSM®-Platten

Die in dieser ETA angegebenen Leistungsmerkmale der MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlager gelten nur für die in diesem Anhang angegebenen geometrischen Bedingungen.

Bei MAURER MSM® 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 Anhang C, Abschnitt C.3 in Richtung beider Hauptachsen erfüllt ist. Das wesentliche Prinzip von MAURER MSM® Kalottensegmentlagern ist in den Abbildungen A.6 und A.7 des Anhangs A dargestellt.

#### F.1.1 Kammerung von MSM®-Platten

Die MSM®-Platten sind gemäß Abbildung F.1 in einer Trägerplatte zu kammern.



Legende zu Abbildung F.1:

(1) scharfe Kante

Abbildung F.1: Details zur MSM®-Kammerung; Maße sind in mm angegeben

Anmerkung: Zur Erleichterung der Messung des MSM®-Überstands  $h_0$  nach der Installation kann ein fester Wert für die Tiefe des Absatzes angegeben werden. Für den Schnitt X-X siehe EN 1337-2, Abbildung 3.

Die Dicke  $t_{MSM}$  und der Überstand  $h_0$  der MSM®-Platte müssen beim unbelasteten und mit Korrosionsschutz versehenen Gleiteil den in Tabelle F.1 angegebenen Bedingungen entsprechen.

Tabelle F.1: Dicke  $t_{MSM}$  und Überstand  $h_0$  von MSM®-Platten

Bemessungswerte	Ebene und gekrümmte Gleitflächen	Führungen
Dicke $t_{MSM}$	$2,65 \cdot h_0 \leq t_{MSM} \leq 8,1 \text{ mm}$	$8,0 \text{ mm} \leq t_{MSM} \leq 10,0 \text{ mm}$
Überstand $h_0$	$h_0 = 2,50 \text{ mm} + \frac{L}{3000 \text{ mm}} \leq 3,1 \text{ mm}^a$	$h_0 = 3,0 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$
a) $L$ ist der Durchmesser der projizierten Fläche des Umkreises einer einzelnen oder mehrerer MSM®-Platten in mm		

Die Toleranz des Überstands  $h_0$  beträgt  $\pm 0,2 \text{ mm}$  für  $L \leq 1200 \text{ mm}$  und  $\pm 0,3 \text{ mm}$  für  $L > 1200 \text{ mm}$  und ist an markierten Messstellen zu überprüfen, an denen die Dicke der Korrosionsschutzbeschichtung  $300 \mu\text{m}$  nicht überschreiten darf. Es müssen mindestens zwei Messstellen an geeigneter Stelle angeordnet werden.

Die zulässige Toleranz für die Dicke  $t_{MSM}$  einteiliger oder entsprechenden mehrteiliger MSM®-Platten ist:

- $\begin{matrix} +0,3 \\ -0,0 \end{matrix}$  mm für Bleche mit einem Durchmesser  $L \leq 1200$  mm und
- $\begin{matrix} +0,4 \\ -0,0 \end{matrix}$  mm für Bleche mit einem Durchmesser  $L > 1200$  mm.

### F.1.2 Ebene MSM®-Platten

Ebene MSM®-Platten für die Hauptgleitfläche müssen kreisförmig oder rechteckig sein und dürfen in höchstens vier gleiche Abschnitte unterteilt werden, wie in EN 1337-2, Abbildung 3 dargestellt. Die kleinste Abmessung "a" einer dieser unterteilten MSM®-Platten darf nicht weniger als 50 mm betragen. Der Abstand zwischen einzelnen MSM®-Platten darf nicht größer sein als das Doppelte der Dicke der Trägerplatte für das MSM® oder für den Gegenwerkstoff, je nachdem, welcher Wert kleiner ist.

### F.1.3 Gekrümmte MSM®-Platten

Gekrümmte MSM®-Platten für zylindrische Gleitflächen müssen rechteckig sein und dürfen in höchstens zwei identische Teile unterteilt sein, wie in EN 1337-2, Abbildung 4 dargestellt.

Gekrümmte MSM®-Platten für sphärische Gleitflächen müssen kreisförmig sein und können in eine Scheibe und einen Ring unterteilt werden. Wenn die gekrümmte MSM®-Platte unterteilt ist, darf der Durchmesser  $d$  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. Die Ausbildung gekrümmter MSM®-Platten für sphärische Gleitflächen ist in EN 1337-2, Abbildung 5 dargestellt.

### F.1.4 MSM®-Platten von MAURER Mehrflächen-Kalottenlagern

Als Alternative zu den in Abschnitt F.1.2 und F.1.3 angegebenen geometrischen Bedingungen dürfen ebene und gekrümmte Gleitflächen aus MSM® 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® 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.2 zeigt die Anordnung der ebenen und gekrümmten MSM®-Platten von MAURER MSM® Mehrflächen-Kalottenlagern.

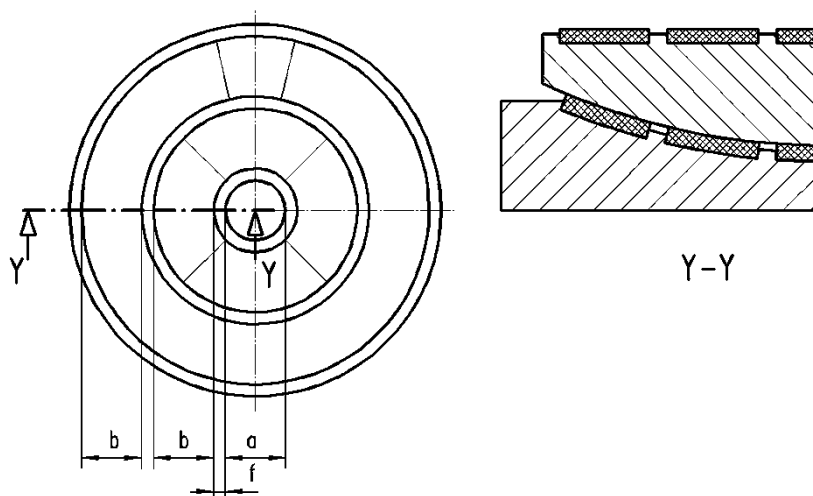


Abbildung F.2: Unterteilung von gekammerten MSM®-Platten von MAURER MSM® Mehrflächen-Kalottenlagern (Beispiel)

### F.1.5 MSM®-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 Abbildung F.3).  $A_{MSM}$  ist die komprimierte (nicht deformierte) Fläche und  $u$  der Umfang der MSM®-Platte.

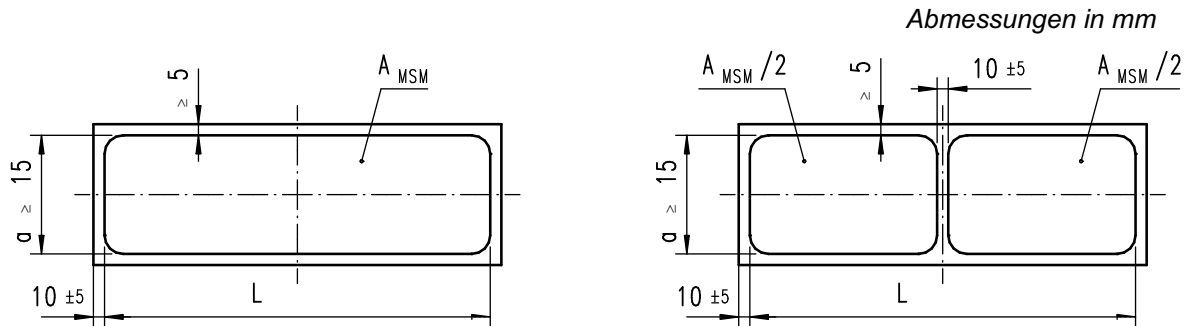
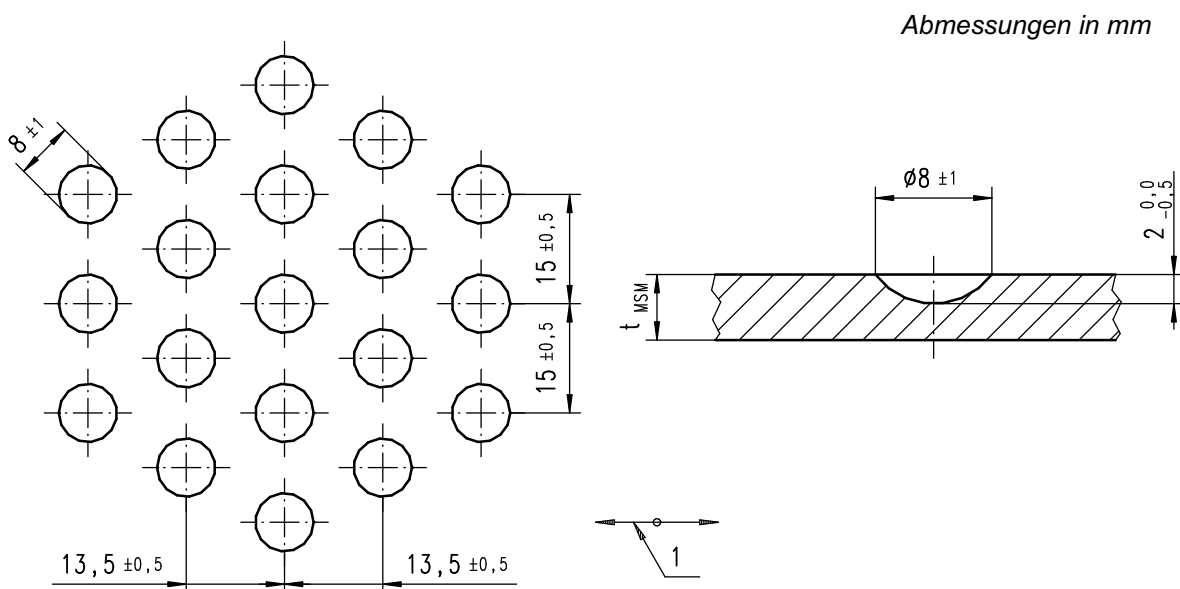


Abbildung F.3: Beispiele für gekammerte MSM®-Platten für Führungen

### 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 zur Hauptgleitrichtung sind in Abbildung F.4 dargestellt.



**Legende:**

- 1 Hauptgleitrichtung

Abbildung F.4: Schmieraschenmuster in gekammerten MSM®-Platten

### F.3 Führungen

Führungen dürfen zur Aufnahme horizontaler Kräfte 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 horizontalen Kraft, 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 Anhang A, Abbildung A.8, dargestellt.

Sofern bei der charakteristischen Einwirkungskombinationen und einer Verdrehung um eine Querachse die Verformungsdifferenz über die kleinste Abmessung "a" der MSM®-Platte 0,2 mm überschreitet, so ist die Trägerplatte mit einem Gelenkstück zu versehen (siehe EN 1337-1, Abbildung 1, Nr. 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.

### F.4 Arretierungsring

Zweiachsig verschiebbare MAURER MSM® Kalottenlager dürfen mit einem Arretierungsring gemäß EN 1337-7, Abbildung 4 (d) festgehalten werden. Für die Bemessung und die entsprechenden Nachweise sind die Regeln für den Topf und Deckel von Topflagern nach EN 1337-5, Abschnitt 6.1.3.2 und 6.2.2 bis 6.2.4 mit einer Reibungszahl  $\mu_{max}$  von 0,2 für den Stahl-Stahl-Kontakt zu verwenden.

### F.5 Austenitisches Stahlblech

Die Mindestdicke austenitischer Stahlbleche muss der Tabelle F.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®-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®-Platte an allen Ecken und entlang der Ränder in Abständen vorzusehen, die nicht größer sein dürfen als in Tabelle F.3 angegeben.

Tabelle F.2: Blechdicke und Befestigungsarten für austenitische Stahlbleche

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

Tabelle F.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 G

### Reduzierte Kontaktfläche in Gleitelementen

Dieser Anhang enthält Werte des Koeffizienten  $\lambda$ , mit dem nach Anhang C die reduzierte Kontaktfläche  $A_r$  von ebenen und gekrümmten Gleitflächen berechnet wird. Die Werte des Koeffizienten  $\lambda$  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®-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® im Kontakt mit polierten Metalloberflächen berechtigt ist.
- 4) Die angrenzenden Trägerplatten sind vollkommen starr.

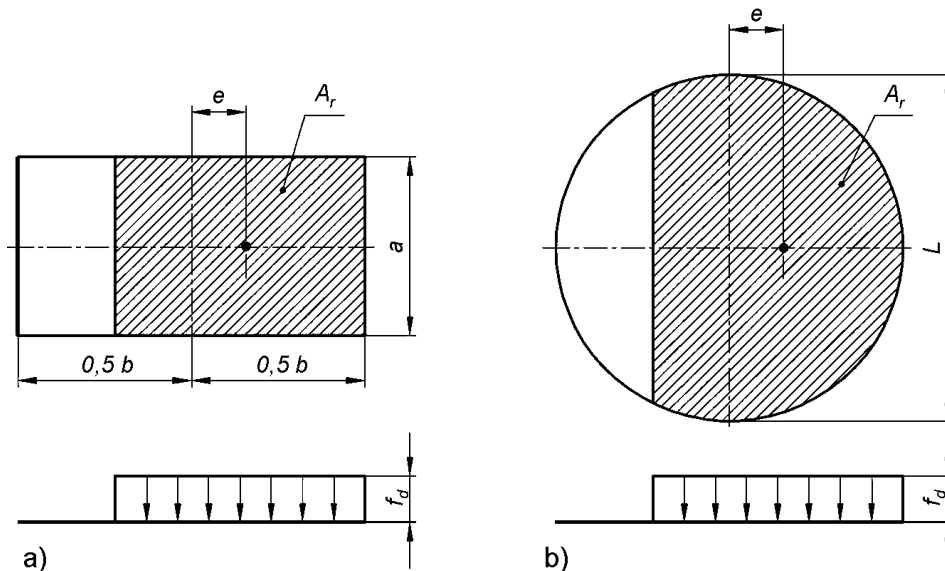


Abbildung G.1: Reduzierte Kontaktfläche  $A_r$  für a) rechteckige und b) kreisförmige Gleitflächen.

Die reduzierte Kontaktfläche ergibt sich aus der Formel:

$$A_r = \lambda \cdot A$$

Dabei ist:

$\lambda$ : Geometrischer Koeffizient;

- Für kreisförmige Gleitflächen gilt Tabelle G.1; Für ebene Gleitflächen kann alternativ die Näherungsformel  $\lambda = 1 - 0,75 \pi \cdot \frac{e_t}{L}$  verwendet werden, mit  $e_t$  als Gesamtexzentrizität.
- Für rechteckige Gleitflächen gilt  $\lambda = 1 - 2e/b$  oder Tabelle G.1, wobei  $e$  die Exzentrizität in der betrachteten Richtung ist. Wenn in einem betrachteten Querschnitt mehrere Exzentrizitäten auftreten, müssen diese addiert werden. Wenn sich ein Lager nicht um eine Achse drehen kann (z.B. Zylinderlager), ist nach EN 1337-1, Abschnitt 5.5, eine Mindestexzentrizität von 1/10 der Seitenlänge senkrecht zu dieser Achse zu berücksichtigen.
- Bei Führungen kann die Exzentrizität vernachlässigt werden ( $\lambda = 1$ ).

A: Kontaktfläche für ebene Gleitflächen oder Projektionsfläche der gekrümmten Gleitfläche

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

$e/L$	Gleitfläche								
	Kugelförmig					Zylindrisch			
	Eben	$\theta$							
		30	25	20	10	37,5°	25	20	10
0,000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
0,005	0,990	0,991	0,991	0,990	0,990	0,992	0,992	0,991	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
0,220	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

*Hinweis: Zwischenwerte können durch lineare Interpolation ermittelt werden.*

## Anhang H

### Berechnungsmethode für Exzentrizitäten in MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlagern

#### H.1 Allgemeines

Reibungskräfte, Kräfte infolge von einwirkenden Horizontallasten und der verdrehte Zustand des Lagers erzeugen eine Exzentrizität der Vertikalkraft  $N_S$ , die beim Nachweis der MSM®-Platten, der angrenzenden Bauteile und der Verankerungsmittel zu beachten 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

Verdrehungsbewegungen erzeugen aufgrund des Reibungswiderstands ein inneres Moment. Unabhängig davon, ob das Lager eine oder zwei Gleitflächen hat, ist die zugehörige Exzentrizität  $e_1$  wie folgt anzunehmen:

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

Der Reibungskoeffizient  $\mu_{max}$  ist in Anhang B angegeben.

##### H.2.2 Gleitflächen mit Außenführungen und Halteringen

Bei Kalottenlagern des Typs nach Anhang A, Abbildungen A.3 c) und d) erzeugen Verdrehungen eine Exzentrizität  $e_2$ , die nur die angrenzenden Bauteile (z. B. Pfeiler, Träger usw.) sowie die Verankerungen betrifft, wobei gilt:

$$e_2 = \frac{V_S}{N_S} \cdot \mu_{max} \cdot c$$

Für Lager mit Gleitelementen in Führungen gemäß Tabelle 1 ist der Reibungskoeffizient  $\mu_{max}$  in Anhang B angegeben. Bei Arretierungsringen mit Stahl/Stahl-Kontakt ist  $\mu_{max}$  mit 0,2 anzunehmen.

#### 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 (siehe EN 1337-7, Abbildung 6). Diese Exzentrizität wirkt jedoch in jedem Fall in die entgegengesetzte Richtung zu der in Abschnitt H.2.2 angegebenen. Das Auftreten von  $e_3$  hängt davon ab, ob die gekrümmte MSM®-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 Lagern mit nur einer Gleitfläche tritt  $e_3$  nur in der gekrümmten MSM®-Platte auf, und zwar nur dann, wenn diese Platte an der konvexen Trägerplatte befestigt ist.

#### H.4 Seitenkräfte

Seitliche Kräfte werden durch horizontale Einwirkungen und die Reibungswiderstände der anderen Lager erzeugt. Bei Lagern, in denen horizontale 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 (EN 1337-7, Abbildung 6):

$$e_4 = \frac{V_S}{N_S} \cdot (r + b)$$

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

Die Grenzabmessungen für Trägerplatten mit konkaver Oberfläche sind in Abbildung I.1 dargestellt.

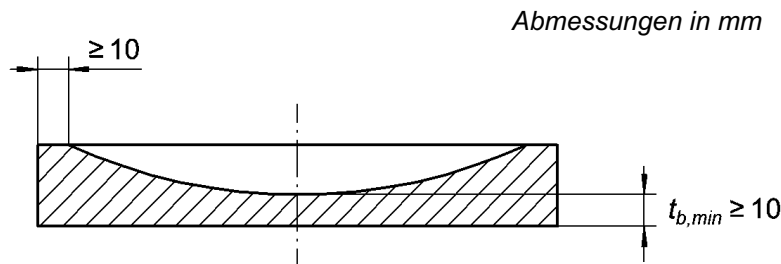


Abbildung I.1: Grenzabmessungen der Trägerplatte mit konkaver Oberfläche

### I.2 MSM®-Kammerung

Der obere Rand der Vertiefung (Kammerung) ist scharfkantig und rechtwinklig auszuführen um das Fließen des MSM®-Gleitwerkstoffs einzuschränken (siehe Abbildung F.1 in Anhang F). Im Bereich des Übergangs zwischen Wandung und Boden der Kammerung darf der Radius der Ausrundung 1 mm nicht überschreiten. Die Tiefe der Kammerung muss den Abmessungen der MSM®-Platte gemäß Anhang F entsprechen. Grundsätzlich muss die MSM®-Platte die Kammerung ohne Spiel ausfüllen. Bereichsweise vorkommende Spalten zwischen dem Rand der MSM®-Platte und der Wandung der Kammerung dürfen bei Raumtemperatur die in Tabelle I.1 angegebenen Werte nicht überschreiten.

Tabelle I.1 – Passung gekammerter MSM®-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 gemäß 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  $0,0003 \times L$  oder 0,2 mm ist. Der größere Wert ist maßgebend.

### I.4 Passung von Gleitflächen

Die größte Abweichung  $\Delta z$  der ebenen oder der gekrümmten Oberflächen von der theoretischen Oberfläche darf innerhalb der anliegenden MSM®-Platte nicht größer als  $0,0003 \times L$  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 kann 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®-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 oben beschriebene Näherungsverfahren kann auch auf quadratische und rechteckige Platten angewendet werden, wenn diese zu kreisförmigen 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.

## Anhang J

### Aspekte der Dauerhaftigkeit

#### J.1 Schutz vor Verschmutzung der Gleitflächen

Die Gleitflächen von MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlagern sind gemäß EN 1337-2, Abschnitt 7.3, durch geeignete Vorrichtungen wie Bürsten oder Gummischürzen vor Verschmutzung zu schützen, die zu Inspektionszwecken leicht entfernt werden können.

#### J.2 Korrosionsbeständigkeit

Die Schutzmaßnahmen für MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlager gegen Umwelteinflüsse und andere äußere Einflüsse, die ihre Nutzungsdauer beeinträchtigen könnten, entsprechen EN 1337-9, Abschnitt 4. Darüber hinaus gelten die Bestimmungen der EN 1337-2, Abschnitt 7.3, für den Korrosionsschutz von Gleitflächen.

Baustahl-Komponenten der MAURER MSM® Kalotten- und Zylinderlager sind mit einem Korrosionsschutz-Beschichtungssystem versehen, das je nach Projektspezifikation für die Korrosivitätskategorie C4 oder C5 gemäß EN ISO 12944-2, Abschnitt 5.1, und für eine Schutzdauer von "hoch" oder "sehr hoch" gemäß EN ISO 12944-1, Abschnitt 5.5, ausgelegt ist.

Die Beständigkeitsklasse der Gleitlegierung MSA® ist "B" gemäß EN 1999-1-1, Tabelle 3.1a.

#### J.3 Alterungsbeständigkeit

Die Alterungsbeständigkeit von MSM® wurde gemäß EAD, Abschnitt 2.2.6.3, durch Auslagern von MSM®-Proben bei einer Temperatur  $T_{max} = 80 \text{ °C}$  in Luft für eine Dauer von 168 Stunden bewertet. Die durchschnittlichen Abweichungen (%) der Materialeigenschaften der gealterten Proben von den Eigenschaften un behandelter Proben sind in Tabelle J.1 angegeben.

Tabelle J.1: Durchschnittliche Änderung (%) der Eigenschaften von MSM®-Proben während der Alterung in Luft bei einer Temperatur von  $T_{max} = 80 \text{ °C}$  über einen Zeitraum von 168 Stunden

Materialeigenschaft	Durchschnittliche Änderung [%]
Zugmodul	-7,4
Streckspannung	+1,5
Bruchspannung	-1,6
Bruchdehnung	-4,9
Kugeleindruckhärte	+2,4

#### J.4 Beständigkeit gegen chemische und umweltbedingte Einflüsse

Die Beständigkeit von Gleitelementen mit MSM®-Platten gegen chemische und umweltbedingte Einflüsse wurde durch separate Exposition von MSM®-Prüfkörpern gegenüber verschiedenen chemischen Substanzen gemäß EAD, Abschnitt 2.2.6.4, bewertet. Die durchschnittlichen Abweichungen (%) der Materialeigenschaften der exponierten Prüfkörper von den Eigenschaften un behandelter Prüfkörper sind in Tabelle J.2 angegeben.

Tabelle J.2 : Durchschnittliche Änderung (%) der Eigenschaften von MSM®-Proben in Tests zur Beständigkeit gegen chemische und umweltbedingte Einflüsse

Medium	Expositionszeit und Temperatur	Volumen-änderung [%]	Massen-änderung [%]	Änderung der Bruchdehnung [%]
Silikonfett	(60 Tage bei Umgebungstemperatur)	+0,04	+0,00	+3,9
Destilliertes Wasser		-0,10	-0,01	+8,5
Natriumchlorid <sup>1)</sup>		+1,17	-0,02	+9,1
Chromchlorid <sup>1)</sup>		0,00	+0,01	+2,1
Eisenchlorid <sup>1)</sup>		+0,05	+0,01	+4,7
Zinkchlorid <sup>1)</sup>		+0,01	0,00	-16,3
Silikonfett	(90 Tage bei + 80 °C)	+0,22	+0,43	-5,1
Silikonfett	(21 Tage bei + 90 °C)	+0,45	+0,44	-7,36
1) gesättigte wässrige Lösung				

Die in Tabelle J.2 angegebenen Werte für die Bruchdehnung der exponierten Proben liegen deutlich innerhalb des Toleranzbereichs der MSM®-Eigenschaften gemäß EAD, Abschnitt 3.4.1 und gemäß den Festlegungen des Toleranzbereichs im Kontrollplan, der bei der Technischen Bewertungsstelle Deutsches Institut für Bautechnik hinterlegt ist.