

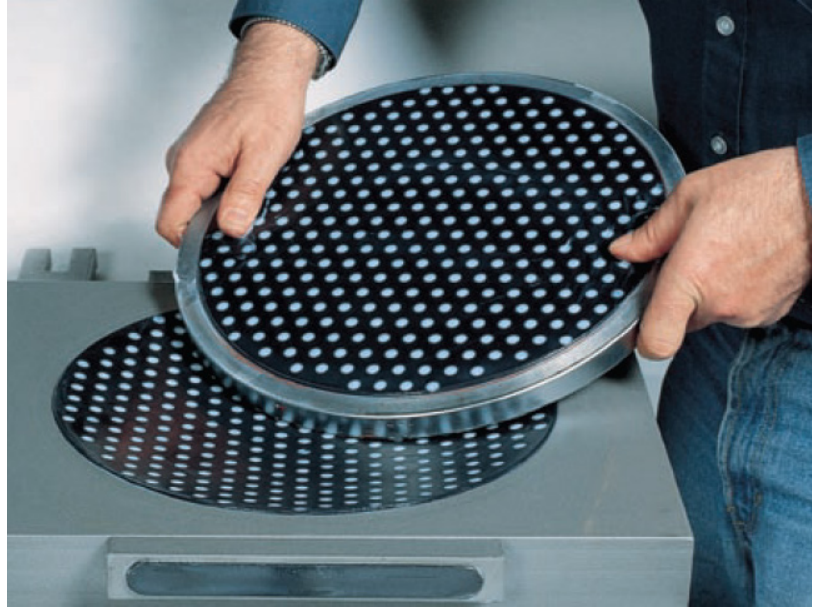
VERGELIJKING TUSSEN  
POT- EN SFERISCHE OPLEGGINGEN



 MAURER

**EMOTEC**  
EMERGO-GROUP





## POTOPLEGGINGEN

Potopleggingen bestaan uit een stalen cilinder (de 'pot') gevuld met een niet gefretteerd elastomeerkussen waarin een zuiger past. Het elastomeerkussen is volledig ingesloten en voorzien van een speciaal ontworpen dichting zodat zettingen door de verticale belasting worden vermeden. Er zijn echter al problemen vastgesteld ter hoogte van deze dichting omwille van een slecht ontwerp.

De rotatie is mogelijk door de elastische vervorming van het rubber. Een glijstelsysteem kan verplaatsing toelaten in één of twee richtingen of er kunnen blokkeringen voorzien worden die voor een vaste oplegging zorgen. Bij eenzijdig beweegbare opleggingen wordt de geleiding volledig gebout.

Potopleggingen kunnen grote lasten dragen zonder zetting. De rotatiemogelijkheden zijn echter beperkt. Door de weerstand van het rubber ontstaan bovendien parasitaire krachten in de brugconstructie of de onderbouw (pijlers / landhoofd).

In Duitsland worden deze opleggingen niet meer gebruikt door de slechtere eigenschappen in vergelijking met de technische en economische betere sferische opleggingen. Het rubber gebruikt in de potoplegging kan onder hoge (excentrische) druk, bij bepaalde temperaturen en na een bepaalde levensduur zeer nadelige effecten vertonen voor de functionaliteit van deze oplegging (cfr. Figuur 2).

*Als aanvulling op deze problemen wordt er een mail toegevoegd van D.B. (Deutsche Bundesbahn) aan Dr.-Ing. Braun. (zie p. 11)*

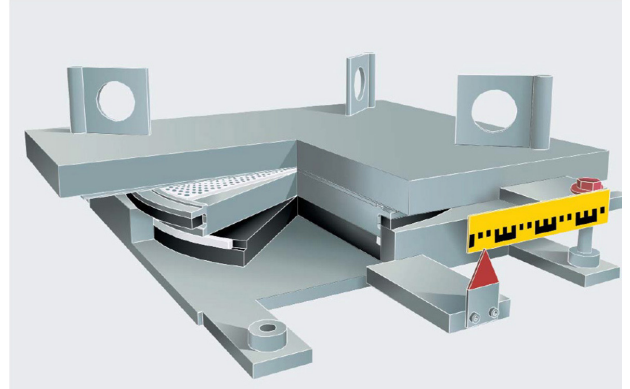


Fig. 1: Potoplegging

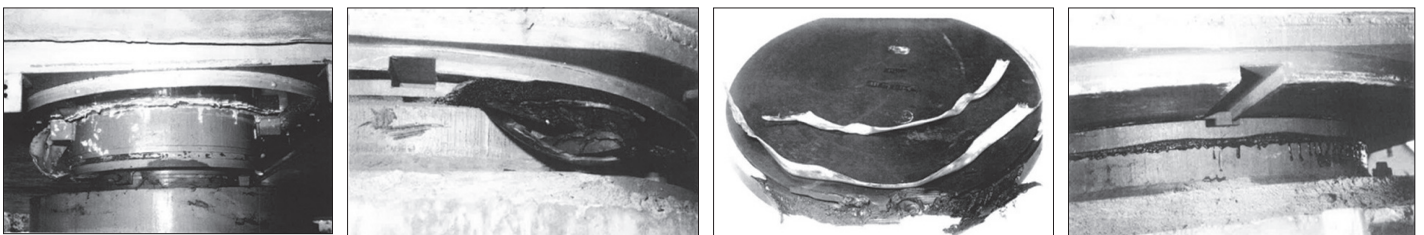


Fig. 2: Enkele voorbeelden van het technisch en functioneel falen bij potopleggingen.





## SFERISCHE OPLEGGINGEN

Sferische opleggingen (ook bolvormige opleggingen genoemd of kalottenlager in het Duits) bestaan uit twee sferische oppervlakken die over elkaar kunnen glijden. Het onderste oppervlak is bekleed met PTFE en het bovenste met gepolijst roestvast staal.

Zowel rotatie als verplaatsing worden mogelijk gemaakt door het glijden van het hard verchromde stalen bolsegment op het PTFE.

Daardoor hebben sferische opleggingen een zeer lage weerstand tegen rotatie en torsie. In tegenstelling tot potopleggingen zijn bij sferische opleggingen parasitaire krachten onbestaand en is de rotatie quasi onbeperkt! Deze opleggingen zijn conform aan EN 1337-7.

Maurer heeft het in sferische opleggingen gebruikte PTFE en het stalen hard verchromde bolsegment vervangen door het eigen ontwikkelde MSM® en MSA® (conform aan de Europees Technische Goedkeuring, ETA 06/0131). Zoals verder zal blijken hebben beide superieure eigenschappen in vergelijking met de standaard gebruikte materialen.

Sferische opleggingen met MSM® zijn bijzonder geschikt voor meerdere soorten bruggen, bij zeer grote verticale krachten, wanneer de gevraagde rotatie groot is en wanneer de verplaatsingen snel moeten kunnen optreden.

Deze opleggingen kunnen dus toegepast worden bij onder andere spoorwegbruggen, hogesnelheidslijnen, wegbruggen met grote overspanning, bruggen met grote verticale en horizontale krachten, zoals kabelbruggen, . . .

Bij eenzijdig beweegbare sferische opleggingen gebeurt de geleiding door het uitfrozen van de glijplaat. Deze sferische oplegging kan ook gebruikt worden als trek-druk oplegging, waar dus ook negatieve trekkrachten intern kunnen opgevangen worden.

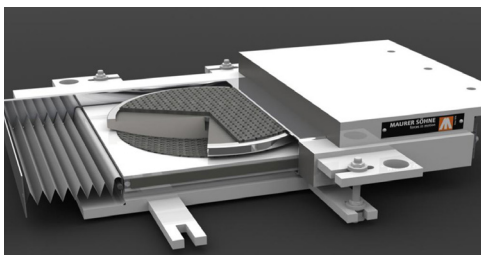
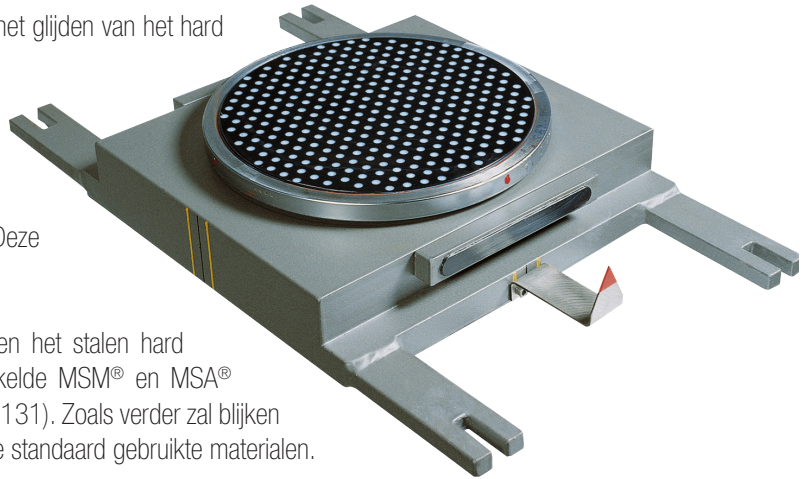
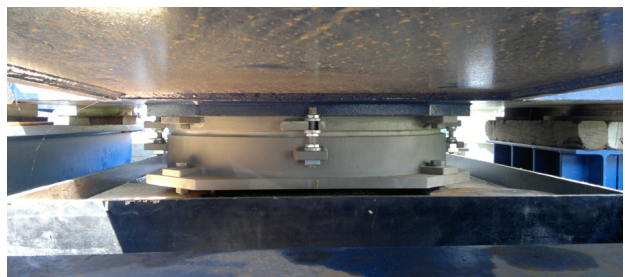


Fig. 3:  
SFERISCHE OPLEGGING



# MSM<sup>®</sup>

## Maurer Sliding Material



In sferische opleggingen met MSM<sup>®</sup> is het klassieke PTFE vervangen door het superieure MSM<sup>®</sup> (MAURER Sliding Material). De drukweerstand is dubbel zo groot als die van PTFE. Daardoor kunnen de afmetingen worden beperkt en zijn sferische opleggingen met MSM<sup>®</sup> vaak goedkoper dan de klassieke bolvormige opleggingen met PTFE. Door die kleinere afmetingen ontstaat een grotere ontwerpvrijheid en worden slankere constructies mogelijk met opnieuw besparingen op materiaalkosten.

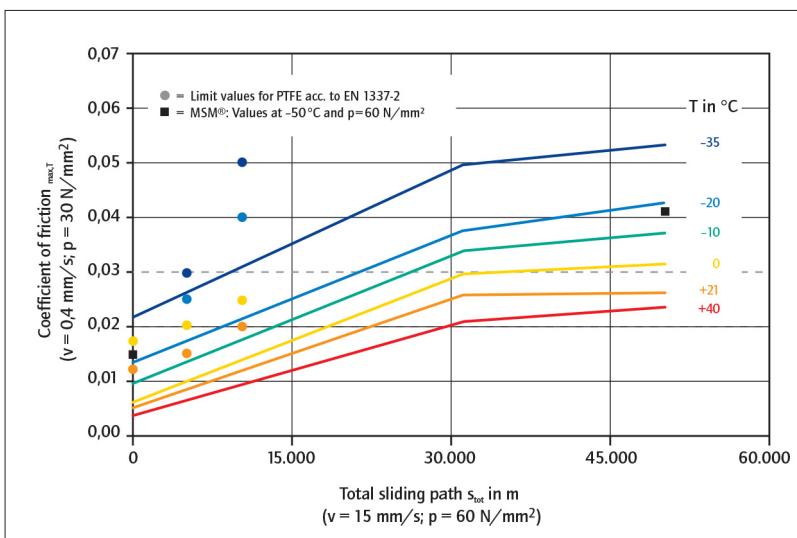
Daar deze opleggingen kleinere afmetingen hebben, zal er een hogere contactdruk optreden op de onder- en bovenbouw. Bij nieuwe kunstwerken kan hier simpel rekening mee gehouden worden door te kiezen voor een geschikte staalkwaliteit en beton met een hoge sterkteklasse (vb: C35/45).

Bij bestaande kunstwerken kan gebruik gemaakt worden van stalen verdeelplaten, grouting met hoge sterkte of het bijplaatsen van speciale wapening om de hogere contactdruk en de lagere bestaande betonkwaliteit te compenseren.

Vervolgens is dit materiaal bestand tegen temperaturen tot 70°C, terwijl PTFE reeds beperkingen heeft bij temperaturen hoger dan 30°C.

De weerstand tegen slijtage is veel groter dan bij PTFE zodat de levensduur ook aanzienlijk toeneemt (40 keer deze van PTFE). Hierdoor wordt een veel lagere onderhoudskosten bekomen. Er wordt aangenomen dat de levensduur van sferische oplegtoestellen minstens 50 jaar bedraagt, wat gelijkstaat met de levensduur van het kunstwerk zelf. Bovendien blijven deze superieure eigenschappen gelden bij zeer lage temperaturen. Dit MSM<sup>®</sup> is conform aan de Europees Technische Goedkeuring, ETA 06/0131.

In de onderstaande figuur (Fig. 4) wordt de langere levensduur weergegeven in functie van de totale geteste glijafstand en de wrijvingscoëfficiënt. De wrijvingscoëfficiënten van MSM<sup>®</sup> blijven onder de in EN 1337-2 gedefinieerde limieten voor PTFE. Pas na een gecumuleerde afgelegde afstand van 50 km wordt de voor PTFE relevante waarde (na 10km) overschreden. Men kan hier zien dat PTFE het bij verschillende temperaturen steeds veel sneller begeeft in vergelijking tot MSM<sup>®</sup>. In deze test is de geaccumuleerde glijdende verplaatsing uitgevoerd bij kamertemperatuur en met een gemiddelde contactdruk van 60 N/mm<sup>2</sup> alsmede een constante glijnsnelheid van 15 mm/s (het PTFE is beproefd volgens EN 1337-2 met een contactdruk van 30 N/mm<sup>2</sup> en een glijnsnelheid van 2 mm/s).



is beproefd volgens EN 1337-2 met een contactdruk van 30 N/mm<sup>2</sup> en een glijnsnelheid van 2 mm/s).

Als aanvulling op bovenstaande grafiek, wordt er in Fig. 5 (zie volgende pagina) vergeleken hoe het MSM<sup>®</sup> materiaal en PTFE er uit ziet na bovenstaande testen.

Fig. 4: MSM<sup>®</sup> materiaal bij lange termijn testen

Fig. 5:

Links ziet u het MSM® na afloop van de 50km test. Er zijn kleine krassen waar te nemen, maar geen slijtage. Rechts ziet u het PTFE na afloop van de 10km test. Hier is duidelijke slijtage en aantasting van het materiaal waar te nemen.

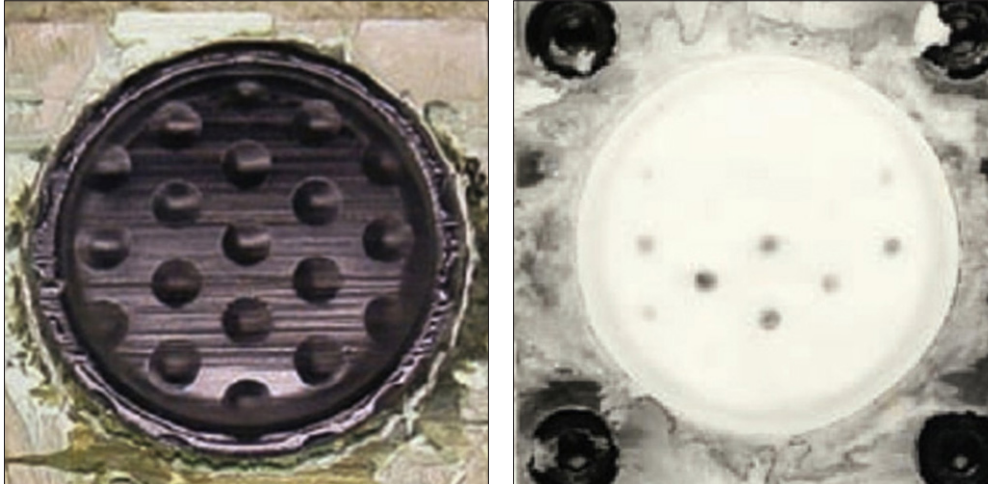
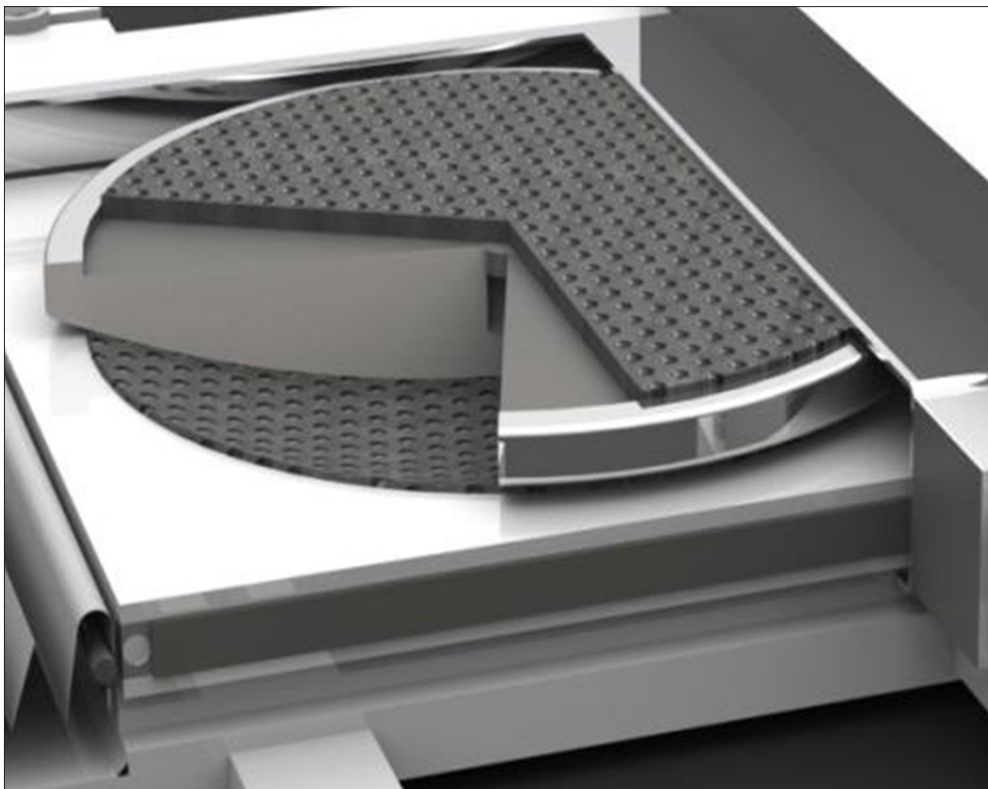


Fig. 6:

Een doorsnede van een sferische oplegging met MSM® (zwart) in combinatie met de calotte (sfeer) uit MSA®





**MSA®**

## Maurer Sliding Alloy

---

Dit is de laatste innovatie van Maurer om de corrosie aan de binnenkant van een sferische oplegging tegen te gaan. De sfeer (ook calotte genoemd) is het gedeelte binnenin de oplegging die rotatie mogelijk maakt. In combinatie met het hierboven reeds besproken MSM® maakt dit MSA® een gegarandeerde levensduur (en dus onderhoudsvrij) van de sferische oplegging van 50 jaar waar. Er kan ook geen corrosie optreden binnenin de oplegging (zelfs niet in de meest agressieve omgevingen) en de wrijvingscoëfficiënt tussen de beide materialen bedraagt minder dan 1% bij omgevingstemperatuur.

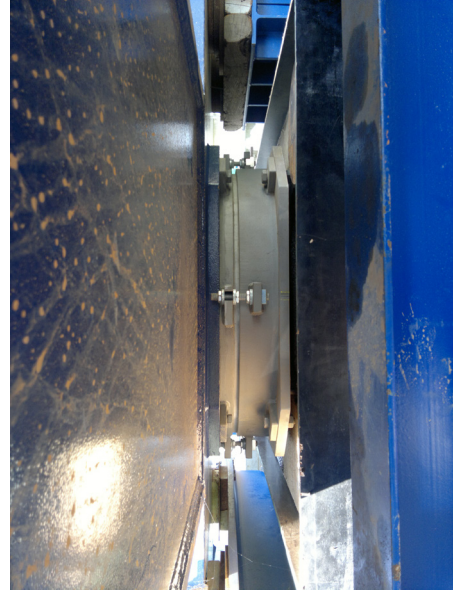
 **MAURER**

*Fig. 7: Calotte gemaakt uit MSA®. De glanzende kleur is het resultaat van een speciale oppervlakte behandeling.*

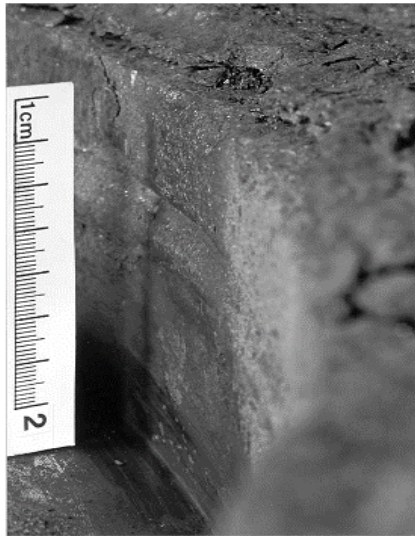
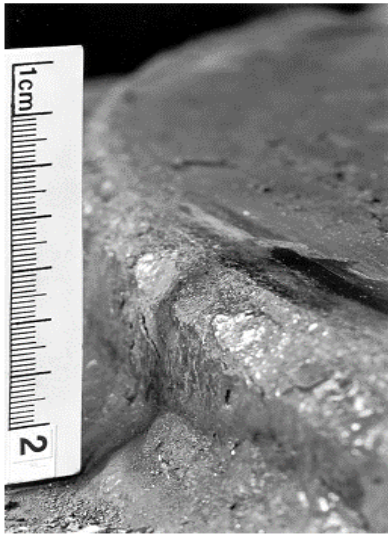
	<b>Potoplegging</b>	<b>Sferische oplegging met MSM®</b>	<b>Norm</b>
Neopreendichting potoplegging	<p>Het cruciale onderdeel naar levensduur toe bij potopleggingen is de afdichting van het neopreenkussen bij optredende rotaties. De experimenteel bepaalde levensduur van messingafdichtingen bedraagt 1 km glijweg, voor POM afdichtingen of PTFE bedraagt deze glijweg 2 km. Bij overschrijding van deze glijweg is de afdichting versleten. Door slijtage aan de bodem van de pot, afkomstig van steeds terugkerende rotaties (tengevolge van het verkeer), is de rotatie beperkt tot 5 mrad. Bij grotere rotaties zal hier een snellere slijtage optreden.</p>	<p>Sferische opleggingen hebben geen enkele afdichting nodig. Er wordt namelijk hetzelfde materiaal gebruikt voor het glijden en voor het roteren, namelijk MSM®. MSM® heeft een experimenteel bepaalde glijweg van 50 km zonder merkbare aantastingen. Hierdoor is de levensduur van deze opleggingen aanzienlijk hoger (25 maal) in vergelijking met potopleggingen.</p>	<p>“Testen uitgevoerd door MPA Stuttgart en het verkrijgen van de “”Europese technische goedkeuring - ETA 06/131: voor sferische Lagere met MSM®”” . EN 1337-2 / EN 1337-5”</p>
Parasitaire krachten	<p>Wanneer het elastomeerkussen door de rotatie van het kunstwerk vervormt, werkt dit als een veer en wilt deze steeds terug naar zijn evenwichtstoestand gaan. Deze rotatie wordt door het elastomeerkussen opgenomen. Dit terugstelmoment treedt op zolang de oplegging verdraaid is. De grootte van het terugstelmoment is een indicatie voor de slijtage van het glijdingsmateriaal in het randgebied. Het gevaar voor het optreden van de zogenaamde “klappende voeg” is bij deze opleggingen extreem hoog en moet in dit geval statisch onderzocht worden om beschadiging aan het PTFE glijdingsmateriaal te voorkomen.</p>	<p>“Bij sferische opleggingen komen geen parasitaire krachten voor. Zij ondervinden bij rotatie enkel een moment die door het bovenste glijdingsmateriaal opgenomen zal worden. Bij een verhouding R/D = 1,3 en een verticale kracht van 10000 kN is dit terugstelmoment: <math>M = V \times \mu \times R = 10.000 \times 0,02 \times 500</math>  <math>M = 1,0 \times E5 \text{ Nmm}</math>. Het verschijnsel van de “”klappende voeg”” treedt bij deze opleggingen niet op. Het wrijvingsmateriaal wordt door deze rotatie niet zwaarder belast wat een langere levensduur tot gevolg heeft.”</p>	<p>De “Europese technische goedkeuring - ETA 06/131 voor sferische Lagere met MSM®” . EN 1337-2 / EN 1337-5</p>



<p>Optredende wrijvingskrachten</p>	<p>De maximale druk is beperkt tot 30 N/mm<sup>2</sup>. Hiermee wordt de resulterende wrijvingskracht bepaald. Voor PTFE resulteerd dit in een wrijvingscoëfficiënt van <math>\mu=1,2/(10+\sigma_m)</math>, <math>\mu=1,2/(10+30) = 0,03</math>. De resulterende wrijvingskrachten moeten in de vaste structuur opgenomen worden.</p>	<p>Met MSM® en onder de toegelaten druk (max. 60N/mm<sup>2</sup>), bekomt men de wrijvingskrachten door het toepassen van volgende formule: <math>\mu=1,6/(15+\sigma_m)&gt;0,2</math> en dus <math>\mu = 0,02</math>. Hierdoor zijn de horziontale krachten die optreden tengevolge van wrijving minstens 30% kleiner in vergelijking met potopleggingen.</p>	<p>De "Europese technische goedkeuring - ETA 06/131: voor sferische Lagers met MSM®". EN 1337-2 / EN 1337-5</p>
<p>Levensduur</p>	<p>Om bovengenoemde redenen zal de vervanging van potopleggingen na 20-25 jaar voorzien moeten worden.</p>	<p>Door de hoge slijtvastheid van MSM® (zowel in de vlakke glijdingsdelen als ter hoogte van de sfeer) zal de levensduur van sferische opleggingen gelijk gesteld worden aan de levensduur van het kunstwerk/brug zelf.</p>	<p>"De "Europese technische goedkeuring - ETA 06/131: Sferische Lagers met MSM®"".</p>
<p>Inspectiemogelijkheden</p>	<p>Daar een niet-destructieve inspectie van het elastomeer kussen niet uitvoerbaar is, zijn periodische inspecties niet mogelijk. Alleen door het meten van de kloven in de neopreen kan een vermoedelijke toestand van de oplegging gemaakt worden. Een slijtage voorspelling is niet mogelijk.</p>	<p>De toestand van de vlakke en gebogen glijvlakken kunnen van buitenaf beoordeeld en geëvalueerd worden. Hierdoor kan een duidelijke analyse en een slijtage voorspelling gemaakt worden.</p>	



Schade bij potopleggingen die kunnen vermeden worden bij het gebruik van sferische opleggingen:



#### SCHADEGEVAL 1:

Versleten dichting in de potwand als gevolg van overmatige verkeersbelasting (slijtage).

Door deze slijtage van de afdichting/potwand (lek) resulteert dit in corrosie ter hoogte van de pot.


#### SCHADEGEVAL 2:

Het vloeien van het elastomeerkussen te wijten aan de hoge rotaties.



Bijlage:  
mail van D.B. (Deutsche Bundesbahn)  
aan Dr.-Ing. Braun.

pagina 1

	<b>Eisenbahn-Bundesamt</b>	<b>Zentrale, Büro München</b> Referat 21 Arnulfstraße 9/11 80335 München
<b>Eisenbahn-Bundesamt, Postfach 28 61, 53018 Bonn</b>		Bearbeitung: M. Fiedler Telefon: 089 / 54856 - 552 Telefax: 089 / 54856 - 9 552 089 / 54856 - 599 e-Mail: fiedlerm@eba.bund.de Ref21@eba.bund.de internet: www.eba.bund.de Datum: 04.06.2008
<b>Herr Dr.-Ing. Braun</b> c/o Maurer Söhne GmbH & Co. KG Frankfurter Ring 193 80807 München		Geschäftszeichen (bitte im Schriftverkehr immer angeben) 2152-21irsdb/008-2103#004
Betreff: Ihre E-Mail vom 03.06.2008 Bezug: <b>Verwendung von Lagern im Eisenbahnbrückenbau im Bereich der Eisenbahnen des Bundes</b> Anlagen: 1. Tabellarische Übersicht anzuwendender Regeln		VMS-Nummer:
<p>Sehr geehrter Herr Dr.-Ing. Braun,</p> <p>auf Ihre Frage, welche Lagertypen als Regelbauarten im Bereich der Eisenbahnen des Bundes auch zukünftig Verwendung finden, möchte ich wie folgt antworten.</p> <p>Im Zuge der Umstellung der Normenreihe DIN 4141 auf die der DIN EN 1337 wurden die einzelnen Niederlassungen der DB ProjektBau GmbH gebeten, die Häufigkeit der verwendeten Lagertypen anzugeben.</p> <p>Aufgrund der sehr seltenen Verwendung von Topflagerkonstruktionen wurden Elastomer- und Kalottenlager als Regelbauarten festgelegt.</p> <p>Werden Elastomer- oder Kalottenlager geplant, sind die in Anlage 1 aufgeführten Normen und Regelwerke anzuwenden. Des Weiteren sind die eisenbahnspezifischen Ergänzungen zur Normenreihe DIN EN 1337 gemäß Schreiben vom 14.05.2008 – 21.50-21irsdb/008-2103#004-Lager für Eisenbahnbrücken – zu beachten.</p>		
Hausanschrift: Vorgebirgsstraße 49, 53119 Bonn Tel.-Nr.: +49 (02 28) 98 26-0 Fax-Nr.: +49 (02 28) 98 26-1 99 ÖPNV: Stadtbahnlinien 16, 18, 63, 68, Haltestelle Bonn-West: von dort ca. 5 Min durch die Ellerstraße	Überweisungen an Bundeskasse Trier Deutsche Bundesbank, Filiale Saarbrücken BLZ: 590 000 00 IBAN: DE 81 5900 0000 0059 0010 20	Konto-Nr.: 590 010 20 BIC: MARKDEF1590

pagina 2

Seite 2 von 2	des Schreibens 2152-21irsdb/008-2103#004	vom 04.06.2008
<p>Die Bemessung erfolgt generell nach der Normenreihe DIN EN 1337 bzw. bei Kalottenlagern mit besonderem Gleitwerkstoff nach entsprechender Europäischer Technischer Zulassung (siehe Anlage 1).</p> <p>Die relativ seltene Verwendung von Topflagern bedarf einer Zustimmung im Einzelfall und soll aus Erhaltungsgründen vermieden werden.</p> <p>Für Rückfragen stehe ich Ihnen zur Verfügung.</p> <p>Mit freundlichen Grüßen</p> 