

Berger/Kiefer (Hrsg.)

# **DICHTUNGS TECHNIK**

**JAHRBUCH 2017**

**ISGATEC®**

# Statische Dichtungen/ Formteile/Profile



>> Berger S2B® – über 85 Jahre Erfahrung in der Elastomer- und Dichtungstechnik.  
Technische Lösungen und Dienstleistungen für OEMs.

# Stichwort EMV: Mehr als dicht!

**Dichtigkeit gegenüber Wasser und anderen Umwelteinflüssen ist das Eine, Dichtigkeit gegen elektromagnetische Störungen noch einmal etwas ganz anderes. Und das nicht nur, weil EMV-Schutz in beide Richtungen wirken muss: von Außen nach Innen und von Innen nach Außen.**

Die Europäische EMV-Richtlinie definiert elektromagnetische Verträglichkeit als „die Fähigkeit eines Apparates, einer Anlage oder eines Systems, in der elektromagnetischen Umwelt zufriedenstellend zu arbeiten, ohne dabei selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für die in dieser Umwelt vorhandenen Apparate, Anlagen oder Systeme unannehmbar wären“. Im Prinzip geht es bei EMV also um drei Themen:

- die Beeinflussung einer Einrichtung durch die Umwelt,
- die Beeinflussung der Umwelt durch die Einrichtung,
- die gegenseitige Beeinflussung von Komponenten innerhalb der Einrichtung.

Hierbei sind Einwirkungen durch elektrische oder magnetische Felder, Einwirkungen durch elektromagnetische Wellen sowie leitungsgebundene Einwirkungen zu unterscheiden. Außerdem sind je nach Einsatzgebiet u.U. weitere umfangreiche Normen und Vorschriften zu beachten. Die aktuellen Trends zu immer mehr drahtloser Kommunikation, weiter fortschreitender Miniaturisierung sowie Digitalisierung bei immer höheren Taktraten verschärfen die Problematik.

## **Grundsätzliche Schutzmaßnahmen**

Die gängigste und wirkungsvollste Maßnahme gegen elektromagnetische Beeinflussung ist ein Faradayscher Käfig. Dies wird am einfachsten durch ein Gehäuse aus Metall realisiert. Wo ein Kunststoffgehäuse verwendet wird, kann dieses mit Metallfolie beklebt, leitfähig lackiert oder metallisch beschichtet werden. Sofern die Frequenzen hinreichend hoch sind (Eindringtiefe!), reicht eine dünne elektrisch leitfähige Schicht aus. Leider nimmt mit steigender Frequenz aber auch der Einfluss von Öffnungen, Ritzen und Spalten zu. Das hat zur Folge, dass die „Dichtigkeit“ des Faradayschen Käfigs immer wichtiger wird. Blechstöße, Türen, Steckverbindungen, Anzeigen etc. müssen also zwingend abgedichtet werden.

In speziellen Fällen wird eine zumindest teilweise Absorption der HF-Energie gefordert (im Gegensatz zur Reflexion durch metallische Abschirmung). Hierfür kommen spezielle Polymere oder Silikone mit entsprechenden Beimischungen zum Einsatz. Diese Spezialmaterialien können durch weitere Zusätze z.B. auch mit einer Wärmeleitung versehen werden.

EMV-Dichtungen decken Öffnungen und Spalte geometrisch ab, gleichen Toleranzen aus und stellen eine direkte elektrische Verbindung der offenen Kanten sicher. Dies geschieht häufig in Kombination mit einem IP-Schutz gegen das Eindringen von Flüssigkeiten und Fremdkörpern. Hierfür und zur Verbesserung der Elastizität werden i.d.R. Elastomere wie Neopren, EPDM, Silikon oder Fluorsilikon eingesetzt. Übliche Bauformen sind, neben den bekannten Fingerstreifen aus Kupfer-Beryllium, Schnüre mit einer Vielzahl möglicher Profile, Flachdichtungen, und speziell geformte dreidimensionale Strukturen.

Die Leitfähigkeit kann durch metallische Drähte, Folien oder metallisierte Textilien gewährleistet werden. Eine weitere Möglichkeit ist die Füllung des Elastomers mit leitfähigen Partikeln. Unterschieden werden diese Dichtungen auch nach ihrem Einsatzzweck. So muss eine Türdichtung für häufiges Öffnen ganz anders ausgelegt werden als eine Gehäusedichtung zum einmaligen Verschließen.

### **Abschirmung von Gehäuseöffnungen**

Ein häufiger Grund für Öffnungen in einem Gehäuse sind optische Anzeigen. Hierfür stehen geschirmte Fenster oder Folien zur Verfügung, die mit einem metallischen Gitternetz oder einer leitfähigen Beschichtung ausgerüstet sind. Bei gepixelten Anzeigen wie TFT-Bildschirmen werden bevorzugt beschichtete Lösungen eingesetzt, um eine optische Interferenz (Moire-Effekt) zu vermeiden. Zusätzlich können optische Funktionen wie verschiedenste Filter und Entspiegelung integriert werden. Belüftungsöffnungen werden normalerweise mit Honigwabengittern abgeschirmt. Für Steckverbinder stehen spezielle Steckerdichtungen zur Verfügung.

### **Elektrochemische Verträglichkeit**

Wenn unterschiedliche Materialien in Berührung kommen, die elektrisch leitfähig sind, so bildet sich aufgrund der Potenzialunterschiede eine elektrische Spannung aus. Tritt nun ein Elektrolyt hinzu, z.B. Feuchtigkeit in Kombination mit einer Verunreinigung, so entsteht im Prinzip eine kurzgeschlossene Batterie. Die Folge ist Korrosion, die sich umso schwerwiegender auswirkt, je größer diese

Group	Metallurgical Category	EMF (Volt)	Graphite	Silver Glass	Silver Aluminium	Nickel	Monel	Stainless Steel	Copper beryllium	Tinned CuBe	Tinplate copper clad steel	Aluminium	
1	Gold, Platinum	0,15	0,10	0,15	0,15	0,30	0,30	0,35	0,35	0,65	0,65	0,90	Cathodic or most noble
2	Graphite	0,05	0,00	0,05	0,05	0,20	0,20	0,25	0,25	0,55	0,55	0,80	
3	Silver	0,00	0,05	0,00	0,00	0,15	0,15	0,20	0,20	0,50	0,50	0,75	
4	Nickel, Monel	-0,15	0,20	0,15	0,15	0,00	0,00	0,05	0,05	0,35	0,35	0,60	
5	Copper, Low Brass, Bronze Stainless Steel	-0,20	0,25	0,20	0,20	0,05	0,05	0,00	0,00	0,30	0,30	0,55	
6	Naval Brass	-0,30	0,35	0,30	0,30	0,15	0,15	0,10	0,10	0,20	0,20	0,45	Direction of corrosion
7	18% Chromium Steel	-0,35	0,40	0,35	0,35	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,40	
8	Chromium, 12% Chromium steels	-0,45	0,50	0,45	0,45	0,30	0,30	0,25	0,25	0,05	0,05	0,30	
9	Tin-Plate, Tin-Lead Solders	-0,50	0,55	0,50	0,50	0,35	0,35	0,30	0,30	0,00	0,00	0,25	Anodic or least noble
10	Lead	-0,55	0,60	0,50	0,55	0,40	0,40	0,35	0,35	0,05	0,05	0,20	
11	Duralumin Allays	-0,60	0,65	0,60	0,60	0,45	0,45	0,40	0,40	0,10	0,10	0,15	
12	Iron, Low Alloy steels	-0,70	0,75	0,70	0,70	0,55	0,55	0,50	0,50	0,20	0,20	0,05	
13	Aluminium alloys	-0,75	0,80	0,75	0,75	0,60	0,60	0,55	0,55	0,25	0,25	0,00	
14	Cadmium	-0,80	0,85	0,80	0,80	0,65	0,65	0,60	0,60	0,30	0,30	0,05	Anodic or least noble
15	Galvanized Steel	-1,05	1,05	1,05	1,05	0,90	0,90	0,85	0,85	0,55	0,55	0,30	
16	Zinc	-1,10	1,10	1,10	1,10	0,95	0,95	0,90	0,90	0,65	0,60	0,35	
17	Magnesium	-1,60	1,60	1,60	1,60	1,45	1,45	1,40	1,40	1,10	1,10	0,85	

 Suitable for maritime environments or harsh conditions

 Suitable for wet, non-saline conditions

 Suitable for dry, indoor conditions

 Galvanic mismatch, corrosion may occur

#### >>1: Galvanische Verträglichkeit verschiedener Materialien

Potentialunterschiede sind. In der Praxis ist es daher wichtig, das Dichtungsmaterial auf die Kontaktmaterialien abzustimmen. >>1 zeigt die galvanische Verträglichkeit einiger üblicher Materialien.

### Typische Beispiele aus der Praxis

Der Markt bietet ein ganzes Universum an unterschiedlichen EMV-Dichtungen an. Die „klassische Form“ einer EMV-Dichtung ist ein Gestrück aus dünnen Metalldrähten, ggf. auch in Verbindung mit einem Elastomerkern zur Verbesserung



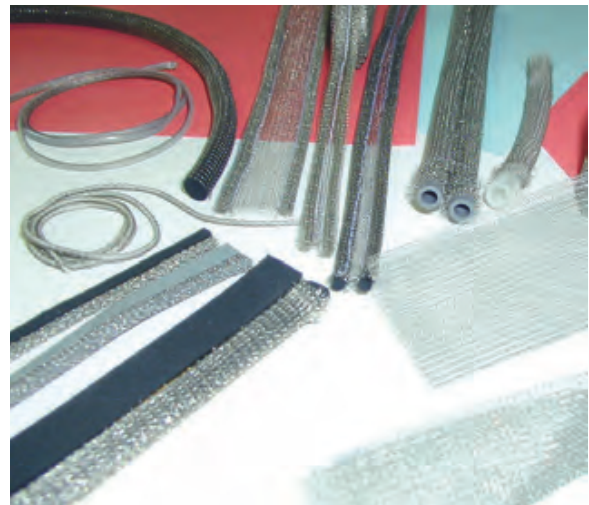
der Flexibilität, oder kombiniert mit einer „normalen“ Umweltdichtung. Einige Beispiele sind in >>2 zu sehen.

Eine moderne Kombi-Dichtung zeigt >>3: Zwei Lippen aus EPDM, von denen eine mit einem leitfähigen Textil umhüllt wird. Die äußere Lippe ist die Umweltdichtung. Die innere ist durch einen robusten und gut leitfähigen Textilmantel mit der Aufsteckkante elektrisch verbunden und stellt die EMV-Dichtung dar. Der EPDM-Kern kann – auch im 90°-Winkel – vulkanisiert werden. Hierdurch werden sehr robuste Rahmendichtungen nach Kundenzeichnung möglich, wie Sie z.B. von führenden Eisenbahnherstellern für ihre Funktionsmodule im Außenbereich verwendet werden.

Dass es auch wesentlich kleiner geht, zeigt >>4: Sie zeigt eine EMV-Dichtung aus leitfähigem Textil auf einem sehr weichen Kern aus PU-Schaum, kombiniert mit einem geschlossenzelligen Neoprenschaum als Umweltdichtung. Dieser ist mit einem Klebestreifen zur vereinfachten Montage versehen.

### 3D-Formdichtungen aus leitfähigen Elastomeren

Für kombinierte EMV- und Umwelt(IP)-Anforderungen mit geringen Abmessungen haben sich mittlerweile kundenspezifisch geformte Dichtungen aus Silikon oder Fluor-Silikon durchgesetzt. Insbesondere Fluorsilikone zeichnen sich durch eine sehr hohe Beständigkeit gegen chemische und physikalische Einflüsse aus. Sie sind das Mittel der Wahl, wenn es um Anwendungen geht, bei denen



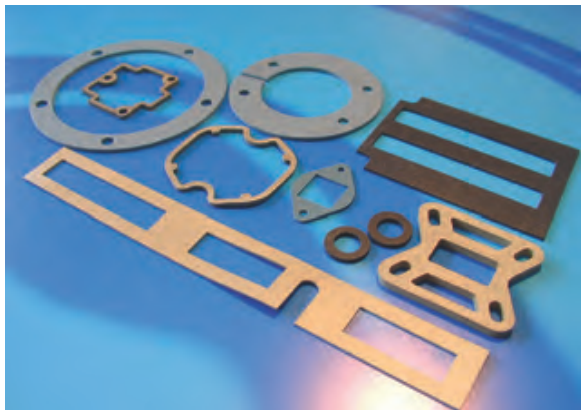
>>2: EMV-Dichtungen mit Metallgestrick



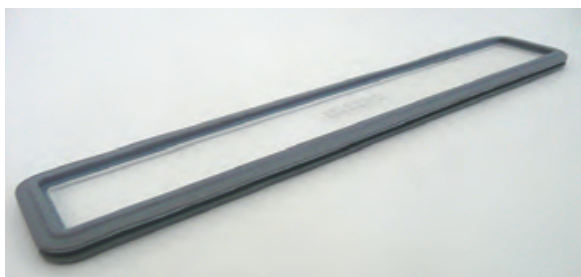
>>3: Kombi-Dichtung mit leitfähigem Textil zum Aufstecken



>>4: Miniatur-Kombi-Dichtung



&gt;&gt;5: Elastomer-Flachdichtungen



&gt;&gt;6: 3D-EMV-IP-Dichtung



&gt;&gt;7: Kombi-Dichtung als 3D-Formteil aus Fluorsilikon

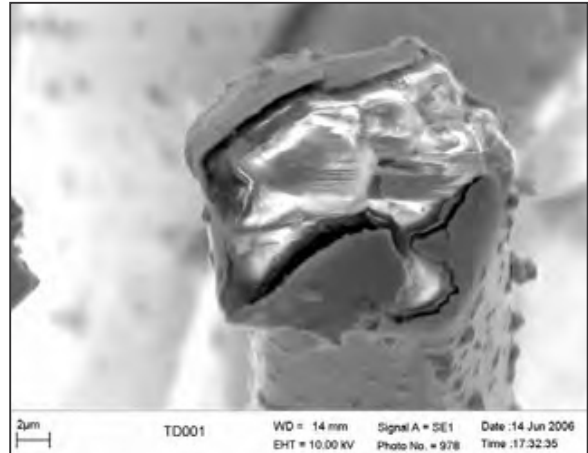
z.B. Kraft- und Schmierstoffe eine Rolle spielen. EPDM (Ethylen, Propylen, Dien, Methylen) ist ein weiteres bekanntes Dichtungsmaterial mit sehr guten Dichtungseigenschaften und einer hervorragenden Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse, UV-Licht und Ozon. Darüber hinaus ist es unempfindlich gegen viele Chemikalien und gilt als „chemisch hart“ im Bereich des ABC-Schutzes, da es praktisch keine Agentien anlagert oder aufnimmt. Es ist damit auch für Anwendungen in den Bereichen Chemie, Pharmazie, Medizin und Nahrungsmittel bestens geeignet. >>5 zeigt einige typische Elastomer-Flachdichtungen.

Zum Erreichen der geforderten elektrischen Leitfähigkeit wird häufig Nickel-Grafit eingesetzt. Es verfügt über eine hervorragende elektrochemische Verträglichkeit mit fast allen Kontaktmaterialien und eine exzellente Langzeitstabilität. Damit kann die ursprüngliche Abschirmwirkung des Gesamtsystems auch noch nach vielen Jahren intensiven Einsatzes unter härtesten Bedingungen (Salzsprühnebel) garantiert werden. Wesentlich billiger und umweltstabiler als herkömmliche sil-

berbasierte Metallfüllungen, ist die etwas geringere elektrische Leitfähigkeit für die meisten Anwendungen völlig ausreichend. Aber es gibt natürlich auch Anwendungen, bei denen die hohe Leitfähigkeit von silberbasierten Werkstoffen unverzichtbar ist.

Für die geometrische Formgebung stehen neben den klassischen Verfahren Extrudieren und Stanzen auch Schneiden aus der Platte (mit Wasser, Laser oder

Plotter) und Gießen in die Form zur Verfügung. Auf diese Weise wird die Dichtung in drei Dimensionen frei gestaltbar und in vielen Fällen sinkt auch noch der Materialbedarf. >>6 zeigt ein Beispiel, welches im Antriebsstrang eines aktuellen Elektrofahrzeugs eines führenden deutschen Herstellers verbaut wird.



>>8: Feinstruktur einer metallisierten Textilfaser

Ein weiteres Beispiel ist in >>7 zu sehen. Bei der hier gegebenen Anwendung aus dem Industriebereich sind volle Umweltdichtigkeit sowie höchste EMV-Abschirmung gefordert. Die Umgebung ist dabei durch extreme Temperaturbedingungen und aggressive Chemikalien gekennzeichnet. Nach monatelanger Suche und Bewertung durch den Kunden konnte schließlich ein spezielles Fluorsilikon gefunden werden, das alle Anforderungen erfüllt. Durch eine Füllung auf Silberbasis konnte auch den HF-Anforderungen entsprochen werden.

Im Fertigungsprozess des Kunden wird die Dichtung auf ein Metallteil aufgebracht. Um zu verhindern, dass es sich im weiteren Verlauf wieder davon löst, sind an der Dichtung Noppen angebracht, die in entsprechende Vertiefungen des Metallteils greifen. Durch Abstimmung der Geometrien wurde eine hochgenaue Passung erreicht, die für eine reibungslose Großserienfertigung sorgt. Hergestellt wird die Dichtung durch Gießen in eine Mehrfachform, wodurch auch die Wirtschaftlichkeitsanforderungen des Kunden erfüllt werden konnten.

### EMV-Abschirmung mit leitfähigen Textilien

Leitfähige Textilien haben viele Vorteile. Sie sind sehr leicht, sehr flexibel und dabei auch noch kostengünstig. Nachteilig waren bisher sowohl die geringe Dicke, die über die Eindringtiefe die Schirmwirkung bei tieferen Frequenzen begrenzt, als auch die relativ geringe Stabilität bei hohen thermischen, mechanischen und chemischen Belastungen.

Für all diese Probleme gibt es inzwischen recht zufriedenstellende Lösungen. Zum einen durch die Verwendung sehr robuster Basismaterialien wie z.B. Aramide. (Markennamen sind z.B. Nomex oder Kevlar.) Deren Temperaturbereich erstreckt sich bis jenseits von 350 °C bei gleichzeitig sehr hoher mechanischer



Data	Typical Values
Shore A (58–68 range)	65
Tensile psi (Report)	950
Elongation % (Report)	20
Tear „B“ ppi (35 min)	165
Specific Gravity (Report)	1,93
Thickness (0,028–0,035 inches)	0,032 inches
Volume Resistivity ohm / cm (Report)	0,007 ohm / cm
Compression Set % 70hrs 100C (Reprot)	25
Color	Dark Grey
Thermal Stability Range	-55 °C bis +200 °C

>>8: Typische Eigenschaften eines Silikon-Textil-Komposit-Werkstoffs

Stabilität. Zum anderen durch die Verwendung von reinem Nickel als korrosionsbeständiger Metallisierung und dessen stromloser Abscheidung. Letzteres reduziert die Abriebempfindlichkeit des Gewebes, da alle Fasern gleichmäßig von allen Seiten beschichtet werden. >>8 zeigt eine einzelne Faser nach Beschichtung und Herauslösung aus dem Gewebe unter dem Elektronen-Mikroskop.

Das Problem der Eindringtiefe kann durch die Verwendung von mehrlagigen Geweben oder dickeren Filzmaterialien gelöst werden. Eventuelle Brandschutz-Anforderungen sind zusätzlich durch eine entsprechende Beschichtung der Rückseite erfüllbar.

Versieht man das Gewebe mit einem metallisierten Reiß- oder Klettverschluss, entsteht eine einfach aufzubringende und auch wieder einfach zu lösende Abschirmung, z.B. für Kabel. Bei Bedarf können auch noch weitere Lagen aus anderen Materialien wie z.B. aus einer wasserdichten isolierenden Kunststoffolie hinzugefügt werden. Man kann das Gewebe oder den Filz z.B. auch auf eine Wand aufkleben und erhält so eine sehr einfache Abschirmung.

### Innovative Komposit-Lösungen

Eine neu-entwickelte Technologie erlaubt es, die Vorteile von Elastomeren und Textilien zu verbinden. Hierbei wird eine Lage leitfähigen Textils in eine dünne Platte, z.B. aus leitfähigem Silikon eingebettet. Durch die Verbindung eines mechanisch hochbelastbaren, elektrisch leitfähigen Textilwerkstoffs mit zwei konventionellen leitfähigen Silikonschichten entsteht ein Komposit-Material mit überragenden Eigenschaften. Zum einen verbessert das vollständig metallisierte Textil die elektrische Leitfähigkeit und damit die HF-Abschirmung erheblich –

und das bei wesentlich reduzierten Materialkosten. Zum anderen wirkt sich das sehr flexible und dabei extrem reißfeste Textilgewebe zusätzlich positiv auf die mechanischen Eigenschaften aus.

Das erste mit dieser Technologie serienmäßig hergestellte Material steht bereits für Produktionszwecke zur Verfügung. Es ist ein 0,8 mm dickes Hybrid-Komposit aus Silikon mit Nickel-Grafit-Füllung sowie einer leitfähigen Textillage als Verstärkung. Die elektrische Leitfähigkeit entspricht der eines sehr viel teureren Materials mit Füllung auf Silberbasis, und die mechanische Belastbarkeit ist deutlich höher als die vergleichbarer Flachdichtungen. >>9 zeigt die typischen Daten eines solchen Verbundwerkstoffs. Das neue Material bietet eine fast ideale Kombination aus besten Abschirmeigenschaften, höchster mechanischer Belastbarkeit, und chemischer Stabilität. Es empfiehlt sich für zahlreiche Anwendungen, z.B. in den Bereichen Industrie, Automobilbau, Elektromobilität und Kommunikationstechnik, aber auch im Militär- und Luftfahrtbereich.



>>10: Komposit-Bauteil aus leitfähigem Textil und Glasfaser mit Thermoplast  
(Bilder: Infracron GmbH)

Eine etwas abgewandelte Technologie ermöglicht es, leitfähige Textilien mit klassischen Thermoplasten zu verbinden. Auf diese Weise entstehen große und doch flexible Gehäuseteile wie z.B. Wände und Rohre, die extreme Robustheit mit geringstem Gewicht und hoher Abschirmwirkung verbinden. >>10 zeigt ein Beispiel. Die ersten derartigen Komponenten werden bereits serienmäßig im Luftfahrtbereich verbaut. Sie sind aber u.a. auch für den Bereich Elektromobilität sehr interessant.