

---

WHITE PAPER KABELSCHUTZ FÜR BAHNANWENDUNGEN

# 45 Jahre Erfahrung: PMA-Kabelschutzlösungen für Schienenfahrzeuge und die Bahn-Infrastruktur

## Kabelschutz und elektrische Installationen in der Bahnindustrie



— PMA liefert seit 45 Jahren Kabelschutzlösungen an Bahnunternehmen, unter anderem für die Jungfrau-Bahn in der Schweiz

PMA hat sich mit leistungsfähigen Produkten und bewährtem Service einen guten Namen als zuverlässiger Geschäftspartner und Anbieter hochwertigster Komponenten geschaffen. PMA-Kabelschutzlösungen werden von vielen Weltmarktführern im Bahnsektor eingesetzt, unter anderem von Alstom, Ansaldo Breda, BEMF, Bombardier, CAF, CRRC, Downer Rail, era-contact, Hitachi, ICF, Faiveley, Kawasaki, Koncar, Mitsubishi, PESA, RCF, Siemens, Solaris, Stadler, Talgo, Voith und Wabtec.

### Aktuelle Herausforderungen in der Bahnindustrie

Qualitäts- und Leistungsmerkmale werden von zahlreichen Faktoren – wie unter anderem Konstruktion, Werkstoffe, Produktionsanlagen und -verfahren – beeinflusst. Unsere Entwicklungsingenieure optimieren die Produkte kontinuierlich unter Berücksichtigung all dieser unterschiedlichen Faktoren, um die Produktlinien den wachsenden Anforderungen in Bahnanwendungen anzupassen. Für unsere Neuentwicklungen wurden sogar neue Produktionsverfahren genutzt: Beispielsweise

Seit Einführung der PMA-Produktlinie im Jahr 1975 beliefert das Unternehmen schwerpunktmäßig die Bahnindustrie mit Kabelschutzlösungen für fast alle Arten von Schienenfahrzeugen und für die Bahn-Infrastruktur. Seither konnten die PMA-Entwickler ihr Know-how und ihre Erfahrung mit zahllosen Projekten und Anwendungen weltweit unter Beweis stellen und erweitern.

wurde die Mehrkomponenten-Spritzgusstechnik für PMAFIX Pro Wellrohr-Anschlusselemente eingeführt und das variable Mehrschicht-Extrusionsverfahren für neue bahnspezifische Wellrohre entwickelt. Von Beginn an haben sich unsere Entwickler kontinuierlich auf die Formulierung optimaler Rohstoffmischungen konzentriert. Die von PMA entwickelten, individuellen Mischungen basieren auf Polyamid 6 oder 12, deren Eigenschaften durch Additive wie Flammschutz-, Fließ- und Schmiermittel, UV- und Hitzestabilisatoren, Schlagzähmodifikatoren und Farbzusätze modifiziert werden. Da sich die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Additiven nur schwer vorhersagen lassen, ist die Entwicklung neuer Materialmischungen ein zeitaufwändiger Prozess, der zahlreiche Tests und Prüfungen umfasst. Um im Bereich Werkstoffentwicklung stets auf dem neuesten Stand zu sein, pflegt PMA enge Beziehungen zu großen Rohstofflieferanten. Anders als andere Hersteller muss das Unternehmen daher selbst bei Materialengpässen im Markt keine Lieferengpässe fürchten. Aufgrund der strengen Brandschutzvorschriften in der Bahnindustrie ist die Optimierung von Rohstoffmischungen für diesen Einsatzbereich



—  
01 PMA kann speziell auf kundenspezifische Anforderungen abgestimmte Systemlösungen und Produkte entwickeln.

—  
02 PMA hat für seine bewährten Kabelschutzsysteme neuartige, innovative Brandabschottungslösungen nach EN 45545-3 entwickelt.

—  
03 Der PMAFIX Pro besteht aus einem Außenkörper und einem inneren Dichtelement. Das Dichtelement übernimmt dabei die Funktionen Dichtung und Verriegelung in einem und gewährleistet alle Schutzarten bis zu IP68 und IP69, selbst unter dauernder dynamischer Belastung.

besonders anspruchsvoll.

Die Sicherheit von Passagieren hat höchste Priorität. Daher dürfen im und am Zug nur Kunststoffe eingesetzt werden, die die einschlägigen internationalen Normen hinsichtlich Brandschutz, Rauchentwicklung und Toxizität erfüllen. Ein inhärenter Zielkonflikt zwischen Brandsicherheit und mechanischer Belastbarkeit der Materialien macht es umso schwieriger, die geeignete Materialzusammensetzung zu finden. Wenn ein Wellrohr zwar die Brandschutznormen erfüllt, aber nach kurzer Betriebszeit ausfällt, kann das teure Reparaturen und Außerbetriebnahmen der Schienenfahrzeuge nach sich ziehen. Das zeigt, wie wichtig der Einsatz hochwertiger, umfänglich geprüfter Werkstoffe ist. Ein Vorteil, den PMA seit Jahrzehnten bietet.

## Umfassende Kabelschutzlösungen für Bahn-Anwendungen

PMA gehört zu den Technologieführern für Kabelschutzsysteme für Schienenfahrzeuge und Bahn-Infrastruktur-Anwendungen. Unsere PMAFIX Pro Linie umfasst beispielsweise nach modernsten technischen Standards entwickelte Anschlusselemente für Wellrohre. Dank der Einsteckmontage lassen sich die Anschlusselemente mit einem hörbaren «Klick» einrasten – und damit schnell und fehlerfrei installieren. Das Herzstück, das PMAFIX Pro Verriegelungs- und Dichtelement, wird im Mehrkomponenten-Spritzgussverfahren hergestellt. Es sorgt für die gewünschte mechanische Stabilität, indem es das Wellrohr perfekt zentriert im Verschraubungskörper

verriegelt. Das weichere Dichtmaterial bietet, verglichen mit allen anderen im Markt verfügbaren Anschlusselementen, eine extrem lange Dichtfläche. Mit seiner Innenseite dichtet es zum Wellrohr ab, mit seiner Außenseite zum Außenkörper des Verschraubungskörpers.

## Neue, leistungsfähigere Mehrschicht-Wellrohrtechnologie

Die Mehrschicht-Wellrohrtechnologie von PMA ist für die verschiedenen Anwendungen in Schienenfahrzeugen und in der Bahninfrastruktur optimiert. Sie ist ein Alleinstellungsmerkmal im Markt. Diese



—  
02



—  
03



— Das modulare BGPM-Haltersystem für Wellrohre und Kabel ermöglicht höchste Flexibilität bei der Kombination von mehreren Wellrohren und/oder Kabeln in einem Element.

Technologie kombiniert die besten Eigenschaften unterschiedlicher Materialien, sodass die Wellrohre perfekt an die jeweiligen Spezifikationen angepasst werden können. Um diese Mehrschicht-Wellrohre produzieren zu können, hat PMA in neuartige Extrusionsanlagen investiert, die mehrere Extruder mit einem einzigen Corrugator kombiniert. Ein weiterer Beleg für die Technologieführerschaft von PMA im Bereich der Kabelschutzsysteme ist das neu eingeführte modulare BGPM-Haltersystem für Wellrohre und Kabel. Es bietet nicht nur höchste Flexibilität, da mehrere Wellrohre und/oder Kabel in einem Halterelement kombiniert werden können, sondern auch eine einfache und vielseitige Montage. Das System kann in einem Kabelbaum vor- oder direkt am Schienenfahrzeug montiert und anschließend mit Kabeln bestückt werden. Es ist das derzeit leichteste und kompakteste System seiner Art und ist nach den wichtigsten internationalen Brandschutznormen zertifiziert.

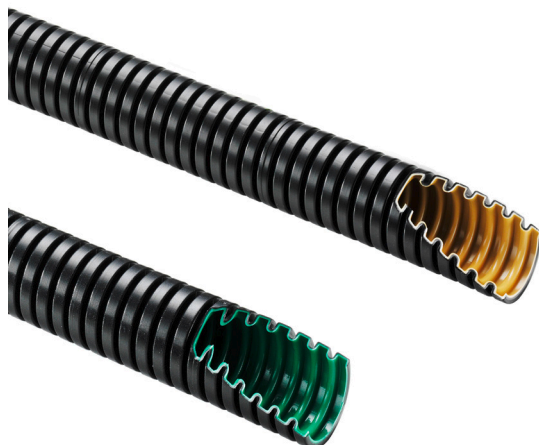
## Firmeneigene Prüf- und Testeinrichtungen

Prüf- und Testeinrichtungen sind wesentliche Voraussetzungen für das Erreichen und Sichern höchster Qualitätsanforderungen. Sie sind entscheidend für die Beurteilung möglicher neuer Werkstoffe, Verfahren und Konstruktionen sowie die Überprüfung neu entwickelter Produktdesigns - und

sie gewährleisten die Qualitätskontrolle in der Serienfertigung.

Im Werk in Uster (Schweiz) und an anderen ABB Standorten weltweit verfügt PMA über umfassende eigene Prüfeinrichtungen, sodass alle Produkte nach international anerkannten Standards getestet werden können. Für die von PMA entwickelten und produzierten Produkte sind vor allem die Normen IEC 61386 und UL1696 von Bedeutung. Sie schreiben verschiedenste Prüfungen vor, die sich unter anderem auf die mechanische Belastbarkeit, die Flexibilität, die zulässigen Betriebstemperaturen, den Eindringenschutz und die Alterungsbeständigkeit unter Temperatur- und UV-Belastung beziehen. In den internationalen Standards werden Tests auf spezifische Leistungsdaten hin gefordert. Zur Ermittlung der Leistungsgrenzen seiner Produkte geht PMA bei den Tests noch weit über diese Kenndaten hinaus. Im PMA-Labor werden beispielsweise komplexe Bewegungen, die bei spezifischen Anwendungen – etwa bei Wagenübergängen – auftreten können, mithilfe eines hochmodernen Roboters simuliert. PMA verfügt zudem über eigene Anlagen zur Messung des Sauerstoffindexes (LOI) von Werkstoffen. So können nicht nur mögliche neue Materialien getestet werden: Wir können auch feststellen, ob die Brandschutzzertifizierungen unserer Wettbewerber stichhaltig sind. Außerdem besitzt PMA ein FTIR-Spektrometer: Werden Kunststoffe infraroter Strahlung unterschiedlichster Frequenzen ausgesetzt, absorbieren sie einige Frequenzen stärker als andere. Die absorbierten Frequenzen entsprechen den Wellenlängen, bei denen die Moleküle des Materials in Schwingung versetzt werden (Resonanzfrequenzen). Mit dem FTIR-Spektrometer wird das jeweils spezifische Frequenzprofil eines Werkstoffs aufgezeichnet und für dessen Klassifizierung verwendet. Additive wie Flammschutzmittel erscheinen als «Spitzen» in der charakteristischen Kurve eines Werkstoffs. Mithilfe dieser Technologie können wir die im Markt eingesetzten Materialien mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit identifizieren. PMA hat sich darauf spezialisiert, nicht nur einzelne Elemente, sondern komplette Kabelschutzsysteme

— Die neuen Mehrschicht-Wellrohre für die Bahnindustrie sind speziell für die erhöhten Anforderungen in Bahnanwendungen optimiert.





Für die Erforschung und Entwicklung neuer Kabelschutzprodukte sind umfassende anwendungsbezogene Prüfungen unverzichtbar.

anzubieten. Beispielsweise die hochmodernen PMAFIX Pro Anschlusselemente für Bahnanwendungen im Außenbereich zeichnen sich durch ihre konkurrenzlos hohen Leistungsmerkmale aus. Sie erfüllen nicht nur die Schutzarten IP68 und IP69 nach EN 60529, sondern müssen auch unsere interne Dichtigkeitsprüfung unter dynamischen Bedingungen bestehen (PMA-Werknorm DO 9.21-4440). Bei diesem Test werden die Bewegungen von Wellrohr und Anschluss in echten Anwendungssituationen simuliert, um eine gleichbleibende Leistung zu gewährleisten. Dank ihrer einzigartigen Konstruktion verfügt unser Dichtelement über eine extrem lange Dichtfläche. Das Wellrohr kann sich durch seine spezielle mechanische Befestigung im Verschraubungskörper bewegen, ohne im Dichtungsbereich ovalisiert zu werden. Weitere Informationen finden Sie auf unserer Website, im neuen Bereich «Testmethoden».

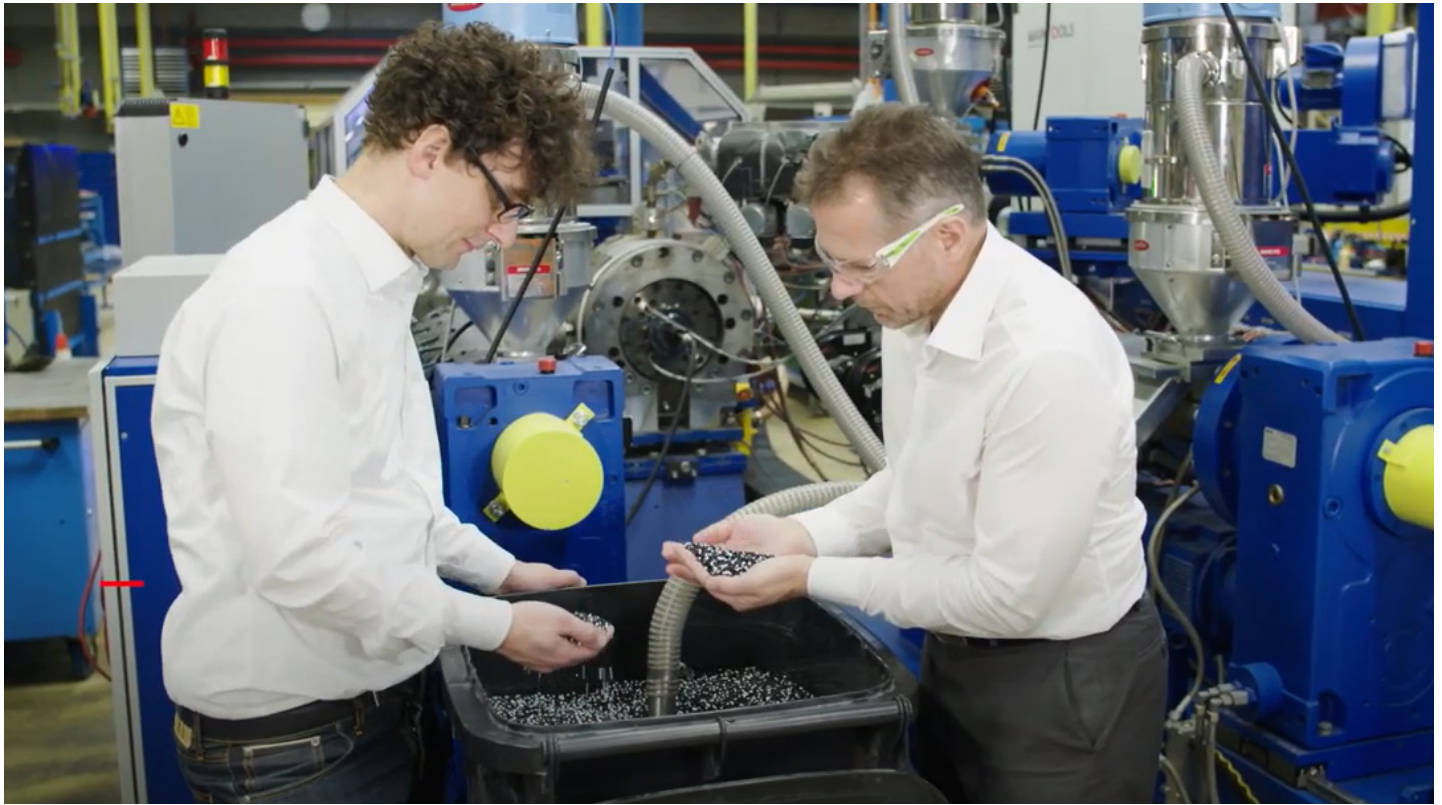
Mithilfe der FTIR-Spektroskopie kann PMA die in Kabelschutzprodukten eingesetzten Werkstoffe mit höchster Wahrscheinlichkeit identifizieren.



## Im Fokus: Kundenspezifische Lösungen

ABB legt seit jeher größten Wert auf Kundenservice. PMA informiert und berät die Kunden zu den anwendungsspezifischen Herausforderungen zur Erfüllung der relevanten Normen und Richtlinien und entwickelt spezifische Produkte für die Bedürfnisse der Bahnindustrie. In allen Projektphasen – von der Planung über die Realisierung bis zum Einsatz im Regelbetrieb – bietet PMA seinen Kunden einen aktiven, hochwertigen und effizienten Support. PMA ist weltweit mit lokalen Vertriebspartnern vertreten. Unsere Experten vermitteln ihr Wissen über unsere Produkte in der Landessprache, und unsere lokalen Lager sorgen für kurze Lieferfristen. Im Service für unsere Kunden aus dem Bahnsektor spielen anwendungs- und kundenspezifische Neuentwicklungen eine große Rolle. Wird eine individuelle Anforderung nicht durch unser Standard-Sortiment abgedeckt, entwickeln wir maßgeschneiderte Lösungen mit den erforderlichen Eigenschaften.

Bei der Entwicklung von Kabelschutzlösungen verfolgt PMA zudem seit je her einen systemorientierten Ansatz: Unsere Wellrohre, Anschlusselemente und Zubehörteile sind stets optimal aufeinander abgestimmt. Die Toleranzen der einzelnen Elemente sind so ausgelegt, dass sie eine einwandfreie Funktion gewährleisten. Die Maße der Wellrohre und Anschlusselemente müssen so aneinander angepasst werden, dass sie alle Anforderungen an die Systemdichtigkeit jederzeit erfüllen und eine zuverlässige Funktion sicherstellen. PMA-Haltersysteme sind so konstruiert, dass sie die Wellrohre axial sicher



— 40 Jahre Erfahrung in der Werkstofftechnik sind ein entscheidender Vorteil bei der Entwicklung neuer Kabelschutzprodukte mit verbesserten Leistungsmerkmalen.

fixieren, ihnen aber ausreichend Drehfreiheit geben, damit sich keine Torsionskräfte im System aufbauen können. Aus diesem Grund lehnt PMA auch jegliche Produkthaftung ab, wenn in den Anlagen PMA-Produkte mit Komponenten anderer Kabelschutzhersteller kombiniert werden.

## Mehr als 40 Jahre Erfahrung in der Werkstofftechnik

PMA besitzt mehr als vier Jahrzehnte Erfahrung in der Entwicklung von Polyamid-Wellrohren für die Bahnindustrie. Die Entwicklung unserer neuen Mehrschicht-Wellrohre für Bahn-Anwendungen gehören zu den schwierigsten Aufgaben, die unser Forschungs- und Entwicklungsteam bisher gemeistert hat. Auch die neusten PMA-Mehrschicht-Wellrohre zeichnen sich durch ausgezeichneten Brandschutz und mechanische Belastbarkeit bei gleichzeitig hoher Leistungsfähigkeit über den gesamten Produktlebenszyklus aus.

## Ein ausführlicher Exkurs über Extrusionsverfahren für Wellrohre

Zur Herstellung von Polyamid-Wellrohren werden in der Regel zwei Verfahren eingesetzt: die Überdruck- und die Vakuum-Extrusion. PMA wendet beide Verfahren in der Produktion seiner Wellrohre an.

### Überdruck-Extrusion

Der geschmolzene Kunststoff wird durch eine Extruderdüse in Schlauchform geblasen und dann von den Formbacken eines Corrugators umschlossen. Dort erhält das noch weiche

Kunststoffrohr durch Überdruck im Inneren seine typische Wellenform. Damit der Luftdruck im Inneren konstant bleibt, wird das Rohr mit einem Dichtstopfen verschlossen.

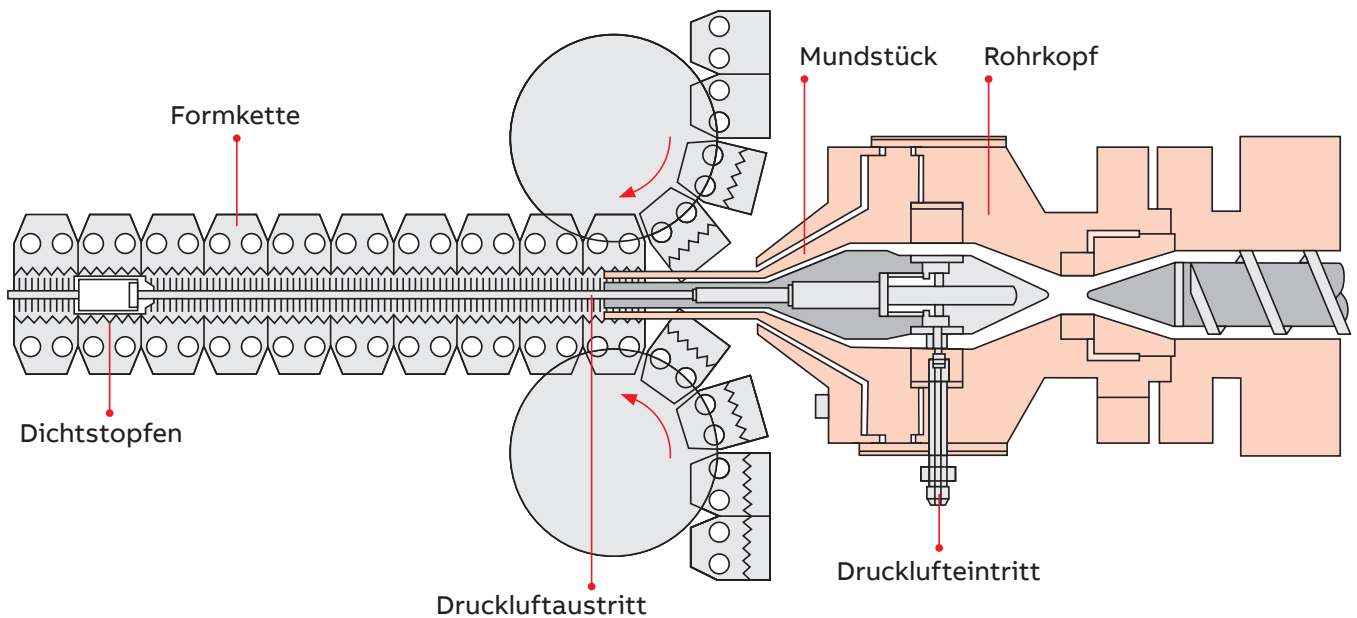
Bei dieser Art der Wellrohrherstellung werden somit zwei Verfahren kombiniert: Extrusion und Überdruckverfahren.

### Vakuum-Extrusion

Bei der Herstellung von vakuumextrudierten Wellrohren wird der in Schlauchform geblasene Kunststoff mittels Vakuumpumpe in den formgebenden Corrugator eingesaugt. Wenn sehr anspruchsvolle Werkstoffe verarbeitet werden müssen, können auch beide Verfahren kombiniert werden.

### Merkmale der Überdruck-Extrusion

- Geeignet für eine Vielzahl von Werkstoffen mit unterschiedlichster Viskosität und für Materialien mit einem hohen Anteil an Additiven wie Flammenschutz- oder Fließmittel
- Breitere Palette unterschiedlicher Werkstoffe mit schwankender Viskosität als bei der Vakuumextrusion verarbeitbar
- Konstante Wellrohrqualität über einen langen Zeitraum, lange Produktionsdurchläufe, da sich praktisch keine Ablagerungen ansammeln
- Glatte Rohraußenwände (ohne Vakuumschlitze), was für Dichtungssysteme wichtig sein kann
- Schwierige Anlaufphase aufgrund des Dichtstopfens, woran unterschiedliche Wellrohrgewichte, -wandstärken und -werkstoffe angepasst werden muss
- Bei großen Durchmesser, dickwandigen Rohren und hochviskosen Werkstoffen lassen sich im Corrugator nur schwer gleichmäßige Wandstärken erzielen



#### **Merkmale der Vakuumextrusion**

- Keine Anlaufschwierigkeiten in der Produktion, insbesondere bei niedrigviskosen und schnell auskristallisierenden Werkstoffen
- Höhere Produktionsgeschwindigkeiten durch schnellere und sauberere Formentnahme
- Schnellere Anpassung an neues Rohrgewicht (ohne Werkzeugwechsel)
- Besonders geeignet für große Rohrdurchmesser, gleichmäßiges Wellrohrprofil und leichtere Entnahme aus dem Werkzeug
- Sichtbare «Vakuumschlitze» auf der Rohraußenseite, vor allem bei der Verarbeitung niedrigviskoser Kunststoffe, dies kann sich unter Umständen negativ auf die Dichtigkeit im Bereich der Anschlüsse auswirken
- Durch das Vakuum können Additive aus dem Kunststoff gezogen werden, die an die Rohroberfläche migrierten Additive können sich in den Formbacken/Vakuumschlitzen absetzen - Qualitätsschwankungen durch Ablagerungen müssen durch Reinigen verhindert werden

- Ein gleichmäßig angelegtes Vakuum ist entscheidend für die Produktqualität und erfordert umfassende Reinigungs- und Wartungsprogramme
- Höhere Investitionskosten aufgrund der komplexen Formgeometrie mit Vakuumschlitzen und Vakuumpumpe

#### **Extrusionsverfahren im Überblick**

Ganz allgemein ist die Vakuum-Extrusion von Vorteil bei großen Produktionschargen unter Einsatz von Standard-Werkstoffen und bei der Herstellung von Wellrohren mit großen Durchmessern. Die Überdruck-Extrusion empfiehlt sich, wenn Flexibilität gefordert ist, da kleine Chargen unterschiedlicher Werkstoffe mit hohem Additivanteil verarbeitet werden können, oder wenn eine gleichbleibend hohe Qualität unverzichtbar ist. Beide Verfahren haben Vor- und Nachteile, sind jedoch für die meisten Standard-Anwendungen ohne Abstriche bei der Produktqualität einsetzbar. PMA bevorzugt zur Herstellung seiner Wellrohre in der Regel die Überdruck-Extrusion, die mehr





—  
ABB Ability™ Smart Sensors sind drahtlose, selbstaufladende Geräte, die problemlos an Gehäusen angebracht werden können, um zentrale Funktionen zu überwachen und die Daten zu übermitteln.

Flexibilität bei der Verarbeitung häufig wechselnder unterschiedlicher Werkstoffe bietet. Mehrschicht-Wellrohre mit größeren Durchmessern kann PMA jedoch auch, je nach Werkstoff, mittels Vakuum-Extrusion produzieren. Auch eine Kombination beider Verfahren ist möglich.

## Die Zukunft: intelligente Kabelschutzlösungen

Eine der zentralen Herausforderungen bei industriellen Anwendungen ist das durch schadhafte Komponenten oder durch Kondensation verursachte Eindringen von Feuchtigkeit in elektrische Systeme. ABB Ability™ Smart Sensors sind drahtlose, selbstaufladende Geräte, die problemlos an Gehäusen angebracht werden können, um zentrale Funktionen zu überwachen und weiterverarbeitbare Informationen zu übermitteln. ABB bietet die smarten ABB-Ability™-Funksensoren bereits für Elektromotoren, Pumpen und Kugellager an und arbeitet zurzeit an der Integration in PMA-Kabelschutzsysteme. Das neue, «smarte» PMA-Kabelschutzsystem soll dank integrierter Smart-Sensor-Technologie frühzeitig erkennen, ob Feuchtigkeit in das System eingedrungen ist. Indem es wichtige Informationen über den Zustand des Kabelschutzsystems und mögliche Probleme wie Kondensation, Leckagen,

Risse und zu hohe Temperaturen liefert, kann das smarte Kabelschutzsystem zur Minimierung von Ausfallzeiten oder plötzlich auftretenden Defekten beitragen. Die neue, bahnbrechende Technologie ist bereits zum Patent angemeldet. Darüber hinaus sind gezielte, vorausschauende Wartungen und Reparaturen durch den Abriebindikator möglich, die teure und unerwartete Austauscharbeiten während der regelmäßigen Wartung überflüssig machen.

### Links zu den in dieser Publikation angesprochenen Themen:

[PMA Brandschutzlösungen](#)  
[PMA Mehrschichtlösungen für die Bahnindustrie](#)  
[PMA Smart Sensor Lösungen](#)

### — ABB STOTZ-KONTAKT GmbH

PMA Kabelschutzsysteme  
 Robert-Bosch-Straße 7  
 97437 Haßfurt, Deutschland  
 Tel.: +49 9521 957710  
 Fax: +49 9521 9577111  
[pma-de.info@de.abb.com](mailto:pma-de.info@de.abb.com)  
[www.pma-de.com](http://www.pma-de.com)

—  
ABB Switzerland Ltd  
 PMA Cable Protection  
 Aathalstrasse 90  
 CH-8610 Uster, Switzerland

**www.pma.ch**  
**abb.com/railway**

—  
Wir behalten uns das Recht vor, jederzeit ohne vorherige Ankündigung technische Änderungen vorzunehmen oder den Inhalt dieses Dokuments zu verändern. Für Bestellungen gelten die vereinbarten Konditionen. Die ABB AG übernimmt keinerlei Verantwortung für mögliche Versehen oder fehlende Informationen in diesem Dokument. Sämtliche Rechte an diesem Dokument und den

darin enthaltenen Gegenständen und Abbildungen sind vorbehalten. Jegliche Vervielfältigung des Inhalts dieses Dokuments, die Weitergabe an Dritte oder die Nutzung, ob ganz oder teilweise, ist ohne die vorherige schriftliche Zustimmung der ABB AG verboten. Copyright© 2017 ABB  
 Alle Rechte vorbehalten