Veritas

Veritas-Flex-Liner®, VeriConflex®, Veritas-XZ-Liner® und VeriPentaflex®

Die neue Kraftstoffschlauchgeneration der Veritas AG

Wenn die Luft immer sauberer wird, dann hat Veritas daran mitgewirkt!

Durch innovative Lösungen und mit dem Gedanken der Nachhaltigkeit:

Flexibel, chemisch universell beständig, permeationsarm – mit einer Sperrschicht aus thermoplastischem Fluorelastomer-Vulkanisat.

Legislative, Umweltschutz, Funktion, globale Einsatzmöglichkeiten, Restschmutzanforderungen und Sicherheit.

Inhaltsverzeichnis

Veritas

1. Funktion eines Kraftstoffschlauches 4
2. Aktuelle technische Lösungen 4
3. Die Innovationen 5
   - 3.1 Veritas-Flex-Liner® 5
   - 3.2 F-TPV 7
   - 3.3 VeriConflex® 9
   - 3.4 Veritas-XZ-Liner® und VeriPentaflex® 9
4. Permeation 10
5. Reinheit / Restschmutz 10
6. Zusammenfassung 11

1. Funktion eines Kraftstoffschlauches

Schläuche in automobilen Fluidsystemen erfüllen im Allgemeinen folgende Funktionen:

- **Mechanische und akustische Entkopplung und Dämpfung**
- **Toleranzkompensation**
- **selbstdichtende Verbindungen**

Darüber hinaus noch die funktionsrelevanten chemischen- und thermischen Beständigkeiten sowie gegebenenfalls Anforderungen an Flexibilität bei der Fahrzeugmontage, im Falle eines Unfalls und bei der Reparatur.

Die Besonderheiten eines Kraftstoffschlauches sind durch die chemische und physikalische Beständigkeit gegen höchst heterogene Kraftstoffe, sowie deren Diffusion in die Umwelt, als auch die dynamische Druckbelastung bei Förder- und Rücklaufleitungen gegeben. Hinzu kommen hohe thermische Anforderungen im Motorraum bis maximal 180°C. (Hinweis: Permeation ist gesetzlich geregelt)

2. Aktuelle technische Lösungen

Zum Einsatz kommen mehrlagige Elastomerschläuche mit textilem Druckträger.

Diese Konstruktionen gewährleisten gute mechanische/akustische Eigenschaften; die Diffusion von Kraftstoff durch die Schlauchwand ist jedoch aufgrund der (amorphen) Struktur des Gummis auch bei relativ starker Wandstärke der Sperrschicht-, was wiederum den Preis negativ beeinflusst, verhältnismäßig hoch.

Bei einer aktuellen Variante des 4-Lagen-Kraftstoffschlauchs wurde die FKM-Sperrschicht durch einen teilkristallinen Fluorthermoplast substituiert:

Diese fluorthermoplastische Sperrschicht (THV) bietet aufgrund der Kristallinität eine gegenüber dem 4-Lagen-Elastomerschlauch deutlich verringerte Permeabilität und deutlich verbesserte Kraftstoffbeständigkeit bei gleichzeitig reduzierter Wandstärke. Dadurch werden auch Kostenvorteile realisiert.

Tabelle 1: Leistungsmerkmale Kraftstoffschläuche

Merkmale	4-Lagen-FKM	Hybrid-Kraftstoffschlauch
Dichten/Verbinden	+	–
Dynamik	+	–
Akustik	+	–
Temperatur	+	–
Toleranzausgleich	+	+–
Radien	+	–
Gewicht	–	+
Permeation	–	+
Preis	–	+

Erfüllung der Anforderungen: + positiv, – negativ, +– neutral

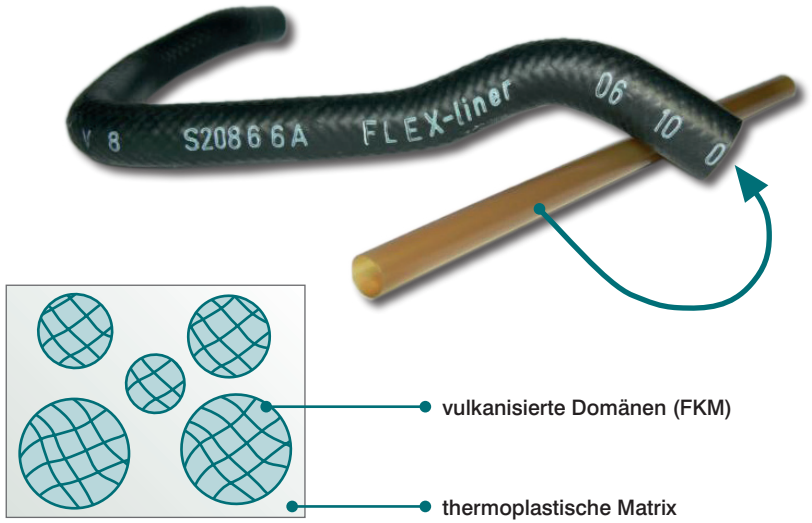
Ziel der hier vorgestellten Innovation ist, diesen vermeintlich inhärenten Widerspruch zwischen mechanischen/akustischen- und Permeationseigenschaften aufzulösen.

Durch interdisziplinäre Zusammenarbeit von Polymerhersteller und Schlauchproduzenten konnte eine Schlauchkonstruktion auf Basis eines neuartigen F-TPV (thermoplastisches Fluorelastomer Vulkanisat) entwickelt werden, das alle positiven Eigenschaften der 4-Lagen- und Hybrid-Kraftstoffschläuche vereinigt.

3. Die Innovation

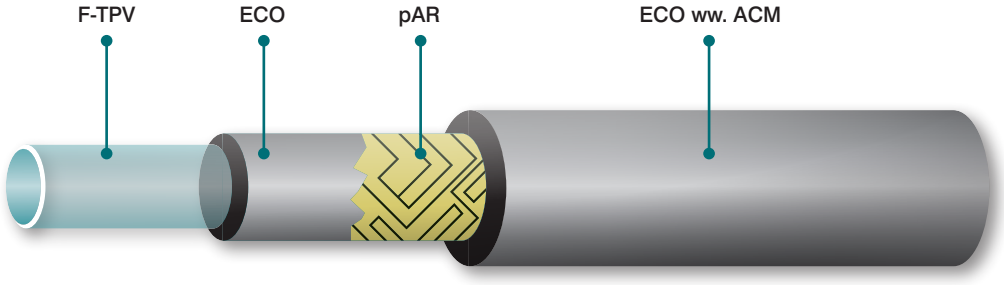
3.1 Veritas-Flex-Liner®

Abb. 1: F-TPV / Veritas-Flex-Liner®



Kernstück des innovativen Schlauchkonzeptes ist die permeationsoptimierte, dünne F-TPV-Sperrschicht (thermoplastische Schlauchfolienextrusion), die gleichzeitig elastomere Eigenschaften aufweist. Der weitere konstruktive Aufbau entspricht im Wesentlichen den konventionellen, eingangs beschriebenen Schlauchausführungen. Durch Einsatz spezieller Haftvermittler, die in die Zwischenschicht integriert sind, wird nach der Vulkanisation ein nicht trennbarer Verbund geschaffen. Durch exakt aufeinander abgestimmte Prozesse und Werkstoffe kann der Einsatz externer Haftvermittler, die zumeist auf organischen Lösungsmitteln basieren (Umwelt- und Arbeitsschutzrelevanz!), vermieden werden.

Abb. 2: konstruktiver Aufbau Veritas-Flex-Liner®



** nur für Tankeinfüllschläuche*

Tab. 2: Leistungsmerkmale Veritas-Flex-Liner®

Berstdruck 23°C	Trennfestigkeit	Thermische Beständigkeit	Kälteflexibilität	Permeation	Preis
240 bar	F-TPV/ ECO 35N/cm (Kohäsionsbruch)	125°C Dauer 150°C Peak	22h/-40°C („trocken“) DIN 73379	≈4,0 g/100 cm² (DIN 73379, FAM B, 80°C); zum Vergleich: FPM 4-Lagenschlauch ≈6,5 – 8,0 g/100 cm²	Preisvorteil

Im Hinblick auf die weltweite Diversifizierung handelsüblicher Kraftstoffe, die wesentlich durch den verstärkten Einsatz von regional unterschiedlichen Biotreibstoffen (PME, Flex Fuel usw.) forciert wird, ist insbesondere die universelle chemische Beständigkeit der vorgestellten Innovation hervorzuheben. Langzeitstudien in den relevanten Betriebsmedien zeigen selbst unter verschärften Bedingungen keine merkliche Eigenschaftsänderung (s. Abb. 3).

Abb. 3a: Änderung der Zugfestigkeit F-TPV
(Medienlagerung Kraftstoff 60°C/Diesel und RME 125°C): [N/mm²]

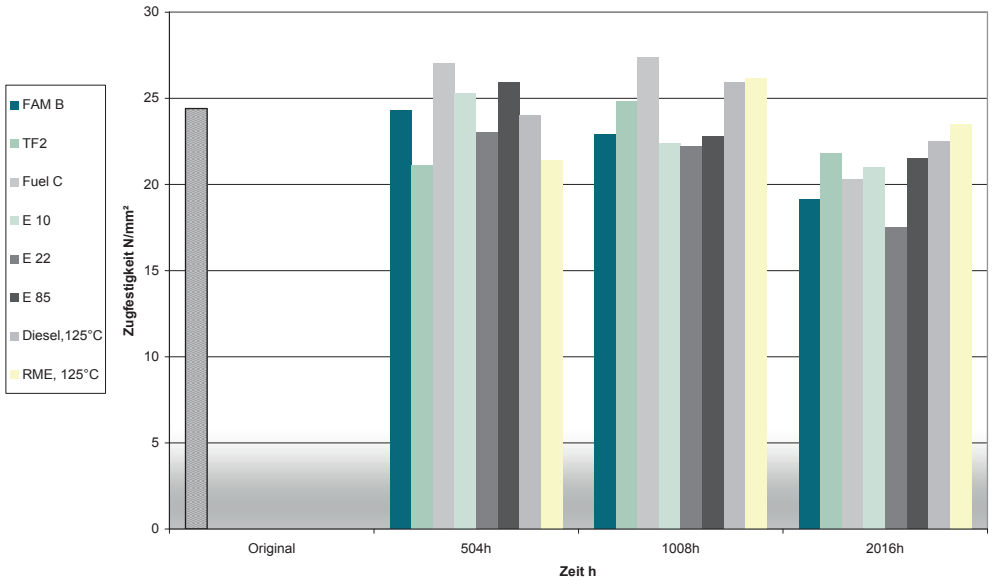
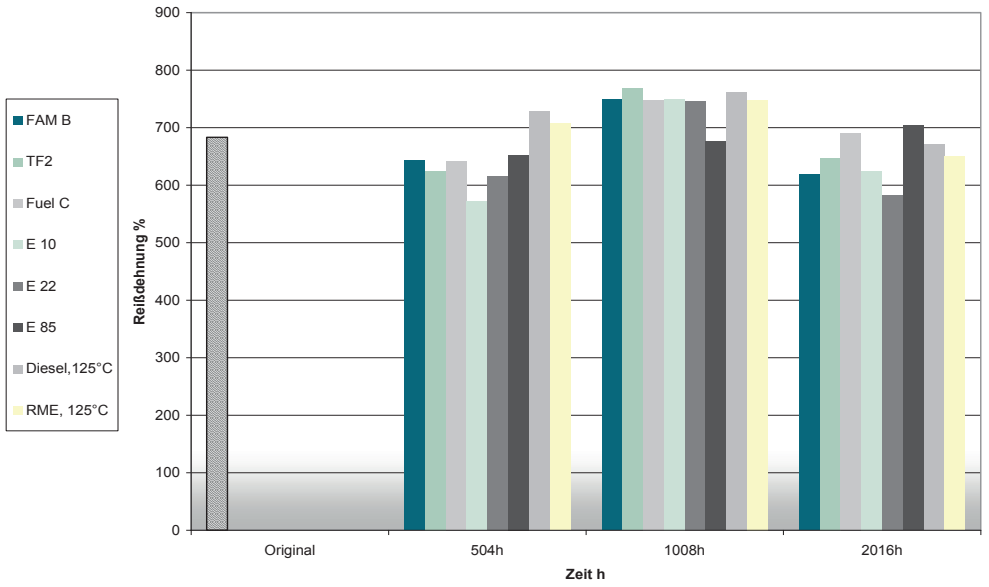
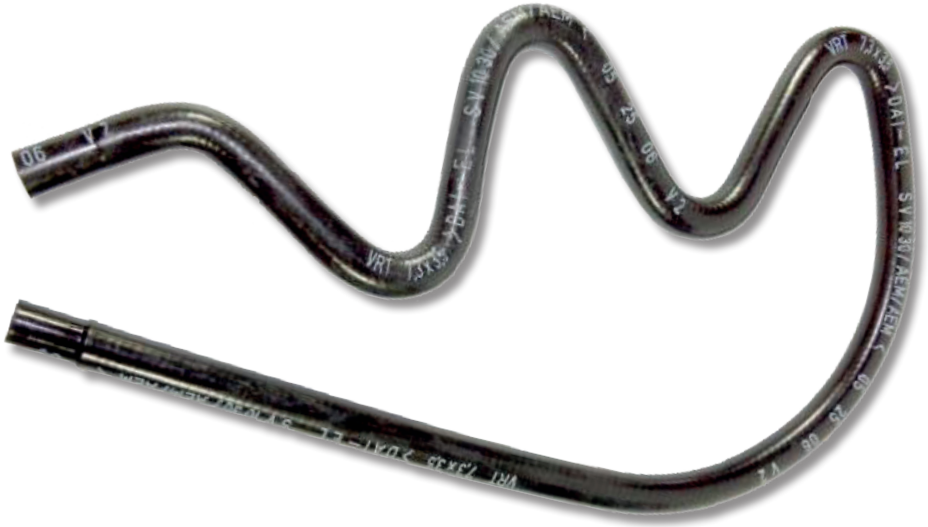


Abb. 3b: Änderung der Reißdehnung F-TPV
(Medienlagerung Kraftstoff 60°C/Diesel und RME 125°C): [%]



Gleichzeitig werden die strengen Permeationsanforderungen (LEV II, Euro V, etc.) an das Leitungssystem erfüllt. Die besondere Flexibilität, bedingt durch den vergleichsweise geringen Modul und den elastomeren Charakter der Sperrschicht, ermöglicht die Schlauchverlegung in engeren Radien und entspricht damit der Forderung nach Anpassung an zunehmend komplexere Bauraumverhältnisse.

Abb. 4: mögliche „Extremgeometrien“; Bsp. Normkrümmer



Auch unter ökonomischen und ökologischen Aspekten weist der Veritas-Flex-Liner® ein hohes Innovationspotential auf. Im Vergleich zu Barriereschichten auf Basis von Fluorelastomeren ist die Schichtstärke der neuen Schlauchausführung relativ um einen Faktor 4 verringert. Insofern resultiert eine merkliche Kosten- und Gewichtseinsparung (Dichte ≈ 2g/cm³). Damit verbunden ist eine unmittelbare Schonung von Rohstoff- und Energieressourcen und ein effizienter Beitrag zur Umweltentlastung gegeben. Auch der Verzicht auf Lösungsmittel bei der Schlauchproduktion, die Wiederverwertbarkeit von Extrusionsabfällen sowie die optimierten Permeationseigenschaften d.h. Emissionsminimierung ist ein direkter Beitrag zum produktbezogenen Umweltschutz.

Tab. 3: Leistungsvergleich Kraftstoffschläuche vs. Veritas-Flex-Liner®

Merkmale	4-Lagen-FKM	Hybridschlauch	Veritas-Flex-Liner®
Dichten/Verbinden	+	–	+
Dynamik	+	–	+
Akustik	+	–	+
Temperatur	+	–	+
Toleranzausgleich	+	+–	+
Radien	+	–	+
Gewicht	–	+	+
Permeation	–	+	+
Preis	–	+	+

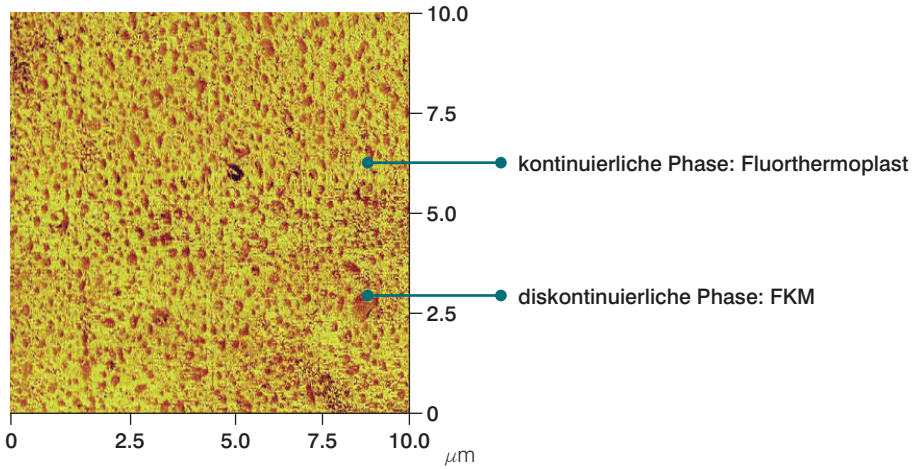
Erfüllung der Anforderungen: + positiv, – negativ, +– neutral

3.2 F-TPV

Das neuartige Konzept Fluor-TPV eröffnet den Zugang zu einer einzigartigen Produktgruppe, den thermoplastischen Fluorelastomer Vulkanisaten.

Ziel dieser Entwicklung war, die niedrigen Permeationsraten und die thermoplastische Verarbeitbarkeit eines Fluorkunststoffes mit den charakteristischen Eigenschaften eines Elastomers in Einklang zu bringen. F-TPV verbindet die jeweiligen Eigenschaften in einer Produktgruppe. Erreicht wird dieses Ziel, indem ein definierter Anteil an FKM in einer kontinuierlichen Fluorthermoplastphase dispergiert und anschließend dynamisch während des Mischvorgangs vernetzt wird.

Abb. 5: AFM Aufnahme (Atomic Force Microscopy) F-TPV



Die daraus resultierenden Vorteile sind im Wesentlichen die Optimierung der Permeation und der chemischen Beständigkeit gegenüber handelsüblichen Kraftstoffen unter Beibehaltung der Elastomereigenschaften, die thermoplastische Verarbeitbarkeit, die exzellente Haftung zu anderen Elastomeren (FKM, NBR, ECO) sowie die Tieftemperatureigenschaften.

Hauptanwendungsgebiet sind Sperrschichten für Kraftstoffleitungen sowie für andere aggressive Medien, wie beispielsweise Blowby-Gase, Abgasrückführung und Dieselpartikelfilter.

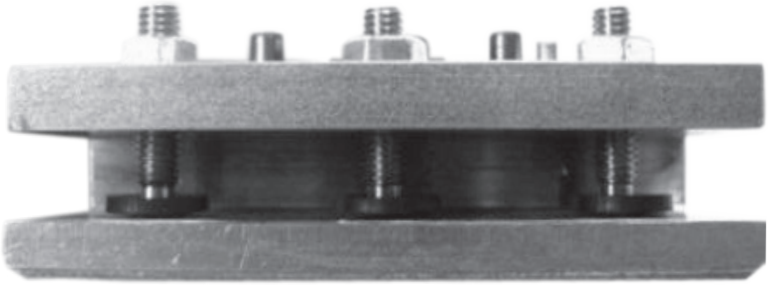
Tab. 4: Dichtkraft F-TPV - Bestimmung des Druckverformungsrestes (6mm Prüfkörper)

Bedingungen*	FKM**	F-TPV	THV
22h/23°C in %	28	49	80
22h/60°C in %	32	54	100
22h/100°C in %	35	59	100

Skala: (gut) 0 … 100 (schlecht)

* 25% Verformung gem. DIN-73379 ** Fluorelastomer, bisphenolische Vernetzung

Abb. 6: Versuchsträger zur Ermittlung des Druckverformungsrests

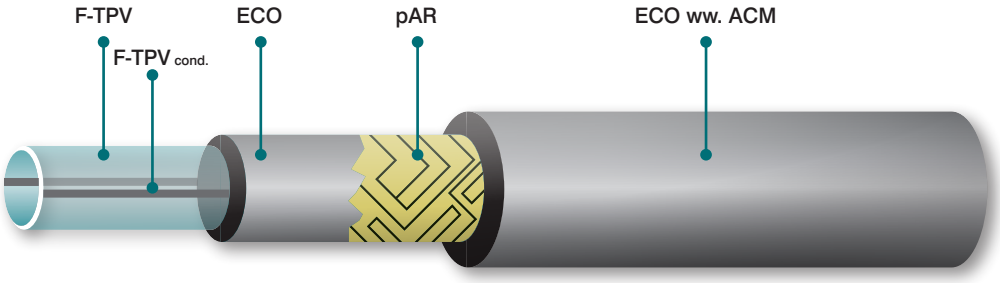


3.3 VeriConflex®

Auf Basis des Veritas-Flex-Liner® wurde ein konduktiver Schlauchaufbau als Novum entwickelt: VeriConflex®.

Aufgrund der gewählten technischen Lösung, die Leitfähigkeit über vier an der Innenseite der vorhandenen F-TPV-Schlauchseele über den Umfang verteilten hauchdünnen Streifen aus leitfähigem F-TPV zu realisieren, gelingt dies ohne Verlust von mechanischen Eigenschaften sowie unter Beibehaltung der sehr guten Permeationseigenschaften.

Abb. 7: konstruktiver Aufbau VeriConflex®



Tab. 5: funktionale Eigenschaften von F-TPV (cond)

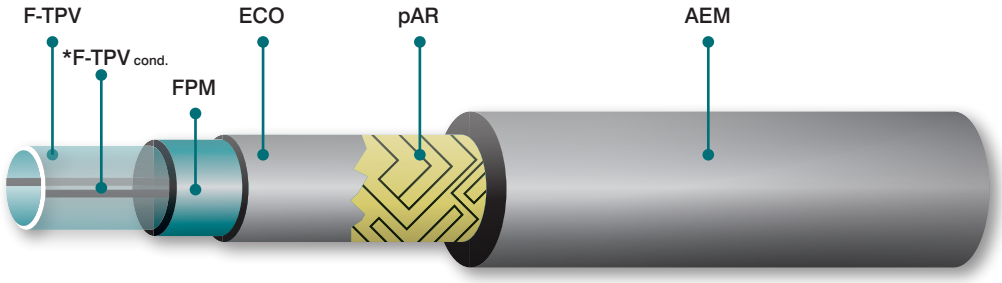
Merkmale	F-TPV	F-TPVcond
Zugfestigkeit [MPa]	28,0	26,5
Dehnung [%]	>500	>250
Modul 100%	15,0	17,5
Trennfestigkeit [N/mm]	32,0	25,0
Oberflächenwiderstand [Ω]	$>10^{12}$	$<10^{6}$ *
Decay-Time [s] **	0,04	

* kein Konduktivitätsverlust nach Temperaturlagerung oder Kraftstoffquellung
** 5KV, MIL-B-81705B

3.4 Veritas-XZ-Liner® und VeriPentaflex®

Der Veritas-XZ-Liner® ist die konsequente Weiterentwicklung des neuen Schlauchkonzeptes für höchste Permeationsanforderungen. Als zusätzliche zweite Barriereschicht kommt eine spezielle, hochgefüllte Fluorelastomer Mischung zum Einsatz. Dadurch können die Kohlenwasserstoff Emissionen bis auf ein Minimum reduziert werden.

Abb. 8: konstruktiver Aufbau Veritas-XZ-Liner® / *VeriPentaflex®



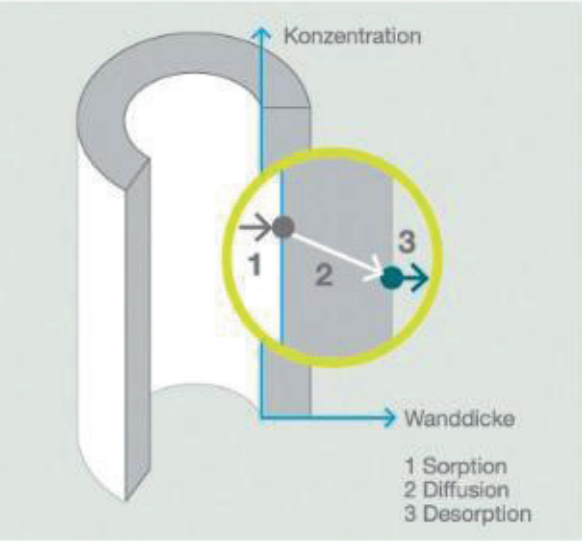
4. Permeationsvergleich

Tab. 6: Ergebnisse Shed-Test

	Veritas-XZ-Liner® + VeriPentaflex®	Veritas-Flex-Liner® + VeriConflex®	4-Lagen FPM
60°C	240	504	1610
40°C	52	117	406
18,3°C	10	27	85
CARB-Zyklen	23	66	216

Größen: 7,3 x 3,5
CARB Phase III, mg/(m*d)

Abb. 9: Prinzip der Permeation



5. Reinheit / Restschmutz

Bedingt durch ihre thermoplastischen, im Vergleich zu Elastomerseelen, sehr glatten Innenoberflächen, weisen die Schläuche der gesamten Veritas-Flex-Liner®-Familie nur sehr geringe bis keinerlei Neigung zu Anhaftungen größerer Partikel jeglicher Art auf. Durch diese Besonderheit können Partikel, die im Laufe des Herstellprozesses in das Schlauchinnere gelangen, relativ leicht durch einen der Vulkanisation nachgeschalteten Waschprozess ausgespült werden.

Weiterhin unterstützt wird dies durch den spezifischen Extrusionsprozess beider Schlauchtypen, der durch eine Onlineextrusion von Trägerdorn (Werkzeug) und Schlauchinnenschicht (Seele) gekennzeichnet ist. Hierdurch wird bereits in diesem frühen Produktionsstadium ein Schmutzeintrag zu 100 % vermieden.

Für Dimensionen Di < 10 mm kann dieser Vorteil mit einem neuartigen und nur für diese Schlauchgeneration anwendbaren Vulkanisationsprozess (Formschläuche) noch verstärkt werden. Somit ist es möglich, ein – im Vergleich zu herkömmlichen Kraftstoffschläuchen mit FKM-Seele – hochreines Produkt zu erzielen. Möglich wird dies durch ein quasi geschlossenes System bei der Formschlauchherstellung. Die Herstellung läuft komplett ohne jegliche Berührung zwischen Formwerkzeug und Rohling sowie ohne notwendige Produktionshilfen wie Trennmitteln usw. ab.

Dieser Herstellprozess befindet sich aktuell in der Prototypenphase, eine Kleinserienindustrialisierung ist für 2016 vorgesehen.

Somit entsteht unter dem Motto „wo kein Schmutzeintrag stattfindet, ist auch keine Schmutzentfernung notwendig“ bei Veritas AG ein Produkt, das die hohen aktuellen Reinheitsanforderungen an Kraftstoffleitungen in der Automobilindustrie noch übertreffen wird.

6. Zusammenfassung

Ziel unserer Innovation ist/war, die elastomeren Eigenschaften von Gummi mit der Diffusionsdichtigkeit und den ökonomischen Vorteilen eines Hybrid-Schlauches (Gummi/Thermoplast) zu verbinden.

Es war notwendig, einen thermoplastisch verarbeitbaren Werkstoff mit elastomeren Eigenschaften zu entwickeln.

Gelöst wurde die Aufgabe durch ein F-TPV (thermoplastisches Fluorelastomer-Vulkanisat). Das F-TPV wird durch eine kontinuierliche Phase eines Fluorthermoplasts, in der ein FKM dispergiert ist (diskontinuierliche Phase), gebildet. Die kontinuierliche Fluorpolymerphase gewährleistet die thermoplastische Verarbeitung sowie die guten Barriereeigenschaften, während das FKM für die elastomere Komponente verantwortlich zeichnet.

Diese innovative Sperrschicht wurde in einem 4-Lagen Gummischlauch integriert, der sich aus einer ECO-Zwischenschicht, einem p-Aramid-Druckträger sowie einer ECO- bzw. ACM-Decke aufbaut. Die Produkte Veritas-Flex-Liner® und VeriConflex® kombinieren nun in einmaliger Weise typisch elastomere Eigenschaften mit denen teilkristalliner Thermoplasten. Weitere Vorteilen sind:

- **selbstdichtende Verbindungen**
- **höchste dynamische Belastbarkeit**
- **akustische Dämpfung**
- **Flexibilität**
- **niedrige Kraftstoffpermeation**
- **hohe universelle Kraftstoffbeständigkeit**
- **Beständigkeit gegen Blowby-Gas, Abgaskondensat, organische und anorganische Säuren, Harnstoff**
- **mögliche Darstellung sehr niedriger Restschmutzwerte**
- **Konduktivität***
- **Flammschutzausführung möglich**
- **Versorgungssicherheit**
- **optimierte Kosten**
- **Gewichtsvorteile**

Tab. 7: Eigenschaften Veritas-Flex-Liner® und VeriConflex®

	Veritas-Flex-Liner®, VeriConflex®, Veritas-XZ-Liner® und VeriPentaflex®
Dichten/Verbinden	+
Dynamik	+
Akustik	+
Temperatur	+
Toleranzausgleich	+
Radien	+
Gewicht	+
Permeation	+
Restschmutz	+
Konduktivität	+*
Preis	+

Erfüllung der Anforderungen: + positiv, – negativ, +– neutral
* nur bei VeriConflex® und VeriPentaflex®

Veritas

Veritas-Flex-Liner®, VeriConflex®, Veritas-XZ-Liner® und VeriPentaflex®

Die neue Kraftstoffschlauchgeneration der Veritas AG