

SCHLICHTE FÜR GERINGSTEN RESTSCHMUTZ IN MODERNSTER MOTORENTECHNIK



Author: Christoph Genzler

Der folgende Bericht ist das Ergebnis einer langjährigen Zusammenarbeit zwischen zwei Unternehmen, die in einer Zeit, als Internet, Social Media und Smartphone noch in den Anfängen steckten, gemeinsam Visionen für die Zukunft entwickelten.

Eines der Unternehmen in Skovde, Schweden, hat ein neues Gießverfahren (FPC – Future Process for Casting) entwickelt und arbeitet in seiner neuen Gießerei mit diesem Verfahren.

Das in diesem Bericht vorgestellte Schlichtekonzept wurde gemeinsam während der letzten 20 Jahre entwickelt. Diese Schlichte bietet vielfache Vorteile in Bezug auf die innere Sauberkeit oder, in anderen Worten, verringert die Restschmutzmenge in den kritischen inneren Kanälen. Das Ergebnis ist eine längere Lebensdauer der Motoren und zusätzlich geringere Stillstandzeiten für Ölwechsel und Kühlmittel – immer noch ein aktuelles Problem.



Partikelanhaftung durch konventionelle Schlichte



Sehr saubere Innenflächen auch in engen Kanälen

EINLEITUNG

16. November 2017 (WASHINGTON)

Die folgende Erklärung stammt von Allen Schaeffer, Geschäftsführender Direktor des Diesel Technology Forums. ^[1]

“Der Diesel-Motor ist der effizienteste Verbrennungsmotor. Er ist gegenüber anderen Brennstoffarten seit vielen Dekaden die vorherrschende Technik im Lastfahrzeugbereich. Auch heute noch bietet der Dieselantrieb eine einzigartige Kombination von unübertroffenen Merkmalen: hohem Wirkungsgrad, Wirtschaftlichkeit, Leistung, Zuverlässigkeit, Haltbarkeit, Verfügbarkeit, Service und fast emissionsfreiem Betrieb“.

“Wir alle profitieren von einem leistungsfähigerem Transportsystem. Dies gilt für Brennstoff und Antriebsstrang. Die beste Möglichkeit für Leistungszuwachs, Brennstoffeinsparung, geringere Treibhausgasemissionen und sauberere Luft, ergibt sich durch Einsatz von mehr Lastkraftwagen der neuesten Generation mit geringerem Kraftstoffverbrauch und sauberer Dieselmotortechnik mit fast null Emissionen, und das so schnell wie möglich.“

Gesetzliche Erfordernisse

“Die gesetzlichen Anforderungen an Dieselmotoren wurden bereits mehrfach verschärft. Dieselmotoren werden in Fahrzeugen unterschiedlicher Art, in unterschiedlichem Verkehr und mit unterschiedlichen Lasten eingesetzt. Um vergleichbare Emissions-Messergebnisse zu erhalten, werden

die Emissionen im Verhältnis zur geleisteten Arbeit des Motors in Gramm pro Kilowatt-Stunde gemessen. Für die Zertifizierung wird ein gut definierter Brennstoff verwendet, ähnlich dem Standardbrennstoff, aber mit engeren Toleranzen.“ ^[2] (Tabelle 1).

Euro 7 Emissionsnormen – 2020 CO₂-Ziele:

“Die Einführung der Euro 7 Emissions-Normen wird für 2020 erwartet, mit einem CO₂-Emissionsziel von 95 g/km. Das Euro 6 CO₂-Ziel von 130 g/km muss dann mit einer Reihe von Technologieänderungen und Verbesserungen um 27 % verringert werden.“ ^[4] Dies gilt für Pkw und Vans, ist aber für Lkw noch nicht definiert worden.

Der Einfluss eines Schlichteherstellers über die Schlichte auf Lebensdauer und Leistung des Motors scheint in diesem Zusammenhang sehr begrenzt zu sein. Besonders, wenn man an die Auswirkung auf die Leistung des Motors denkt. In der Vergangenheit war die Auswirkung auf die Herstellung eines einwandfreien Gussstücks beschränkt. Heute wirkt sich eine Schlichteschicht mit einer Dicke von drei menschlichen Haaren nicht nur auf das Gussstück selbst aus. Sie kann das Werkstoffgefüge und die Leistung des fertigen Motors beeinflussen.

Es stellt sich die Frage: Was bestimmt einen leistungsfähigen und umweltfreundlichen Motor?

Legal requirements and limit values					
	Law from	NOx g/kWh	PM g/kWh	HC g/kWh	CO g/kWh
R49.00	1982	18	-	3.50	14
Euro 0	1990	14.4	-	2.40	11.2
Euro 1	1993	8.0	0.36	1.10	4.5
Euro 2	1996	7.0	0.15	1.10	4.0
Euro 3	2001	5.0	0.10	0.66	2.1
Euro 4	2006	3.5	0.02	0.46	1.5
Euro 5	2009	2.0	0.02	0.46	1.5
Euro 6	2013	0.4	0.01	0.13	1.5

Tabelle 1. EU Emissions-Standards für Schwerlast-Dieselmotoren: Stationäre Prüfung ^[3]

SCHLICHTE FÜR GERINGSTEN RESTSCHMUTZ IN MODERNSTER MOTORENTECHNIK

Bei modernen Motoren werden die Wartungsintervalle immer länger. So hat sich die Kilometerzahl bei modernen Motoren im Durchschnitt um das Dreifache von 5.000 km auf heute ca. 15.000 km verlängert. Außerdem sind die technischen Anforderungen an das Öl als solches strenger geworden.

Andere Anforderungen ergeben sich, wenn dieser moderne Motor nicht auf normalen Straßen, Autobahnen oder nahe der Küste eingesetzt wird, sondern offshore auf dem Meer, wo die nächste Brennstoff- und Service-Station viele Meilen entfernt sein kann. In diesem Falle muss der Motor das zuverlässigste Aggregat des Fahrzeugs sein.

Volvo hat unter dem Namen Penta einen Geschäftsbereich für Marinemotoren, die nicht nur für Schwerlastboote, entwirft und herstellt, sondern auch für Rettungsboote, Schlepper und andere Wasser-Fahrzeuge (<http://www.frauscherboats.com>). Um die Wettbewerbsfähigkeit dieser Abteilung gegenüber der Konkurrenz zu stärken und die Leistung der Motoren zu erhöhen, mussten neue Methoden entwickelt werden, die alle Stufen der Fertigung einschlossen.

Was früher als Problem der Ölqualität betrachtet wurde, hat jetzt eine neue Qualität: Innere Sauberkeit bzw. geringsten Restschmutz.

Schichten werden im Allgemeinen auf Sandkerne aufgetragen, die die komplizierten Hohlräume eines Motorgussstücks erzeugen. Speziell dünne Querschnitte in Zylinderblöcken und Zylinderköpfen neigen zu Fehlern und Sandanhaftungen wegen schlechter Zugänglichkeit beim Sandstrahlen.



Abbildung 1. Kühlmittel Tank – optischer Eindruck durch vermutzte Kühlflüssigkeit



Abbildung 2. Verschmutzte Kühlflüssigkeit



Abbildung 3. Euro 6 Dieselmotor

Wenn eine Schlichte zur inneren Sauberkeit beitragen kann, würde dies alle anschließenden Herstellschritte, von der Wärmebehandlung bis zur letzten maschinellen Bearbeitung erleichtern und die Kosten senken, und der wirtschaftliche Nutzen könnte verbessert werden.

Die Klärung des Konzeptes des "geringsten Restschmutzes" ist nicht einfach, da hierfür noch keine allgemeine Industriennorm entwickelt wurde. Alle Motorhersteller arbeiten mit Werknormen, daher gibt es eine weite Streuung bei den Anforderungen der Originalhersteller (OEM). Ebenso gab es kein Prüfverfahren, deshalb musste der Volvo/Foseco-Verbund eine reproduzierbare und wiederholbare Methode für die Beurteilung der in einem Gussstück verbliebenen Partikel entwickeln.

Bevor jedoch weiter ins Einzelne gegangen wird, soll die Schlichte näher betrachtet werden:

Nach dem Abguss unterliegt der sehr komplizierte Zylinderkopf einer Reihe weiterer Behandlungen. Hierzu gehören das Ausrütteln des Sandes, eine Wärmebehandlung und schließlich das Strahlen. Die resultierende Gussoberfläche bei einer normalen Schlichte zeigen die Abbildungen 4-6 für jede der Verfahrensstufen.

Da die Schlichte das erste Material ist, das die Schmelze beim Eintreten in die Form berührt, haftet die Schlichte unter normalen Umständen im Gusszustand an der Gussoberfläche.

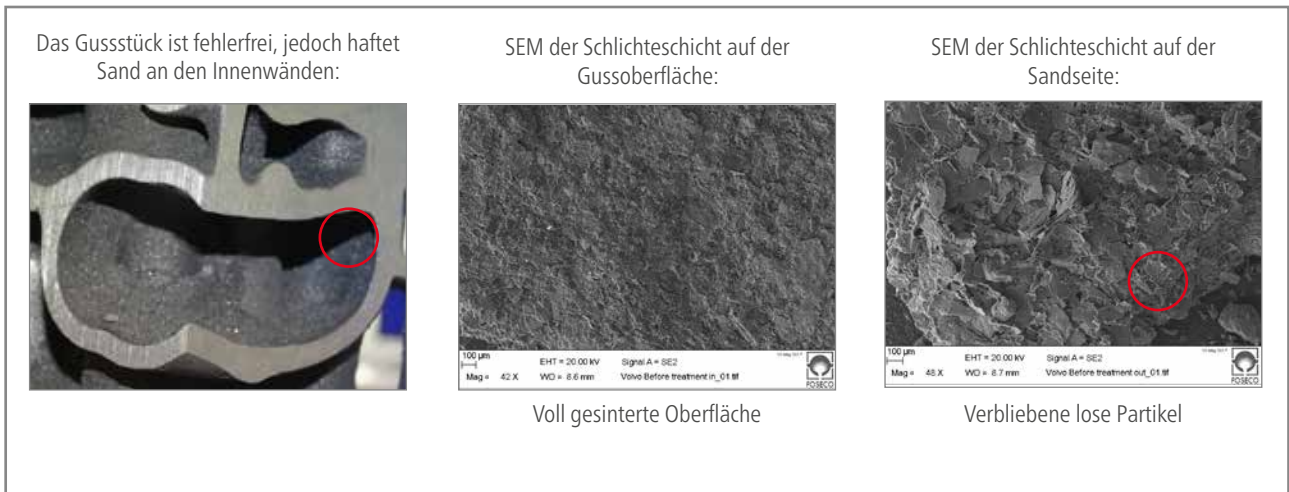


Abbildung 4. Unmittelbar nach Ausrütteln

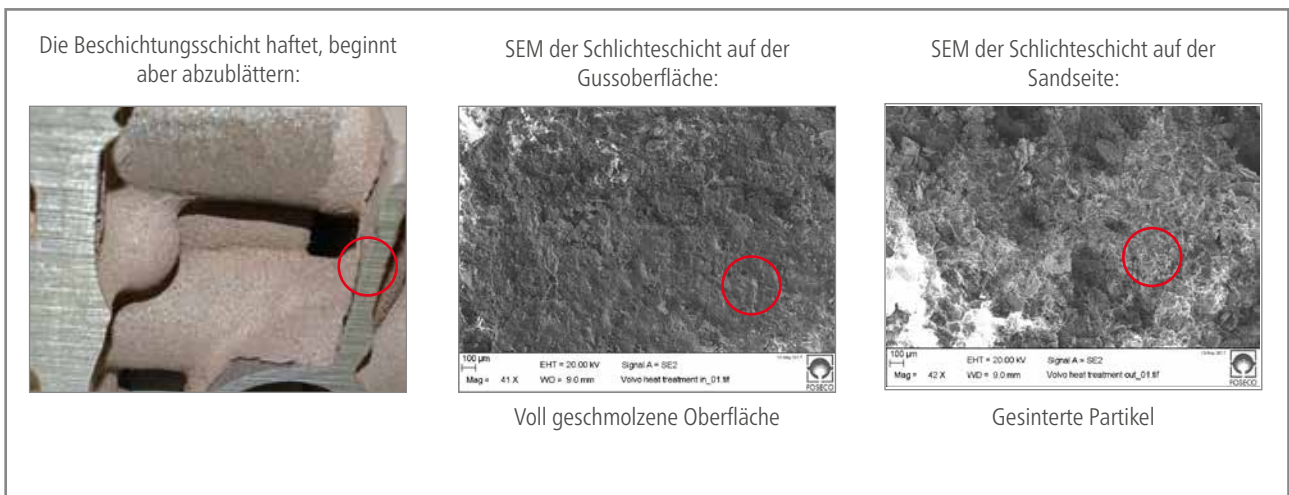


Abbildung 5. Nach Wärmebehandlung

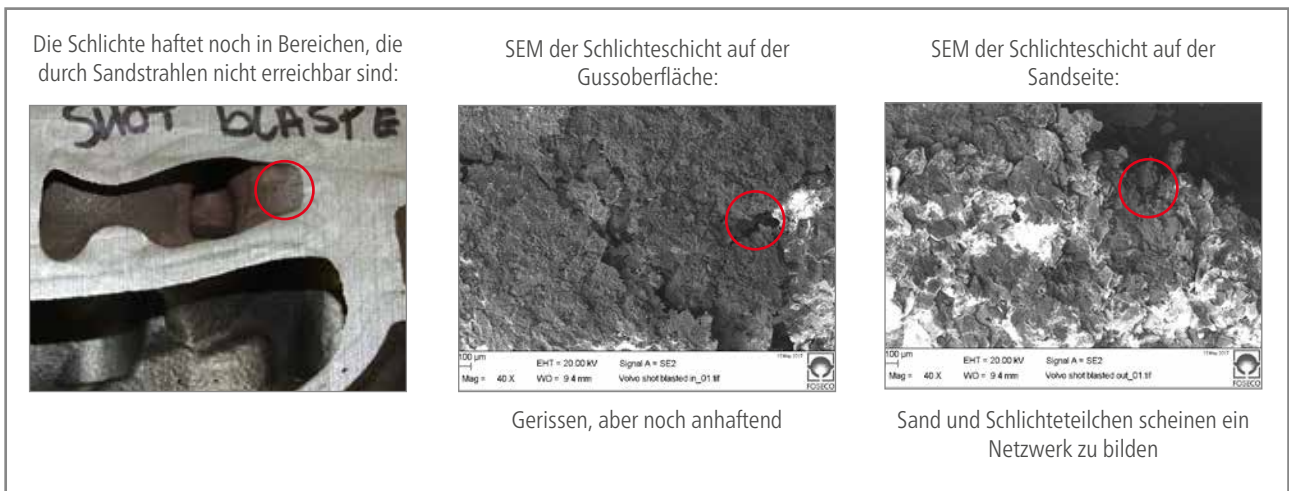


Abbildung 6. Nach dem Strahlen

WIE KANN EINE SCHLICHTE GEÄNDERT WERDEN, DAMIT SIE NACH DEM LETZTEN STRAHLEN WENIGER STARK ANHAFTET?

Ein Aspekt ist die Schalenbildung der Schlichte. Nach dem Guss bildet die Schlichteschicht eine keramische Schale, die während des Ausrüttelns und weiterer Behandlungen zerfällt. Diese keramischen Schalen könnten als Träger für den anhaftenden Schmutz genutzt werden. Durch Modifikation der Schlichte zur definitiven keramischen Schalen-Bildung, die sich leicht von der Gussoberfläche lösen, und nicht selbst (z.B. durch Zerfall) zur weiteren Partikelbildung beitragen, ist es möglich, auch schlecht zugängliche Stellen besser zu putzen.

Bei Versuchen zeigte die neu entwickelte Schlichte, wie die Ausbildung der keramischen Schale dazu beiträgt, fast alle verbliebenen Partikel zu entfernen, mit dem Ergebnis einer sehr sauberen Gussoberfläche (Abb. 7 und 8). Das Ergebnis ist ein Motor, der besser, länger und mit höherem Wirkungsgrad arbeitet.



Abbildung 7. Nur Gussquerschnitt nach dem Ausrütteln



Abbildung 8. Gussoberfläche direkt nach dem Strahlen

WEITERE SCHLICHTE- EIGENSCHAFTEN

Neben der Keramisierung der Schlichte sind zwei weitere Merkmale für die Erzeugung eines fehlerfreien Gussstücks von Bedeutung, dies sind Gasdurchlässigkeit und Verhütung von Blattrippenbildung

Gasdurchlässigkeit:

Während des Gießvorgangs entsteht durch Verbrennung des Binders in einem Sandkern Gas. Dies bedeutet, dass der Gasdruck hinter einer Schlichteschicht während des Gießens schnell ansteigt. Wenn die Gasdurchlässigkeit zu gering ist, kann die Schlichte abblättern und in Bereichen, die nicht geputzt werden können zu Schülpen führen (besonders bei Zylinderköpfen) und damit Ausschuss verursachen.

Die oben gemachten Ausführungen über die keramische Schalenbildung der Schlichte könnten dazu verleiten anzunehmen, dass diese neue Schlichte sehr undurchlässig ist oder, in anderen Worten, eine sehr geringe Gasdurchlässigkeit aufweist. Das Gegenteil ist der Fall (Abbildungen 9 und 10).

Foseco hat einen speziellen Test entwickelt, der die Bestimmung der Gasdurchlässigkeit bei Raum- und erhöhter Temperatur ermöglicht.

Punkt A: Zeitpunkt an welchem die Probe in die aufgeheizte Umgebung gebracht wird.

Punkt B: Zeitpunkt an welchem die Probe Schülpen bildet – sofortiger Druckabfall
Abstand A – B: Schülpen-Beständigkeit

In dem Beispiel oben können zwei Werte beobachtet werden:

1. Je niedriger der Wert von Δp \rightarrow umso niedriger der Druckwiderstand \rightarrow umso höher die Gasdurchlässigkeit bei Raumtemperatur
2. Je länger sich die Kurve erstreckt, umso größer ist die Beständigkeit gegen Schülpen \rightarrow umso höher ist Gasdurchlässigkeit bei erhöhter Temperatur (hier 1100 °C)

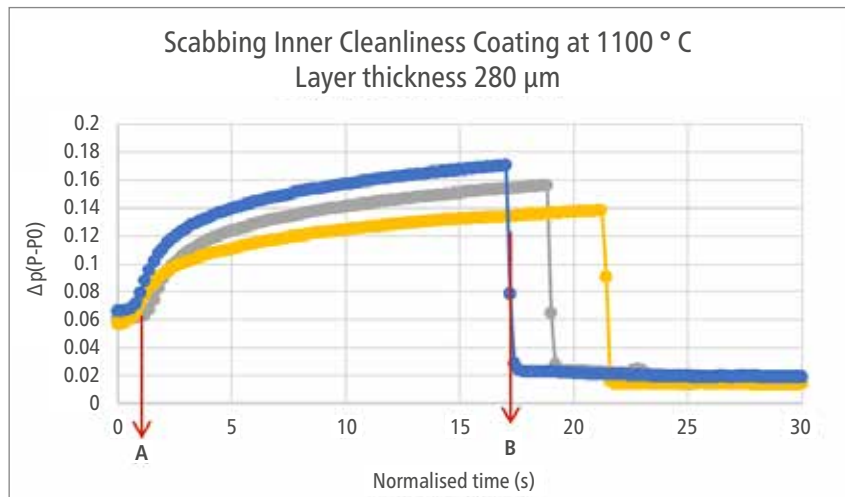


Abbildung 9. SEMCO IC Schlichte; die verbesserte Beständigkeit gegen Schülpen ist zu erkennen

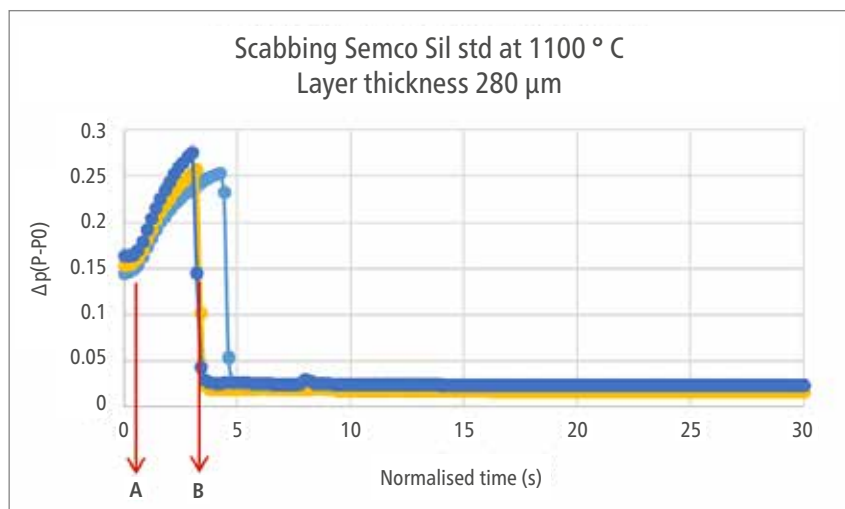


Abbildung 10. Konventionelle Schlichte; geringe Beständigkeit gegen Schülpen



**OBWOHL DIE NEUE
SCHLICHTE FÜR GERINGSTEN
RETSCHMUTZ IM
MODERNSTEN MOTORENBAU
IN BEZUG AUF DIE AUSBILDUNG
DER KERAMISCHEN
SCHLICHTESCHICHT
STABILER IST, IST DIE
GASDURCHLÄSSIGKEIT DOCH
NOCH BESSER, ALS DIE EINER
KONVENTIONELLEN SCHLICHTE.**

Core Composition	Silica Sand PU Cold Box Binder Zircon / Solvent Coating	Silica Sand PU Cold Box Binder Cold / Solvent Coating	Silica Sand PU Cold Box Binder Alu.silicate / Solvent Coating	Silica Sand PU Cold Box Binder Alu.silicate / Water Coating	Silica Sand PU Cold Box Binder Coke / Solvent Coating	Silica Sand PU Cold Box Binder Zircon / Solvent Coating
Result	Crack Formation	Veining	Good	Good	Veining	Crack Formation

Abbildung 11. Schlichte

Core Composition	Silica Sand Sodiumsilicate Binder Coke / solvent Coating	Silica Sand PU Cold Box Binder Cold / Solvent Coating	Silica Sand Furan (Phosphoric Acid) Coke / Solvent Coating	Silica Sand Furan (PTS Acid) Coke / Solvent Coating	Silica Sand Alkali Phenol Resin Coke / Solvent Coating	Silica Sand Bentonite Coke / Solvent Coating
Result	Good	Strong Veining	Good - some spots on surface	Some Veining	Good	Good

Abbildung 12. Binder

Core Composition	Special Sand PU Cold Box Binder Zircon / Solvent coating	Chromite Sand PU Cold Box Binder Zircon / Solvent Coating	Zircon Sand PU Cold Box Binder Zircon / Solvent Coating	Silica Sand PU Cold Box Binder Zircon / Solvent Coating	Silica Sand PU Cold Box Binder Uncoated	Silica Sand PU Cold Box Binder Coke / Solvent Coating
Result	Good	Good	Good	Veining	Veining and Metal Penetration	Veining

Abbildung 13. Sand

VERHINDERUNG VON BLATTRIPPEN

Für den Gießereifachmann ist die Quarzausdehnung bei 573 °C die Temperatur, bei der der Formstoff am stärksten zur Ausbildung von Blattrippen neigt. Der beste Test, um die Beständigkeit gegen Rippenausbildung einzelner Schichten zu untersuchen, ist ein Blattrippen-Blocktest. Bei diesem Test können nebeneinander bis zu sechs unterschiedliche Schichten verglichen werden, bei konstanten Eigenschaften von Sand, Binder und anderen Parametern, sodass die reinen Eigenschaften der Schlichte bestimmt werden können.

Hier eine Übersicht der Optionen des Anti-Blattrippenverhaltens^[5]:

Vergleich des konventionellen Produktes (Abb. 14) mit der neuen „Schlichte für Innere Sauberkeit“ (Abb. 15). Die höhere Beständigkeit von SEMCO IC gegen Blattrippenbildung ist zu erkennen.



Figure 14. Konventionelle Schlichte



Figure 15. Schlichte für Innere Sauberkeit

ZUSAMMENFASSUNG

Eine speziell entwickelte Schlichte, die die innere Sauberkeit in sehr komplizierten Motorkomponenten verbessern kann, wird die Automobilindustrie dabei unterstützen, im Vergleich zu Euro 6 noch strengere Emissionsvorschriften einzuhalten und darüber hinaus auch die Wartungsintervalle zu verlängern und damit Ressourcen zu schonen und unser Erbe für die kommenden Generationen zu bewahren.

DANKSAGUNG

Ganz besonders möchte ich mich für die außergewöhnlich gute Zusammenarbeit mit zwei hervorragenden Gießereifachleuten bedanken; Tore Nilsson und Sten Bergman, Volvo GTO. Ohne deren Fachkenntnis und Unterstützung hätte dieses Projekt nicht in diesem Ausmaß erfolgreich verfolgt werden können.

REFERENZEN

1. <https://www.dieselforum.org/> - Press release, Nov. 16 2017 - Allen Schaeffer, Geschäftsführender Direktor des Diesel Technology Forums.
2. https://www.volvotrucks.com/content/dam/volvo/volvo-trucks/markets/global/pdf/our-trucks/Emis_eng_10110_14001.pdf - Lars Mårtensson,
3. www.dieselnet.com
4. <https://ww2.frost.com/> - Frost & Sullivan – European Emission Regulations – Will Stringent Emission Regulations Choke Automotive Industry Or Will OEMs Find Their Way Out? April 26, 2016 (Europäische Emissionsvorschriften – Werden strengere Vorschriften die Automobil-Industrie beeinträchtigen oder werden die Hersteller einen Ausweg finden?)
5. Foseco internal test – Veinblock test (Interner Foseco-Test – Blattrippenblock)

KONTAKT



CHRISTOPH GENZLER

PRODUKT MANAGER
SCHLICHTEN EUROPA

christoph.genzler@vesuvius.com
+31 7424 92 195