

# Sachbericht zum Abschlussbericht

## Teil I

### Kurzbericht

Zwendungsempfänger: DEWE Brünofix GmbH	Förderkennzeichen 03XP0268C
<b>Vorhabenbezeichnung:</b> „Durohyb – Methoden- und Technologieentwicklung zur Konzeption, Konstruktion, Herstellung und Prüfung von langzeitbetriebssicheren Metall-Duroplast-Verbunden in höchst beanspruchten Bauteilen“	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.03.2020 – 28.02.2023	
<b>Projektleiter*in</b> Projektkoordinator: Holger Kaup/ Schaeffler Technologies AG & Co. KG	<b>Berichtszeitraum</b> 01.03.2020 – 28.02.2023

### Aufgabenstellung und Projektergebnisse

DEWE Brünofix GmbH ist als einer von acht Projektpartnern zur Bearbeitung dieses Projektes tätig. Ziel und Aufgabenstellung waren, eine Verbindung zwischen Metall und Duroplast durch gezielte Vorbehandlung der Metallocberfläche zu verbessern.

Um einen festen Verbund zwischen Metallocberflächen und einer Kunststoffbeschichtung herstellen zu können, bedarf es einer Haftvermittlung.

Diese kann unterschiedlich erzeugt werden. Prädestiniert dafür sind oftmals Phosphatschichten, da infolge deren kristalliner Eigenschaften eine Vergrößerung der eigentlichen Metallocberfläche erreicht wird und dadurch mehr Beschichtungsmaterial aufgenommen werden kann.

Infolge deren kristalliner Struktur können somit auch die Hafteigenschaften verbessert werden.

Die Expertise der Fa. Brünofix GmbH liegt in der Beschichtung von metallischen Oberflächen.

Die Definition von Oberflächenparametern sowie die Modifikation des Prozesses zum Erreichen derer stellen einen erheblichen Aufwand dar und könnten außerhalb eines Forschungsprojektes im Verbund nicht durchgeführt werden.

### Geplante und tatsächlich bearbeitete Arbeitspakete

Ursprünglich wurden zur Bearbeitung und Vorbereitung von Probekörpern Tätigkeiten folgender Arbeitspakete geplant.

#### Arbeitspakete (AP)

- 1.4 Lastenhefterstellung
- 2.4 Strukturierung und Modifizierung von Metalleinlegern
- 4.3 Entwicklung und Auslegung des Demonstrators (Rotorwelle)
- 6.4 Entwicklung einer Handlingsstrecke für Demonstratorfertigung
- 6.5 Fertigung und Bereitstellung der Komponenten zur Fertigung des Demonstrators
- 9 Bericht und Dokumentation

Dafür wurden in der Planung insgesamt 3480 Stunden kalkuliert, wovon lediglich 918 Stunden absolviert werden konnten.

Tatsächliche Tätigkeiten erfolgten mit insgesamt 918 Stunden, jedoch nur für die nachstehenden Arbeitspakete

### **Arbeitspakete (AP)**

1.4 Lastenhefterstellung

2.4 Strukturierung und Modifizierung von Metalleinlegern

6.5 Fertigung und Bereitstellung der Komponenten zur Fertigung des Demonstrators

9 Bericht und Dokumentation

Somit liegt die tatsächliche Bearbeitungszeit bei rund 26,5 % der ursprünglichen Planung.

Besonders für das AP 2.4 wurden diverse Beschichtungen im Sine diverser Phosphatüberzüge hergestellt, die anschließend von den beteiligten Projektpartnern getestet wurde.

Eine Dünnschicht Zinkphosphat ergab dabei recht gute Haftungsergebnisse.

Aufgrund von diversen Schwierigkeiten bei den Testverfahren, wurden die Versuche mehrfach reproduziert.

Ebenso wurden Reinigungsprozesse definiert, die für normale als auch gelaserte Metalloberflächen reproduzierbar zum Einsatz kamen.

Dabei wurde besonders darauf orientiert, VOC-freie Medien zu verwenden, die auch in einer Serienproduktion umweltschonend zum Einsatz kommen können.

Im Rahmen der Zusammenarbeit der Projektpartner erfolgten dann für alle weiteren Beschichtungsversuche mit Kunststoff die vorbereitende Oberflächenreinigung und teils das Aufbringen diverser Phosphatschichten.

Im Rahmen der gemeinsamen Tests erfolgten auch Versuche mit gelaserten Oberflächen, die somit auch zur Verbesserung der Oberflächenhaftung von Metall getestet wurden. Diese Ergebnisse zeigten sich überraschend positiv, sodass sehr viele Kunststoffbeschichtungen dann mit dieser gelaserten Metalloberfläche erfolgten.

Etliche Tests davon wurden ursprünglich für phosphatierte Oberflächen geplant.

Das AP 2.4 zur Strukturierung und Modifizierung von Metalleinlegern war das Zeit intensivste für DEWE Brünofix GmbH, konnte jedoch nicht im gesamten Umfang erfolgen.

Gründe dafür waren starke Einschränkungen durch Maßnahmen in der Corona-Pandemie für alle Projektpartner als auch die Abhängigkeit von den Anforderungen der restlichen Projektpartner.

In 2020 wurden hauptsächlich verschiedene Phosphatüberzüge betrachtet, um unterschiedliche Phosphatschichten auf mögliche Stahl-Werkstoffen zu erzeugen, die als mögliche Haftvermittler im Verbundwerkstoff zwischen Stahl und Duroplast dienen sollten.

Im Zeitraum 2021 wurden die verschiedenen Phosphatierungen und die definierten Reinigungsabläufe an Metalleinlegern/Zug-Scher-Probekörpern angewandt.

Mit diesen Probekörpern wurden bei den Projektpartner Versuche zur Materialauswahl für die nachfolgenden Projektbauteile wie Rohprobekörpern und Demonstratoren durchgeführt.

Das gesamt erzielte Ergebnis hängt hauptsächlich von den Versuchsergebnissen der Projektpartner ab, die den Stand exakt widerspiegeln können.

DEWE Brünofix GmbH war lediglich für die Vorbereitung der Metalloberflächen zuständig.

Rednitzhembach

Ort

01.08.2023

Datum

Unterschrift

## Sachbericht zum Abschlussbericht

### Teil II

Zwendungsempfänger: DEWE Brünofix GmbH	Förderkennzeichen 03XP0268C
<b>Vorhabenbezeichnung:</b> „Durohyb – Methoden- und Technologieentwicklung zur Konzeption, Konstruktion, Herstellung und Prüfung von langzeitbetriebssicheren Metall-Duroplast-Verbunden in höchst beanspruchten Bauteilen“	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.03.2020 – 08.02.2023	
<b>Projektleiter*in</b> Projektkoordinator: Holger Kaup/ Schaeffler Technologies AG & Co. KG	<b>Berichtszeitraum</b> 01.03.2020 – 28.02.2023

#### I Ausführliche Darstellung

##### 1. Allgemeine Anforderungen

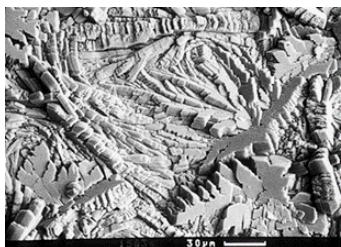
Das Projekt DuroHyb sollte genutzt werden, um die Übertragbarkeit bisheriger Erfahrungen der Haftgrundbeschaffenheit von Phosphatschichten auf nachfolgende Beschichtungen im Sinne polymerer bzw. hybrider Materialien zu prüfen.

Die Verbindung zwischen Metall und Duroplast kann durch gezielte Vorbehandlung der Metalloberfläche verbessert werden.

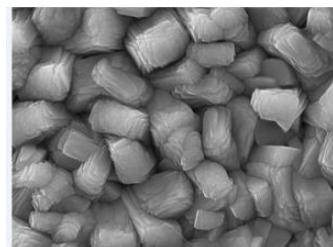
Es sollen drei verschiedene Beschichtungsarten zur Haftgrundgestaltung getestet werden. Diese wiederum sollen sich in Schichtstärke und Beschaffenheit- und Art unterscheiden, um die bestmögliche Variante zur nachfolgenden Kunststoffbeschichtung zu ermitteln

##### Beispiel verschiedener Phosphatschichten:

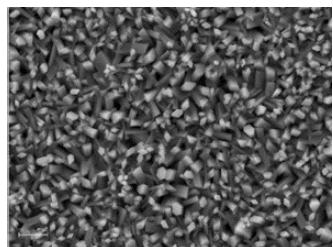
Zinkphosphatschicht



Zinkkalziumphosphatschicht



Manganphosphatschicht



Ursprünglich wurden zur Bearbeitung und Vorbereitung von Probekörpern Tätigkeiten folgender Arbeitspakete geplant.

##### Arbeitspakete (AP)

- 1.4 Lastenhefterstellung
- 2.4 Strukturierung und Modifizierung von Metalleinlegern
- 4.3 Entwicklung und Auslegung des Demonstrators (Rotorwelle)
- 6.4 Entwicklung einer Handlingsstrecke für Demonstratorfertigung
- 6.5 Fertigung und Bereitstellung der Komponenten zur Fertigung des Demonstrators
- 9 Bericht und Dokumentation

Dafür wurden in der Planung insgesamt 3480 Stunden kalkuliert, wovon lediglich 918 Stunden absolviert werden konnten.

Tatsächliche Tätigkeiten erfolgten mit insgesamt 918 Stunden jedoch nur für die nachstehenden Arbeitspakete:

- 1.4 Lastenhefterstellung
- 2.4 Strukturierung und Modifizierung von Metalleinlegern
- 6.5 Fertigung und Bereitstellung der Komponenten zur Fertigung des Demonstrators
- 9 Bericht und Dokumentation

Somit liegt die tatsächliche Bearbeitungszeit bei rund 26,5 % der ursprünglichen Planung.

## **2. Detaillierte Beschreibung der Tätigkeiten**

### **2.1 Aufbringen verschiedener Phosphatschichten auf unterschiedlichen Materialen**

#### **Versuch A AP 2.4**

Auf von der Schaeffler Technologies AG & Co. KG zur Verfügung gestellten Probekörpern, aus drei verschiedenen Materialen (100Cr6, 16MnCr5, S355), wurden verschiedene Phosphatier-Systeme angewandt; Mangan-Phosphatierung, Zink-Phosphatierung und Zink-Calcium-Phosphatierung; je dünne und mittlere Schichtstärke.

Diese Bleche konnten nicht für Adhäsionsversuche bei der Hexion GmbH verwendet werden, da sie aufgrund ihrer Maße nicht in das Werkzeug passen. Die Information zur maximalen Größe der Einleger lag am Anfang nicht vor.

Maße der Bleche: 30 mm x 80 mm.

Als Kenngrößen zur Charakterisierung der erzeugten Schicht werden die Schichtdicke und die Rauigkeit  $R_a$  angegeben.

Material	Art der Phosphatierung	Schichtauflage	Anzahl
16MnCr5	Zinkphosphat	dünn	12
		mittel	6
	Zinkcalciumphosphat	dünn	6
		mittel	6
	Manganphosphat	dünn	6
		mittel	6
100Cr6	Zinkphosphat	dünn	12
		mittel	6
	Zinkcalciumphosphat	dünn	6
		mittel	6
	Manganphosphat	dünn	6
		mittel	6
S355	Zinkphosphat	dünn	12
		mittel	6
	Zinkcalciumphosphat	dünn	6
		mittel	6
	Manganphosphat	dünn	6
		mittel	6

### 2.1.1 Zinkphosphatieren DEWE-LB 5573 (Dez. 2020)

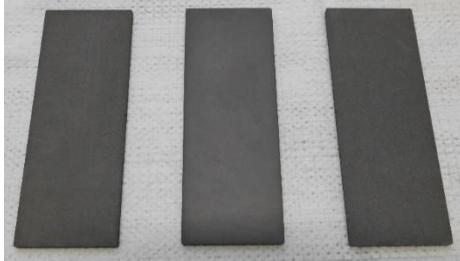


Abbildung 1: Von links nach rechts: Zinkphosphat auf S355, 16MnCr5, 100Cr6

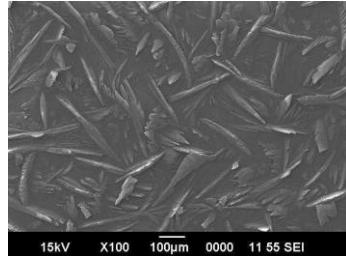


Abbildung 2: REM-Aufnahme einer Zinkphosphatschicht

Tabelle 1: Schichtdicke und Rauigkeit Zinkphosphatschicht

Zinkphosphat	Dünne Schicht (DEWE-LB: 5573 a)		Mittlere Schicht (DEWE-LB: 5573 b)	
Material	Schichtdicke / $\mu\text{m}$	Rauigkeit Ra / $\mu\text{m}$	Schichtdicke / $\mu\text{m}$	Rauigkeit Ra / $\mu\text{m}$
100Cr6	2,2 $\pm$ 0,5	1,78	4,5 $\pm$ 0,5	1,91
16MnCr5	0,8 $\pm$ 0,5	1,56	2,5 $\pm$ 0,5	1,65
S355	2,2 $\pm$ 0,5	2,11	3,5 $\pm$ 0,5	2,04

### 2.1.2 Zinkcalciumphosphatieren DEWE-LB 5572 (Dez. 2020)

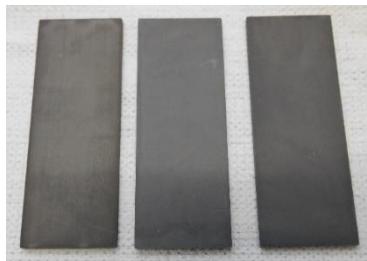


Abbildung 2: Von links nach rechts: Zinkcalciumphosphat auf S355, 16MnCr5, 100Cr6

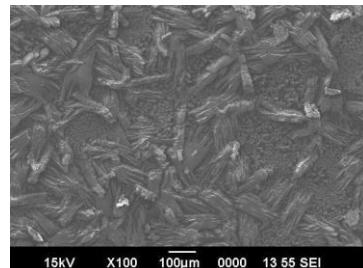


Abbildung 1: REM-Aufnahme einer Zinkcalciumphosphatschicht

Tabelle 2: Schichtdicke und Rauigkeit Zinkcalciumphosphatschicht

ZnCaPhosphat	dünne Schicht (DEWE-LB 5572 a)		mittlere Schicht (DEWE-LB 5572 b)	
Material	Schichtdicke / $\mu\text{m}$	Rauigkeit Ra / $\mu\text{m}$	Schichtdicke / $\mu\text{m}$	Rauigkeit Ra / $\mu\text{m}$
100Cr6	1,0 $\pm$ 0,5	1,29	3,5 $\pm$ 0,5	1,39
16MnCr5	1,0 $\pm$ 0,5	1,44	3,0 $\pm$ 0,5	1,99
S355	1,0 $\pm$ 0,5	1,84	3,0 $\pm$ 0,5	1,74

### 2.1.3 Manganphosphatieren DEWE-LB 5571 (Dez. 2020)

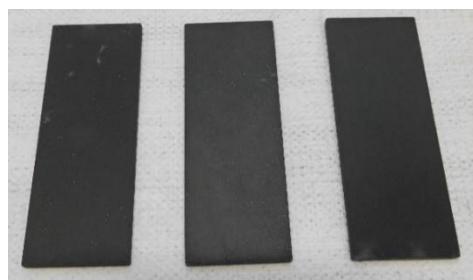


Abbildung 4: Von links nach rechts: Manganphosphat auf S355, 16MnCr5, 100Cr6

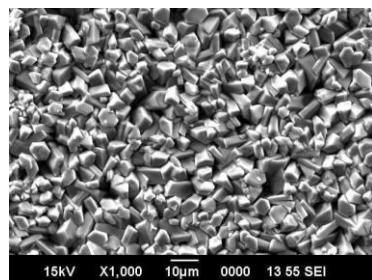


Abbildung 3: REM-Aufnahme einer Manganphosphatschicht

Tabelle 3: Schichtdicke und Rauigkeit Manganphosphatschicht

Manganphosphat	dünne Schicht (LB 5571 a)		mittlere Schicht (LB 5571 b)	
Material	Schichtdicke / $\mu\text{m}$	Rauigkeit Ra / $\mu\text{m}$	Schichtdicke / $\mu\text{m}$	Rauigkeit Ra / $\mu\text{m}$
100Cr6	2,5 $\pm$ 0,5	1,46	3,5 $\pm$ 0,5	1,29
16MnCr5	3,0 $\pm$ 0,5	1,61	4,0 $\pm$ 0,5	1,63
S355	2,5 $\pm$ 0,5	1,76	3,5 $\pm$ 0,5	1,22

**Fazit:** Auf den drei Materialtypen (100Cr6, 16MnCr5 und S355) konnte je eine gleichmäßige dünne und mittlere Phosphatschicht erzeugt werden.

### 2.3.0 Vorbereitung phosphatisierter Metalleinleger mit angepassten Maßen für Adhäsionsversuche bei Hexion GmbH/ (Versuch B) AP 2.4

Da die vorliegenden und bereits phosphatierten Blechmuster der Abmessungen 30 x 80 mm aus Versuch A nicht für Adhäsionsversuche bei Firma Hexion GmbH verwendet werden konnten, wurden noch restliche, als blankes Material vorliegende Blechmuster, auf die Größe 10 x 20 mm zugeschnitten.

Dieser Zuschnitt wurde im Zentrum für Werkstoffanalytik in Lauf (ZWL) durchgeführt.

Für jedes Material (16MnCr5, 100Cr6 und S355) und jede Phosphatierung (Zink-, Zinkcalcium- und Manganphosphat) wurden zusätzlich Proben mit einer dünnen Phosphatschicht erzeugt.

Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit an Blechen wurde gemeinsam mit den Projektpartnern beschlossen, zunächst je System nur die dünne Phosphatschicht zu testen.

Ein Teil der phosphatierten Proben wurde mit einer Amin-haltigen Passivierung als Transportschutz behandelt.

Die phosphatierten Blechmuster wurden an Hexion GmbH für den Adhäsionstest und an die Technische Universität Chemnitz für Grenzflächenuntersuchungen übergeben.

Auswertung und Ergebnisse siehe Berichte von Hexion GmbH / TU Chemnitz.

#### 2.3.1 Zinkphosphatieren Dünnschicht DEWE-LB 5578 c) (Jan. 2021)

Folgende Übersicht zeigt welche Beschichtungen durchgeführt und wie viele Bleche an die Projektpartner Hexion GmbH und TU Chemnitz geschickt wurden.

Die phosphatierten Bleche wurden nach dem gleichen Ablauf „DEWE LB AA 5596“ vorgereinigt.

Tabelle 4: Versuch B Zinkphosphat Dünnschicht für Adhäsionsversuche

Material/Zinkphosphat	16MnCr5	100Cr6	S355
Schichtdicke [µm]	2,2	2,2	0,8
			
Passiviert	Hexion 10 Stk. TUC 2 Stk.	Hexion 10 Stk. TUC 2 Stk.	Hexion 10 Stk. TUC 2 Stk.
nicht passiviert	Hexion 3 Stk. TUC 2 Stk.	Hexion 3 Stk. TUC 2 Stk.	Hexion 3 Stk. TUC 2 Stk.

#### 2.3.2 Zinkcalciumphosphatieren Dünnschicht DEWE- LB 5578 b) (Jahr. 2021)

Folgende Übersicht zeigt welche Beschichtungen durchgeführt und wie viele Bleche an die Projektpartner Hexion GmbH und TU Chemnitz geschickt wurden. Die phosphatierten Bleche wurden nach dem gleichen Ablauf „DEWE LB AA 5596“ vorgereinigt.

Tabelle 5: Versuch B Zinkcalciumphosphat Dünnschicht für Adhäsionsversuche

Material/ZnCaPhosphat	16MnCr5	100Cr6	S355
Schichtdicke [µm]	1,0	0,5-1,0	1,0
			
Passiviert	Hexion 10 Stk. TUC 2 Stk.	Hexion 10 Stk. TUC 2 Stk.	Hexion 10 Stk. TUC 2 Stk.
nicht passiviert	Hexion 3 Stk. TUC 2 Stk.	Hexion 3 Stk. TUC 2 Stk.	Hexion 3 Stk. TUC 2 Stk.

### 2.3.3 Manganphosphatieren Dünnsschicht DEWE-LB 5578 a) (Jan. 2021)

Folgende Übersicht zeigt welche Beschichtungen durchgeführt und wie viele Bleche an die Projektpartner Hexion GmbH und TU Chemnitz geschickt wurden. Die phosphatierten Bleche wurden nach dem gleichen Ablauf „DEWE LB AA 5596“ vorgereinigt.

Tabelle 6: Versuch B Manganphosphat Dünnsschicht für Adhäsionsversuche

Material/MnPhosphat	16MnCr5	100Cr6	S355
Schichtdicke [µm]	2-3	2-3	2-3
<b>Passiviert</b>			
<b>nicht passiviert</b>	Hexion 10 Stk. TUC 2 Stk.	Hexion 10 Stk. TUC 2 Stk.	Hexion 10 Stk. TUC 2 Stk.
	Hexion 3 Stk. TUC 2 Stk.	Hexion 3 Stk. TUC 2 Stk.	Hexion 3 Stk. TUC 2 Stk.

### 3. Reproduktionsversuche Adhäsionstest bei Hexion GmbH Vers. C (März 2021) AP 2.4

Anhand der Ergebnisse zu Versuch B von Hexion GmbH (siehe Bericht Hexion GmbH) wurde festgelegt die Adhäsions-Versuche von zinkphosphatierten Blechen aus 16MnCr5 zu reproduzieren (Maße: 10 mm x 20 mm). Diese sollen auch mit blanken, bei DEWE gereinigten Blechen (Ablauf 1.3.1.) verglichen werden. Die phosphatierten Bleche wurden nach dem gleichen Ablauf „DEWE LB AA 5596“ vorgereinigt.

Tabelle 7: Übersicht Versuch C; Zinkphosphatierte und blanke kleine Bleche 10x20mm

Oberfläche	Zinkphosphat	Zinkphosphat	Blank(gereinigt)
Reinigung DEWE LB AA-Nr.	5596	5596	5596
Oberflächenspannung (vor Phosphatierung) Bild	>38 mN/m	>38 mN/m	>38 mN/m
			
Phosphatierung DEWE LB-Nr.	5595 a)	5595 b)	-
Passivierung	Ja	Nein	Nein
Schichtdicke [µm]	2,0-2,5	2,0-2,5	-
an Hexion geliefert	10 Stk.	10 Stk.	10 Stk.

### 4. Charakterisierung der Kristallstruktur/Oberfläche phosphatisierter Bleche

#### Versuch D (März 2021)

Zur Untersuchung des Einflusses des Materials auf die Eigenschaften der Kristallschicht wurden weiter Bleche aus 16MnCr5 und 100Cr6 mit einer Dünnsschicht phosphatiert (Mn, Zn, ZnCa) und an die TU Chemnitz für weitere Versuche übergeben (24.03.2021). Maße: 10 mm x 20 mm. Diese sollen auch mit blanken, bei DEWE gereinigten Blechen (Ablauf 1.3.1.) verglichen werden. Die phosphatierten Bleche wurden nach dem gleichen Ablauf „DEWE LB AA 5596“ vorgereinigt.

Tabelle 8: Übersicht Versuch D; phosphatierte kleine Bleche 16MnCr5

Material	16MnCr5	16MnCr5	16MnCr5	16MnCr5
Reinigung DEWE LB AA-Nr.	5596	5596	5596	5596
Oberflächenspannung (vor Phosphatierung)	>38 mN/m	>38 mN/m	>38 mN/m	>38 mN/m
Phosphatierung DEWE LB-Nr.	Zinkphosphat 5595 b)	MnPhosphat 5595 d)	ZnCaPhosphat 5595 c)	blank
Schichtdicke [µm] Bild	2,0-2,5	2,0-2,5	1,5-2,0	-
				
an TUC geliefert	3 Stk.	3 Stk.	3 Stk.	3 Stk.

Tabelle 9: Übersicht Versuch D; phosphatierte kleine Bleche 100Cr6

Material	100Cr6	100Cr6	100Cr6	100Cr6
Reinigung DEWE LB AA-Nr.	5596	5596	5596	5596
Oberflächenspannung (vor Phosphatierung)	>38 mN/m	>38 mN/m	>38 mN/m	>38 mN/m
Phosphatierung DEWE LB-Nr.	Zinkphosphat 5595 b)	MnPhosphat 5595 d)	ZnCaPhosphat 5595 c)	blank
Schichtdicke [µm]	2,0-2,5	2,2-2,7	2,0-2,5	-
Bild				
an TUC geliefert	3 Stk.	3 Stk.	3 Stk.	3 Stk.

#### 4.1 Verschiedene Phosphatier-Systeme auf unterschiedlichen Materialen

##### Versuch B, C und D AP 2.4

Auf weiteren kleineren Musterblechen (10 x 20 mm), ebenfalls aus 100Cr6, 16MnCr5 und S355 wurden dieselben Phosphatschichten (Mangan-, Zink- und Zinkcalciumphosphat) erzeugt. Die phosphatierten Blechmuster wurden an Bakelite GmbH (ehemals Hexion GmbH) für den Adhäsionstest und an die Technische Universität Chemnitz für Grenzflächenuntersuchungen übergeben. Diese Versuche sind im Zwischenbericht für 2020 in Kapitel 1.2. und 1.4. als Versuche B, C und D dargestellt. Ein Teil der phosphatierten Proben wurde mit einer Amin-haltigen Passivierung als Transportschutz behandelt. In den Versuchen B, C und D wurden insgesamt 207 Bleche phosphatiert.

Tabelle 10: Zusammenfassung Versuch B, C und D; Dünnsschicht Zn-, ZnCa-, Mn-Phosphatschichten auf 16MnCr5, 100Cr6 und S355

Schicht	Zinkphosphat			Zinkcalciumphosphat			Manganphosphat		
DEWE LB AA:	5573			5572			5571		
Phosphatierte Oberflächen									
Stahlwerkstoff	16MnCr5	100Cr6	S335	16MnCr5	100Cr6	S335	16MnCr5	100Cr6	S335
Schichtdicke	0,8 ± 0,5	2,2 ± 0,5	2,2 ± 0,5	1,0 ± 0,5	1,0 ± 0,5	1,0 ± 0,5	2,5 ± 0,5	2,5 ± 0,5	2,5 ± 0,5
Anzahl	40	20	17	20	20	17	20	20	17

Auswertung und Ergebnisse siehe Berichte von Bakelite GmbH (ehemals Hexion GmbH) / TU Chemnitz.

#### 5. Reinigung der Metalleinleger/ Probekörper

In der Telefonkonferenz am 10.03.2021 zum Thema Reinigung wurde festgelegt, dass im weiteren Projektverlauf alle Probekörper bei DEWE Brünofix GmbH nach einem festgelegten Ablauf vorgereinigt werden.

Ziel ist es, für alle weiteren Beschichtungen bzw. Verarbeitungsschritte einen einheitlichen Ausgangszustand zu erhalten.

Zielwert für die Oberflächenspannung ist mit mindestens 38 mN/m angesetzt.

##### 5.1 Arbeitsablauf Reinigung von zu beschichtenden Oberflächen „DEWE LB AA 5596“

Dieser orientierende Ablauf wird auf folgenden Probekörpern/Metalleinlegern angewandt: Als Vorbehandlung vor der Phosphatierung  
Bei nicht phosphatierten Probekörpern/Metalleinlegern

##### 5.2 Reinigen von laserstrukturierten Oberflächen „DEWE LB AA 5597“

Bei der Laserstrukturierung, welche bei TRUMPF GmbH+ Co. KG durchgeführt, sind anorganische oxidische Rückstände auf der Oberfläche zu erwarten. Daher wird für diesen Fall ein separater Reinigungsablauf benötigt.

### 5.3 Reinigung von Metalleinlegern/Zug-Scher-Probekörpern AP 2.4

Im Mai 2021 wurden von der Schaeffler Technologies AG & Co. KG 1638 Metalleinleger an DEWE Brünofix geschickt. Material, Maße, Stückzahl und Anlieferungszustand sind in Tabelle 12 dargestellt. Die Stahlsorten 16MnCr5, S355 und 100Cr6 stellen die verschiedenen zu bewertenden Optionen für den Verbundwerkstoff dar. X155CrVMo12 und X15CrNi18 sind Optionen für das Material des Spritzgusswerkzeuges, bei denen ebenfalls an der TU-Chemnitz die Haftungseigenschaften mit dem Duroplast-Werkstoff getestet werden sollen.

Tabelle 11: Anlieferungszustand Metalleinleger aus 16MnCr5, S355, 100Cr6, X155CrVMo12 und X15CrNi18

Material	16MnCr5	S355	100Cr6	X155CrVMo12	X15CrNi18
Anlieferungs-zustand					
Anzahl	338	650	430	120	100
Maße	319 Stk.: 80 x 25mm 19 Stk.: 120 x 25mm	80 x 25mm	80 x 25mm	80 x 25mm	80 x 25mm
Summe	1638				

#### 5.3.1 Reinigung der Metalleinleger nach DEWE LB AA 5596 vor dem Strahlen (Juni 2021)

Aufgrund des stark unterschiedlichen Anlieferungszustandes wurde im Konsortium vereinbart die Einleger erst nach „DEWE LB AA 5596“ zu reinigen und anschließend bei Schaeffler Technologies AG & Co. KG zu strahlen. Erst danach sollte die individuelle Oberflächenbehandlung durchgeführt. Ziel ist es einen möglichst gleichmäßigen, untereinander vergleichbaren Ausgangszustand zu gewährleisten. Für jedes Material wurde ein Vergleichsteil mit demselben Arbeitsgang behandelt und anschließend die Oberflächenspannung mittels Testtinte 38mN/m ermittelt.

Tabelle 10: Reinigung von Metalleinlegern vor dem Strahlen nach „DEWE LB AA 5596“

Reinigung nach DEWE LB AA-Nr.	5596
Testtinte	38 mN/m
Oberflächenspannung	
Bild	
Ergebnis	i.O. (>38 mN/m)
Datum Versand an Schaeffler	01.06.2021

Alle 5 Materialien (16MnCr5, S355, 100Cr6, X155CrVMo12 und X15CrNi18) konnten ausreichend gereinigt werden (Oberflächenspannung >38 mN/m) und wurden an Schaeffler Technologies AG & Co. KG zum Strahlen übergeben. (01.06.2021)

### 5.3.2 Reinigung von Metalleinlegern nach DEWE LB AA 5596 für TU-Chemnitz (Juli 2021)

Die gestrahlten Metalleinleger (80 x 25mm) wurden von Schaeffler Technologies AG & Co. KG in Kontingente unterteilt, wann welche Einleger wie behandelt und die jeweiligen Projektpartner bereitgestellt werden sollen. Folgende Metalleinleger wurde nach DEWE LB AA 5596 gereinigt. Es wurde ein Vergleichseinleger mit demselben Arbeitsgang behandelt und anschließend die Oberflächenspannung mittels Testtinte 38mN/m ermittelt.

Tabelle 11: Anlieferungszustand Metalleinleger aus 16MnCr5, S355, 100Cr6, X155CrVMo12 und X15CrNi18

Material	16MnCr5	S355	100Cr6	X155CrVMo12	X15CrNi18
Anzahl	40	220	20	80	40
Summe	420				
Testtinte	38 mN/m				
Oberflächenspannung					
Bild					
Ergebnis	i.O. (>38 mN/m)				
Datum Versand TU Chemnitz	28.07.2021				

Alle 5 Materialien (16MnCr5, S355, 100Cr6, X155CrVMo12 und X15CrNi18) konnten ausreichend gereinigt werden (Oberflächenspannung >38 mN/m) und wurden an die TU Chemnitz übergeben. Ergebnisse und deren Auswertung siehe Zwischenbericht TU-Chemnitz.

Tabelle 14: Reinigung laserstrukturierter Metalleinleger nach DEWE LB AA 5597

Material	S355	S355	100Cr6	100Cr6
Anzahl	118	30	80	
Summe	228			
Vor Reinigung				
Nach Reinigung mit DEWE LB AA 5597				
Bild Testtinte				
Testtinte	i.O. (> 38 mN/m)		i.O. (> 38 mN/m)	
Oberflächenspannung				
Datum Versand TU Chemnitz	14.12.2021		03.01.2022	

Die laserstrukturierten Metalleinleger konnten ausreichend gereinigt werden (Oberflächenspannung >38 mN/m) und wurden an die TU Chemnitz übergeben. Ergebnisse und deren Auswertung siehe Zwischenbericht TU-Chemnitz.

## **6. Zusammenfassung**

Alle hier beschriebenen Beschichtungen wurden mehrfach wiederholt.

Jegliche Prozessschritte und verwendeten Chemikalien wurden reproduzierbar eingesetzt. Aufgrund des großen Umfangs wurden hier nicht alle einzelnen Abläufe dargestellt.

Grundsätzlich kann man sagen, dass Dünnschicht Zinkphosphatschichten absolut gute Haftvermittlung zwischen Metall und Kunststoff darstellten.

Während der Bearbeitung der Probekörper wurden zusätzlich Versuche mit laserstrukturierten Oberflächen durchgeführt. Somit wurden die Demonstratoren dann auch vor der Kunststoffbeschichtung nur mit gelaserten Oberflächen verwendet.

Die vorgestellten Reinigungsabläufe konnten für alle Anwendungen als Basis und ausreichend vorbereiteten Oberflächen führen.

In Zusammenhang zu dieser Projektarbeit sind seitens DEWE Brünofix GmbH keine eigenen Veröffentlichungen geplant

## **II. Wissenschaftliche und technische Erfolgsaussichten**

Die während des Projektes gewonnenen Erkenntnisse zur Optimierung der Basis- und Haftgrundgestaltung bieten einen Vorteil für ähnliche besondere Anwendungen. Die Besonderheiten, die für nachfolgende Kunststoffbeschichtungen entwickelt wurden, sollten eine Kenntnisweiterleitung im Sinne der Umsetzung im Lohnbetrieb bei praktischen Arbeiten darstellen.

## **III. Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit**

Der erwartete material- und verarbeitungsbezogene Erkenntnisgewinn wird bei weiterführenden praktischen und wirtschaftlichen Tätigkeiten auf dem Gebiet des Phosphatierens zu einer Zeitersparnis führen. Der Haftgrund für Verbundwerkstoffe und spezieller Belastungskriterien der Oberflächen können für weitere wirtschaftliche Tätigkeiten eine neue Basis darstellen.

Den für das Gesamtprojekt zutreffenden wirtschaftlichen Nutzen und wissenschaftlichen Erkenntnisse werden von den Projektpartnern dargestellt.

## IV. Verzeichnisse

<b>Abbildungsverzeichnis:</b>	<b>Seite</b>
Abb. 1 Von links nach rechts: Zinkphosphat auf S355, 16MnCr5, 100Cr6	3
Abb. 2 REM-Aufnahme einer Zinkphosphatschicht	3
Abb. 3 Von links nach rechts: Zinkcalciumphosphat auf S355, 6MnCr5, 100Cr6	3
Abb. 4 REM-Aufnahme einer Zinkcalciumphosphatschicht	3
Abb. 5 Von links nach rechts: Manganphosphat auf S 355, 16MnCr5, 100Cr6	3
Abb. 6 REM-Aufnahme einer Manganphosphatschicht	3

<b>Tabellenverzeichnis:</b>	<b>Seite</b>
Tabelle 1: Schichtdicke und Rauigkeit Zinkphosphatschicht	3
Tabelle 2: Schichtdicke und Rauigkeit Zinkcalciumphosphatschicht	3
Tabelle 3: Schichtdicke und Rauigkeit Manganphosphatschicht	3
Tabelle 4: Versuch B Zinkphosphat Dünnschicht für Adhäsionsversuche	4
Tabelle 5: Versuch B Zinkcalciumphosphat Dünnschicht für Adhäsionsversuche	4
Tabelle 6: Versuch B Manganphosphat Dünnschicht für Adhäsionsversuche	5
Tabelle 7: Übersicht Versuch C; Zinkphosphatierte und blanke kleine Bleche 10x20mm	5
Tabelle 8: Übersicht Versuch D; phosphatierte kleine Bleche 16MnCr5	5
Tabelle 9: Übersicht Versuch D; phosphatierte kleine Bleche 100Cr6	6
Tabelle 10: Zusammenfassung Versuch B, C und D; Dünnschicht Zn-, ZnCa-, Mn- Phosphatschichten auf 16MnCr5, 100Cr6 und S355	6
Tabelle 11: Anlieferungszustand Metalleinleger aus 16MnCr5, S355, 100Cr6, X155CrVMo12 und X15CrNi18	7
Tabelle 12: Reinigung von Metalleinlegern vor dem Strahlen nach „DEWE LB AA 5596“	7
Tabelle 13: Anlieferungszustand Metalleinleger aus 16MnCr5, S355, 100Cr6, X155CrVMo12 und X15CrNi18	8
Tabelle 14: Reinigung laserstrukturierter Metalleinleger nach DEWE LB AA 5597	8

Rednitzhembach  
Ort

03.08.2023  
Datum

Unterschrift