

Dresdner Lackfabrik novatic GmbH & Co. KG

Entwicklung eines umweltfreundlichen wasser-
verdünnbaren Beschichtungssystems für
Seefrachtcontainer zur automatischen Fertigung

Abschlussbericht über ein Forschungsprojekt
Gefördert unter dem AZ: 27358 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Dipl. Kfm. Alexander Zill

September 2010

Projektkennblatt

der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	27358	Referat	21/2	Fördersumme	50.000,00 €
Antragstitel		Entwicklung eines umweltfreundlichen wasserverdünnbaren Beschichtungssystems für Seefrachtcontainer zur automatischen Fertigung			
Stichworte		Korrosionsschutz			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
12 Monate	20.08.2009	19.08.2010	1		
Zwischenberichte	Projektkennblatt vom 14.09.09 Kurzbericht vom 15.01.10				
Bewilligungsempfänger	Dresdner Lackfabrik novatic GmbH & Co. KG			Tel	0351/82991-0
	Clemens-Müller-Straße 5			Fax	0351/8041443
	01099 Dresden			Projektleitung	
				Dipl. Kfm. Alexander Zill	
			Bearbeiter		
			Dipl. Kfm. Alexander Zill		

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Der Seecontainerhersteller in China benötigt für eine Lackierstraße ca. 15.000 t Farbe (Grundierung, Zwischenbeschichtung und Decklack) im Jahr pro Lackierstraße. Bei einem VOC-Anteil von 50 % entspricht das einer jährlichen VOC-Emissionsvolumen in Höhe von ca. 7.500 t/Jahr für eine Lackierstraße und ca. 75.000 t/Jahr für zehn Lackierstraßen. Demgegenüber beträgt der VOC-Anteil (ca. 3 %) bei Einsatz von wasserlöslichen Lacken ca. 500 t/Jahr für eine Lackierstraße und ca. 5.000 t/Jahr für zehn Lackierstraßen. Demnach beträgt das Einsparvolumen der bisherigen Emissionen von klimaschädlichen Gasen ca. 7.000 t/Jahr für eine Lackierstraße und ca. 70.000 t/Jahr für zehn Lackierstraßen. In der Alltagssprache ist der Begriff Lösungsmittel (Lösemittel) oft assoziiert mit Stoffen, die unangenehme Gerüche, Gesundheits- und Umweltschäden verursachen können.

Bei offener Anwendung verdunstet der größte Teil der Lösemittel in die Umgebungsluft. Beim Einsatz in geschlossenen Lackieranlagen kann die überwiegende Menge zurückgewonnen werden. Das ist bei der Lackierung von Seefrachtcontainern nicht der Fall. Kohlenwasserstoffe (Lösemittel) wirken in Bodennähe als Vorläufersubstanzen für die Ozonbildung und sind so mitverursachend für den Sommersmog bzw. Ozonlöcher. Die Herstellung von Kohlenwasserstoffen führt zu Umweltbelastungen. Hierbei wird überwiegend die nicht regenerierbare (fossile) Ressource Erdöl genutzt. Dessen Gewinnung führt zu diversen Schädigungen und Beeinträchtigungen aquatischer bzw. terrestrischer Ökosysteme. Die Verwendung und Entsorgung von Kohlenwasserstoffen führt zur Bildung von Kohlendioxid und trägt somit zu einer Verstärkung des Treibhauseffektes bei.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Das Projekt betrifft Schutzsysteme für Metalloberflächen aus Eisen, Stahl bzw. legiertem Stahl im Haupteinsatzgebiet des industriellen Korrosionsschutzes für Seefrachtcontainer. Die Auswahl des Schutzsystems muss die zu erwartende Beanspruchung am Nutzungsort bzw. im Einsatzbereich des zu schützenden Objektes berücksichtigen, was sich in der Auswahl der einzelnen Komponenten der Beschichtung und der Schichtdicke des Schutzsystems ausdrückt. Im Seecontainerbau wird der Oberflächenschutz bei starken korrosiven Beanspruchungen (Korrosivitätskategorie C5-I bzw. C5-M hohe Schutzdauer gemäß DIN EN ISO 12944) bisher von lösemittelhaltigen Systemen auf Basis von 1K- oder 2K-Beschichtungsstoffen gewährleistet. Unbedingte Berücksichtigung bei der Auswahl des aufzubringenden Schutzsystems im industriellen Korrosionsschutz muss die Zeit finden, in der das komplette Schutzsystem applizierbar ist. Das heißt, aus Gründen eines schnellen und ggf. automatischen Produktionsdurchlaufes sind sehr kurze Überarbeitungszeiten der einzelnen Schichten notwendig.

Ergebnisse und Diskussion

An das oben genannte Projekt wurde, wie im Lösungskonzept der Projektskizze vorgestellt, herangegangen. Es erfolgte zuerst eine Vor-Ort-Besichtigung der Fertigung bzw. Lackier- und Trocknungsstrecken. Desweiteren wurden alle Schritte bzw. technischen Anlagen begutachtet und dokumentiert sowie ein zeitlicher Ablaufplan der Fertigung erstellt. Umweltbedingungen, wie z. B. Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit wurden aufgenommen und mit theoretischen Jahreswerten verglichen. Weiterhin erfolgte die Überprüfung der Absaugungen und Zuluftströme innerhalb der Lackier- und Trockenkabinen.

Durch die erfolgreiche Suche und Forschung nach verwendbaren Rohstoffen und unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Trocknungstests mit IR- und Dunkelstrahl Trocknern konnten labortechnisch überzeugende Systeme entwickelt werden, wobei sich das Beste eindeutig herauskristallisierte.

Das Ergebnis, welches mit einer wasserverdünnbaren Zinkstaubgrundierung, einer wasserverdünnbaren Acryl-Zwischenbeschichtung und einem wasserverdünnbaren Acryl-Epoxy-Decklack erreicht worden ist, erfüllt die geforderten Vorgaben bezüglich der Korrosionsschutzprüfung nach DIN EN ISO 12944 (C5-I und C5-M lang) sowie die Frühwasserbeständigkeit im geforderten Fertigungszeitrahmen.

Schwierigkeiten waren bei der wasserverdünnbaren Zinkstaubgrundierung in der Lagerstabilität und dem Absetzverhalten zu erkennen, wobei diesen mit geeigneten Verdickern und Additiven entgegengewirkt werden konnte. Ein sehr großer Vorteil ergibt sich aus der rasanten Trocknung der Grundierung und der Möglichkeit von trocknen geschlossenen Filmen ab ca. 10 µm. Dem folgt, dass die Grundierung als Transportschutz (bei einer Erstlackierung durch Walzen) zwischen den einzelnen Fertigungsstätten eingesetzt werden kann.

Die zwei weiteren Beschichtungen konnten ebenfalls in der gewünschten Trockenzeit verarbeitet werden, sodass größere Umbauten an der Fertigungsstraße nicht realisiert werden müssen. Schwierigkeiten gab es hier bei der Dichtigkeit der Oberfläche. Dazu waren vorher zwei Lackierversuche nötig, um die gewünschte Oberflächenoptik zu erzielen.

Nach Trocknungsversuchen bei Dr. Wirth wurde festgestellt, dass durch den hohen Materialverbrauch sich eine sehr hohe Luftfeuchtigkeit in den Trockenkabinen ansammeln kann, sodass ein Teil der gesättigten Luft ausgekristallisiert werden muss. Die Praxis zeigt jedoch keinerlei Auswirkungen auf die Trocknung und die folgende Oberflächenqualität.

Fazit

Das entwickelte Beschichtungssystem Außen

2K-EP wasserverdünnbar	BG46-	10 µm	
2K-EP wasserverdünnbar	BG46-	20 µm	
1K-AY wasserverdünnbar	AG42-	50 µm	
1K-AY-EP wasserverdünnbar	AD51-	40 µm	und

die Beschichtung Innen

2K-EP-lösemittelfrei	ZG97-	80 µm
----------------------	-------	-------

entspricht den gewünschten Anforderungen bezüglich der Applikation, Trocknung, Frühwasserbeständigkeit, Korrosionsschutz und Umweltverträglichkeit des Kunden.

Inhaltsverzeichnis:

1.	Zusammenfassung	Seite 5
2.	Einleitung	Seite 6
3.	Aktuelle Problemstellung und Stand der Technik	Seite 7
4.	Zielsetzung des Vorhabens	Seite 9
4.1	Reduzierung der VOC-Emission	Seite 9
4.2	Erhöhung der Energieeffizienz	Seite 11
5.	Darstellung der Innovation	Seite 13
5.1	Sicherstellung einer hohen Korrosivitätskategorie	Seite 13
5.2	Sicherstellung von kurzen Überarbeitungszeiten	Seite 14
6.	Modellcharakter des neuen Verfahrens	Seite 16
6.1	Interner Modelcharakter	Seite 16
6.2	Externer Modelcharakter	Seite 16
7.	Verfahrensdurchführung und -ergebnisse	Seite 18
8.	Fazit	Seite 24
9.	Anhang 1 – Aufnahme der Lackierkabine Taicang	Seite 25
	Anhang 2 – Derzeitiges Lackierschema	Seite 28
	Anhang 3 – Versuchsprotokoll mit IR-Trockner	Seite 29
	Anhang 4 – Protokoll Trockenzeiten zur relativen Luftfeuchte	Seite 32
	Anhang 5 – Voraussetzung für die Applikationstechnik	Seite 34
	Anhang 6 – Schema des Produktionsprozesses	Seite 35
10.	Abkürzungsverzeichnis	Seite 38

1. Zusammenfassung

Das Projekt befasst sich mit der umweltfreundlichen automatischen Lackierung von Seefrachtcontainern. Hierbei wurde besonders Augenmerk auf die Verarbeitung, Trocknung und Oberflächenqualität gelegt, welche novatic im Verlauf des Abschlussberichtes darstellt.

Durch die erfolgreiche Suche und Forschung nach verwendbaren Rohstoffen und unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Trocknungstests mit IR- und Dunkelstrahl trocknern konnten labortechnisch überzeugende Systeme entwickelt werden, wobei sich das Beste eindeutig herauskristallisierte.

Das Ergebnis, welches mit einer wasserverdünnbaren Zinkstaubgrundierung, einer wasserverdünnbaren Acryl-Zwischenbeschichtung und einem wasserverdünnbaren Acryl-Epoxy-Decklack erreicht worden ist, erfüllt die geforderten Vorgaben bezüglich der Korrosionsschutzprüfung nach DIN EN ISO 12944 (C5-I und C5-M lang) sowie die Frühwasserbeständigkeit im geforderten Fertigungszeitrahmen.

Im Folgenden werden weiterhin die Aufnahme der Lackier- und Trockenkabinen vor Ort in China beschrieben sowie die eingehenden Tests in Deutschland zur effektiven Applikation der Beschichtungsstoffe. Hauptaugenmerk waren auch die Lager- und Viskositätsstabilitäten sowie Filmschlussbildung und UV-Stabilität, welche parallel zu den Versuchen vor Ort im novatic-Labor getestet und angepasst wurden.

Aus den ermittelten Verfahrensweisen und Stoffkombinationen ergibt sich insgesamt ein für Großverarbeiter VOC-gerechtes, industriell applizierbares, schnell trocknendes dichtes, nicht wasserquellbares Beschichtungssystem, welches bereits nach kurzer Zeit frühwasserbeständig ist. Der gesamte Mehrschichtaufbau basiert auf umweltfreundlichen Einzelbeschichtungen und erreicht zum Beispiel mit einer Gesamttrockenschichtdicke von 120 µm in Korrosionskurzprüfungen gemäß DIN EN ISO 12944 die Korrosivitätskategorie C5-I bzw. C5-M hohe Schutzdauer.

Die Dresdner Lackfabrik novatic GmbH & CO. KG bedankt sich bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt für die Förderung dieses Projektes mit dem Aktenzeichen: 27358-21/2.

2. Einleitung

Erfahrungen mit wasserverdünnbaren Systemen sind seit ca. 15 Jahren bei der Dresdner Lackfabrik novatic GmbH & Co. KG vorhanden, wobei anfangs Ultrafiltrationslacke auf Wasserbasis hergestellt wurden.

Ab 1997 begann novatic, damals noch FEIDAL, mit der großtechnischen Herstellung von wasserverdünnbaren Materialien. Durch den Zukauf der AQUATIC COLOR GmbH in Stettin (Polen) wurden erste Rezepturen bzw. wasserverdünnbare Beschichtungsstoffe in das Portfolio integriert.

In diesem Kontext wurden auch erste Versuche zur Beschichtung von Seecontainern mit einer Stettiner Werft gefahren. Zur damaligen Zeit lieferte das Werk in Stettin Beschichtungssysteme für den Containerbau. Hauptsächlich wurden hier Spezialcontainer für bestimmte Zwecke, z. B. Militär, Kaffeetransport oder ähnliches produziert.

Da der Seecontainerbau nach China verlagert wurde, ist dieses Vorhaben durch novatic jedoch nicht weiterverfolgt worden. Man muss heute sagen, dass der gesamte Weltmarkt von Asiaten beherrscht wird, wobei chinesische Werke an erster Stelle stehen. Weitere Produzenten in kleinerem Maßstab findet man in Korea, Taiwan und Vietnam. Andere produzierende Regionen, wie Russland, Europa oder Nordamerika spielen hierbei eine untergeordnete Rolle.

Das damalige System war eine wasserverdünnbare 2K-EP-Grundierung und ein wasserverdünnbarer 1K-Acryl-Decklack. Die Bindemittel wurden aus den USA bezogen, da zur damaligen Zeit die Forschungs- und Entwicklungsabteilungen amerikanischer Chemiekonzerne den europäischen überlegen waren. Da heute weltweite Rohstoffspezialisten lieferfähig sind und Produktionsstätten für Bindemittel auch und gerade in Westeuropa vorhanden sind, hat die Entwicklung in den letzten Jahren viele neue Rohstoffe hervorgebracht.

Die damalige Beschichtung der Seefrachtcontainer bzw. Applikation erfolgte per Hand. Es wurden keine Spritzautomaten eingesetzt, da die Stückzahlen zu gering waren und ständige Farbwechsel zu höheren Kosten führten. Weiterhin konnte auch besserer Einfluss auf die Oberflächenqualität genommen werden. Die Qualitäten der ehemaligen Produkte waren anwendungstechnisch sehr stark schwankend.

Weiterentwicklungen gab es auf dem Sektor Schienenfahrzeuge und Energiebetriebe für den Korrosionsschutz. Hauptsächlich wurden Erfolge durch den Großeinsatz bei der Beschichtung von Güterwagen erzielt. Hierbei musste permanent die Qualität und anwendungstechnische Sicherheit gewährleistet werden. Es wurden teilweise bis zu 10 Güterwagen pro Tag mit den verschiedenen wasserverdünnbaren Beschichtungsstoffen aus dem Hause novatic beschichtet. Alle eingesetzten Produkte mussten vorher bei den einzelnen Schienenfahrzeugbetreibern, wie z. B. der Deutschen

Bahn, Polnischen und Ungarischen Staatsbahnen, der Österreichischen Bahn sowie mehreren Privateinstellern oder Leasingunternehmen spezifiziert und zugelassen werden. Nur durch die Zulassungen konnte eine Lieferfähigkeit gewährleistet werden. Durch die Vorgaben der Deutschen Bahn AG wurden in den letzten 10 Jahren explizit wasserverdünnbare Systeme für den schweren Korrosionsschutz entwickelt, wobei die Applikation immer manuell erfolgte und Trockenzeiten von mehreren Stunden üblich waren.

Auch werden die unterschiedlichsten wasserverdünnbaren Beschichtungsstoffe für einzelne Segmente des Güterwagens verwendet. Diese Erfahrungen konnte novatic helfen, um die Anforderungen der Beschichtung von Seefrachtcontainern zu entwickeln und zeitnah voraussichtlich einen umweltfreundlichen und rentablen Korrosionsschutz zu erbringen.

3. Aktuelle Problemstellung und Stand der Technik

Bei der Produktion von Seefrachtcontainern handelt es sich generell um eine standardisierte Großserienfertigung, bei der die Container aus Stahlprofilen und profilierten Blechteilen meist in den Abmessungen 20 Fuß oder 40 Fuß Länge gefertigt werden. Großserienfertigung bezieht sich auf die kontinuierliche Fließbandfertigung, wo jeder Mitarbeiter der Produktion auf einen geringen oder kurzen Fertigungsablauf spezialisiert ist.

Der Stahl muss innen und außen vor Korrosion geschützt werden. An diesen Korrosionsschutz werden hohe Anforderungen gestellt, da sich die Container die meiste Zeit auf Seetransport oder im Hafengebiet befinden. Der Korrosionsschutz muss gemäß geltender internationaler Norm DIN EN ISO 12944 nach der höchsten Korrosivitätskategorie C5-M hohe Schutzdauer ausgeführt sein. Alle Container werden in China mit dem gleichen Korrosionsschutzsystem versehen. Vorschriften oder Spezifikationen einzelner Kunden für die Beschichtungssysteme sind nicht vorhanden, obwohl weltweite Standards die Elastizität und Farbtonstabilitäten bestimmen. Der Produzent kann die Beschichtungsstoffe und den Aufbau des Korrosionsschutzes selbst definieren.

Auf Grund der hohen Anforderungen beim Korrosionsschutz und der Serienfertigung werden bisher Zweikomponenten-Produkte auf Basis Epoxidharz bzw. Polyurethan und/oder Einkomponenten-Produkte auf Basis PVC bzw. PVC-Acrylharz eingesetzt.

Die Applikation erfolgt weitgehend automatisiert im Airless-Verfahren. Diese Produkte enthalten im verarbeitungsfertigen Zustand ca. 50 % organische (d. h. aromatische oder aliphatische) Lösemittel.

Der chinesische Weltmarktführer im Seefrachtcontainerbau CIMC (China International Marine Containers Group mit ca. 50% Anteil am Weltmarkt) verarbeitet in 10 Werken ca. 120.000 t Beschichtungsstoffe pro Jahr, was einem Lösemittelgehalt von ca. 60.000 t pro Jahr entspricht.

Alle bisherigen Versuche diese Lösemittelmenge durch den Einsatz von 1K- oder 2K-wasserverdünnbaren Systemen, die die Korrosionskategorie C5-M erfüllen, zu ersetzen, sind bisher nicht erfolgreich gewesen. 1K-Produkte haben sich zwar in der Applikation recht gut bewährt, sind aber den hohen Anforderungen an den Korrosionsschutz nicht gewachsen, bzw. wurden Oberflächenstörungen, hervorgerufen durch die Verdampfung des Wassers, nicht akzeptiert. 2K-Produkte auf wasserverdünnbarer Basis waren bisher auch nicht tauglich, da die Taktzeiten des Serienbetriebes dafür zu kurz und der Energieeinsatz für eine wärmeforcierte Trocknung viel zu hoch sind. Weiterhin wurden hierbei Probleme in der Zwischenhaftung der einzelnen Schichten festgestellt.

Nach heutigem Stand haben mehr als 7 Lackfabriken Anwendungsversuche durchgeführt, mit negativem Ergebnis. Darunter sind auch Weltfirmen, welche ein globales Vertriebs- und Forschungssystem vorweisen können. Einige namhafte Unternehmen sind noch nicht zur technischen Vorführung gelangt. Ein Lackhersteller appliziert aktuell seinen 5.Versuch, bei wiederum negativem Erfolg. Da z. Z. keine weiteren Versuche von Lackfabriken geplant sind, kann man davon ausgehen, dass die Schwierigkeiten in der Rezeptur der Versuchsmuster liegen. Anwendungstechnische Fehler kann man meist vor Ort oder in schneller Entwicklungsarbeit beseitigen.

4. Zielsetzung des Vorhabens – Beitrag zur Umweltentlastung

4.1 Reduzierung VOC¹-Emissionen

Der Seecontainerhersteller in China benötigt für eine Lackierstraße ca. 15.000 t Farbe (Grundierung, Zwischenbeschichtung und Decklack) im Jahr pro Lackierstraße.

Bei einem VOC-Anteil von 50 % entspricht das einem jährlichen VOC-Emissionsvolumen in Höhe von:

ca. 7.500 t Jahr für eine Lackierstraße und

ca. 75.000 t Jahr für zehn Lackierstraßen

Demgegenüber beträgt der VOC-Anteil (ca. 3 %) bei Einsatz von wasserlöslichen Lacken:

ca. 500 t Jahr für eine Lackierstraße und

ca. 5.000 t Jahr für zehn Lackierstraßen

Demnach beträgt das Einsparvolumen der bisherigen Emissionen von klimaschädlichen Gasen:

ca. 7.000 t Jahr für eine Lackierstraße und

ca. 70.000 t Jahr für zehn Lackierstraßen

In der Alltagssprache ist der Begriff Lösungsmittel (Lösemittel) oft assoziiert mit Stoffen, die unangenehme Gerüche, Gesundheits- und Umweltschäden verursachen können. Lösungsmittelfrei sind in diesem Sinne dann Farben, Klebstoffe, Lacke oder Lasuren, welche in Wasser gelöst sind und weniger als 3 % nicht mit Wasser mischbare Lösungsmittel enthalten. Der Begriff lösungsmittelhaltig bezeichnet Produkte, die synthetische Substanzen wie Aceton, Glykolether, Alkohole, Benzin oder Aromaten enthalten. Da Wasser selbst auch als Lösungsmittel betrachtet wird, ist die Verwendung dieser Begriffe nicht kongruent.

Die Vermeidung von giftigen und/oder umweltschädlichen Substanzen ist Bestandteil der Grünen Chemie.

¹ Volatile Organic Compounds, gängige Abkürzung für leichtflüchtige organische Substanzen, d.h. Substanzen, deren Dampfdruck bei 20 °C 0,1 hPa übersteigt

Bei offener Anwendung verdampft der größte Teil der Lösemittel in die Umgebungsluft. Beim Einsatz in geschlossenen Lackieranlagen kann die überwiegende Menge zurückgewonnen werden. Das ist bei der Lackierung von Seefrachtcontainern nicht der Fall. Kohlenwasserstoffe (Lösemittel) wirken in Bodennähe als Vorläufersubstanzen für die Ozonbildung und sind so mitverursachend für den Sommersmog bzw. Ozonlöcher. Die Herstellung von Kohlenwasserstoffen führt zu Umweltbelastungen. Hierbei wird überwiegend die nicht regenerierbare (fossile) Ressource Erdöl genutzt. Dessen Gewinnung führt zu diversen Schädigungen und Beeinträchtigungen aquatischer bzw. terrestrischer Ökosysteme. Die Verwendung und Entsorgung von Kohlenwasserstoffen führt zur Bildung von Kohlendioxid und trägt somit zu einer Verstärkung des Treibhauseffektes bei. Treibhausgase (u. a. Kohlendioxid) entstehen einmal bei der Verbrennung bzw. dem biologischen Abbau der entsorgten Abfälle. Zum anderen verstärkt auch die Verdunstung von Kohlenwasserstoffen selbst indirekt über entstehende Zersetzungsprodukte den Treibhauseffekt.

Eine extreme Belastung mit Lösemitteldämpfen wird auch den Lackierern vor Ort zugemutet.

Die Lackier- und Trockenanlagen haben zur Zeit eine nicht ausreichende Belüftung bzw. Frischluftventilation. Die Konzentration der Lösemitteldämpfe liegt erheblich über den europäischen Grenzwerten in der Trockenkabine, wobei hier Mitarbeiter Koordinations- oder Reparaturarbeiten erledigen. Im ganzen Werk herrscht Rauch- und Zündquellenverbot, da ein erhebliches Feuer- und Explosionspotenzial vorhanden ist.

4.2 Erhöhung der Energieeffizienz

Lösemittel werden aus nicht nachwachsenden Rohstoffen mittels aufwendiger technischer Verfahren unter großem Energieeinsatz gewonnen, darüber hinaus verursacht der Transport erheblichen logistischen Aufwand.

Erdöl ist ein Gemisch aus verschiedensten Kohlenwasserstoff-Verbindungen. Es muss erst zerlegt werden, um daraus Benzin, Heizöl oder Lösemittel zu gewinnen. Dieses Zerlegen geschieht durch Destillation. Bei der Destillation von Erdöl erhält man aber keine reinen Stoffe, sondern einzelne Fraktionen. Das sind Gemische mit ähnlichen Siedetemperaturen. Man nennt diesen Vorgang auch fraktionierte Destillation.

Bei dieser Destillation wird das Erdöl schrittweise auf etwa 350 °C erhitzt. Beim Erhitzen verdampft ein Großteil des Öls. Die Dampfphase wird in einen Destillationsturm geleitet. Die Temperaturen im Turm nehmen von unten nach oben ab. Die aufsteigenden Dämpfe werden in den verschiedenen Stockwerken abgekühlt und verflüssigen sich dabei. Diese sogenannten Fraktionen werden permanent von den Böden abgezogen und in separate Lagertanks gepumpt. Durch weitere Destillationsschritte werden die Fraktionen bezüglich der Siedebereiche weiter eingengt. Ein abschließender Schritt zur Gewinnung von reinen Destillaten entsteht bei einer nachträglichen Filterung bzw. Fällung der nicht gewünschten Reststoffe im Lösemittel.

Sehr oft werden gängige Lösemittel für Beschichtungsstoffe durch gezielte chemische Reaktionen (meist endothermer Art) von Erdöldestillaten erzeugt. Auch dafür muss Energie aufgewandt werden.

Die Substitution dieser Lösemittel durch Wasser spart sowohl erhebliche Rohstoffmengen, als auch zu deren Herstellung benötigte Energie ein. Für die Herstellung der wasserverdünnbaren Beschichtungsstoffe der Dresdner Lackfabrik novatic GmbH & Co. KG wird normales Trinkwasser verwendet. Dadurch entfällt bereits in einer aufzustellenden Energiebilanz der bis zu 50 %ige Anteil an Lösemitteln.

Eine weitere Reduzierung der eingesetzten Gesamtenergiemenge zur Herstellung der Container lässt sich durch die Optimierung von Luftströmen und Lufttemperaturen innerhalb der Lackier- und Trockenkabinen erreichen. Dabei müssen die Volumenströme der Luftzirkulation und die Trocknungstemperaturen den spezifischen Eigenschaften wasserverdünnbarer Materialien angepasst werden. Dies erfordert eine technisch qualifizierte Aussage zur Anlagengestaltung bzw. -projektierung, welche mit dem Einsatz der wasserverdünnbaren Materialien umgesetzt werden muss. Die voraussichtliche Umgestaltung der Trocknungskabinen ermöglicht dann eine gezielte, schnelle

und effektive Trocknung am Ende des Lackierprozesses, um die erforderliche Frühwasserbeständigkeit zu erhalten, welche bei der Dichtigkeitsprüfung relevant ist.

5. Darstellung der Innovation – Weiterentwicklung der bisherigen Verfahren und Produkte

5.1 Sicherstellung einer hohen Korrosivitätskategorie auf wasserlöslicher Basis

Das Projekt betrifft Schutzsysteme für Metalloberflächen aus Eisen, Stahl bzw. legiertem Stahl im Haupteinsatzgebiet des industriellen Korrosionsschutzes für Seefrachtcontainer. Die Auswahl des Schutzsystems muss die zu erwartende Beanspruchung am Nutzungsort bzw. im Einsatzbereich des zu schützenden Objektes berücksichtigen, was sich in der Auswahl der einzelnen Komponenten der Beschichtung und der Schichtdicke des Schutzsystems ausdrückt.

Im Seecontainerbau wird der Oberflächenschutz bei starken korrosiven Beanspruchungen (Korrosivitätskategorien C5-I bzw. C5-M hohe Schutzdauer gemäß DIN EN ISO 12944) bisher von lösemittelhaltigen Systemen auf Basis von 1K- oder 2K-Beschichtungsstoffen gewährleistet.

Unbedingte Berücksichtigung bei der Auswahl des aufzubringenden Schutzsystems im industriellen Korrosionsschutz muss die Zeit finden, in der das komplette Schutzsystem applizierbar ist. Das heißt, aus Gründen eines schnellen und ggf. automatischen Produktionsdurchlaufes sind sehr kurze Überarbeitungszeiten der einzelnen Schichten notwendig.

Ein gravierender Nachteil von lösemittelhaltigen 1K- und 2K-Systemen im industriellen Bereich mit oft sehr großen Mengen an verarbeiteten Beschichtungsstoffen liegt in der beträchtlichen Lösemittellemission. Je weniger Lösemittel solche 2K-Systeme allerdings insgesamt enthalten, umso längere Überarbeitungszeiten der einzelnen Schichten müssen einkalkuliert werden. Insbesondere dann, wenn aus Gründen der UV-Stabilität eine Deckbeschichtung auf Basis von Polyurethan aufgebracht werden soll. Bei sehr kurzer Überarbeitungszeit der vorhergehenden EP-Beschichtung mit der Polyurethan-Deckbeschichtung kann es zu Nebenreaktionen und damit zu Oberflächenstörungen in der Deckbeschichtung kommen. Die schnelle, industrielle Applikation eines umweltgerechten, wasserverdünnbaren Mehrschichtsystems mit hoher Schutzwirkung gemäß DIN EN ISO 12944 Korrosivitätskategorie C5-I bzw. C5-M hohe Schutzdauer konnte deshalb in der Praxis bisher nicht verwirklicht werden.

5.2 Sicherstellung von kurzen Überarbeitungszeiten und maschineller Applizierbarkeit

Im Projekt wurde diese hohe Schutzwirkung mit einem vollständig wasserverdünnbaren Mehrschichtsystem erreicht, in dem nur die Grundbeschichtung auf Basis von wasserverdünnbaren 2K-Epoxidharz-Härter-Kombinationen mit Zinkstaub ausgeführt ist. Die anderen Schichten bestehen aus 1Komponentigen wasserverdünnbaren Beschichtungen. Die entwickelten Beschichtungssysteme bestehen aus mehreren Schutzschichten mit unterschiedlichen Funktionen.

Von der Grundbeschichtung wird eine hohe Haftfestigkeit auf dem gestrahlten Metalluntergrund verlangt. Diese muss sowohl als Shopprimer einsetzbar sein, als auch die Funktion der eigentlichen Grundbeschichtung erfüllen. Die Grundbeschichtung muss durch ihren Zinkstaubanteil im Pigment das darunter liegende Substrat auch elektrochemisch vor Korrosion schützen.

Die Zwischenbeschichtung hat die Funktion einer Diffusionssperre und enthält ebenfalls aktive Korrosionsschutzpigmente und Inhibitoren.

Die Deckbeschichtung muss eine langzeitige und sehr gute Wetterbeständigkeit mit UV-Stabilität besitzen. Daraus resultieren vorzugsweise gute dekorative Eigenschaften wie Glanzhaltung und Farbtonstabilität sowie eine geringe Alterung und ein geringer Schichtabbau.

Verfahrensbeispiel:

Die Metalloberfläche ist vor der Beschichtung in üblicher Form wie in DIN EN ISO 12944-4 vorzubereiten.

Es erfolgt zunächst das Aufbringen einer Primerschicht unter automatisierten Bedingungen in der Weise, dass die zu beschichtenden Oberflächen mit gleichmäßiger Vorschubgeschwindigkeit an der Lackiereinrichtung vorbeiläuft und ein Auftrag des wasserverdünnbaren 2K-Beschichtungsstoffes mit Zinkstaubanteil in Höhe von ca. 10 µm Trockenschichtdicke erfolgt.

Die beschichteten Oberflächen in Form von gewalztem Stahl können geformt und geschweißt werden. Auf die beschichtete und verformte Oberfläche wird anschließend unter Beachtung einer gründlichen Nachreinigung der wasserverdünnbare 2K-Grundbeschichtungsstoff mit Zinkstaubanteil in einer Trockenschichtdicke von ca. 20 bis 90 µm (idealerweise (20 bis 30 µm) erneut aufgetragen. Die Auftragsart kann mit Airless-, Airless mit Luftunterstützung, HVLP- oder Hochdruckspritzen in einer automatischen Anlage oder auf manuellem Wege erfolgen.

Nach 10 bis 15 Minuten wird als Zwischenbeschichtungsmaterial eine schnell trocknende Beschichtung auf 1K-Basis aufgebracht, in der Weise formuliert, dass durch den Bindemittelgehalt eine Gerüstbildung unter Verwendung von lamellaren und sphärischen Pigmenten und Füllstoffen, Korrosionsschutzpigmenten und organischen Inhibitoren stattfindet. Die aufgebrachte Trockenfilmdicke beträgt zwischen 30 und 100 µm, idealerweise 40 bis 50 µm. Die Auftragsart wird auch hier mittels Airless erfolgen. Es können aber auch weitere Applikationstechniken, wie vorher angegeben, angewandt werden.

Nach weiteren 10 bis 15 Minuten wird ein Deckbeschichtungsmaterial mit einer Trockenfilmdicke von 40 bis 100 µm, idealerweise 40 bis 50 µm, aufgetragen, welches aus einer genau abgestimmten Kombination aus Acryl- und Epoxidharzen besteht. Die Pigmentierung besteht aus lamellaren und sphärischen Pigmenten und Füllstoffen. Auch hier wird die Applikationstechnik Airless verwendet, obwohl auch hier weitere Verfahren möglich sein können.

Aus dieser Verfahrensweise und Stoffkombination ergibt sich insgesamt ein für Großverarbeiter VOC-gerechtes, industriell applizierbares, schnell trocknendes dichtes, nicht wasserquellbares Beschichtungssystem, welches bereits nach kurzer Zeit frühwasserbeständig ist. Der gesamte Mehrschichtaufbau basiert auf umweltfreundlichen Einzelbeschichtungen und erreicht zum Beispiel mit einer Gesamttrockenschichtdicke von 120 µm in Korrosionskurzprüfungen gemäß DIN EN ISO 12944 die Korrosivitätskategorie C5-I bzw. C5-M hohe Schutzdauer.

6. Modellcharakter des neuen Verfahrens

Der Modellcharakter ergibt sich aus der wegweisenden Lösung zur umweltgerechten Lackierung von Containern. Dieses Modell muss entsprechend den vorhandenen Gegebenheiten vor Ort breit eingeführt werden und dadurch allgemeinen Charakter erhalten. Nur so wird der bedeutende energetische und ökologische Effekt erzielt. Hierbei wird in internen und externen Modellcharakteren unterschieden.

6.1 Interner Modellcharakter

Der chinesische Seecontainerbauer lackiert in z. Zt. 10 Produktionsstraßen bzw. Produktionsstätten innerhalb Chinas, wobei sich alle Standorte im östlichen Teil bzw. Küstennähe befinden.

In einem ersten Schritt ist geplant, dass die Einführung des neuen Verfahrens zuerst in einer Lackierstraße erfolgen soll und dann sukzessive auf die anderen Lackierstraßen erweitert werden soll. novatic geht derzeit davon aus, dass die Produktionstechnologie bei allen Werken in etwa gleich geregelt ist. Nach Absprachen mit dem chinesischen Hersteller trifft dies im Großen und Ganzen zu, aber es gibt auch ältere Werke mit voraussichtlich schlechteren Lackierbedingungen. Weiterhin muss bedacht werden, dass die Produktionsanlagen in verschiedenen Klimazonen stehen. Im Norden von China ist Kontinentalklima mit frostigem Winter, im Süden ist mit einer hohen Luftfeuchtigkeit zu rechnen. Dadurch sind Modifizierungen und Anpassungen in gewissem Umfang sicherlich notwendig, ohne die Qualität der Lackierung zu verändern oder zu vermindern.

Eine Kompatibilität ist zwingend erforderlich, da Produktionskapazitäten bzw. Aufträge geteilt und in den einzelnen Werken verschoben werden. Das heißt, man erwartet qualitativ gleichwertige Beschichtungen bzw. gleichartigen Korrosionsschutz in allen Werken.

6.2 Externer Modellcharakter

Wie dargelegt, deckt der chinesische Hersteller ca. 50 % des Weltmarktes mit seinen Produkten ab. Einen weiteren Weltmarktanteil im Seecontainerbau in Höhe von ca. 40 % decken 2-3 andere chinesische Hersteller ab. Den restlichen Markt von unter 10 % teilen sich weltweit einige kleinere Betriebe.

Durch die Vorgabe der chinesischen Parteiführung, umweltfreundliche Produktionen zu betreiben, um im Weltmarkt bestehen zu können, kann man davon ausgehen, dass bei einem großflächigen Einsatz von wasserverdünnbaren Beschichtungsstoffen die Vervielfältigungswirkung sehr groß sein wird. Bei

erfolgreichem Projektverlauf stellen die Wettbewerbshersteller des chinesischen Kunden ein zusätzlich zu generierendes Potenzial dar, wenn man bedenkt, dass die nächst größeren Hersteller auch chinesische Firmen sind.

Bei dieser hohen Absatzzahl ist auch ein Produktionsstandort für die wasserverdünnbaren Beschichtungsstoffe in China nicht auszuschließen. Verbrauchsmengen von jährlich ca. 150.000 t Beschichtungsstoffen sind transporttechnisch von Europa nicht zu realisieren. Dies würde eine tägliche Bedarfsmengen von ca. 700 t entsprechen, wobei ein Handling von täglich mehr als 45 Seefrachtcontainern notwendig wäre. Der Aufbau einer Produktionsstätte in China würde für die novatic-Gruppe eine höhere Präsenz im chinesischen Markt bedeuten, die Vorteile zur Belieferung anderer Projekte, wie z. B. Windkraftturbau oder Kraftwerksbau, mit sich zieht.

Das einzusetzende Beschichtungssystem ist durch den hohen Korrosionsschutzwert auch in anderen Bereichen des schweren Korrosionsschutzes verwendbar. Möglichkeiten, damit im allgemeinen und schweren Korrosionsschutz herkömmliche Beschichtungssysteme zu ersetzen, sind durchaus realisierbar.

7. Verfahrensdurchführung und -ergebnisse

Die Verfahrensdurchführung beinhaltet die einzelnen Projektschritte, welche nachfolgend umgesetzt wurden. Erster Projektschritt war die Recherche zum Problem und zum Stand der Technik. Hierbei zählte hauptsächlich die Informationsbeschaffung, welche vor Ort die Bedingungen erfasst und dokumentiert.² Daraus ergab sich die Bestimmung des derzeitigen Lackierschemas³.

Weiterhin war die Verarbeitung von Informationen aus der Rohstoffindustrie, z. B. von weltweit agierenden Bindemittelherstellern notwendig. Hier konnte ein wesentlicher Beitrag zur Effizienzsteigerung geleistet werden, um die Forschungs- und Entwicklungszeiträume durch die Anwendung von Start- bzw. Richtrezepturen möglichst gering zu halten.

7.1 Ergebnisse der Entwicklung des Beschichtungssystems

Nach der Recherche schloss sich die grundsätzliche Entwicklung der Rezepturen an. Dazu gehören die mechanischen Prüfungen, die UV-Beständigkeit und der Nachweis des Korrosionsschutzes.

Als dritter Schritt hat die Erprobung des Beschichtungssystems unter Technikumsbedingungen stattgefunden. Durch die Flexibilität der novatic-Gruppe mit ihrer anwendungstechnischen Abteilung ließen sich sehr zeitnah realistische Simulationen der Verarbeitung herstellen. Auch sind die sehr erfahrenen Techniker kurzfristig in der Lage gewesen sich auf besondere Bedingungen bei der Applikation einzustellen. Durch Nutzung unseres Technikums konnten verschiedene Klimaverhältnisse und Umwelteinflüsse realitätsnah erforscht werden.

Außenbereich

<i>Beschichtung</i>	<i>Art.-Nr.</i>	<i>DFT (µm)</i>	<i>Überarbeitung mindestens nach (min)</i>	<i>Verarbeitungsviskosität Startpunkt (Sek./4 mm)</i>
<i>Zn-Primer</i>	<i>BG46</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>15-25</i>
<i>Zn-Grundierung</i>	<i>BG46</i>	<i>20-30</i>	<i>10</i>	<i>25-30</i>
<i>AY-ZB außen</i>	<i>AG42</i>	<i>40-50</i>	<i>20</i>	<i>25-35</i>
<i>AY-DB außen</i>	<i>AD51</i>	<i>40-50</i>	<i>60</i>	<i>20-25</i>
<i>Gesamt</i>		<i>110-140</i>	<i>100</i>	

² Siehe Anhang 1 – Generalaufnahme CIMC Taicang , China

³ Siehe Anhang 2 – derzeitige Lackierschema

Prüfergebnisse, Prüfungen im Trockenzustand

Tiefung nach Erichsen (DIN 50101), Dornbiegetest (in Anlehnung an ASTM D-522)

Die Beschichtungen wurden auf dekapiertes Stahlblech, geschliffen, entsprechend den vorgesehenen Überarbeitungszeiten aufgetragen und jeweils 7 Tage künstlich bei 50 °C gealtert und 7 Tage bei 23 °C/50 % rel. Luftfeuchte konditioniert und anschließend getestet.

System	DFT (μm)	Tiefung (mm)	Dornbiegetest (mm)
a) BG46	10	10	4
b) BG46	10+20	8	4
c) BG46 und AG42	10+20 50	8	4
d) BG46 AG42 und AD51	10+20 50 40	8	4

Impact-Test in Anlehnung an ASTM D 2794

Die Beschichtungen wurden auf dekapiertes Stahlblech, geschliffen, entsprechend den vorgesehenen TSD und Überarbeitungszeiten aufgetragen sowie jeweils 7 Tage bei künstlicher Alterung 50 °C und 7 Tage bei 23 °C/50 % rel. Luftfeuchte konditioniert und anschließend getestet.

Fallhöhe: 60 cm

Ergebnisse: keine Risse, Abplatzungen usw.

Salzsprühtest nach ISO 7253 (nach ASTM B 117)

Es wurden Stahlbleche St 1203 gemäß Prüfnorm der TL/TP-KOR Stahlbauten fein gestrahlt nach Sa 2,5 der DIN EN ISO 12944, mittels Airless-Spritzverfahren entsprechend den vorgesehenen Überarbeitungszeiten beschichtet. Die Konditionierung erfolgte 7 Tage bei 23 °C/50 % rel. Luftfeuchte. Anschließend wurden die Proben ca. 15 mm vom Rand mit einem Ritz versehen und belastet. Die Salzsprühkammer wurde vorher in einem Ringversuch mit einem akkreditierten Prüflabor auf den Wirkungsgrad und Vergleichbarkeit der Ergebnisse abgeglichen. Die TSD lagen bei 142 μm +/- 19 μm .

Der komplette Aufbau zeigte nach 1392 h Salznebelprüfung folgende Ergebnisse:

Kriterium	Kennwert	ISO-Norm	in Anlehnung an ASTM Norm
Blasengrad	0(S0)	4628-2	D-714
Rostgrad	Ri0	4628-3	D-610
Rissbildung	0 (S0)	4628-4	
Abblätterung	0 (S0)	4628-5	
Kreidung	keine Kreidung		D-659
Gitterschnitt (3 mm)	GT0	2409	
Unterwanderung	< 1,0 mm	12944-6	B-117

Kondenswassertest nach ISO 6270

Es wurden Stahlbleche St 1203 gemäß Prüfnorm der TL/TP-KOR Stahlbauten, fein gestrahlt nach Sa 2,5 der DIN EN ISO 12944, mittels Airless-Spritzverfahren entsprechend den vorgesehenen Überarbeitungszeiten beschichtet. Die Konditionierung erfolgte 7 Tage bei 23 °C/50 % rel. Luftfeuchte. Anschließend wurden die Proben ca. 15 mm vom Rand mit einem Ritz versehen und belastet. Die DFT lagen bei 142 µm +/- 19 µm.

Der komplette Aufbau zeigte nach 1392 h folgende Ergebnisse:

Kriterium	Kennwert	ISO-Norm	in Anlehnung an ASTM Norm
Blasengrad	0(S0)	4628-2	D-714
Rostgrad	Ri0	4628-3	D-610
Rissbildung	0 (S0)	4628-4	
Abblätterung	0 (S0)	4628-5	
Kreidung	keine Kreidung		D-659
Gitterschnitt (3 mm)	GT0	2409	
Unterwanderung	< 1,0 mm	12944-6	B-117

QUV-Test (ISO 11507 in Anlehnung an ASTM 4587)

Auf angeschliffene Q-Panels aus Aluminium wurde die Deckbeschichtung im Airless-Verfahren mit einer TSD von 44 +/- 8 µm aufgebracht. Es erfolgte eine Konditionierung bei 23 °C/50 % rel. Luftfeuchte. Anschließend wurden die Proben belastet.

Nach 1150 h UVA-Test erhielten wir folgende Ergebnisse:

Farbton	Glanz (0 h)	(n. 1150 h)	ΔE (0 h)	(n. 1150 h)
RAL 5010	10,5	7,0	0,56	2,00

Innenbereich

Beschichtung	Art.-Nr.	TSD (µm)	Überarbeitung mindestens (min)	Verarbeitungsviskosität Startpunkt (Sek./4 mm)
Zn-Primer	BG46	10	10	15-25
Zn-Grundierung	BG46	20-30	10	25-30
AY-DB innen	AD50	40-50	-	20-35
Gesamt		70-90	20	

Prüfergebnisse, Prüfungen im Trockenzustand

Tiefung nach Erichsen (DIN 50101), Dornbiegetest (in Anlehnung an ASTM D-522)

Die Beschichtungen wurden auf dekapiertes Stahlblech, geschliffen, entsprechend den vorgesehenen Überarbeitungszeiten aufgetragen und jeweils 7 Tage künstlich bei 50 °C gealtert und 7 Tage bei 23 °C/50 % rel. Luftfeuchte konditioniert und anschließend getestet.

System	TSD (μm)	Tiefung (mm)	Dornbiegetest (mm)
a) BG46	10	10	4
b) BG46	10+20	8	4
c) BG46 und AD50	10+20 50	8	4

Impact-Test in Anlehnung an ASTM D 2794

Die Beschichtungen wurden auf dekapiertes Stahlblech, geschliffen, entsprechend den vorgesehenen TSD und Überarbeitungszeiten aufgetragen sowie jeweils 7 Tage bei künstlicher Alterung 50 °C und 7 Tage bei 23 °C/50 % rel. Luftfeuchte konditioniert und anschließend getestet.

Fallhöhe: 60 cm

Ergebnisse: keine Risse, Abplatzungen usw.

Salzsprühtest nach ISO 7253 (nach ASTM B 117)

Es wurden Stahlbleche St 1203 gemäß Prüfnorm der TL/TP-KOR Stahlbauten, fein gestrahlt nach Sa 2,5 der DIN EN ISO 12944, mittels Airless-Spritzverfahren entsprechend den vorgesehenen Überarbeitungszeiten beschichtet. Die Konditionierung erfolgte 7 Tage bei 23 °C/50 % rel. Luftfeuchte, anschließend wurden die Proben ca. 15 mm vom Rand mit einem Ritz versehen und belastet. Die Salzsprühkammer wurde vorher in einem Ringversuch mit einem akkreditierten Prüflabor auf den Wirkungsgrad und Vergleichbarkeit der Ergebnisse abgeglichen. Die DFT lagen bei 93 μm +/- 12 μm .

Der Zweischichtaufbau zeigte nach 1200 h folgende Ergebnisse:

Kriterium	Kennwert	ISO-Norm	in Anlehnung an ASTM Norm
Blasengrad	0(S0)	4628-2	D-714
Rostgrad	Ri0	4628-3	D-610
Rissbildung	0 (S0)	4628-4	
Abblätterung	0 (S0)	4628-5	
Gitterschnitt (3 mm)	GT0	2409	
Unterwanderung	< 1,0 mm	12944-6	B-117

Kondenswassertest nach ISO 6270

Es wurden Stahlbleche St 1203 gemäß Prüfnorm der TL/TP-KOR Stahlbauten, fein gestrahlt nach Sa 2,5 der DIN EN ISO 12944, mittels Airless-Spritzverfahren entsprechend den vorgesehenen Überarbeitungszeiten beschichtet. Die Konditionierung erfolgte 7 Tage bei 23 °C/50 % rel. Luftfeuchte, anschließend wurden die Proben ca. 15 mm vom Rand mit einem Ritz versehen und belastet. Die TSD lagen bei 93 μm +/- 12 μm .

Der Zweischichtaufbau zeigte nach 1392 h folgende Ergebnisse:

Kriterium	Kennwert	ISO-Norm	in Anlehnung an ASTM Norm
<i>Blasengrad</i>	<i>0(S0)</i>	<i>4628-2</i>	<i>D-714</i>
<i>Rostgrad</i>	<i>Ri0</i>	<i>4628-3</i>	<i>D-610</i>
<i>Rissbildung</i>	<i>0 (S0)</i>	<i>4628-4</i>	
<i>Abblätterung</i>	<i>0 (S0)</i>	<i>4628-5</i>	
<i>Gitterschnitt (3 mm)</i>	<i>GT0</i>	<i>2409</i>	
<i>Unterwanderung</i>	<i>< 1,0 mm</i>	<i>12944-6</i>	<i>B-117</i>

In erster Linie war das Hauptziel die erfolgreiche Entwicklung des Beschichtungssystems zum beschriebenen Projekt. Wie vorher angedeutet, wurden die Beschichtungsstoffe in mehreren Phasen anwendungstechnisch in China vorgestellt und geprüft.

Nach Sicherstellung der Qualität der einzelnen Lackschichten wird die Umstellung der ersten Lackierstraße ein schwieriger Punkt werden. Die Bedingung für einen reibungslosen Übergang von lösemittelhaltigen zu wasserverdünnbaren Beschichtungsstoffen ist die absolute Sauberkeit des Applikationsprozesses und der Lackiereinrichtungen. Der Prozess beinhaltet die Reinigung aller Gerätschaften (Mischer, Rohrleitung, Spritzdüsen, Luftdrucksysteme usw.). Sämtliche Rückstände von Lösungsmittel sind Fehlerquellen, welche sich erst nach der Lackierung auf der Oberfläche in Kraterbildung niederschlagen. Durch Lackfehler wie z. B. Krater, „Fettaugen“ oder Pinholes (Poren) ist der angestrebte Korrosionsschutz nicht erreichbar.

Im gleichen Augenblick, wie die Erforschung des Beschichtungssystems, erfolgte die Berechnung der Belüftungs- und Trockenkabinen auf das neue System. Da Wasser eine größere Verdunstungszahl besitzt als Lösungsmittel sind hier Ventilatoren einzubinden, um die Luftmengen, die an der zu trocknenden Oberfläche vorbeiströmen müssen zu erhöhen. Die Luftmenge muss so groß sein, dass eine Beladung mit der Feuchtigkeit aus dem Lackfilm ohne weiteres möglich ist. Eine reine Temperaturerhöhung in den Trockenöfen ist voraussichtlich nicht ausreichend, sondern es muss eine Kombination aus notwendiger Luftmenge und optimaler Temperaturführung gewählt werden, um die sehr kurzen Taktzeiten der Produktionsstraße einzuhalten. Hierbei sind einige Tests im Labor von Dr. Wirth mit IR-Dunkelstrahlern getätigt worden⁴. Wodurch auch Berechnungen zur Wasseraufnahme der Luft bei verschiedenen Feuchtigkeiten analysiert wurden⁵.

⁴ Siehe Anhang 3 – Versuchsprotokoll mit IR-Trockner

⁵ Siehe Anhang 4 – Protokoll Trockenzeiten zur relativen Luftfeuchte

Im Ergebnis der Analysen stellte sich heraus, dass die Wasseraufnahme im Innenbereich des Containers für die angegebene Beschichtungsvariante

Beschichtung	Art.-Nr.	TSD (μm)	Überarbeitung mindestens (min)	Verarbeitungsviskosität Startpunkt (Sek./4 mm)
Zn-Primer	BG46	10	10	15-25
Zn-Grundierung	BG46	20-30	10	25-30
AY-DB innen	AD50	40-50	-	20-35
Gesamt		70-90		

nicht gegeben ist. Aus dieser Erkenntnis beschloss das Forschungsteam den Einsatz einer lösemittelfreien 2K-EP-Beschichtung mit der Schichtstärke von 80 μm . Dieser Einsatz bietet den Vorteil der Nichtbeachtung der Luftfeuchtigkeit und Luftströmung innerhalb des Containers, da dieses Material chemisch vernetzt und durch die nachfolgenden Trocknungseinheiten der Außenbeschichtung genügend Zeit zur Aushärtung bekommt. Weiterhin bietet es einen preislichen Vorteil, da das Material ein 100%-iges Festkörpervolumen besitzt und sich somit keine Schichtdickenreduktion während der Trocknung vollzieht. Das Material wird aktuell in anderen Projekten der novatic.-Gruppe eingesetzt, z. B. als Einschichter für die Innenlackierung von Schüttgutwagen der Deutschen Bahn AG (sehr hohe Abriebfestigkeit), als Einschichter für die Innenlackierung von Tanks (lebensmittelecht und chemisch beständig) und als Grundierung für hochanspruchsvolle Beschichtungssysteme für den Korrosionsschutz (exzellente Haftung auf Stahl und sehr gute Korrosionsschutzeigenschaften), wobei alle Einsatzmöglichkeiten durch akkreditierte Prüfinstitute nachgewiesen werden können.

Aus den oben genannten Ergebnissen und Aufnahmen der Applikationstechnik wurden die Voraussetzungen für die Applikationstechnik zur Verarbeitung des wasserverdünnbaren und lösemittelfreien Beschichtungssystems erstellt⁶. Weiterhin wurde der jetzige Produktionsablauf ausgewertet und die zukünftige Belegung der Kabinen für die chinesische Produktion definiert⁷.

⁶ Siehe Anhang 5 – Voraussetzungen die Auslegung der Applikationstechnik

⁷ Siehe Anhang 6 – Schema des Produktionsablaufes

8. Fazit

Die Erfüllung der Projektanforderungen sollte erreicht werden, indem die Grundbeschichtung z. B. aus einer wasserverdünnbaren 2K-Epoxidharz-Härter-Kombination mit Zinkstaubanteil nach bereits 10-15 Minuten mit einer gleichfalls wasserverdünnbaren Zwischenbeschichtung mit aktiver Korrosionsschutzpigmentierung und Inhibitoren erarbeitet wurde. Nach weiteren 15-20 Minuten muss die deko-rativ anspruchsvolle wasserverdünnbare Deckbeschichtung aufgebracht werden. Dieses Beschichtungssystem zeichnet sich nach Fertigstellung zusätzlich durch eine hohe Frühwasserbeständigkeit bereits nach zwei Stunden aus. Für ein solches Beschichtungssystem ist insgesamt nur noch ein geringer Zeitaufwand der Applikation erforderlich, da die Konzeption der Einzelschichten das Überarbeiten jeweils nach außerordentlich kurzer Zeit fehlerfrei ermöglicht. Für das Projekt ist es wesentlich, dass die Folgeschichten bereits nach jeweils 10-15 Minuten auf die vorhergehende Schicht aufgebracht werden ohne den Anspruch des Systems bezüglich Korrosionsschutz und optischen Eigenschaften negativ zu beeinflussen. Das wird dadurch erreicht, dass die einzelnen Schichten optimal aufeinander abgestimmt sind und durch die spezielle Formulierung eine außerordentlich rasche Wasserabgabe bei gleichzeitig optimaler Filmbildung gewährleistet wird.

Von besonderem Vorteil ist die Nutzung der zu entwickelnden System- und Verfahrenslösung für den Anwender, der einerseits große Flächen auf industriellem Wege in kurzen und getakteten Intervallen beschichten kann, gleichzeitig aber bei geringst möglichen Schichtdicken einen hohen Korrosionsschutz und sehr niedrige Lösemittlemission benötigt.

Das Projekt stellte sich zur Aufgabe, ein wasserverdünnbares, industriell anwendbares Korrosionsschutzsystem für die Seecontainerherstellung darzustellen, welches durch manuelle oder automatische Lackierprozesse applizierbar ist und außerordentlich kurze Überarbeitungsintervalle zwischen den einzelnen Schichten ermöglicht.

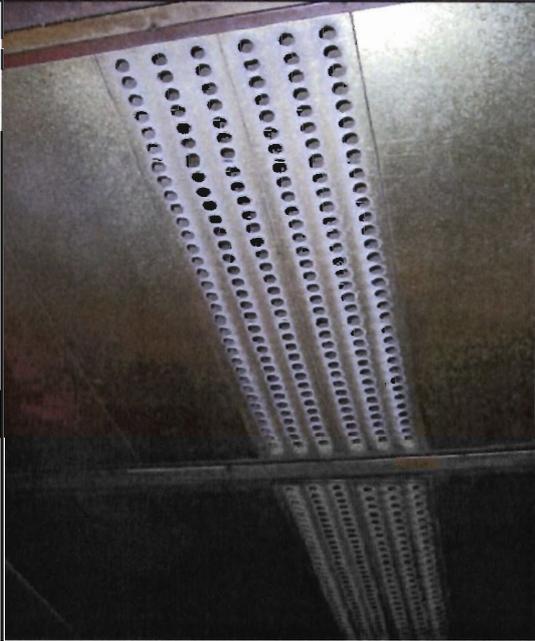
Verbunden damit sind Eigenschaften wie bereits beschrieben mit der besonderen Beachtung einer hohen Korrosionsschutzwirkung von C5-I bzw. C5-M hohe Schutzdauer gemäß DIN ISO 12944. Diese Eigenschaften sollen mit hoher Umweltfreundlichkeit durch die außerordentlich geringe Lösemittlemission kombiniert werden.

Durch Sammlung von Informationen und Erfahrungswerten bei der Umstellung der ersten Lackierstraße können analog weitere umgestellt werden. Hierbei wurde auf die jeweiligen Klimadaten und Lackierausstattung geachtet, um einheitliche Ergebnisse zu erzielen. Es muss dabei zukünftig versucht werden, die Beschichtungsstoffe in der gleichen Qualität zu applizieren. Ob auch dieselben Beschichtungsstoffqualitäten zum Einsatz kommen, ist aktuell noch nicht abzusehen.

9. Anhänge

Anhang A1 - Generalaufnahme CIMC Taicang 25.09.2009

Kabine Lackierpunkt	Ergebnis, Maßnahme	Fotodokumentation
Kabine 1	Vorstreichen	
Kabine 2	GBZn, Technisch möglich, da Automatische Spritzanlage T-Vorgabe: min. 15 °C	
Kabine 3	GB, UBS unten, innen Technisch möglich, da Bodenabsenkung Spritzanlage 2K für ZG97, 350 bar und Temperaturvorgabe: min. 15 °C	
Kabine 4	Intensivbelüftung der GBZn Lüfter müssen konzipiert und eingebaut werden Ca. 24 St. für 50 ft. und 12 für 20 ft. Container	
Kabine 5	Vorpritzen und Aufbringen ZB Nutzen der Automatischen Farbmischanlage Verlegung eines Teils von Pos. 4 auf Pos. 5	

Kabine 6	Ablüften ZB	
Kabine 7	Zwischentrocknung	 
Kabine 8	Vorstreichen Deckbeschichtung	

Kabine 9	Deckbeschichtung Luftabsaugung	
Kabine 9	Deckbeschichtung	
Kabine 10	Deckbeschichtung Ablüften	
Kabine 11	Trocknung 34-36 m	3 Stellplätze
Kabine 12	Ausbesserung Deckbeschichtung	Von Hand
Kabine 13	Trocknung 60 m	5 Stellplätze

Anhang A2 – derzeitiges Lackierschema

Derzeitiges Lackierschema Container

<p>Forcierte Trocknung mit interner Umluft 50 °C 40 Fuß Container 9 Plätze à 5 min. Takt = 45 min. Trockenzeit 20 Fuß Container 18 Plätze à 3 min. Takt = 54 min. Trockenzeit</p>	
---	--

Puffer	AY-DB-außen 50 my	ßi-Unterboden 30 my	Topcoat innen 50 my	EP-ZB außen 40 my	Zn-GB innen 20-30 my	Zn-GB außen 20-30 my

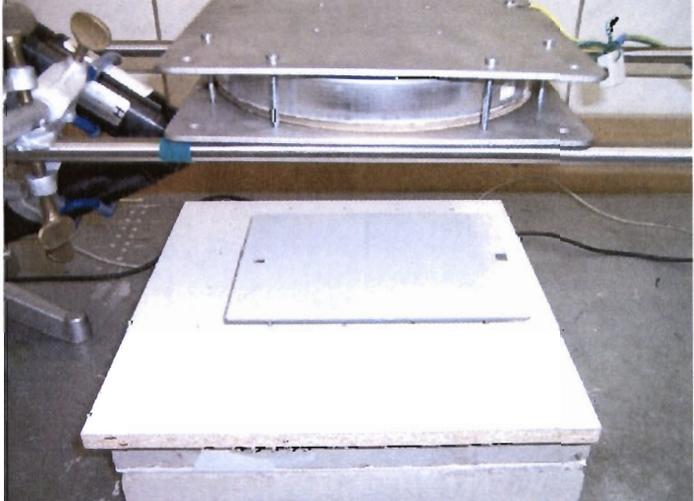
Lackierung innen:
 Zinkstaub zu Topcoat 10-15 min. Überarbeitungszeit (nur Umgebungstemp.)
 Lackierung außen:
 Zinkstaub zu ZB 10-15 min. Überarbeitungszeit (nur Umgebungstemp.)
 ZB zu DB 20-25 min. Überarbeitungszeit (20-25 °C leichte Umluft)
 Hallentemperatur am 24.01.2008: ca. 2 °C

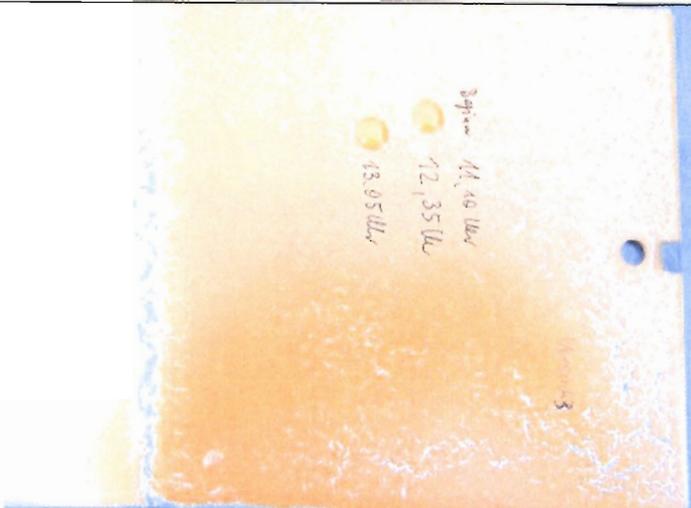
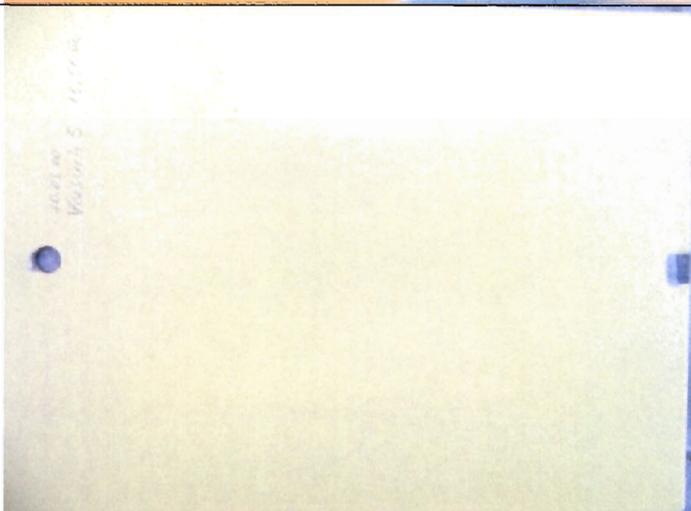
Komplettierung der Container
 Beschriftung
 Gesamtdauer 2 h

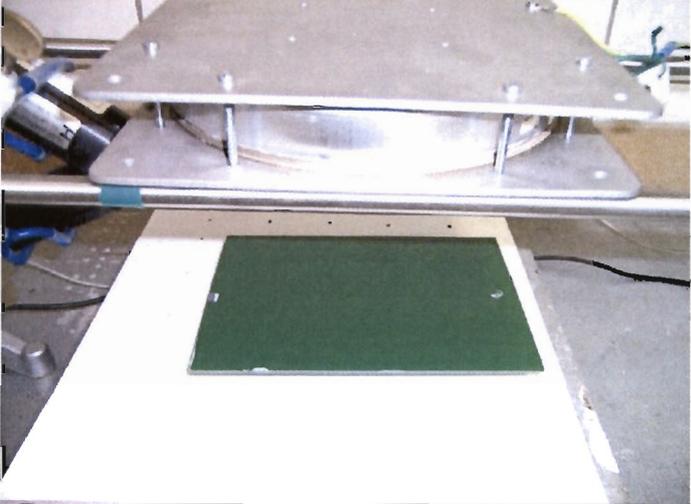
Dichtmitteltest mit Wasser, Wasser wird nicht entfernt, daher muß der Topcoat nach 45-54 min. 50 °C und 2 h Umgebungstemp. wasserfest sein.

Dr. Rainer Trüitzsch
 Dresdner Lackfabrik novatic
 GmbH & Co. KG

Anhang A3 – Versuchsprotokoll mit IR-Trockner 30.03.2010

Versuch	Ergebnis	Fotodokumentation
1	Laborapparatur Dunkel IR Abstand Strahler zu Objekt: 13 cm THeizfläche: ca. 270 °C TObjekt: ca. 78 °C (erreicht nach 10 min.)	
2	Energieverbrauch	hochgerechnet: 8,6 kW / m ² Containerfläche 121,5 m ² ergibt ca. 300 kW/h je Container Bei 17 Containern Durchlauf je Std.
3	Vorwärmung der Einzelkomponenten von ZG97	auf 42 °C, damit die niedrige DFT der ZG97 von 80 µm erreicht wird, auch vor Ort empfehlenswert wegen notwendigem Durchsatz ZG97 von ca. 10 l /min. Berechnung erfolgte aus Fläche und Taktzeit
4	Mit ZG97 grundiertes Blech 30 min. bei Parametern (1) getrocknet, OT 78 °C Trocknung Unterseite auch gewährleistet, d.h. in Shenzhen werden für den Innenraum keine IR- Strahler benötigt	

5	<p>Versuch 3 Überlackierung ZG97 nach 3 min. mit AD47 unmodifiziert Rissbildung</p>	
6	<p>Versuch 4 Überlackierung ZG97 nach 3 min. mit AD47 mit 1% Texanol kaum noch Rissbildung</p>	
7	<p>Versuch 5 Überlackierung ZG97 nach 3 min. mit AD47 2% Texanol, 1% BuGI Keine Rissbildung</p>	

8	<p>Versuch 6 Überlackierung ZG97 nach 3 min. mit AD51 2 % Texanol, 1% BuGI Keine Rissbildung</p>	
9	Umlufttrocknung	<p>ZG97 nach 3 Minuten überarbeitet mit AD47, nach weiteren 3 Minuten Ablüften Umlufttrocknung 1,8m/s Luftgeschwindigkeit Temperatur 73°C Begehbarkeit erreicht, keine Risse und Fehlstellen etc.</p>
10	Einsatz feiner Eisenglimmer in der ZG97	<p>Feiner Eisenglimmer verbessert bei der geringen Schichtdicke von 80µm das optische Erscheinungsbild von ZG97 und der Deckbeschichtung deutlich. Probeplatte zeigen ein fehlerfreie Lackierung.</p>
11	Fazit	<p>IR-Trocknung hat prinzipiell funktioniert Bei Nass in Nass Überlackierung (3 min.) der ZG97 mit modifizierten AD47 oder AD51 und auch in der erforderlichen Gesamttrockenzeit von 30 min. war der TG6 (Begehbarkeit) nach Auskühlung 5-8 min. erreicht. Die Innenseite der Container wird nach den vorliegenden Laborergebnissen mit erwärmt und ZG97 wird hier gleichermaßen trocken. Gleich gute Ergebnisse werden auch mit Umlufttrocknung erzielt. Durch Einsatz von feinem Eisenglimmer kann die Oberflächenqualität wesentlich verbessert werden.</p>

Zinkstaubgrundierung BG46

FK = 78 %

Wassergehalt = 22 %

U = Umlufttrocknung ca.
1 m/s

Restwassergehalt % im Film nach der jeweiligen Trockenzeit (2 Parallelproben gemittelte Werte)

Blech Nr.	T°C/rLF%	0 min	10 min	15 min	20 min	50 min/50°C
	1					
	2 11,9/66,5	22	9,35	6,27	4,29	0
3U						
4U	13,2/66,3	22	1,32	0,99	0,72	0
	9					
	10 24,6/58,5	22	1,32	1,18	0,37	0
11U						
12U	24,1/63,7	22	1,43	0,33	0,22	0
	25					
	26 30,3/73,0	22	0,44		0,11	0
27U						
28U	30,3/73,0	22	0,66		0,22	0

Zwischenbeschichtung außen (AG42) und Deckbeschichtung innen (AD50)

FK = 68 %

Wassergehalt = 32 %

U = Umlufttrocknung ca. 1 m/s

Restwassergehalt % im Film nach der jeweiligen Trockenzeit (2 Parallelproben gemittelte Werte)

Blech Nr.	T°C/rLF%	0 min	10 min	15 min	20 min	50 min/50°C
	5					
	6 13,1/68,2	32	22,88	18,24	14,4	0
7U						
8U	13,1/68,2	32	17,76	8,81	6,56	0
	13					
	14 24,1/63,7	32	11,04		1,44	0
15U						
16U	24,1/63,7	32	8		3,2	0
	29					
	30 30,6/76,1	32	15,68		3,04	0
31U						
32U	30,6/76,1	32	10,56		1,28	0

Deckbeschichtung außen (AD51) Var 1 (XK62)

FK = 47 %

Wassergehalt = 53 %

U = Umlufttrocknung ca. 1 m/s

Restwassergehalt % im Film nach der jeweiligen Trockenzeit (2 Parallelproben gemittelte Werte)

Blech Nr.	T°C/rLF%	0 min	10 min	15 min	20 min	50 min/50°C
	17					
	18 24,1/63,0	53	40,54		1,32	0
19U						
20U	24,1/63,0	53	10,07		1,59	0
	33					
	34 30,5/75,1	53	25,7		5,17	0
35U						
36U	30,5/75,1	53	12,72		1,86	0

Deckbeschichtung außen (AD51) Var 2 (XK98)

FK = 53 %

Wassergehalt = 53 %

U = Umlufttrocknung ca. 1 m/s

Restwassergehalt % im Film nach der jeweiligen Trockenzeit (2 Parallelproben gemittelte Werte)

Blech Nr.	T°C/rLF%	0 min	10 min	15 min	20 min	50 min/50°C
	21					
	22 24,1/62,5	47	16,92		2,35	0
23U						
24U	24,1/62,5	47	10,11		1,88	0
	37					
	38 31,0/72,8	47	21,86		3,06	0
39U						
40U	31,0/72,8	47	7,76		1,88	0

Anhang A5 – Voraussetzungen für die Auslegung der Applikationstechnik

Beschichtungs-System außen

Artikel-Nr.	Stellung im System	DFT (µm)	Voraussetzungen für die Auslegung der Lackieranlagen			
			Spritzdruck bar	Düse/Winkel mm/GrW	Abstand zur Oberfläche cm	Lackiergeschwindigkeit m/s ⁻¹
BG46-0097A0DN MV 100:11 ZH93	Wash-Primer GB	10				
		20	200	0,25-0,28/ 40	40	1,0-1,5
AG42-0115A0DN	ZB	50	150	0,25-0,28/ 40	40	0,8-1,2
AD51-....B0DN	DB	40	150	0,25-0,28/ 40	40	1,0-1,5

Beschichtungs-System innen

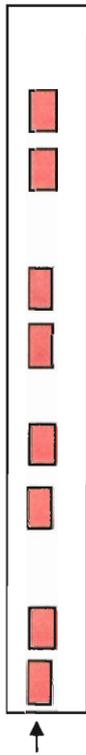
Artikel-Nr.	Stellung im System	DFT (µm)	Voraussetzungen für die Auslegung der Lackieranlagen 2K-Anlage			
			Spritzdruck bar	Düse/Winkel mm/GrW	Abstand zur Oberfläche cm	Lackiergeschwindigkeit m/s ⁻¹
ZG97- 0735H0DN MV 5:1 ZH97	Einschicht UBS in einem	120	300	0,33-0,48/ 40	50	0,8-1,2

Anhang A6 - Schema des Produktionsprozesses

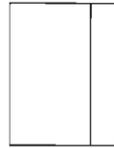
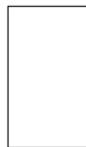
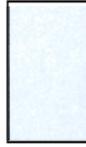
Aktueller Produktionsablauf

Trockner II ca. 60 m mit 8 Umlufteinheiten

Ein Teil der Umluftheizer (4?) ist auf Erdgas umgestellt, der Rest läuft mit Öl. Allgemein schlechter Zustand der Brenner



Kühlereinheit mit Luftdüsen



Strahlen von Hand

0



Schweißnähte vorstreichen

1



GB innen von Hand; GB außen maschinell

2



DB innen und ZB außen vorstreichen

3



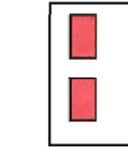
DB innen von Hand; ZB außen maschinell

4



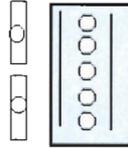
Trockner I mit 2 Umluftheizern mit Öl

5



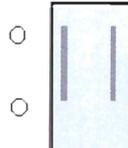
DB außen maschinell

8



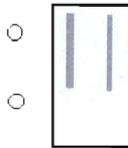
Ablüften

9



DB ausbessern

10



Frischluf

m³/h
Pa
U/min
KW

2 * 40.000
320
470
2 * 5,5
Zuluftventilatoren werden u.U. nicht betrieben

Spritzanlage für außen vorhanden

2 * 72.500
310
350
2 * 11,0

Spritzanlage für außen vorhanden

2 * 72.500
310
350
2 * 11,0

2 Heizereinheiten mit Heizöl je: 14.000 ... 23.000 m³/h Umluft 110 ... 350 kW; kein Abdunstsystem

keine Zuluftanlage ?

keine Zuluftanlage ?

Spritzanlage für außen vorhanden

2 * 72.500
310
350
2 * 11,0

keine Zuluftanlage ?

keine Zuluftanlage ?

Abluft

m³/h
Pa
U/min
KW

2 * 40.000
780
670
2 * 15,0
Unterflur- absaugung seitlich

Annahme: 2 * 72.500

1450
620
2 * 45,0
Unterflur- absaugung mittig

Annahme: >= 2 * 40.000

Unterflur- absaugung mittig

Annahme: 2 * 40.000

780
670
2 * 15,0
Unterflur- absaugung seitlich

Annahme: 2 * 72.500

1450
620
2 * 45,0
Unterflur- absaugung mittig

Annahme: 2 * 40.000

780
670
2 * 15,0
Unterflur- absaugung seitlich

Annahme: 2 * 40.000

780
670
2 * 15,0
Unterflur- absaugung seitlich

10. Abkürzungsverzeichnis

1K	Ein-Komponenten
2K	Zwei-Komponenten
Art.-Nr.	Artikelnummer
ASTM	American Society for Testing and Materials
AY	Acryl
BuGI	Butylglykol
ca.	circa
DB	Deckbeschichtung
DIN	Deutsche Industrie Norm
EN	European Norm
EP	Epoxy
ft.	feet, zu deutsch: Fuß (Längeneinheit)
FK	Festkörper
GB	Grundbeschichtung
HVLP	High Volume Low Pressure
ISO	Standard International Organisation
OT	Oberflächentemperatur
Pos.	Position
PVC	Polyvinylchlorid
QUV	Ultraviolett Strahlen eines definierten Spektrums
rLF	relative Luftfeuchtigkeit
St	Stahl
Std.	Stunde
t	Tonnen
THeizfläche	Temperatur der Heizfläche
TL/TP-Kor	Technische Lieferbedingungen/Technische Prüfvorschriften – Korrosionsschutz
TObjekt	Temperatur des Objektes
TSD	Trockenschichtdicke
UBS	Unterbodenschutz
UV	Ultraviolettstrahlung
UVA	kurzwellige Ultraviolettstrahlung
VOC	Volatile Organic Compounds
z. B.	zum Beispiel
ZB	Zwischenbeschichtung
Zn	Zink
z. Z.	zurzeit