

Garantiert konstante Qualität durch neue Applikationstechnologie

In der elektrostatischen Pulverbeschichtung ist die perfekte Kombination aller Applikationsparameter hauptverantwortlich für stabile und reproduzierbare Beschichtungsqualitäten. Die optimalen Einstellungen von Pulvermenge und Gesamtluft sowie Hochspannung und Stromstärke konditionieren das Beschichtungspulver. Das erzeugt konstante, hochwertige Beschichtungsergebnisse mit den gewünschten Schichtstärken am Objekt. Die neueste Applikationstechnologie von Gema stellt sicher, dass das Pulver immer in der exakt erforderlichen Menge und mit der optimalen Ladung appliziert wird. Mit dieser zukunftsweisenden Technologie setzt

Gema einmal mehr einen Meilenstein in der Pulverbeschichtungsindustrie.

Eine einwandfreie Oberflächenbeschichtung basiert nicht nur auf einer ausgeprägten Applikationspistole. Vielmehr sind es ineinandergreifende und untereinander abgestimmte Systeme, welche gute Beschichtungsergebnisse erbringen. Die moderne Pulverbeschichtung bietet dem Kunden eine spannende Vielfalt an Farben, Texturen und Eigenschaften. Dies zieht eine Vielzahl an Einflussfaktoren mit sich und beeinflusst vor und während des Applizierungsvorgangs das Resultat der Beschichtung. Für ein optimales Resultat muss demzufolge eine Pulverapplikationstechnologie eingesetzt

werden, welche alle Faktoren, von der Pulvergewinnung bis zur Zerstäubung, exakt regelt und steuert.

Im Folgenden wird, ohne zu tief auf die physikalischen Phänomene der Elektrostatik einzugehen, der Applikationsprozess mit den drei Teilprozessen „Fördern“, „Laden“ und „Zerstäuben“ differenziert betrachtet. Jeder Teilprozess muss hohen Anforderungen genügen und zugleich optimal im Zusammenspiel funktionieren. Gema setzte bei der Entwicklung der aktuellen Applikationstechnologie das Augenmerk auf ein einwandfreies Zusammenwirken aller Parameter.

Alles beginnt mit der richtigen Pulverförderung

Fast alle heute erhältlichen Pulverarten sind für die verschiedensten Anwendungen getrimmt. Um die geforderten Eigenschaften erfüllen zu können, müssen sie innerhalb des Beschichtungsprozesses möglichst schonend verarbeitet werden. Die Aufgabe der Transporttechnologie besteht darin, das Pulver in seiner ursprünglichen Zusammensetzung und einem definierten, präzisen Ausstoss an seinem Zielort bereitzustellen.

Um das Pulver vom Vorratsbehälter zur Pistole zu fördern, ist eine Präzisionsförderung nötig, welche allzeit stabile und genau einstellbare Fördermengen garantiert. Damit sich eine ideale Pulverwolke bilden kann, muss das Pulver mit der richtigen Geschwindigkeit am Mundstück der Pistole angeliefert werden. Inhomogene Pulver-Luftgemische oder transportbedingte Einflüsse auf die Pulverbestandteile ergeben messbare Unterschiede in der Schichtdickenverteilung und der Reproduzierbarkeit der Beschichtungsresultate.

In der elektrostatischen Pulverbeschichtung stehen aktuell zwei Pulvertransporttechnologien zur Verfügung. Zum einen Injektoren, welche nach dem Venturi-Prinzip arbeiten und zum anderen Dichtstrompumpen, welche mittels Vakuum- und Druckphasen das Pulver durch den Pulverschlauch schieben.

Die Dichtstromtechnologie verfügt über die besseren Argumente, wenn es darum geht über längere Produktionszeiten einen stabilen und präzisen Pulverausstoss zu halten und die Folgeprozesse des Ladens und des Zerstäubens nicht nur zu kontrollieren, sondern auch zu optimieren. Trotz der guten Grundidee konnte in der Vergangenheit das Dichtstromverfahren nicht restlos überzeugen, zu komplex war die technische Umsetzung und Handhabung. Gema hat auf der Grundlage langjähriger Erfahrung die Technologie weiter entwickelt. Das Resultat ist die zum Patent angemeldete Applikationspumpe OptiSpray, eine praxisorientierte und wirtschaftlich arbeitende Systemlösung (Abbildung 1).

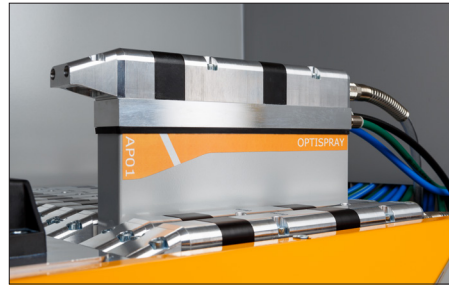


Abbildung 1: Applikationspumpe

Wenn die Pulvertransporttechnologie imstande ist, konstant bleibende und definierbare Pulvermengen zu halten, werden die Erwartungen an gleichmässige Schichtstärken, die Reproduzierbarkeit, nachhaltige Pulvereinsparungen sowie ein reduzierter Teileverschleiss erfüllt. Wer den Pulverausstoss im Griff hat, hat sozusagen den gesamten Prozess der Pulverapplikation im Griff!

Injektoren: Bewährt aber verschleissanfällig

Die meistverbreitete Technologie zur Pulverförderung basiert auf Injektoren (Abbildung 2), welche unter Ausnutzung des Venturi-Prinzips das Pulver mit Unterdruck ansaugen und durch einen Schlauch weitertransportieren. Bei den Injektoren ist die Stabilität der Pulverfördermenge stark abhängig vom Zustand der inneren Bauteile. Durch die physikalisch bedingte, hohe Geschwindigkeit zeigt das Pulver eine abrasive Wirkung an den Kontaktflächen des Injektors, was im Laufe der Zeit die Fördermenge verringert (Abbildung 3). Mit optimierter Materialwahl und perfektionierten Geometrien hat Gema die Injektortechnologie soweit entwickelt, dass ein kontinuierlicher Pulverstrom und lange Wartungsintervalle realisiert werden.

Die negativen Effekte der Verschleisserscheinung können zu einem grossen Teil mittels Korrekturfaktoren der Pistolensteuerung kompensiert werden. Diese Korrekturmassnahmen beruhen aber hauptsächlich auf der individuellen Erfahrung über das Verschleissverhalten der eingesetzten Fördertechnologie, was natürlich eine grosse Unsicherheitskomponente darstellt. Dem Anwender bleibt

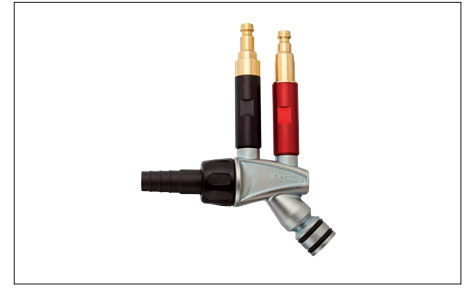


Abbildung 2: Injektor mit optimierten Geometrien für verlängerte Standzeiten

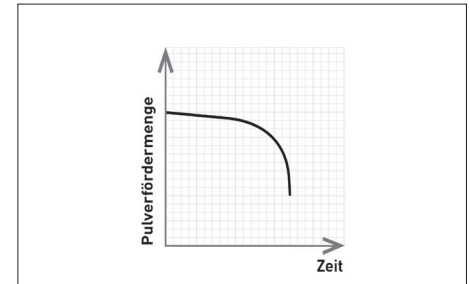


Abbildung 3: Typische Injektorkurve

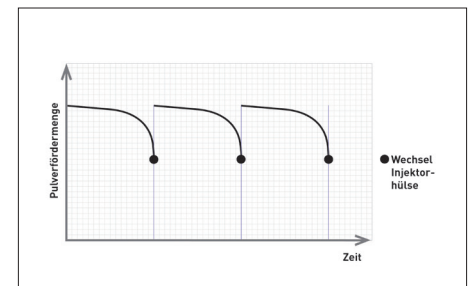


Abbildung 4: Zeitliche Stabilität eines Injektors

nichts anderes übrig, als den verschlissenen Teil, die sogenannte Injektorhülse, regelmässig auszutauschen (Abbildung 4). Dies erfolgt im Einschichtbetrieb im Durchschnitt alle zwei Wochen.

Applikationspumpe: Fit für die Zukunft

Die neue Applikationspumpe OptiSpray zeigt dieses Verschleissverhalten nicht. Die Pulverfördermenge bleibt stabil und die geförderten Pulverportionen ändern sich auch über lange Zeit nicht (Abbildung 5).

Abbildung 6 zeigt die Überlagerung von Abbildung 4 und 5 mit den signifikanten Unterschieden zwischen den beiden Fördertechnologien. Um das für die Beschichtung notwendige Pulverausstossniveau zu halten, muss beim Injek-

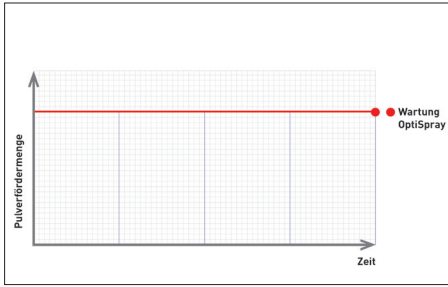


Abbildung 5: Zeitliche Stabilität einer Dichtstrompumpe

torbetrieb der reale Pulverausstosswert während der gesamten Lebensdauer der Injektorhülse höher liegen als der Sollwert. Dieser erhöhte Ausstoss ist nicht nur hinsichtlich reproduzierbarer Schichtstärken problematisch, sondern erzeugt auch eine unnötige Pulverschwendung sowie zusätzlichen Wartungsaufwand. Daraus resultiert ein Pulvereinsparungspotenzial, welches in Abbildung 6 mit den schraffierten Flächen dargestellt ist. Die Pumpenapplikationstechnologie der OptiSpray nutzt diese Einsparpotenziale aus und reduziert damit nachhaltig die Betriebskosten mittels Pulvereinsparung und stark reduzierten Wartungszeiten.

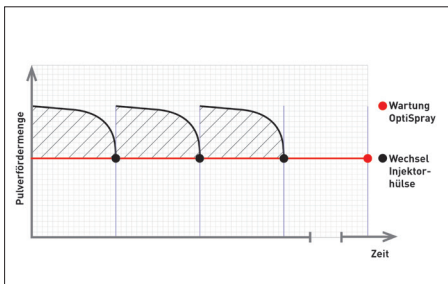


Abbildung 6: Pulvereinsparung und reduzierte Wartungsintervalle

Ein weiterer wichtiger Faktor zur Erreichung einer stabilen Pulverfördermenge ist die konstruktive Ausführung der Ansaugstrecke zwischen Pulverbehälter und Fördersystem. Ein unsachgemäß verlegter Pulverschlauch ist ein sehr häufiger Störfaktor. Lange Pulverschläuche und enge Biegeradien haben negativen Einfluss auf einen homogenen Pulverfluss. Eine konzeptionell durchdachte Integration der Pulverförder-technik an den Pulverbehälter ist daher

unabhängig. Die Applikationspumpen (OptiSpray) sind beidseits des Pulverbehälters montiert. Dadurch wird eine äusserst kurze und starre Ansaugstrecke realisiert (Abbildung 1 und Abbildung 10). Ein zusätzlicher Füllstandsensoren im Pulverbehälter sorgt für ein konstantes Niveau und somit für gleichmässige Ansaugbedingungen.

Bei der OptiSpray wurde ein besonderes Augenmerk auf einen absolut geradlinigen und absatzfreien Durchlauf innerhalb der Pumpe gelegt. Die Konstruktion sorgt für einen schonenden Pulvertransport ohne die Eigenschaften des Pulvers zu verändern. Sensibel reagierende Pulvertypen wie Metallic- oder Strukturpulver werden während des Transports geschont. Sie kommen im Originalzustand beim Zerstäuber an, lassen sich einfacher verarbeiten und erzeugen damit bessere Resultate. Die bewusste Trennung der Pulveransaugung aus dem Pulverbehälter vom Weitertransport zur Applikationspistole ermöglicht ein Arbeiten mit sehr langen Pulverschläuchen ohne nennenswerte Einbussen in der Pulverausstossmenge.

Optimieren der Ladungseffizienz mittels PCC-Modus

Jeder Anwender hat seine eigenen Erfahrungen, mit welcher elektrostatischen Kapazität das Pulver aufgeladen wird. Um die geforderte Beschichtungsqualität zu erreichen, verträgt jedes Pulver nur eine spezifische Menge an Ladung. Mit der vermehrten Anwendung von sogenannten hoch aufladbaren Pulvern sind neue Geräte gefragt, welche eine präzise Regelung der Stromwerte unter $10\mu\text{A}$ ermöglichen und dadurch das Überladen des Pulvers verhindern.

Wenn es um das elektrostatische Aufladen geht, herrscht vielerorts die Meinung "Je mehr desto besser". Darum sind in der Praxis die Stromwerteeinstellungen an den Steuergeräten tendenziell zu hoch, was einen Überschuss an freien Ionen (auch Raumladung genannt) zur Folge hat. Das begünstigt die Entstehung der sogenannten Orangenhaut durch Rücksprüheffekte, zieht eine Reduzie-

rung der Transfereffizienz nach sich oder limitiert das Eindringverhalten bei komplexen Teilen. Um dies zu vermeiden oder zumindest zu reduzieren, muss der über das Werkstück abfliessende Strom verringert werden. In der Praxis werden die freien Ionen über ein geerdetes Bauteil, welches an der Pistole angebaut werden kann, abgeleitet. Die freien Ionen suchen sich dabei den kürzesten Weg zu einem geerdeten Objekt. Bei komplexen Beschichtungsobjekten kann es vorkommen, dass die Pistolenspitze nahe an die Beschichtungsfläche geführt wird und die freien Ionen am falschen Ort abfliessen. Der Einsatz dieser einfachen Massnahme ist entsprechend limitiert. Hier bietet die moderne Pistolensteuerung die Möglichkeit, mit konstanten Stromstärken zu arbeiten. Das bedeutet, dass sich die Spannung automatisch relativ zur Bauteildistanz anpasst. Das ermöglicht den Betrieb mit idealen Stromwerten, unabhängig von der Distanz zum Teil.

An dieser Stelle drängt sich die Frage auf, welches die ideale Ladung für Beschichtungspulver ist. In der Praxis können die Beschichtungspulver grob in drei Ladetypen eingeteilt werden (Abbildung 7). Zu den sogenannten hoch aufladbaren Pulversorten des Ladetyps A gehören vornehmlich Metallic- und Emailpulver oder Pulver für die 2-Schicht/1-Brand Anwendung (dry-on-dry). Für diese Pulver reicht ein Ladestrom im Bereich bis $10\mu\text{A}$. Standardpulver (Polyester-Epoxy, Epoxy) gehören je nach Spezifikation in die Kategorien B und C und erreichen ihre ideale Ladung bei höheren Ladestromen.

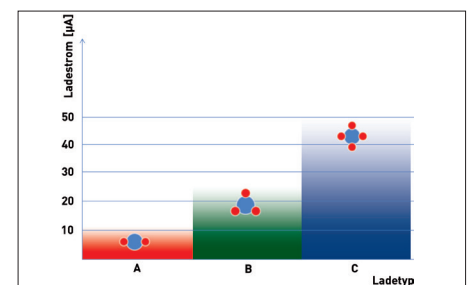


Abbildung 7: Jedem Pulver seinen Ladestrom

Beim Ladeprozess von hoch aufladbarem Pulver (Ladetyt A) zeigt sich klar, dass Ladeströme unterhalb $10\mu\text{A}$ bereits genügen, um einen höchstmöglichen Auftragswirkungsgrad und den besten Oberflächenfinish zu erreichen. Der beschriebene Ansatz des Überladens des Pulvers sollte tunlichst vermieden werden, da sonst das Potenzial und die positiven Eigenschaften des Pulvers nicht nur ungenutzt bleiben, sondern eventuell sogar zerstört werden!

Die Überladung des Pulvers erzeugt Oberflächenstörungen, welche sich besonders bei hoch aufladbaren Pulvern (Ladetyt A) beobachten lassen. Die Gründe dafür sind zu hohe Feldlinienkonzentrationen bzw. zu hoher Ionenfluss pro Zeiteinheit und Fläche. An einfach zugänglichen Stellen erfolgt eine Rückionisation (Rücksprüher) während in eher abgeschirmten Zonen eine zu dünne Pulverschicht resultiert. Für den Ladetyt A muss entsprechend sehr präzise geregelt werden können. Um den Eigenschaften des Pulvers gerecht zu werden, ist für die Pistolensteuerungen der neuesten Gema OptiStar Generation der PCC Modus (Precise Current Control) entwickelt worden. Der PCC Modus regelt den Aufladestrom (oder auch Sprühstrom genannt) im Bereich unter $10\mu\text{A}$ mit einer Auflösung von $0.5\mu\text{A}$ (Abbildung 8). Damit wird direkt Einfluss auf den Aufladegrad

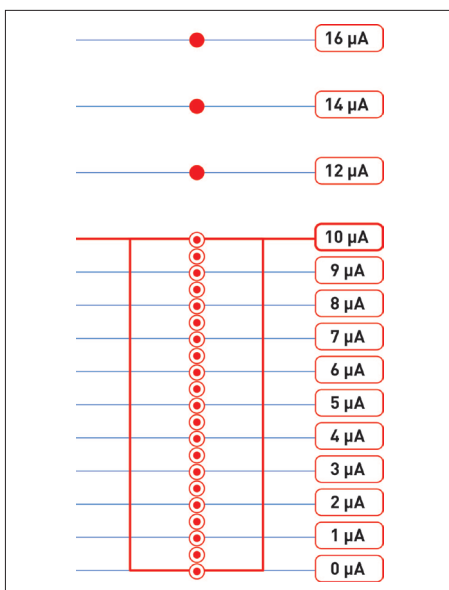


Abbildung 8: Tiefer Regelbereich des PCC Modus

des Pulvers genommen.

Die kontrollierte Beeinflussung der Stromwerte beweist, dass jedes Pulver über einen Optimalwert der Ladung verfügt. Wenn dieser Wert ausgenutzt wird, lassen sich in der Praxis beste Resultate erzielen und die "Je mehr Ladung desto besser" Philosophie wird zur Makulatur. Um die Beschichtungsqualität zu steigern, lohnt es sich dem Ladungsprozess des Pulvers grosse Aufmerksamkeit zu widmen.

PCC Funktion für 2-Schichtpulver Applikation

Erhöhte Korrosionsschutzanforderungen werden in der Praxis oft mit einer doppelten Pulverschicht umgesetzt. Das heisst, dass der Prozess Pulvern – Einbrennen zweimal hintereinander erfolgt. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Verhinderung der Schnittkantenkorrosion gelegt. Zurzeit sind Bestrebungen im Gange, eine "Pulver auf Pulver" Applikation mit nur einem Einbrennvorgang zu entwickeln. Bis anhin ging man davon aus, dass die Grundsicht mit elektrostatisch geladenem Pulver und die Decksicht mittels Triboaufladung appliziert werden muss.

Die in den Applikationsgeräten von Gema integrierte PCC Funktion (präzise Stromregelung unter $10\mu\text{A}$) bietet die Möglichkeit, mit sehr niedrigen μA -Werten zu arbeiten. In mehreren Versuchen hat

sich gezeigt, dass mit der PCC Funktion in der "Pulver auf Pulver" Anwendung beide Schichten mit elektrostatischer Aufladung problemlos appliziert werden können.

Auf die Pulverwolke kommt es an

Die Ausführung des Mundstückes ist entscheidend für die Bildung einer homogenen Pulverwolke und die Zerstäubung des Pulvers zur Aufladung. Bei der Beschreibung von Pulverwolken werden oft die Begriffe weich oder hart benutzt. Unabhängig von der Charakteristik muss die Pulverwolke vor dem zu beschichtenden Objekt die optimale Form und die richtige Geschwindigkeit aufweisen. Je nach Beschichtungsanforderung kann dies beeinflusst werden.

Für eine korrekte Zerstäubung und Aufwächerung des transportierten Pulvers muss das Pulver-Luftgemisch am Mundstück eine gewisse Geschwindigkeit aufweisen. Bei Injektoren wie auch bei der Applikationspumpe geschieht dies durch eine Zusatzluft (auch Zerstäuberluft genannt), welche zusätzlich der Transportluft beigegeben wird.

Bei der modernen Injektortechnologie wird diese Luft am Injektor zugeführt und zusammen mit der Transportluft das Pulver zum Mundstück transportiert. Damit das Verhältnis der beiden Lüfte konstant bleibt, kommt bei Gema Steu-

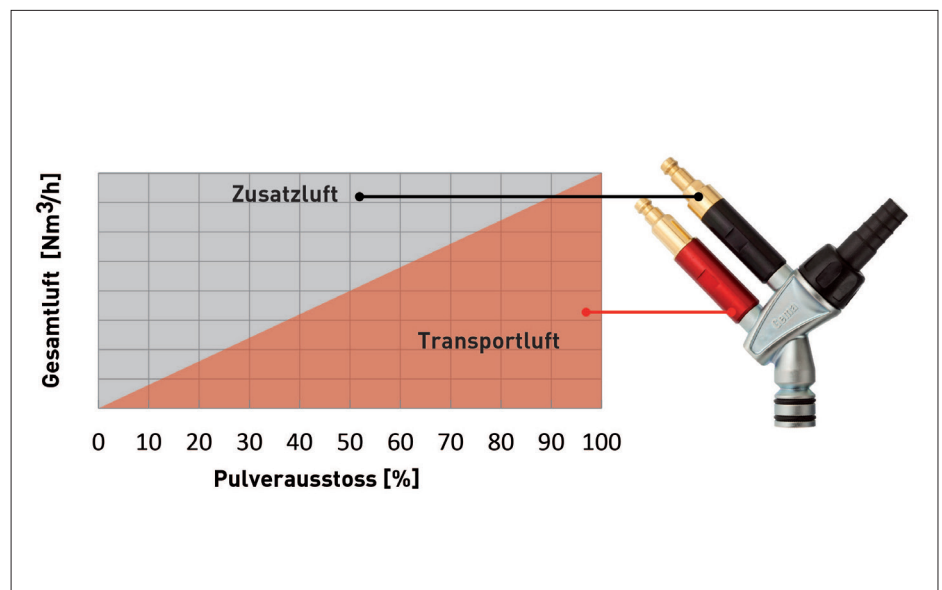


Abbildung 9: Elektronische Luftmengeneinstellung DVC

ergeräten die sogenannte Digital Valve Control (DVC) Technologie zum Zuge. DVC ist eine elektronische Luftmengenregulierung, welche über einen Schrittmotor die Luftmengen und somit auch das Pulver-Luftgemisch sehr schnell, präzise und reproduzierbar regelt (Abbildung 9).

Bei der Applikationspumpe OptiSpray erfolgt die Beigabe der Zerstäuberluft direkt an der Pistole. Das bedeutet, dass unabhängig von der geringen Förderluftmenge für den Pulvertransport, eine genau kontrollierbare Menge an Zerstäuberluft zur individuellen Bildung der Pulverwolkenform zur Verfügung steht (Abbildung 10). Beide Luftströme werden exakt dort in den Prozess eingebracht, wo sie ihre Wirkung voll entfalten. Dies ermöglicht eine kontrollierte Ladung und Zerstäubung und verhindert eine pulsierende Pulverwolke. Eine pulsierende Pulverwolke bedeutet, dass die Pulverpartikel schubweise der Pistole zugeführt werden und der Ladungsprozess nicht konstant abläuft, was zu unregelmässigen Beschichtungsbildern führt. Die Form des Mundstückes wird idealerweise entsprechend dem zu beschichtenden Teil oder der Beschichtungsanforderung gewählt (Abbildung 11). Mit Hilfe der Zerstäuberluftmenge wird auf einfache Weise die Form und die Geschwindigkeit der Pulverwolke gezielt über die Steuerung beeinflusst. Die Luftgeschwindigkeit vor dem Objekt sollte generell nicht zu hoch sein, damit die elektrostatische Anziehungskraft den Schichtaufbau übernehmen kann. Mehr Zerstäuberluft bedeutet automatisch eine Erhöhung der Austrittsgeschwindigkeit am Mundstück und demzufolge weniger Luft eine geringere Geschwindigkeit. Jedes neu zu beschichtende Teil kann eine Herausforderung bedeuten. Je nach Beschichtungsspezifikationen, Teileform, Aufhängeart, Luftströmungen innerhalb der Kabine und der Förderergeschwindigkeit, muss sich auch der erfahrenste Bediener an die idealen Einstellungen herantasten. Dabei unterstützt den Betreiber, nebst seiner Erfahrung, die neueste Generation der Applikationstechnologie, welche über diverse Mög-

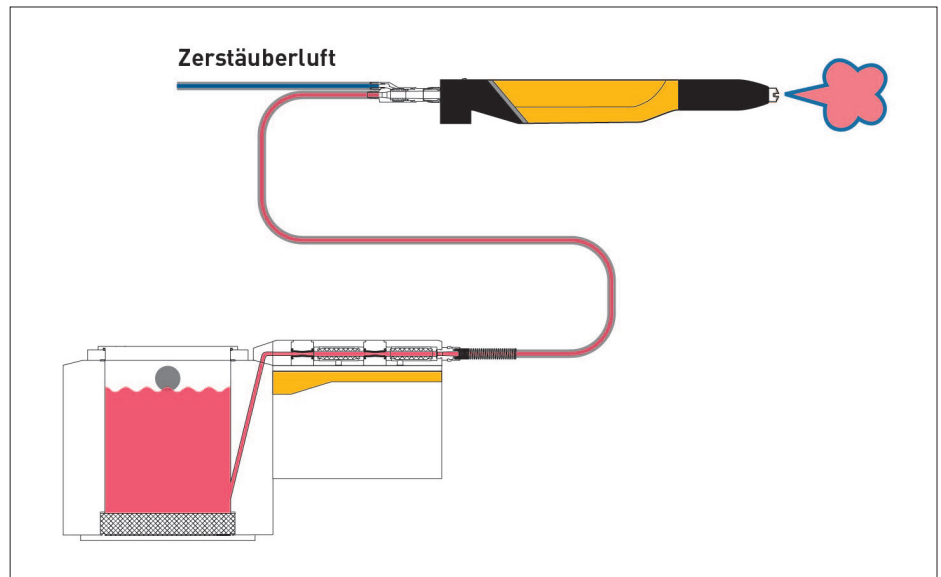


Abbildung 10: Kontrollierte Vermischung von Förder- und Zerstäuberluft kurz vor der Applizierung.

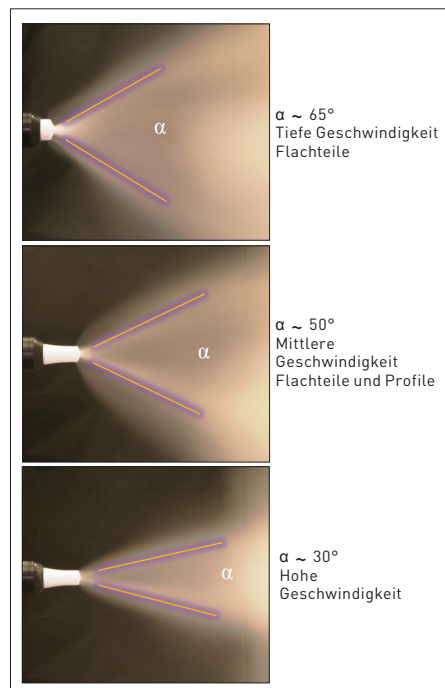


Abbildung 11: Flachstrahldüsenortiment für verschiedenste Anwendungen

lichkeiten zur positiven Beeinflussung des Beschichtungsergebnisses verfügt.

Um schwierige Zonen wie Vertiefungen zu beschichten, kann nebst der Einstellung der Pulverwolke zusätzlich mit dem PCC Mode gearbeitet werden. Bei Vertiefungen ist häufig das Gesetz des faradayschen Käfigs zu beobachten. Das bedeutet, dass die Feldlinien ausserhalb der Vertiefung enden und innerhalb

der Vertiefung gänzlich fehlen. Dadurch fehlt die elektrostatische Anziehungskraft und Pulverpartikel gelangen, falls überhaupt, nur über die Förderluft in die Vertiefungen. Der mit dem PCC Mode präzise regulierte Ladestrom unterhalb $10\mu\text{A}$ erlaubt eine so starke Reduktion der Teileladung, dass sich die geladenen Pulverpartikel von den Feldlinien lösen und durch die eigene kinetische Energie in die Vertiefung eindringen. Daraus resultiert ein besseres Beschichtungsergebnis und auf eine manuelle Nachbeschichtung kann unter Umständen verzichtet werden.

Fazit

Beide Fördertechnologien, Dichtstromförderung und Injektoren, beruhen auf dem gleichen Bedienungskonzept und benutzen dieselbe Steuergeräte- und Pistolenplattform. Unabhängig von der Fördertechnologie, sind alle relevanten Voraussetzungen zur Pulveraufladung und Zerstäubung, einschliesslich der Nutzung der Stromregelung im niedrigen μA -Bereich integriert.

Die Einsatzgebiete der beiden Fördertechnologien grenzen sich jedoch klar voneinander ab und werden wesentlich durch den Anwendungsbereich und die Qualitätsansprüche des Benutzers bestimmt.

Die robuste und optimierte Injektortech-

nologie liefert beste Beschichtungsergebnisse, bedingt jedoch eine laufende Prozessüberwachung und regelmässige Wartung. Wenn leichte Schwankungen in der Beschichtungsqualität keine Rolle spielen, ist der Injektor eine ausgezeichnete Lösung.

Die Dichtstromtechnologie richtet sich an Anwender, welche hohe Qualitätsansprüche von Kunden erfüllen müssen und selbst hohe Anforderungen an ihre Endprodukte stellen, sowie höchsten Wert auf Prozesssicherheit legen. Diese Anwender müssen sich auf eine Technologie verlassen können, welche die wesentlichen Einflussfaktoren des Beschichtungsprozesses kontrolliert und steuert.

Ein Beschichtungssystem, welches mit moderner Technologie über längere Zeit konstant reproduzierbare Ergebnisse erzielt, schafft Vertrauen in den

Beschichtungsprozess und senkt die Kosten der Qualitätskontrolle. Gema hat bei der Entwicklung der neuen Applikationspumpe OptiSpray und der neuesten Generation von Applikationsgeräten diese Anforderungen umgesetzt. Das Resultat ist ein in sich geschlossenes, aufeinander abgestimmtes Applikations- und Pulverförderungssystem, welches qualitativ hochwertige und jederzeit reproduzierbare Beschichtungsergebnisse erzeugt.

Roman Mlakar, Product Management
Gema Switzerland GmbH
Oktober 2014