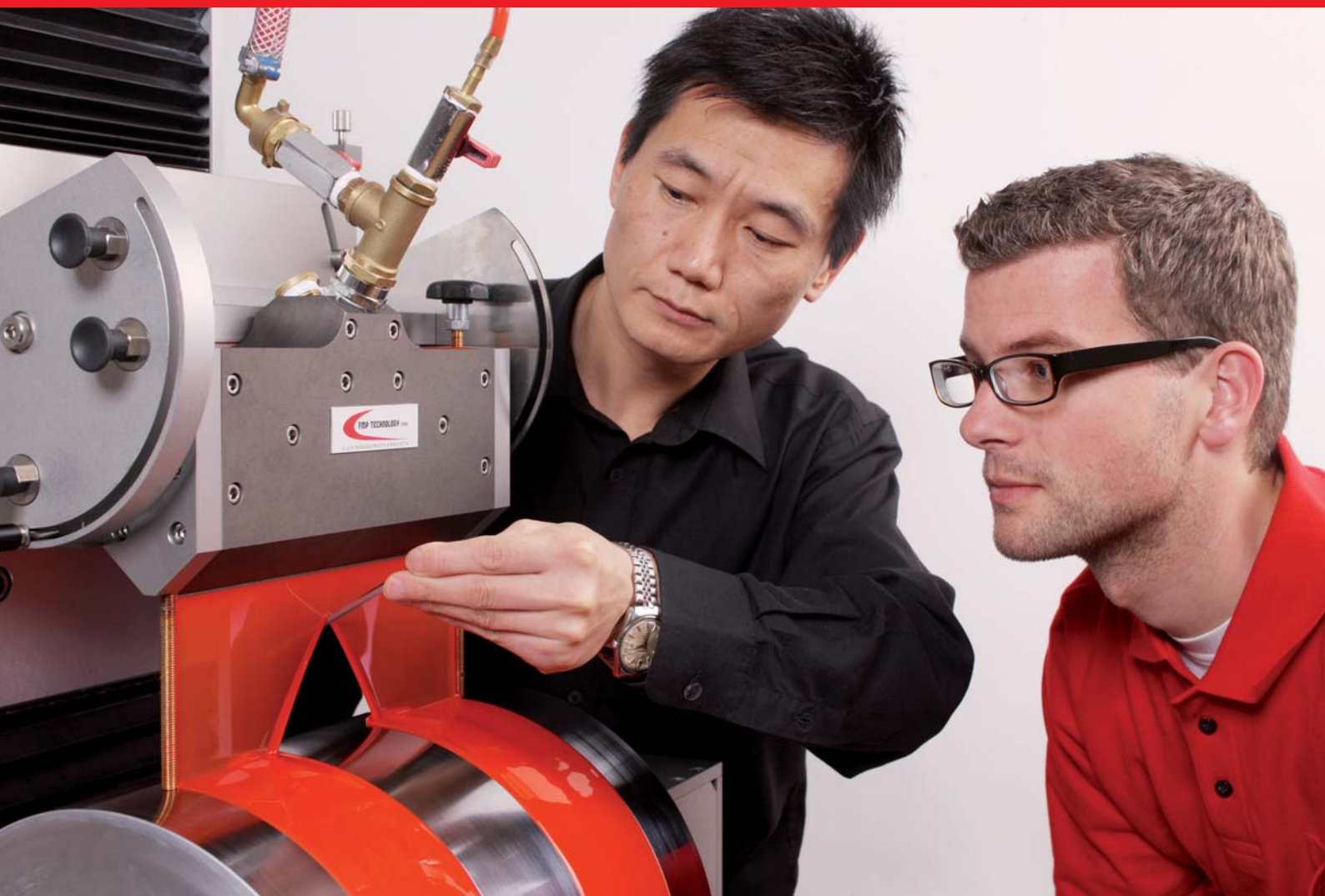


DIE BESCHICHTUNGSWELT DER FMP TECHNOLOGY GMBH





SEITE 3 | **BESCHICHTUNGSTECHNIK – EINE KERNKOMPETENZ DER FMP TECHNOLOGY GMBH**

SEITE 4 | **UNIVERSITÄRE WURZELN ALS ERFOLGSFAKTOR FÜR INNOVATION UND TECHNOLOGIE**

SEITE 5 | **GENERELLE INFORMATIONEN**

SEITE 6 | **STAND DER BESCHICHTUNGSTECHNIK**

SEITE 8 | **DAS PATENTIERTE FMP-VERTEILERSYSTEM**

SEITE 9 | **FMP-PRODUKTE / EINE AUSWAHL**

SEITE 17 | **WICHTIGSTE BESCHICHTUNGSPROZESSE MIT SCHLITZDÜSEN**

SEITE 21 | **DIE ERFOLGREICHE BESCHICHTUNGSEINFÜHRUNG IM BLICK**

Die vorliegende Broschüre stellt den Bereich 1 der FMP TECHNOLOGY GMBH vor, in dem Arbeiten in der Beschichtungs- und Trocknungstechnik durchgeführt werden. Diese dienen der Einführung neuartiger Beschichtungsverfahren und -werkzeuge sowie der Bereitstellung der dazu notwendigen Anlagen. Zur Durchführung der Tätigkeiten für Kunden der FMP TECHNOLOGY GMBH steht ein Team zur Verfügung, das mit multidisziplinärem Wissen ausgestattet ist.

BESCHICHTUNGSTECHNIK EINE KERNKOMPETENZ DER FMP TECHNOLOGY GMBH



Team im Bereich 1 der FMP TECHNOLOGY GMBH:
Beschichtungs- und Trocknungstechnik



Eine Auswahl von FMP-Produkten im Bereich
Beschichtungs- und Trocknungstechnik

Fehlerfreie Beschichtungen von Substraten erfordern nicht nur verlässlich arbeitende und leicht bedienbare Auftragswerkzeuge, wie beispielsweise generell einsetzbare **Beschichtungsdüsen**, sondern stellen darüber hinaus auch Anforderungen an die eingesetzten Lösemittel, z.B. deren Blasenfreiheit. Zudem sind kontrollierte **Rührprozesse** erforderlich, um die speziellen Eigenschaften der angesetzten Beschichtungsfluide für fehlerfreie Schichten auf Substraten sicher zu stellen. Hinzu kommt, dass die **Fluidzuführung** zu den eingesetzten Beschichtungswerkzeugen **pulsationsfrei** erfolgen muss, um fehlerfreie Filme auf Substraten herzustellen. Es ist somit das reproduzierbare, kontrollierte Zusammenwirken aller peripheren Prozesse eines Beschichtungsvorgangs, die auch beherrscht werden müssen, um Filmschichten auf Substraten mit hoher Qualität zu erreichen.

Als **Spin-Off der Universität Erlangen** konnte die FMP TECHNOLOGY GMBH die **strömungsmechanischen Grundlagen** für eine **theoretisch fundierte Beschichtungstechnik**, zunächst im Rahmen universitärer Arbeiten, bereitstellen, um dann die gewonnenen Erkenntnisse in neuartige Produkte für die Beschichtungstechnik einfließen lassen. All diese daraus resultierenden, **patentierten Produkte** wie Beschichtungsdüsen, Laborbeschichtungsanlagen, Pulsationsdämpfer, Entgasungs- und Trocknungsanlagen etc. machen heute das Lieferprogramm der FMP TECHNOLOGY GMBH aus. Hierbei sind die Arbeiten der Firma insbesondere darauf fokussiert, unterschiedliche Beschichtungsverfahren **fehlerfrei, reproduzierbar** und **ohne zeitaufwändige, empirische Vorversuche** auf großen Beschichtungsanlagen von Unternehmen zur Anwendung zu bringen. Die meistens gemeinsam mit Kunden durchgeführten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten führen kostengünstig zu nachhaltigen Verbesserungen von Beschichtungsprozessen.

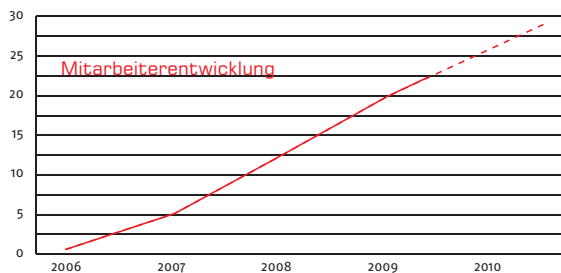
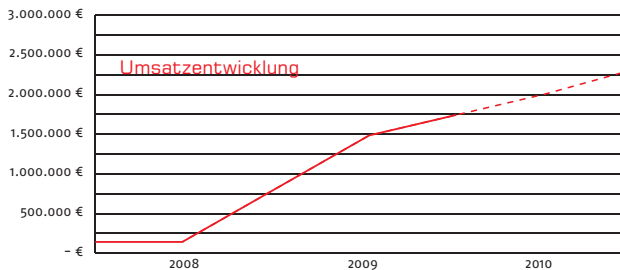
Die **FMP TECHNOLOGY GMBH** umfasst heute insgesamt vier unterschiedliche Geschäftsbereiche, von denen der erste Bereich die Beschichtungs- und Trocknungstechnik abdeckt. Das in diesem Bereich tätige Team ist obenstehend gezeigt. Es umfasst Spezialisten der Strömungsmechanik, der Verfahrenstechnik, der Konstruktion und der Messtechnik sowie der Physik und Chemie.

„Mit unserem umfassenden, verfahrenstechnischen Wissen möchten wir Ihnen zeigen, wie die FMP TECHNOLOGY GMBH heute und zukünftig Ihr vorausschauender Partner bei Forschung und Entwicklung, Engineering, Auslegung sowie der Implementierung neuartiger Verfahren und Produkte für die Beschichtungstechnik auf Ihren bestehenden Anlagen sein kann.“



Prof. Dr. Dr. h.c. Franz Durst
Geschäftsführender Gesellschafter der FMP TECHNOLOGY GMBH

UNIVERSITÄRE WURZELN ALS ERFOLGSFAKTOR FÜR INNOVATION UND TECHNOLOGIE



- 1986** Aufbau der Beschichtungs-Forschungsgruppe an der Universität Erlangen-Nürnberg
- 2006** Ausgründung der FMP TECHNOLOGY GMBH durch die Gründer und Geschäftsführer Prof. Dr. Dr. h.c. F. Durst und Dipl.-Ing. M. Gillert
- 2008** Markteinführung neuartiger viskositäts- und massenstromunabhängiger Beschichtungsdüsen
- 2009** Umsatzsteigerung auf 1,5 Mio., Anzahl der Mitarbeiter wächst auf über 20, Erweiterung des Technikums und Inbetriebnahme zusätzlicher Testdüsen, Laborbeschichtungsanlagen und Meßsysteme
- 2010** Umsatzprognose 2,0 Mio. und weiterer Ausbau der gesamten Beschichtungstechnik

Zu Beginn der 80er Jahre erkannte Prof. Dr. Dr. h.c. F. Durst den potentiellen Markt für Präzisionsbeschichtungswerkzeuge. Nach vielen Jahren der Forschungs- und Entwicklungsarbeit und der Anmeldung zahlreicher Patente, zunächst an der Universität Erlangen-Nürnberg und später innerhalb der FMP TECHNOLOGY GMBH, führte die Fertigung perfekter, neuartiger viskositäts- und massenstromunabhängiger Beschichtungswerkzeuge zum Verkauf eigener Produkte.

Seit der Gründung der FMP TECHNOLOGY GMBH durch Prof. Dr. Dr. h.c. F. Durst und Dipl.-Ing. M. Gillert konnten namhafte Kunden bei der Lösung spezifischer Forschungs- und Engineering-Aufgaben unterstützt werden. Beginnend mit ersten Grundsatzüberlegungen zur Einführung neuartiger, technisch verbesserter und wirtschaftlicher arbeitender Beschichtungs- und Trocknungsverfahren über die theoretische Auslegung von Beschichtungsprozessen und die praktische Verifizierung erhaltener Ergebnisse auf Laborbeschichtungsanlagen, wurde die Fertigung und die Auslieferung der neuartigen FMP-Beschichtungsdüsen und -Anlagen im Jahre 2008 erreicht.

Zirka 80 % der FMP-Mitarbeiter arbeiten als Diplom-Ingenieure, Verfahrenstechniker und Physiker an der Entwicklung, Konstruktion, Fertigung und Implementierung von neuartigen Produkten und Lösungen im Bereich der Beschichtungstechnik, um Kundenprozesse effizienter und wirtschaftlicher zu gestalten. Für die Fertigung des eigentlichen Produktportfolios konnte ein weitreichendes Netzwerk aus externen Spezialisten an zahlreichen Standorten aufgebaut werden. Zwischen den FMP-Entwicklern und den Partnern aus der Industrie, den Hochschulen und Instituten, die jeweils in ihrem Kerngebiet höchste Fertigungspräzision generieren, besteht ein systematischer und vertraulicher Austausch. Zur gezielten Ergänzung und Weiterentwicklung unseres Portfolios etablieren wir Kooperationen und strategische Allianzen.



„Unsere hoch qualifizierten Ingenieure und innovativen Produkte helfen, die Qualitätsansprüche verlässlich zu erfüllen, die heute an die Hersteller und Anwender der Beschichtungstechnik gestellt werden. Moderne, numerische Berechnungsmethoden stellen dabei sicher, dass ohne zeitaufwändige Empirik, sichere Aussagen darüber getroffen werden können, ob sich ein kundenseitig gewünschter Beschichtungsprozess technisch und wirtschaftlich tatsächlich als die beste Lösung darstellt.“

Dipl.-Ing. Martin Gillert

Gründer & Geschäftsführer der FMP TECHNOLOGY GMBH

GENERELLE INFORMATIONEN



Architektur



Klebebänder, Papier,
Kartonagen



Silikon-Papiere
und Folien



RFID-Mikrochips

BRANCHEN-REFERENZEN

Die FMP TECHNOLOGY GMBH liefert Beschichtungs-Know-how und -Produkte sowie Equipment für fehlerfreie und wirtschaftliche Beschichtungen in unterschiedlichen Industriezweigen. Je nach Qualitätsanforderung stehen maßgeschneiderte Beschichtungswerkzeuge zur Verfügung, die in einer engen Zusammenarbeit und damit gemeinsam mit den Anwendern, in Betrieb genommen werden. Inhouse-Schulungen sichern Kunden zudem den nachhaltigen strömungsmechanischen Wissenstransfer, der für verlässliche und sichere Beschichtungsapplikationen erforderlich ist.



Wursthaut



Drähte und Textilfäden



Betonplatten



Solarzellen

Die jährlich durchgeführte, meistens zweitägige Beschichtungstechnik-Kurzlehrgangsreihe, mit jeweils wechselnden Themenschwerpunkten, stellt zudem eine gute Möglichkeit dar, sich über Neuerungen in der Welt der Beschichtungstechnik zu informieren, wobei gemeinsam mit namhaften, externen Dozenten aus Industrie und Universität, die Kurzlehrgänge gestaltet werden.

Auf fundierten theoretischen Betrachtungen basierend, sind fehlerfreie und verlässliche Beschichtungen in unterschiedlichen Bereichen sehr gut möglich.

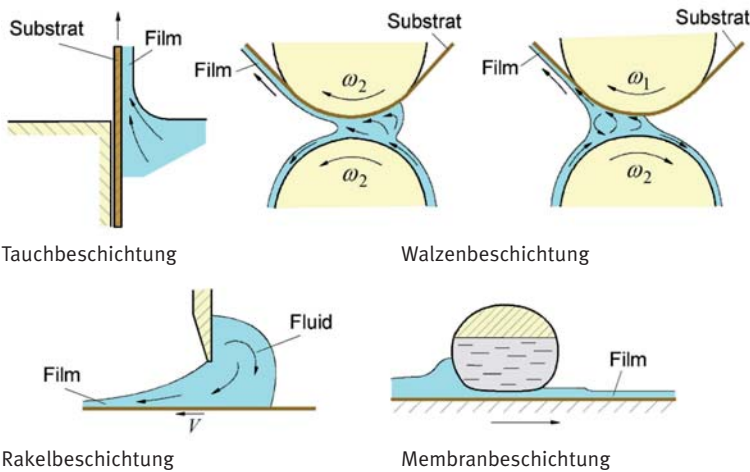


Erfolgreich durchgeführte Kurzlehrgänge der FMP TECHNOLOGY GMBH im Bereich der Beschichtungstechnik.

VERFAHREN IN DER BESCHICHTUNGSTECHNIK

SELBSTDOSIERENDE BESCHICHTUNGSVERFAHREN

In der heutigen Beschichtungstechnik finden unterschiedlichste Verfahren Anwendung, um dünne Flüssigkeitschichten auf bahnförmige Substrate oder Stückgüter aufzutragen. Die selbstdosierenden Verfahren sind dadurch charakterisiert, dass die erreichte Nassfilmschichtdicke durch den Beschichtungsvorgang selbst definiert wird und nicht durch die Bestimmung des Massenstroms. Die Schichtdicke auf dem Substrat stellt sich relativ unkontrolliert ein und ist stark von den Fluideigenschaften, dem gewählten Beschichtungsverfahren und dessen frei wählbaren Parametern sowie der Beschichtungsgeschwindigkeit abhängig. Wichtigste Stellvertreter dieser selbstdosierenden Verfahren sind unter anderem die Rollenbeschichtung und die Rakelbeschichtung. Weitere Anwendungen, die dieser Gruppe von Beschichtungsverfahren angehören, sind nebenstehend schematisch angezeigt.



Selbstdosierende Beschichtungsverfahren für unterschiedliche Anwendungen

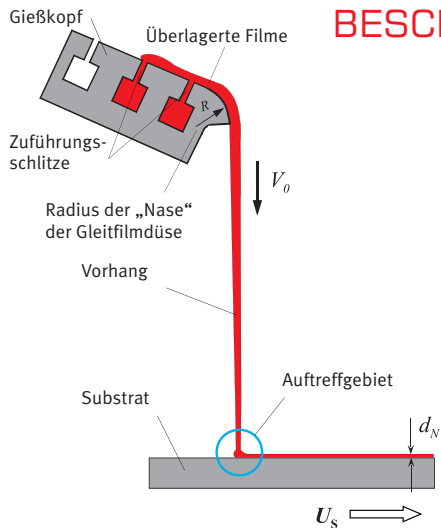
Für einige Substrate in der Beschichtungsindustrie, vor allem für solche mit aufgetragenen Funktionsschichten, ist aber gerade die Genauigkeit der aufzutragenden Schichtdicken von essentieller Bedeutung. Unkontrollierbare Schichtdickenvariationen, bedingt durch Änderungen der Produktionsbedingungen oder durch Änderungen der Fluideigenschaften, sind hierbei für eine Vielzahl von Beschichtungen nicht akzeptabel. Dies ist der Grund für den Einsatz so genannter vordosierter Beschichtungsverfahren, bei denen die angestrebte Nassfilmschichtdicke durch den gemessenen Massenstrom und die bekannte Substratgeschwindigkeit (U_w , Webvelocity) bestimmt ist:

$$\dot{m} = \rho U_w h$$

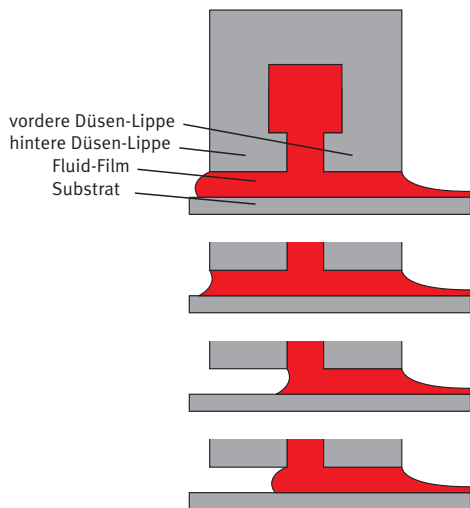
wobei \dot{m} der Massenstrom pro Meter Substratbreite ist, ρ die Fluideichte, U_w die Substratgeschwindigkeit und h die Höhe bzw. Dicke der aufgetragenen Nassfilmschicht. Durch das genaue Dosieren von \dot{m} über Pumpen und die Festlegung der Substratgeschwindigkeit, kann die Schichtdicke h vorgegeben werden. Unabhängig von sonstigen Prozessparametern oder von Eigenschaften des Beschichtungsfluids stellt sich die gewünschte Schichtdicke mit engen Toleranzgrenzen ein.



VERFAHREN IN DER BESCHICHTUNGSTECHNIK



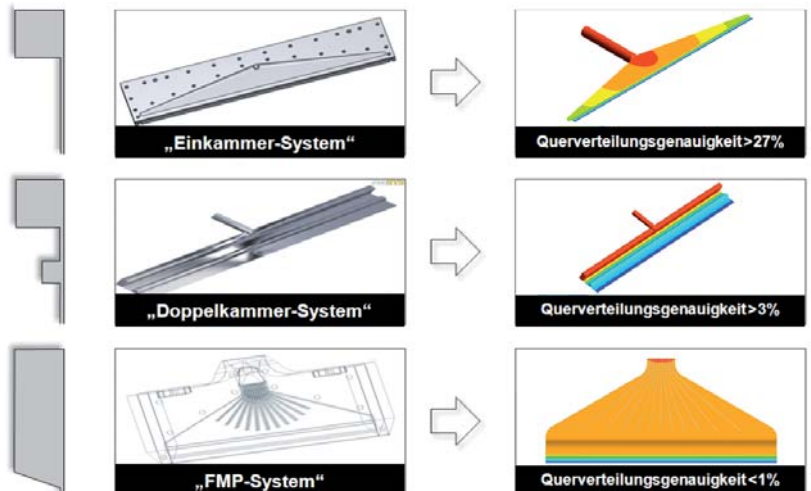
Funktionsweise des „Curtain-Coating-Mode“



Funktionsweise des „Bead-Coating-Mode“

Damit müssen grundsätzlich bei dem Einsatz konventioneller Beschichtungsdüsen Ungenauigkeiten in der Massen-Querverteilung toleriert werden, wenn sich der Massenstrom durch ein Beschichtungswerkzeug ändert oder wenn unterschiedliche Fluidviskositäten zum Einsatz kommen.

Für Anwender der Beschichtungstechnik bedeutet dies in der Praxis zwangsläufig, dass Investitionen in mehrere, speziell auf einen Massenstrom oder eine Fluidviskosität ausgelegte Beschichtungsdüsen eingesetzt werden müssen, um Beschichtungs-Imperfektionen in der Querverteilungsgenauigkeit der Nassfilm-Schichtdicke über die Substratbreite zu vermeiden. Diese Querverteilungsungenauigkeit herkömmlicher Beschichtungsdüsen kann in einem Bereich über 20 % liegen.



VORDOSIERTE BESCHICHTUNGSVERFAHREN

Es ist offensichtlich, dass die Vorteile der vordosierten Beschichtungsverfahren dann voll zur Geltung kommen, wenn je nach Beschichtungsanforderung, die Genauigkeit der Querverteilung des Massenstroms \dot{m} mit einer Beschichtungsdüse in einer hohen Präzision bereitgestellt werden kann, d. h. zu Werten von:

$$\frac{\Delta \dot{m}}{\dot{m}} \leq \pm 1 \% \text{ bei Präzisionsdüsen}$$

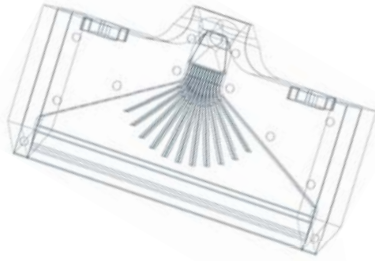
$$\frac{\Delta \dot{m}}{\dot{m}} \leq \pm 3 \% \text{ bei Qualitätsdüsen}$$

$$\frac{\Delta \dot{m}}{\dot{m}} \leq \pm 5 \% \text{ bei Standarddüsen}$$

Für vordosierte Beschichtungen können die geforderten Genauigkeiten mit heute eingesetzten, herkömmlichen Beschichtungsdüsen bereitgestellt werden, allerdings nur für eine Reynoldszahl Re :

$$Re = \frac{\dot{m}}{\mu}$$

Dies bedeutet, dass die angestrebte, hohe Querverteilungsgenauigkeit ausschließlich für einen Massenstrom \dot{m} und eine vorgegebene Fluidviskosität μ erreicht werden kann. Herkömmliche Düsen „liefern“ in Abhängigkeit der Viskosität und der Oberflächenspannung der Beschichtungsflüssigkeit unterschiedlich genaue Querverteilungs-Qualitäten. Variationen von über 20 % sind keine Seltenheit.



FMP-PRODUKTE



DAS PATENTIERTE FMP-VERTEILERSYSTEM

Die aufgeführte Situation bezüglich heute erreichbarer Querverteilungsgenauigkeiten hat die FMP TECHNOLOGY GMBH veranlasst, Forschungs- und Entwicklungsarbeiten durchzuführen, um Beschichtungsdüsen zu erstellen, die selbst bei Reynoldszahl-Variationen von über 10^4 zu keinen Änderungen der Querverteilungsgenauigkeit der aufgetragenen Schichtdicken führen. Diese Entwicklungen sind abgeschlossen und konnten erfolgreich umgesetzt werden. Sie resultierten in FMP-Schlitz- und FMP-Gleitfilmdüsen für die vordosierte Beschichtung von Nassfilmen, die ein- und dieselbe Querverteilungsgenauigkeit der aufgetragenen Schicht aufweisen. Beide Werkzeuge stehen heute zur Verfügung.



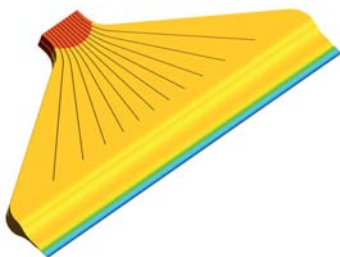
Mögliche Geometrien des patentierten Verteilersystems für FMP-Schlitzdüsen

Das patentierte Verteilersystem besteht aus einem fächerförmigen Einsatz, der das aus dem Einlassbereich kommende Fluid gleichmäßig über die gesamte Breite einer Schlitzdüse verteilt. Die numerisch erhaltenen, sehr guten Berechnungsergebnisse für die Druckverteilung, die Geschwindigkeitsverteilung und die Gleichverteilung des Querschnittsprofils konnten experimentell verifiziert werden und stellen das Beschichtungsfluid extrem homogen über die komplette Düsenbreite für den gesamten Re -Bereich bereit.

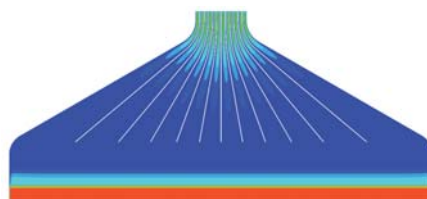
$$10^{-2} \leq Re \leq 10^2$$

Durch die Berechnungen verifizierende Experimente konnte der Nachweis erbracht werden, dass sehr gute Ergebnisse für Reynoldszahlen von 10^{-2} und 10^2 erreicht werden können. Dies machen die untenstehenden Darstellungen von Ergebnissen deutlich, die für $Re=0,01$ und $Re=100$, für dasselbe Verteilersystem erhalten wurden.

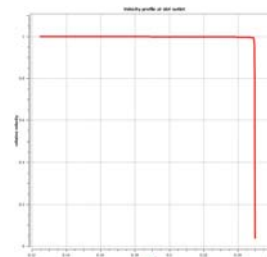
Die erreichten Querverteilungsgenauigkeiten basieren auf einem neuartigen Verteilersystem, welches in den FMP-Beschichtungsdüsen zum Einsatz kommt. Das Verteilersystem erreicht, im Gegensatz zu konventionellen Beschichtungsdüsen, die Querverteilungsgenauigkeit nicht durch den Druckabfall in Verbindungsschlitz von Verteilungskammern und auch nicht über den Druckabfall des Auslaufschlitzes einer Schlitzdüse, sondern durch eine numerisch ausgelegte Führung der Strömung vom Einlass bis in den Bereich des Auslaufschlitzes. Die fächerartig angeordneten Verteilungskanäle können den oben dargestellten Abbildungen entnommen werden.



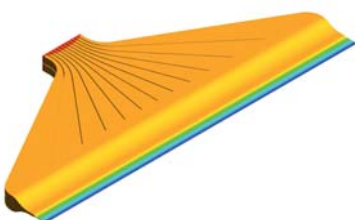
Druckverteilung ($Re=0,01$)



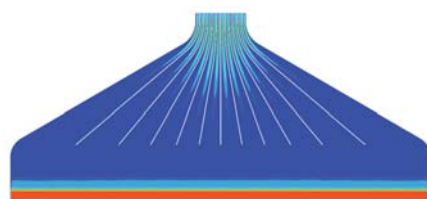
Geschwindigkeitsverteilung ($Re=0,01$)



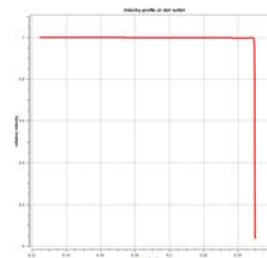
Geschwindigkeitsverteilung ($Re=0,01$)



Druckverteilung ($Re=100$)



Geschwindigkeitsverteilung ($Re=100$)



Geschwindigkeitsverteilung ($Re=100$)





FMP-PRODUKTE

NEUARTIGE SCHLITZ- UND GLEITFILMDÜSEN

Um die vordosierte Beschichtungstechnik voranzutreiben, d.h. für alle Re-Zahlen gute Querverteilungsgenauigkeiten bereitzustellen, führte die FMP TECHNOLOGY GMBH Entwicklungen durch, die in patentierten FMP-Schlitz- und FMP-Gleitfilmdüsen resultierten, welche für eine hohe Bandbreite an Viskositäten (von 1 bis 10.000 mPas) keinen Einfluss der Fluid-Viskosität auf die Genauigkeit der Querverteilung mehr aufweisen. Eine ähnlich große Bandbreite an Massenstrom-Variationen kann gleichfalls zugelassen werden, ohne dass eine negative Beeinträchtigung der Nassfilm-Querverteilung auftritt.

Der Stand der Technik, in Bezug auf die Abhängigkeit der Querverteilung von der Reynoldszahl, d.h. vom Massenstrom \dot{m} und von der Fluidviskosität μ , ist im Allgemeinen bekannt, wird allerdings bei vielen Anwendungen als unerwünscht empfunden, da in einigen Beschichtungsanlagen Massenstrom- und Viskositätsänderungen der Beschichtungsfluide, mehrmals täglich, vorgenommen werden müssen. Damit verbunden sind unabwendbare Änderungen der Querverteilungsgenauigkeit, wenn ein- und dasselbe Beschichtungswerkzeug zur Anwendung kommt. Der Einsatz mehrerer Beschichtungswerkzeuge wäre erforderlich, um die gewünschte Querverteilungsgenauigkeit für sich ändernde Viskositäten bzw. Massenströme sicher zu stellen. Dieser Einsatz mehrerer Düsen ist aber aufgrund der damit verbundenen hohen Investitionskosten, im Allgemeinen, nicht realisierbar.

Die FMP-Beschichtungsdüsen sind modular in den Standardbreiten von 250 mm, 500 mm, 750 mm, etc., bis zu Weiten von über 4 m, aufgebaut. Aufgrund der sehr guten generellen Funktionsweise können die neuartigen viskositäts- und massenstromunabhängigen FMP-Beschichtungsdüsen ohne zusätzlichen Engineeringaufwand auf Lager gefertigt werden, um Investitionen und branchenübliche lange Lieferzeiten zu minimieren.

Kundenspezifische Beschichtungsdüsen, die nicht den Standardmaßen entsprechen, werden gleichfalls angeboten. Diese „Customized“-Düsen werden dann hinsichtlich der Beschichtungsbreite, der Beschichtungsgenauigkeit, des erforderlichen Fluidvolumens innerhalb der Düse oder hinsichtlich erhöhter Temperatur-Anforderungen (wie beispielsweise bei der Verzinkung von Stahlblechen oder im Bereich der Hotmeltbeschichtung) optimiert. Für diese Optimierungen kommen wieder numerische Berechnungsmethoden und praktische Verifikationsexperimente zum Einsatz.



ANWENDUNGSGEBIETE

- Papier- und Kartonindustrie
- Photovoltaik-Industrie (Dünnschicht-Module)
- Imaging-Industrie, photographische Industrie
- Verpackungstechnik
- Bedruckte Elektronik (RFID-Mikrochips, elektronische Schaltkreise)
- Klebebandindustrie
- Medizinische Produkte (Pflaster, Latex-Verbände, Indikatoren)
- Bauindustrie (Beschichtung von Betonplatten, Bauholz, etc.)

AUFTRAGSVERFAHREN

Durch das umfassende Prozess-Know-how der FMP TECHNOLOGY GMBH kann sichergestellt werden, dass die FMP-Düsen in den folgenden Beschichtungsmodi verlässlich eingesetzt werden können:

- „Bead-Coating-Mode“
- „Curtain-Coating-Mode“
- „Extrusion-Coating-Mode“
- „Premetered-Roller-Coating-Mode“

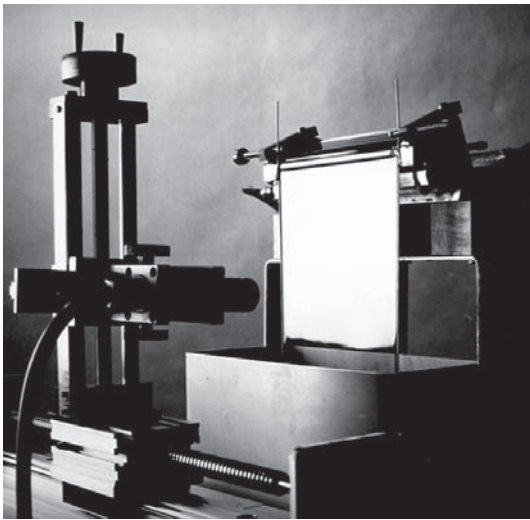
KEY FEATURES

- Mögliche Ausführung als Präzisionsdüse $\leq \pm 1 \%$, als Qualitätsdüse $\leq \pm 3 \%$ oder Standarddüse $\leq \pm 5 \%$
- Garantierte Unabhängigkeit der Düsen von der Fluidviskosität und vom Massenstrom
- Stufenlose Breitenverstellung möglich
- Mehrschichtaufträge realisierbar mit Schlitz- (2 Schichten) und Gleitfilmdüse (2 - x Schichten)
- Geringere Investitionen als für herkömmliche Düsen, da bei FMP-Düsen mit Standardbreiten keine Ingenieur-Auslegearbeiten mehr erforderlich sind
- Minimale Lieferzeiten, da FMP-Düsen aufgrund der generellen Funktionsweise der Düsen auf Lager gefertigt werden können
- Düsen beheizbar bis über 500° C Grad für Anwendungen im Bereich der Verzinkung, Hotmelt, etc.
- Breiten bis über 4.000 mm sind realisierbar

FMP-PRODUKTE

MULTILAYER-GLEITFILMDÜSEN FÜR INLINE-MEHRFACHAUFTRÄGE

Für die Gleitfilmbeschichtung lässt sich das viskositäts- und massenstromunabhängige Fluidverteilungsverfahren der FMP TECHNOLOGY GMBH gleichfalls erfolgreich anwenden. Mit Gleitfilmdüsen sind auch sehr gute Querverteilungen des Beschichtungsfluids für Gleitfilmdüsen lieferbar, die sich sehr vorteilhaft für die Filmbeschichtung einsetzen lassen.



Das Vorhangbeschichtungsverfahren erlaubt besonders vorteilhaft das Inline-Auftragen mehrerer, dünner (Funktions-)Schichten in einem Arbeitsgang, auf Substraten, die mit hohen Bahngeschwindigkeiten beschichtet werden.

KEY FEATURES

- Je nach Viskosität sind Beschichtungen im Bereich von 300 bis über 2.000 m/min durchführbar. Mehrschichten sind auch bei hohen Bahngeschwindigkeiten leicht auftragbar
- Mit Gleitfilmdüsen lassen sich auch Beschichtungen im so genannten „Bead-Coating-Mode“ vornehmen. Dieser Beschichtungsmodus findet jedoch in der Praxis nur wenig Anwendung
- Garantierte Unabhängigkeit der Gleitfilmdüsen von der Fluidviskosität und vom Massenstrom
- Querverteilungsgenauigkeiten in den Abstufungen
 $\leq \pm 1 \%$, $\leq \pm 3 \%$, $\leq \pm 5 \%$

Multilayer-Gleitfilmdüse für Beschichtungen im „Curtain-Coating“- und „Bead-Coating-Mode“



GIESSRINNEN FÜR KOSTENSENSIBLE PRODUKTIONEN

Neuartige Gießrinnen, welche die Firma FMP TECHNOLOGY GMBH entwickeln konnte, finden verstärkt in Bereichen Anwendung, in denen kostengünstige Beschichtungswerkzeuge eingesetzt werden müssen, so z.B. in der Bauindustrie bei der Beschichtung von Betonplatten, Keramikplättchen, Türen, Fensterrahmen, Möbel, etc.

Die FMP TECHNOLOGY GMBH hat durch theoretische Berechnungen und praktische Feldversuche gezeigt, dass Vorhangbeschichtungen nicht nur „High-end-Applikationen“ vorbehalten sind, sondern nunmehr auch im preissensiblen Baubereich durch den Einsatz einfacher Gießrinnen bewerkstelligt werden können.



Gießrinne für Beschichtungen im „Curtain-Coating-Mode“

KEY FEATURES

- Garantierte Unabhängigkeit der Gießrinne von der Fluidviskosität und vom Massenstrom
- Querverteilungsgenauigkeiten in den Abstufungen $\leq \pm 5 \%$, $\leq \pm 10 \%$
- Kostengünstige Alternative, um Beschichtungen im „Curtain-Coating-Mode“ zu realisieren

FMP-PRODUKTE



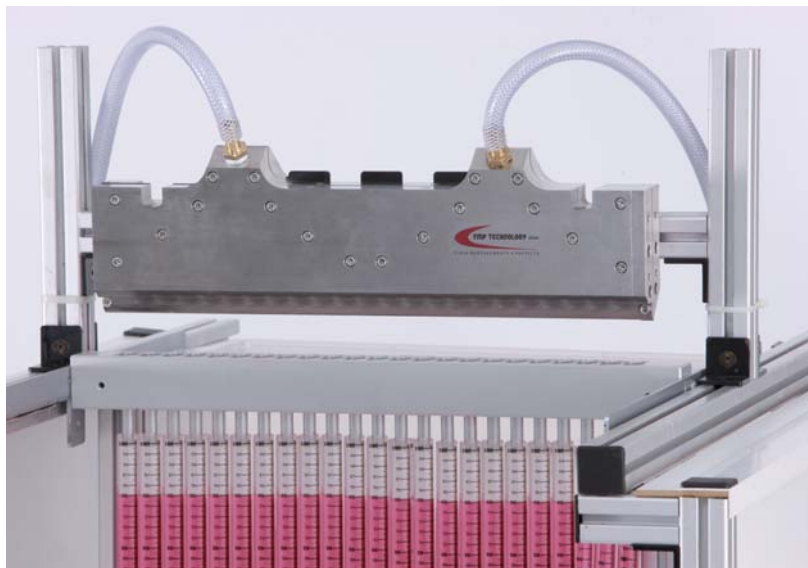
Gleichverteilungs-Meßstand der FMP TECHNOLOGY GMBH

NACHWEIS UND ABNAHME VON FMP-BESCHICHTUNGSWERKZEUGEN

Im Allgemeinen werden konventionelle Düsen unter dem Aspekt der μ -genauen Fertigung vertrieben. Die bei den Herstellern herkömmlicher Düsen realisierten Fertigungsgenauigkeiten spiegeln sich jedoch oftmals nicht in der tatsächlichen Fluid-Querverteilung, die letztendlich für den Kunden maßgeblich ist, wider. Aus diesem Grund beschreitet die FMP TECHNOLOGY GMBH einen anderen Weg, um den Nachweis zu erbringen, dass die vom Kunden gewünschten FMP-Fluid-Querverteilungsgenauigkeiten auch bei Berücksichtigung der herstellungsbedingten Fertigungstoleranzen erreicht werden.

Hierfür kommt ein Meßsystem zur Anwendung, das nachhaltige Aussagen über die tatsächliche „Performance“ von Beschichtungsdüsen liefert.

FMP-Beschichtungsdüsen werden bei der Abnahme grundsätzlich dem obigen Procedere unterzogen. Dabei gelten die FMP-Düsen nur dann als abgenommen, wenn die vom Kunden gewünschte Querverteilungsgenauigkeit reproduzierbar durch Messungen in der benötigten Massenstrom- und Viskositätsbandbreite nachgewiesen werden kann.



Gleichverteilungsergebnis einer FMP-Präzisionsdüse, unabhängig vom gewählten Massenstrom und der Fluidviskosität

LABORBESCHICHTUNGSANLAGEN

■ Rollen-Anlage ohne Substratführung

Die Verträglichkeitsprüfung von Beschichtungsfluiden mit einer Düse sowie die Verifikation von berechneten Beschichtungsfenstern kann leicht ohne Substratführung mit einem Rollenversuchsstand der FMP TECHNOLOGY GMBH überprüft werden. Der Rollenversuchsstand kann auch mit einer elektronischen Steuerung ausgelegt und geliefert werden um Probebeschichtungen von Substraten zu realisieren.

Die Anlage konnte unter anderem erfolgreich in dem Bereich der Photovoltaik-Industrie zum Einsatz kommen, allerdings mit maschinentechnischen Modifikationen, um Beschichtungen auf dem Substrat zu realisieren. Durch die modulare Bauweise ist die Anlage vielseitig einsetzbar, so z.B. auch um Schichten auf einzelne Substratstückgüter aufzutragen.

AUFTRAGSVERFAHREN

- „Bead-Coating-Mode“
- „Curtain-Coating-Mode“
- „Extrusion-Coating-Mode“

KEY FEATURES

- Anlage erlaubt die Umsetzung der errechneten Beschichtungsfenster und deren Hoch-Skalierung auf große Produktionsanlagen
- Substratbeschichtungen (Sample bis DIN A3) durch Anlagen-Modifikationen möglich
- Arbeitsbreiten derzeit bis 250 mm
- Geschwindigkeiten derzeit bis 300 m/min
- Nassfilmdicken bis 5 µm
- Querverteilungsgenauigkeit der Nassfilmdicke $\leq \pm 1 \%$
- Beheizbarer Walzen- und Düsenauftrag möglich bis derzeit 120° C

In die Anlage lassen sich auch Gleitfilmdüsen einbringen, um damit Beschichtungsuntersuchungen durchzuführen.

Rakelbeschichtungen sind mit der Anlage gleichfalls möglich.

Der Einsatz beheizter Rollen ist ebenso realisierbar, so dass der Rollenversuchsstand der FMP TECHNOLOGY GMBH als allgemein einsetzbar angesehen werden kann.



FMP-PRODUKTE

LABORBESCHICHTUNGSANLAGEN

■ Rollen-Anlage mit Substratführung

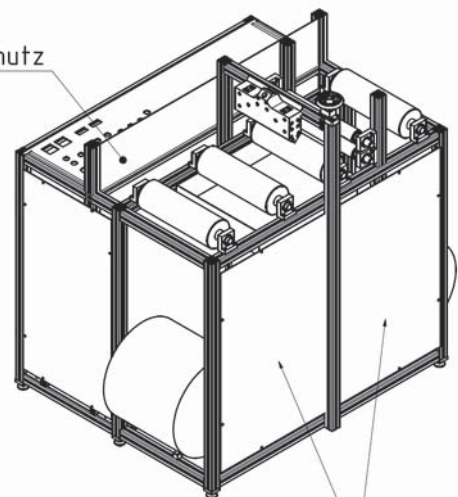
Für die experimentelle Verifikation der theoretisch erarbeiteten Grundlagen werden Beschichtungsanlagen im Labormaßstab ausgelegt, gefertigt und vertrieben.

Die gezeigte Anlage zeichnet sich durch eine steuerbare Auf- und Abwicklung sowie modular einsetzbare Beschichtungswerkzeuge aus. Von der vordosierten Beschichtung mittels FMP-Schlitzdüsen über die kontrollierte Rakelbeschichtung bis hin zum klassischen Rollenverfahren können maßgeschneiderte Beschichtungen vorgenommen werden. Über optional zuschaltbare Porenbrenner kann eine Erweiterung für die Substrattrocknung erfolgen, bei Anwendungen im Hotmeltbereich können hingegen Kühlwalzen integriert werden.



Rollen-Anlage mit Substratführung

Spritzschutz



Flügel Doppeltür

AUFTRAGSVERFAHREN

Durch die modulare Bauweise ist die Anlage vielseitig einsetzbar, so u.a. auch für:

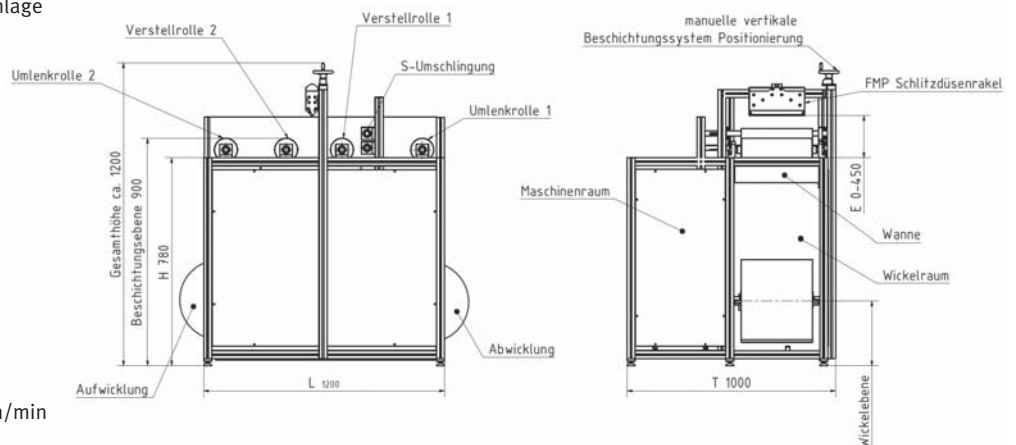
Beschichtungsprozesse

- „Bead-Coating-Mode“
- „Curtain-Coating-Mode“
- „Extrusion-Coating-Mode“
- „Premetered-Roller-Coating-Mode“
- „Knife-Edge-Coating-Mode“

KEY FEATURES

- Arbeitsbreiten derzeit bis 500 mm
- Geschwindigkeiten derzeit bis 50 m/min
- Auslegung für andere Breiten und Geschwindigkeiten sind möglich

3D-Zeichnung der Beschichtungsanlage



Abmessungen von gewünschten Anlagen können frei gewählt werden

FMP-PRODUKTE

LABORBESCHICHTUNGSANLAGEN

■ Linearmotor-betriebene Anlage für „Sample“-Beschichtungen

Die Beschichtungsverfahren und -düsen, welche die FMP TECHNOLOGY GMBH entwickeln konnte, finden verstärkt Nachfrage für so automatisch betriebene „Sample“-Beschichtungsanlagen in den Bereichen Papier, Textilien, Metalle, Folien, etc. Hierfür wurde eine mit Linearmotoren angetriebene Laboranlage entwickelt, die Beschichtungen für nahezu jegliche Stückgüter unterschiedlicher Beschaffenheit (Papier, Folie, Metallplatten, Karton, Glas, Textilien) erlaubt. Viele kundenseitige Beschichtungswünsche lassen sich mit dieser Anlage erfolgreich befriedigen. Beschichtungen mit unterschiedlichen Fluiden sind genauso möglich wie Testläufe für Beschichtungsverfahren.

AUFTRAGSVERFAHREN

Durch die modulare Bauweise ist die Anlage vielseitig einsetzbar, so u. a. auch für die folgenden Beschichtungsprozesse:

- „Bead-Coating-Mode“
- „Curtain-Coating-Mode“
- „Premetered-Roller-Coating-Mode“
- „Knife-Edge-Coating-Mode“

KEY FEATURES

- Arbeitsbreiten von bis derzeit 500 mm
- Geschwindigkeiten bis derzeit 300 m/min
- Verifikation von Beschichtungsfenstern, um Up-Scaling vorzunehmen



Anlagen wie diese konnten bereits erfolgreich in die Bereiche der Karton- und Photovoltaik-Herstellung eingeführt werden.

FMP-PRODUKTE



Modifizierungen von Standard-Druckbehältern erlauben eine Fluid-Entgasung, ausgelegt auf die besonderen Bedürfnisse der Beschichtungstechnik

KEY FEATURES

- Die Entgasung von Flüssigkeiten ist ein wichtiger Prozess für fehlerfreie Beschichtungen.
- Wichtig ist, dass der Entgasungsvorgang keine Änderungen der Fluideigenschaften hervorruft.
- Das FMP-Entgasungssystem basiert auf den folgenden physikalischen Grundlagen:
 - Löslichkeit von Feststoffen steigt i.A. mit zunehmender Temperatur
 - Löslichkeit von Gasen nimmt mit steigender Temperatur ab
 - Löslichkeit von Gasen steigt mit zunehmendem Druck
 - Löslichkeit von Gasen nimmt i.A. mit Zugabe von Feststoffen ab
- Beim Ansetzen von Beschichtungsfluiden werden Rührer eingesetzt. Beim Rührprozess muss vermieden werden, dass dieser mit einem Lufteintrag verbunden ist.
- Der Rührprozess selbst sollte mit entgastem Fluid erfolgen. Wenn dies nicht möglich ist, muss die Rührereinrichtung Maßnahmen zur Entgasung von Flüssigkeiten umfassen.
- Es ist wichtig, dass Granulate, die einem Lösungsmittel zugegeben werden, gleichfalls entgast werden, bevor die Zugabe erfolgt.



Anlage für die Entgasung von Feststoffen beim Mischen und Rühren

ENTGASUNGSANLAGEN MIT DRUCKLUFTANTRAG

Für den Auftrag von Beschichtungsfilmern höchster Qualität ist es essentiell, dass das Beschichtungsfluid dem zu beschichtenden Substrat entgast zugeführt wird. In der Praxis findet eine Vielzahl von Entgasungsanlagen Anwendung, die auf unterschiedlichen Prinzipien beruhen. Da herkömmliche Verfahren oftmals nicht spezifisch für die Entgasung von Beschichtungsfluiden entwickelt wurden, zeigen sie starke Nachteile auf, die es durch die Bereitstellung eines an die Anforderungen der Beschichtungstechnik arbeitenden Entgasungssystems zu beseitigen gilt.

Das Henrysche Gesetz legt nahe, die Entgasung einer Flüssigkeit durch Druckabsenkung zu erreichen. In der Praxis werden Entgasungssysteme eingesetzt, die nach diesem Prinzip arbeiten. Dabei wird oftmals eine kontinuierliche Druckabsenkung durch Abpumpen des Gasraumes über der freien Oberfläche der zu entgasenden Flüssigkeit angestrebt. Damit wird allerdings auch der Dampf der Flüssigkeit abgepumpt. Da sich über der Flüssigkeitsoberfläche, nach den Gesetzen der Thermodynamik, der Sättigungsdruck der Flüssigkeit einzustellen hat, wird kontinuierlich neuer Flüssigkeitsdampf an der Oberfläche freigesetzt. Diese Verdampfung ist ein sehr schneller Prozess, so dass es während der gesamten Zeit des Abpumpens zu beachtlichen Verlusten der Beschichtungsflüssigkeit kommt.

Dem gegenüber ist der Diffusionsvorgang, der die in der zu entgasenden Flüssigkeit enthaltene Luft an die Oberfläche befördert, ein sehr langsamer Prozess. Dies führt, falls keine besonderen Maßnahmen getroffen werden, zu sehr langen Entgasungszeiten. Es ist somit der schnelle Verdampfungsprozess der Flüssigkeit und der langsame Diffusionsprozess der Luft, der besondere Maßnahmen bei der Anwendung von Unterdruckverfahren in der Entgasung von Beschichtungsflüssigkeiten erfordert. Werden diese nicht bereitgestellt, ändert das Beschichtungsfluid seine Eigenschaften, wie z.B. Viskosität, Oberflächenspannung, etc.

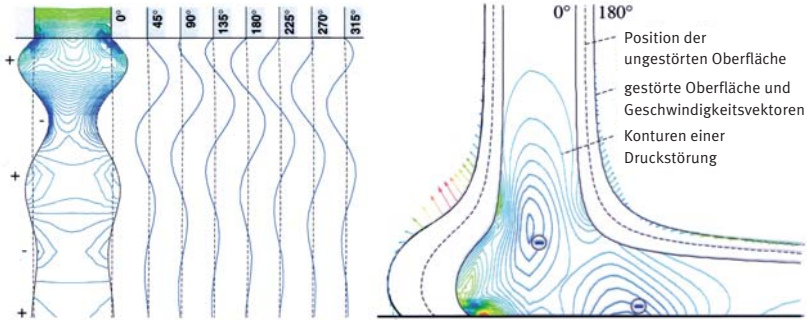
Vor diesem Hintergrund hat die FMP TECHNOLOGY GMBH ein Entgasungssystem speziell für die Beschichtungstechnik entwickelt, das die Entgasung von Beschichtungsfluiden erlaubt, ohne die Fluid-Eigenschaften wie Viskosität, Oberflächenspannung und Kontaktwinkel zu Substraten zu ändern. Die FMP-Entgasungssysteme können je nach Anwendungsfall auf kleine bzw. auch sehr große Fluidmengen ausgelegt werden. Für die Entgasung von Feststoffen beim Mischen und Rühren konnte analog eine entsprechende Anlage erstellt und zum Einsatz gebracht werden.

FMP-PRODUKTE

DRUCKWELLENDÄMPFUNG

Die FMP-Druckwellendämpfung befasst sich mit der Reduktion bzw. Beseitigung von Druckpulsationen in Leitungssystemen, die durch Dosier-Pumpen eingetragen werden. Diese Pulsationen können in bestimmten Frequenzbereichen zu beachtlichen harmonischen Schwankungen des Massenstroms führen.

Dadurch treten in der Beschichtungstechnik „Querschläge“ als Fehler auf Substraten aufgetragener Schichten auf, d.h. die Schicht ist durch sinusförmige Änderungen der Schichtdicke gekennzeichnet. Um diese zu beseitigen, wurde ein Doppelschlauchsystem zur Anwendung gebracht.



Pumpenverursachte Defekte in aufgetragenen Schichten werden eliminiert.

Pulsationsdämpfer, die einfach in bestehende Anlagen integriert werden können, stellen oftmals die Lösung dar, um Schichtdefekte nachhaltig zu eliminieren.



Durch spezielle Pulsationsdämpfer ist es möglich, einen breiten Frequenzbereich an pumpenverursachten Pulsationen abzudecken.

WICHTIGSTE BESCHICHTUNGSPROZESSE MIT SCHLITZDÜSEN



Schlitzdüsen-Beschichtung im
„Bead-Coating-Mode“



Schlitzdüsen-Beschichtung im
„Curtain-Coating-Mode“



Schlitzdüsen-Beschichtung im
„Premetered-Roller-Coating-Mode“

Vordosierte,
unterschiedliche
Beschichtungsprozesse
in der Praxis

In industriellen Beschichtungsprozessen werden eine oder mehrere Flüssigkeitsschichten auf Substrate aufgetragen und nachfolgend getrocknet, um so Feststoffschichten mit spezifischen Eigenschaften auf Oberflächen zu erzeugen. Um die so hergestellten, oftmals großflächigen Schichten mit hoher Präzision herzustellen, ist es erforderlich, so genannte vordosierte Beschichtungsverfahren einzusetzen.

Je nach Anforderung an das zu beschichtende Material oder an den aufzutragenden Film findet das eine oder andere Verfahren in der Industrie Anwendung. Entscheidend für die Auswahl sind die gewünschte Filmdicke für das aufzutragende Material, die erforderliche Filmqualität, die erforderliche Produktionsrate, um die Beschichtung gewinnbringend durchführen zu können, und nicht zuletzt die Erfahrung, die in einer Firma mit dem entsprechenden Beschichtungsverfahren vorliegt. Letzteres bestimmt oftmals die Kontinuität der Anwendung eines in einer Firma einmal eingeführten Beschichtungsverfahrens. Es ist auch noch heute mehr die Erfahrung mit einem bestimmten Beschichtungsverfahren als dessen prinzipielle Vorteile, die über den Einsatz entscheiden.

Vergleicht man einige der prinzipiellen Unterschiede der angedeuteten Beschichtungsverfahren, so fällt auf, dass die skizzierten Verfahren Filmdickenvariationen durch Kontrolle des Massenstroms des Filmmaterials zulassen. Durch Vorgabe eines über die gesamte Düsenbreite konstanten Massenstroms $\dot{m} = \rho U_w h B$ ist die Schichtdicke h bei vorgegebener Dichte ρ , bei einer Bahngeschwindigkeit U_w und Bahnbreite B eindeutig bestimmt. Es erfordert die Anwendung besonderer Beschichtungswerkzeuge, um die Massenstromgleichverteilung über die gesamte Breite einer zu beschichtenden Bahn zu gewährleisten.

Diese Kontrollmöglichkeit ist bei Beschichtungen oftmals erwünscht, so dass die Einstellung einer bestimmten Schichtdicke durch einfache Variationen des Massenstroms zur Schlitzdüse geregelt werden kann.

Prinzipieller Vergleich der vordosierten Beschichtungsprozesse

„Bead-Coating-Mode“

- Berührungsfreies Beschichtungsverfahren (im Gegensatz zu Rakel- oder Rollenbeschichtung)
- Realisierung kleiner Schichtdicken bei geringen bis mittleren Beschichtungsgeschwind. (0 – 400 m/min)
- Starker Einfluss der Viskosität auf die maximal mögliche Beschichtungsgeschwindigkeit, niedrige Viskositäten vorteilhaft
- Hohe Oberflächenspannungen vorteilhaft

„Curtain-Coating-Mode“

- Berührungsfreies Beschichtungsverfahren (im Gegensatz zu Rakel- oder Rollenbeschichtung)
- Realisierung kleiner Schichtdicken bei mittleren bis hohen Beschichtungsgeschwind. (ca. ab 100 m/min)
- Starker Einfluss der Oberflächenspannung auf die Stabilität des fallenden Vorhangs und damit auf die Größe des Beschichtungsfensters
- Niedrige Oberflächenspannungen vorteilhaft

„Premetered-Roller-Coating-Mode“

- Berührungsbefahtetes Beschichtungsverfahren, welches tw. zu ungewollten Strukturierungen führt
- Realisierung kleiner Schichtdicken bei geringen bis mittleren Beschichtungsgeschwind. (0 – 600 m/min)
- Mögliche Beseitigung von Schöpffwannen, Rakelsystemen, etc. um fehlerverursachende Änderungen der Fluidrheologien und Gesamtkomplexität zu beseitigen
- Minimierung von Fluid-Wechselzeiten und kostenintensiven Fluidverlusten

Bei allen 3 Beschichtungsmodi kann eine genaue Bestimmung der Nassfilm-Schichtdicke durch Vorgabe des Fluid-Massenstroms vorgenommen werden!

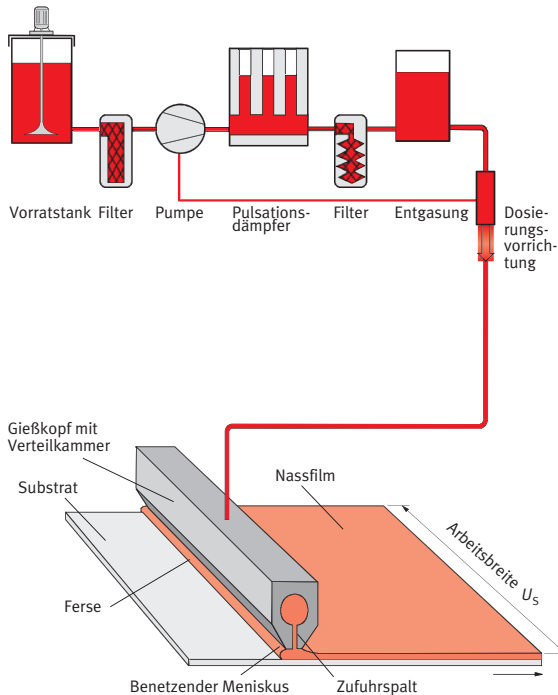
WICHTIGSTE BESCHICHTUNGSPROZESSE MIT SCHLITZDÜSEN



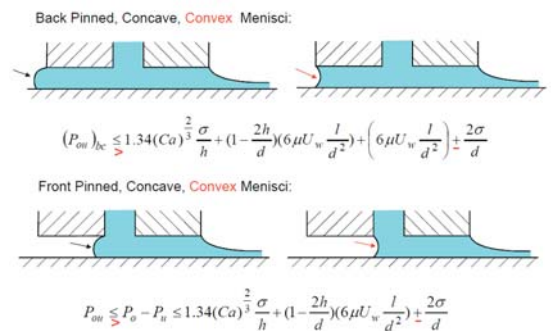
„BEAD-COATING-MODE“

Beschichtungen im „Bead-Coating-Mode“ werden in der Industrie oftmals eingesetzt, um Filme im Bereich von 5 bis 300 µm aufzutragen, wobei oftmals Geschwindigkeiten von 0,3 m/sec bis 5 m/sec zur Anwendung kommen. Hierbei findet man, dass die Beschichtung dünner Filme bei hohen Bandgeschwindigkeiten besondere Schwierigkeiten bereitet, wenn bei Fluiden hohe Viskositäten vorliegen. Durch den Einsatz von Unterdruckkammern können Instabilitäten, durch Verlagerungen des Druckniveaus ($P_0 - P_U$), kontrolliert werden.

Der Kontrollbereich für stabile, reproduzierbare Beschichtungen im „Bead-Coating-Mode“ ist sehr groß und kann durch einige wenige Größen, wie dem aufgeprägten Unterdruck, der Fluidviskosität, der Fluid-Oberflächen- spannung, dem Kontaktwinkel zwischen Fluid und Substrat sowie der Beschichtungsgeschwindigkeit und dem Abstand zwischen Düsenlippen und Substrat, erreicht werden. Was in der Praxis oftmals mit enormem empirischen Aufwand einzustellen versucht wird, kann sehr leicht durch den Einsatz der FMP-Software „Coating Window Suite®“ vorgenommen werden.



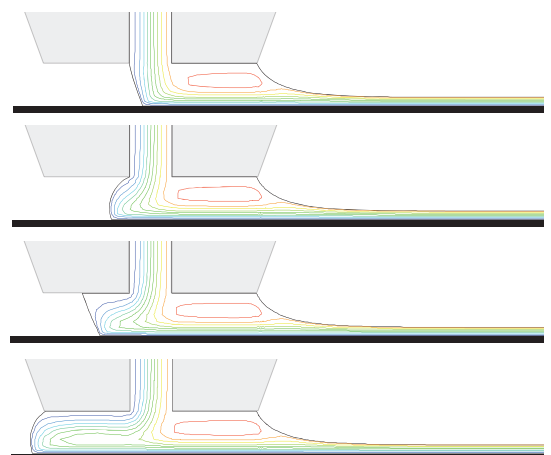
Prinzipieller Aufbau für Beschichtungen im „Bead-Coating-Mode“ einer Schlitzdüse



Druckverteilung unterhalb der Schlitzdüse

KEY FEATURES

- Niedrige Fluid-Viskositäten ermöglichen hohe Beschichtungsgeschwindigkeiten
- Hohe Fluid-Oberflächenspannungen liefern breite Beschichtungsfenster
- Druckdifferenzen zwischen vorderer und hinterer Düsenlippe werden durch den Einsatz von Vakuumkammern realisiert und ermöglichen Beschichtungen im maximal möglichen Beschichtungsfenster
- Der Abstand zwischen den Düsenlippen und dem Substrat muss mehr als die zweifache Nassfilmdicke betragen, um die Fluidströmung unter den Lippen zu realisieren. Hohe geometrische Genauigkeiten der Düse, der Anlage und der Substrate sind erforderlich



Strömungsverteilung unterhalb der Schlitzdüse

WICHTIGSTE BESCHICHTUNGSPROZESSE MIT SCHLITZDÜSEN



„CURTAIN-COATING-MODE“

Das Vorhang-Beschichtungsverfahren erlaubt besonders vorteilhaft das Auftragen dünner Schichten bei hohen Substratgeschwindigkeiten. Je nach Fluidrheologie sind derzeit Beschichtungen bis zu 2.500 m/min durchführbar. Mehrfachsichten sind leicht auch bei hohen Bahngeschwindigkeiten auftragbar.

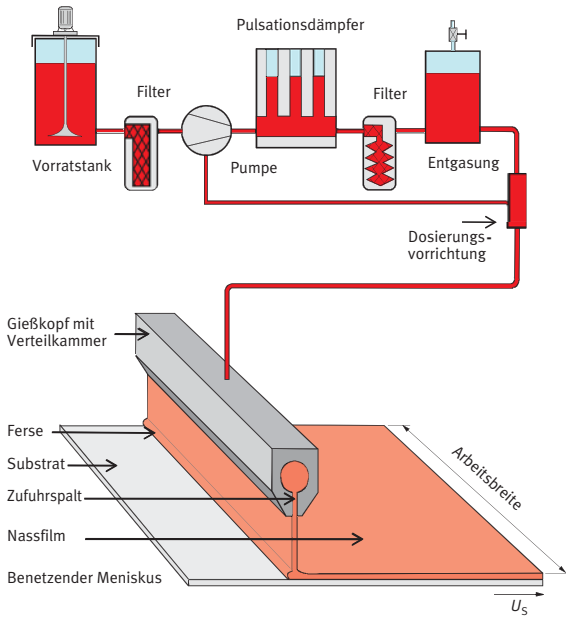
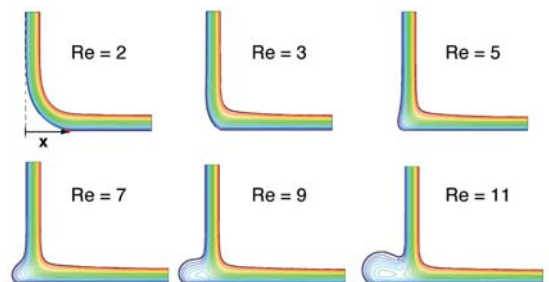
In der Praxis interessieren verstärkt Beschichtungen, bei denen im „Inline-Prozess“, mehrere Schichten gleichzeitig aufgetragen werden. Mit speziell bei der FMP TECHNOLOGY GMBH entwickelten Gleitfilmdüsen lassen sich diese Multilayer-Schichten herstellen. Analog zu den FMP-Schlitzdüsen weisen die Gleitfilmdüsen ebenfalls eine Unabhängigkeit von der Fluidviskosität und von dem Massenstrom auf und werden in den Ausführungen Präzisionsdüse (Querverteilungsgenauigkeit $\leq \pm 1\%$), Qualitätsdüse ($\leq \pm 3\%$) oder Standarddüse ($\leq \pm 5\%$) vertrieben.

Die Stabilität eines Fluidvorhangs wird gewährleistet durch die folgende Bedingung:

$$\dot{m} \geq \sqrt{2\rho\sigma b}$$

- ρ = Fluidichte
- σ = Oberflächenspannung
- b = Schlitzbreite

Zur Erhöhung der Stabilität eines Fluidvorhangs konnten von der FMP TECHNOLOGY GMBH spezielle Filmstabilisatoren entwickelt werden.



Prinzipieller Aufbau für Beschichtungen im „Curtain-Coating-Mode“ einer Schlitzdüse

Wie auch bei den FMP-Schlitzdüsen sind je nach Anwendung und Erfordernis Herstellungen der Gleitfilmdüse aus Edelstahl, Invar, Aluminium, Keramik, etc. realisierbar.

ANWENDUNGSGEBIETE

- Papierindustrie
- Filmindustrie
- etc.

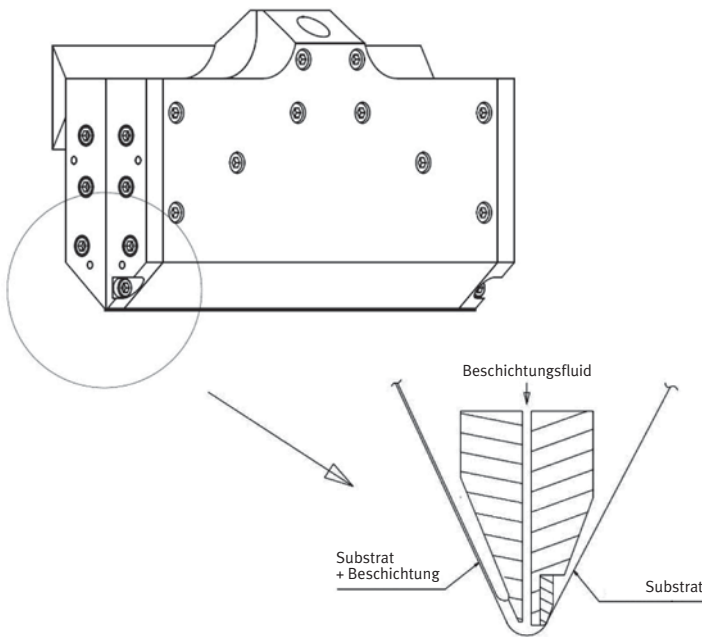
KEY FEATURES

- Auftrag dünner Filme bei hohen Bahngeschwindigkeiten
- Geringe Belastung des Substrates
- Möglichkeit des Mehrschicht-Auftrages
- Beschichtung diskontinuierlicher Substrate und unebener Oberflächen möglich
- Vordosiertes Verfahren



Multilayer-Beschichtungen im „Curtain-Coating-Mode“

WICHTIGSTE BESCHICHTUNGSPROZESSE MIT SCHLITZDÜSEN



FMP-Schlitzdüsen im „Knife-Edge-Coating-Mode“

KEY FEATURES

- Realisierung kleiner bis mittlerer Geschwindigkeiten bei unebenen Substraten
- Eine hohe geometrische Genauigkeit von Düse, Bahnführung, etc. ist erforderlich



FMP-Schlitzdüse (500 mm breit)
in zusammengebautem Zustand

„KNIFE-EDGE-COATING-MODE“

Unebenheiten im Substrat erlauben es nicht, die Schlitzdüsenteknik im „Bead-Coating-Mode“ praktisch zu realisieren, falls sehr dünne Filme aufzutragen sind. Die erforderlichen Abstände zwischen dem unebenen Substrat und der Unterseite der Düsenlippen sind zu klein, um große Unebenheiten im Substrat zuzulassen. Dünne Schichten auf unebenen Substratoberflächen lassen sich nur bei kleinen Geschwindigkeiten auftragen. Das geschilderte generelle Problem tritt häufig auf in der:

- Papierindustrie
- Kartonveredelungsindustrie
- Metallbeschichtungsindustrie
- Glasbeschichtung
- Folienherstellung bzw. bei der
- Textilbeschichtung

Es wurde erkannt, dass der herkömmliche Einsatz von Schlitzdüsen, wegen den unebenen Oberflächen, nur schwer umsetzbar ist. Aus diesem Grund wurden seitens der FMP TECHNOLOGY GMBH weiterführende Untersuchungen angestellt, um Schlitzdüsen im „Knife-Edge-Coating-Mode“ (vordosiertes Rakelbeschichtungs-Verfahren) einzusetzen. Hierfür konnten theoretisch angestellte Überlegungen und Berechnungen der zugehörigen Beschichtungsfenster erfolgreich umgesetzt werden.

Um Beschichtungen im „Knife-Edge-Coating-Mode“ realisieren zu können, wurden Umkonstruktionen der FMP-Schlitzdüsengeometrie erforderlich. Die Düse wird entweder auf der Rückseite in Kontakt mit dem zu beschichtenden Substrat gefahren oder mit einem Abstand von nur wenigen Mikrometern. Aufgrund des kleinen Abstandes, der sich zwischen dem Substrat und der Düsen-Hinterkante ausbildet, verhindert der Flüssigkeitsmeniskus das Überströmen der Flüssigkeit in den Raum hinter das als Schlitzdüse arbeitende Rakelsystem. Der erforderliche Abstand wird durch die Kontrolle des Bandzuges und der Bandneigung eingestellt. Die hierfür notwendigen Vorrichtungen in einer Beschichtungsanlage sind sicherzustellen.

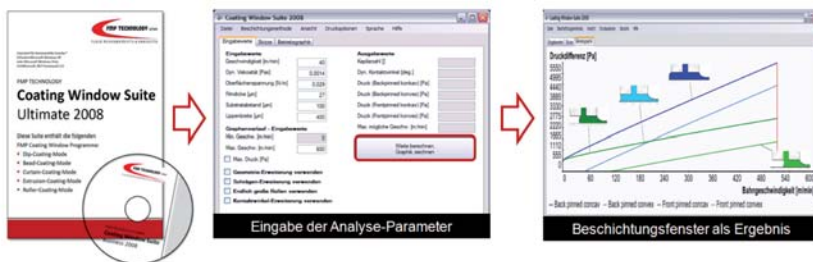
DIE ERFOLGREICHE BESCHICHTUNGSEINFÜHRUNG IM BLICK



Messung der Oberflächenspannung und des Kontaktwinkels in den Labors der FMP TECHNOLOGY GMBH



Messgerät für die Analyse der Fluidviskosität in Abhängigkeit von der Scherrate



Die FMP-Software Coating Window Suite® ist derzeit für die folgenden Beschichtungsmodi verfügbar

KEY FEATURES

- „Dip-Coating-Mode“ (Tauch-Beschichtung)
- „Knife-Edge-Coating-Mode“ (Rakel-Beschichtung)
- „Bead-Coating-Mode“ (Schlitzfließer-Beschichtung)
- „Curtain-Coating-Mode“ (Vorhang-Beschichtung)
- „Extrusion-Coating-Mode“

Um Beschichtungsverfahren, hinsichtlich ihrer Tauglichkeit für die kundenseitige Herstellung bestimmter Schichten bzw. Produkte, nachhaltig und gezielt einzuführen, hat die FMP TECHNOLOGY GMBH eine eigene Vorgehensweise entwickelt und bereits vielfach zum Erfolg gebracht. Dazu wird im Allgemeinen wie folgt vorgegangen:

FLUIDUNTERSUCHUNGEN & BERECHNUNGEN VON BESCHICHTUNGSFENSTERN

Für das zu beschichtende Substrat und Beschichtungsfluid wird in einem ersten Schritt die Viskosität, die Oberflächenspannung und der Kontaktwinkel des Fluids zum Substrat vermessen, um diese Informationen als Basis von Beschichtungsfenster-Berechnungen zu verwenden.

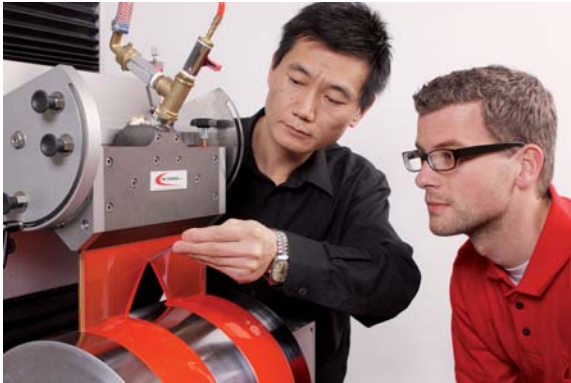
Für alle gängigen Beschichtungsverfahren (s. unten links) konnten von der FMP TECHNOLOGY GMBH spezielle Berechnungsmethoden entwickelt werden. Diese unterschiedlichen Berechnungsmethoden sind in der **FMP-Software Coating Window Suite®** integriert und liefern die verfahrensspezifischen Beschichtungsfenster.

BERECHNUNG VON BESCHICHTUNGSFENSTERN

Mit Hilfe der Software Coating Window Suite®, die durch die FMP TECHNOLOGY GMBH eigens für die Beschichtungstechnik entwickelt wurde, können auf Basis der erhaltenen Fluid-Rheologiemesswerte Beschichtungsfenster für die unterschiedlichen Beschichtungsverfahren berechnet werden. Statt durch herkömmliche, empirische Ermittlung können somit Beschichtungsaufgaben unter Berücksichtigung vielfacher, komplexer Randbedingungen professionell, einfach und schnell gelöst werden.

Oftmals wird kundenseitig die Einführung eines neuen Beschichtungsprozesses gewünscht. Auf Basis allgemeiner Informationen kann zwar eine qualitative Abschätzung über die Machbarkeit der unterschiedlichen Beschichtungsmodi für die erforderliche Kundenapplikation gegeben werden, ein quantitativer, belastbarer Nachweis ist allerdings erst durch die Anwendung der Coating Window Suite® gegeben. Parameterstudien unterstützen bei dem direkten Vergleich der unterschiedlichen Beschichtungsmodi und ermöglichen dann verlässliche Aussagen über das optimale, anzustrebende Beschichtungsverfahren.

DIE ERFOLGREICHE BESCHICHTUNGSEINFÜHRUNG IM BLICK



Beschichtungsverifikationen ohne Substratführung



Dauerdurchsatz-Untersuchungen der FMP TECHNOLOGY GMBH



Beschichtungen von Substraten im Labormaßstab

VERIFIKATION DER THEORETISCH ERMITTELTEN BESCHICHTUNGSFENSTER

In einem weiteren Verfahrensschritt wird in Versuchen nachgewiesen, dass die theoretisch ermittelten Beschichtungsfenster auch tatsächlich mit der Praxis übereinstimmen. Dieser Nachweis ist, im Allgemeinen, nicht erforderlich, wird allerdings in der Regel vom Kunden zur Absicherung der Beschichtungsergebnisse gewünscht. Hinzu kommt, dass die mit Beschichtungsdüsen durchgeführten Experimente aufzeigen, ob es in der Praxis bei Kunden unerwartete Schwierigkeiten mit dem eingesetzten Beschichtungsfluid kommt, z.B. durch Agglomerationen innerhalb der Düse oder chemische Wechselwirkungen zwischen Fluid und Düsenmaterial.

Um festzustellen, ob beispielsweise die in Metallic-Lacken vorliegenden Teilchen zu Problemen innerhalb der Düsen führen, werden Dauerdurchsatz-Untersuchungen durchgeführt. Der zur Anwendung gebrachte Versuchsstand lässt sich so modifizieren, dass der Düsenausfluss, ohne Exposition zur Luft, im Dauerversuch betrieben werden kann. Mit zwei Versuchsreihen von je 24 Stunden kann festgestellt werden, inwiefern sich Durchflussänderungen über die Düsenbreite durch Ablagerungen von Metallic-Teilchen ergeben.

Die sich über einen Versuch mit der Zeit möglicherweise ergebenden Veränderungen werden registriert und die Ursachen hierfür ermittelt. Durch Öffnen der Düse wird festgestellt, inwiefern die eventuell auftretenden Ablagerungen prinzipieller Natur sind oder durch die gewählte Düsenkonfiguration verursacht werden. Ist Letzteres der Fall, lassen sich aus den Untersuchungen kundenspezifische Modifikationen der Düsen erarbeiten. Die Untersuchungen werden in der Regel für eine Dauer von 2x 24 Stunden durchgeführt, um praxisrelevante Aussagen gewinnen zu können.

VALIDIERUNG VON SUBSTRATBESCHICHTUNGEN IM LABORMAßSTAB

Mit einer Labor-Beschichtungsanlage der FMP TECHNOLOGY GMBH können für Kunden erste Substratbeschichtungen vorgenommen werden. Diese dienen der Prozess-Weiterentwicklung und der Demonstration der grundsätzlichen Beschichtbarkeit einer bestimmten Fluid-Substrat-Kombination. Ziel der Validierung ist insbesondere die erfolgreiche und verlässliche Einführung neuartiger, vordosierter und reproduzierbarer Beschichtungsverfahren mittels Schlitzdüsen bei Kunden.

DIE ERFOLGREICHE BESCHICHTUNGSEINFÜHRUNG IM BLICK

FERTIGUNG PATENTIERTER FMP-SCHLITZDÜSEN



Montage einer 500 mm breiten FMP-Präzisionsdüse



FMP-Schlitzdüsen werden in unterschiedlichen Breiten, bis über 4.000 mm, gefertigt. Düsen in Standardbreiten, d.h. als ein Vielfaches von 250 mm oder 500 mm benötigen keine zusätzlichen numerischen Auslegeverfahren, Berechnungen oder Konstruktionsarbeiten und können sofort für die Fertigung freigegeben werden.

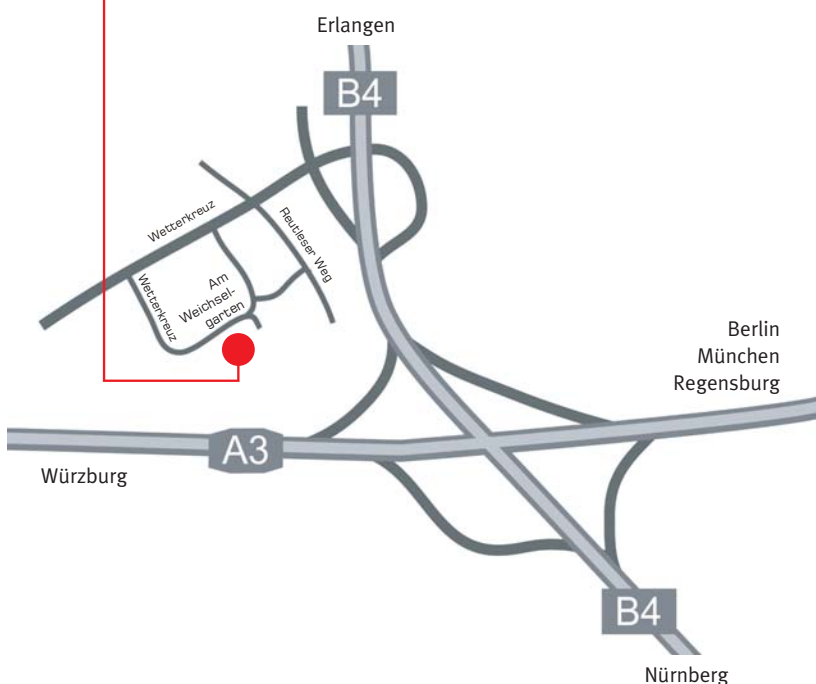
So genannte „Customized-Schlitzdüsen“ in unterschiedlichen Zwischengrößen werden auch hergestellt, um den spezifischen Erfordernissen der Kunden hinsichtlich der Einbausituation, der Beschichtungsbreite, des Fluidvolumen innerhalb der Düse, etc. gerecht zu werden. Bevor diese „Customized-Schlitzdüsen“ gefertigt werden können, müssen allerdings konstruktive Anpassungen der internen Diffusoren, basierend auf numerischen Berechnungen, durchgeführt werden.

Sollte sich nach positiv durchgeführten theoretischen und praktischen Vorversuchen herausstellen, dass der optimale Beschichtungsprozess einen Auftrag mittels Schlitzdüsen zulässt, kann ohne zeitaufwändige Auslegearbeiten eine patentierte, viskositäts- und massenstromunabhängige FMP-Beschichtungsdüse (in Standardbreiten) sofort zur Fertigung freigegeben werden. Sonderbreiten werden gleichfalls als so genannte „Customized-Schlitzdüsen“ umgesetzt, wobei numerische Berechnungen und konstruktive Arbeiten zusätzlich durchgeführt werden, um die gewünschte Funktionsweise verlässlich sicherzustellen.

Je nach Kundenapplikation würde dann eine Schlitzdüse in den Ausführungen Präzisionsdüse $\leq \pm 1\%$, Qualitätsdüse $\leq \pm 3\%$ oder Standarddüse $\leq \pm 5\%$ zur Anwendung kommen. Eine erste Vorabnahme der Düse mit Überprüfung der geforderten Querverteilungsgenauigkeit findet hierbei in der FMP TECHNOLOGY GMBH statt. Die Auslieferung der Düse wird inklusive einer Inbetriebnahme und intensiven Schulung für das Bedienpersonal im Bezug auf Handhabung und Wartung der Düse durchgeführt. Zusatzkomponenten, wie beispielsweise die Breitenverstellung der Beschichtung oder eine Unterdruckkammer zum Abdecken des gesamten Beschichtungsfensters, können gleichfalls geliefert werden.

Für den optimalen Betrieb von Beschichtungsdüsen ist es wichtig, dass auch periphere Baugruppen problemlos funktionieren. Die FMP TECHNOLOGY GMBH unterstützt auch gerne ihre Kunden bei der Auslegung von Coriolis-Massenstrom-Meßsystemen, Pumpen, Druckbehältern, Ansetzverfahren, Entgasung, Antivibrationsplattformen, etc.





In einigen der nachfolgenden Kernbereiche erhebt die FMP TECHNOLOGY GMBH den Anspruch der Einführung neuartiger und wegweisender Innovationen. Die FMP TECHNOLOGY GMBH sorgt dafür, dass immer genauere, theoretische Auslegungsmethoden ohne hohen Zeitaufwand zu verlässlichen Aussagen über den möglichen Einsatz neuartiger Beschichtungswerkzeuge führen, um eine sichere Basis für Investitionsentscheidungen in das für den Kunden optimale Beschichtungsverfahren zu schaffen.

- Theoretische Auslegung unterschiedlicher Beschichtungsprozesse
 - Tauch-Beschichtung
 - Rollen-Beschichtung
 - Raket-Beschichtung
 - Spray-Beschichtung
 - Schlitzdüsen- bzw. auch Gleitfilmdüsen-Beschichtung
- Experimentelle Validierung theoretischer Berechnungsergebnisse auf FMP-Laboranlagen
- Modernisierung und Inbetriebsetzung bestehender Beschichtungsanlagen
- Lieferung neuartiger, patentierter, viskositäts- und massenstromunabhängiger Beschichtungsdüsen
- Auslegung und Lieferung von Laborbeschichtungsanlagen unterschiedlicher Bauart für verschiedene, oben benannte Beschichtungsprozesse

IMPRESSUM

Copyright © 2009

FMP TECHNOLOGY GMBH
Fluid Measurements & Projects
Am Weichselgarten 34
D – 91058 Erlangen

Fon +49 (0) 9131 – 932 868 - 0

Fax +49 (0) 9131 – 932 868 - 1

Email info@fmp-technology.com

Web www.fmp-technology.com

Herstellung | FMP TECHNOLOGY GMBH

Fotografie | Kurt Fuchs, www.fuchs-foto.de

Grafische Gestaltung | lars kienle werbung, www.larskienle.de

Nachdruck | Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil darf ohne schriftliche Genehmigung vervielfältigt werden.