

FMP TECHNOLOGY GMBH
FLUID MEASUREMENTS & PROJECTS



DIE SPRAYWELT DER FMP TECHNOLOGY GMBH





SEITE 3 | [SPRAYPRODUKTION – EINE KERNKOMPETENZ DER FMP TECHNOLOGY GMBH](#)

SEITE 4 | [UNIVERSITÄRE WURZELN ALS ERFOLGSFAKTOR FÜR INNOVATION UND TECHNOLOGIE](#)

SEITE 5 | [GENERELLE INFORMATIONEN](#)

SEITE 6 | [METHODEN DER SPRAYERZEUGUNG](#)

SEITE 13 | [METHODEN DER TROPFENERZEUGUNG](#)

SEITE 15 | [FMP-PRODUKTE – EINE AUSWAHL](#)

SEITE 19 | [FMP-SPRAYGENERIERUNG – ENTWICKLUNG BIS ZUM PRODUKT](#)

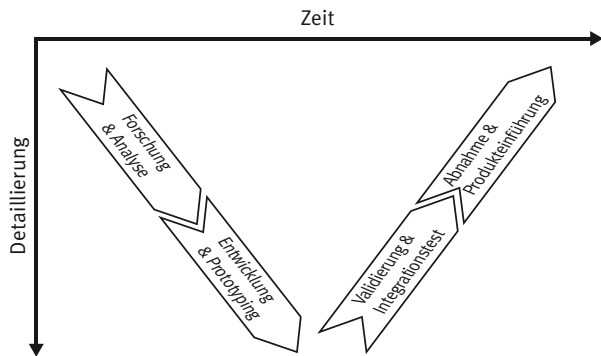
SEITE 20 | [APPLIKATIONEN DES TROPFENGENERATORS](#)

SEITE 22 | [KERNKOMPETENZEN DER FMP TECHNOLOGY GMBH](#)

SEITE 24 | [ÜBER DIE FMP TECHNOLOGY GMBH](#)

Die vorliegende Broschüre stellt den Bereich „Sprayproduktion“ der FMP TECHNOLOGY GMBH vor, der sich mit Arbeiten zur Herstellung von Flüssigkeitssprays beschäftigt. Die Entwicklung neuartiger Sprays und der dazugehörigen Generatoren stellen wichtige Teile der Gesamtarbeiten dar. Für die Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für Kunden der FMP TECHNOLOGY GMBH steht ein Team zur Verfügung, das mit multidisziplinärem Wissen ausgestattet ist. FMP-Produkte basieren auf erarbeiteten F&E-Ergebnissen.

SPRAYPRODUKTION EINE KERNKOMPETENZ DER FMP TECHNOLOGY GMBH



Forschungs- und Projektabwicklung innerhalb
der FMP TECHNOLOGY GMBH



Eine Auswahl von FMP-Produkten im Bereich der Sprayerzeugung

Die Produktion von Flüssigkeitströpfchen, d.h. die **Sprayerzeugung**, erfordert nicht nur geeignete Düsen, die leicht bedienbar sind, sondern auch fundierte Kenntnisse der möglichen Mechanismen, die zur Sprayerzeugung zur Anwendung gebracht werden können. Je nach geforderter Tropfengröße müssen unterschiedliche Mechanismen der Sprayerzeugung eingesetzt werden. Einige eignen sich nur, um **Tropfen mit polydisperser Größenverteilung** zu produzieren. Andere eignen sich wiederum zur Herstellung **monodisperser Tropfenverteilungen**, also der Erzeugung von Tropfen gleicher Größe. Mono- und polydisperse Sprays finden in der Industrie, in der Medizin und im Umfeld von Menschen weit verbreitete Anwendungen.

Als **Spin-Off der Universität Erlangen** konnte die FMP TECHNOLOGY GMBH zunächst im Rahmen universitärer Arbeiten die **strömungsmechanischen Grundlagen** für eine **theoretisch fundierte Spraytechnik** bereitstellen. Die gewonnenen Erkenntnisse konnte man so in neuartige Produkte für die Spraytechnik einfließen lassen. All diese daraus resultierenden Produkte wie Einspritzdüsen, Luftbefeuchter, Lackierungsdüsen, Tropfengeneratoren etc. machen heute das Lieferprogramm der FMP TECHNOLOGY GMBH aus.

Die **FMP TECHNOLOGY GMBH** umfasst heute insgesamt vier unterschiedliche Geschäftsbereiche, von denen der zweite Bereich die Instationären Strömungen abdeckt. Das in diesem Bereich tätige Team umfasst Spezialisten der Strömungsmechanik, der Verfahrenstechnik, der Konstruktion und der Messtechnik, sowie der Physik und Chemie.

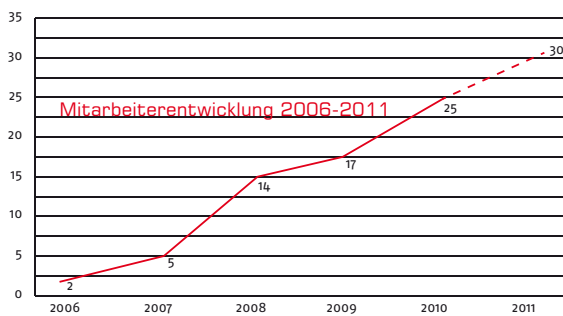
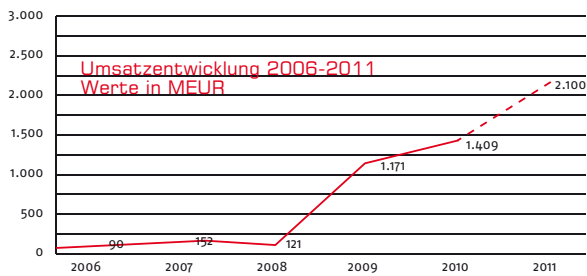


„Durch langjährige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in dem Bereich der Spraytechnik hat sich die FMP TECHNOLOGY GMBH theoretische und experimentelle Kenntnisse erworben, die sich anwenden lassen, um bestehende Sprayverfahren zu analysieren und zu verbessern sowie neuartige Verfahren zur Sprayerzeugung bereitzustellen. Dabei gehen wir nicht rein experimentell vor, sondern basieren unsere Entwicklungen auf theoretisch fundiertem Wissen.“

Prof. Dr. Dr. h.c. Franz Durst

Geschäftsführender Gesellschafter der FMP TECHNOLOGY GMBH

UNIVERSITÄRE WURZELN ALS ERFOLGSFAKTOR FÜR INNOVATION UND TECHNOLOGIE



- 1988** Aufbau einer Gruppe für Untersuchungen von Sprays an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg mit einem Schwerpunkt auf dem Gebiet der Spraymesstechnik
- 1994** Patentierung eines Generators zur Herstellung monodisperser Tropfen durch Rayleigh-instabile Flüssigkeitsstrahlen
- 2006** Ausgründung der FMP TECHNOLOGY GMBH durch die Gründer und Geschäftsführer Prof. Dr. Dr. h.c. F. Durst und Dipl.-Ing. M. Gillert
- 2010** Entwicklung und Patentierung eines neuartigen Injektionsverfahrens auf der Basis von Zweistrahl-Sprayverfahren und Einsatz in Verbrennungsmotoren
- 2010** Umsatzsteigerung auf 1,4 Mio. EUR, Anzahl der Mitarbeiter wächst auf 25. Erweiterung des Technikums und Einrichtung des Bereichs 2 für Sprayproduktionen
- 2011** Umsatzprognose 2,1 Mio. EUR und weiterer Ausbau der Spraytechnik sowie weiterer Anstieg der Mitarbeiterzahl

Ende der 80-er Jahre erkannte Prof. Franz Durst den potentiellen Markt für F&E-Arbeiten im Gebiet der Spraytechnik. 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 Spraygeneratoren** zum Verkauf eigener Produkte.

Seit der Gründung der FMP TECHNOLOGY GMBH 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 Spraymechanismen über die theoretische Auslegung von Tropfengrößenverteilungen und die praktische Verifizierung erhaltener Ergebnisse an geeigneten Messständen, wurde die Fertigung und die Auslieferung der neuartigen FMP-Spraygeneratoren im Jahre 2010 erreicht.

Zirka 80 % der FMP-Mitarbeiter arbeiten als **Diplom-Ingenieure, Verfahrenstechniker, Chemiker und Physiker** an der Entwicklung, Konstruktion, Fertigung und Implementierung von neuartigen Produkten und Lösungen im Bereich der Spraytechnik, 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**.

GENERELLE INFORMATIONEN



Verbrennungsmotoren



Befeuchtungssysteme



Lackieranlagen



Gartensprays

Das von FMP TECHNOLOGY GMBH erarbeitete Wissen über Sprayproduktion und Sprayeigenschaften ist allgemein anwendbar. Damit lassen sich unterschiedlichste Applikationen im Bereich **der Medizin, der Umwelt und der Technik** bedienen. Neuartige Spraymechanismen werden genutzt, um Sprays mit vorhersagbaren Eigenschaften herzustellen. Damit eröffnen sich neue Möglichkeiten für Kunden der FMP TECHNOLOGY GMBH.

Die FMP TECHNOLOGY GMBH liefert **Spray-Know-how und Spray-Produkte** sowie Equipment für anwendungsorientierte und wirtschaftliche Spraygenerierung in unterschiedliche Industriezweige. Je nach Qualitätsanforderung stehen maßgeschneiderte Spraygeneratoren 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 Applikationen der Spraygeneratoren erforderlich ist.



Parfümsprays



Kühlung von Platten



Kühlung von
Stahlbrammen



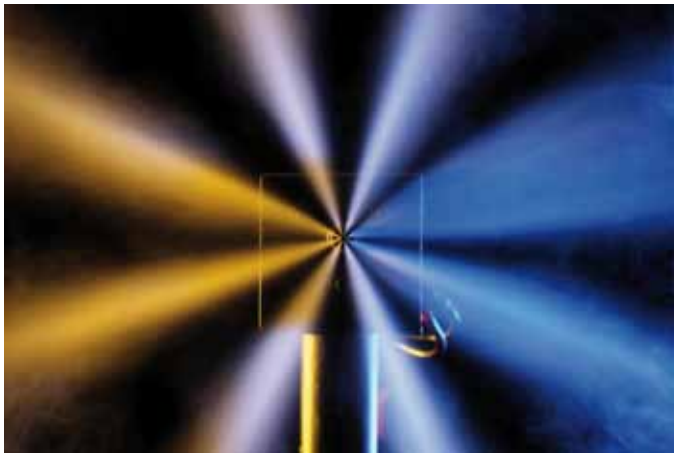
Herstellung von
Mikropartikeln

„Unsere hochqualifizierten Ingenieure und innovativen Produkte helfen, die Qualitätsansprüche verlässlich zu erfüllen, die heute an die Hersteller und Anwender der Spraytechnik gestellt werden. Moderne, numerische Berechnungsmethoden stellen dabei sicher, dass ohne zeitaufwändige Empirik sichere Aussagen darüber getroffen werden können, wie Spraydüsen ausgelegt werden müssen, um optimale Tropfengrößen zu erzielen.“

Dipl.-Ing. Martin Gillert

Gründer & Geschäftsführer der FMP TECHNOLOGY GMBH

METHODEN DER SPRAYERZEUGUNG



Doppelstrahlsspray-Injektor für Otto-Motoren

Eine weitere Methode zur **Sprayerzeugung bedient sich sogenannter Prallplatten**. Durch diese Platten wird erreicht, dass Flüssigkeitsstrahlen mit relativ großem Durchmesser zur Bildung von dünnen Flüssigkeitsfilmen auf einer Platte Einsatz finden können. Der die Platte verlassende Flüssigkeitsfilm wird nun, angeregt aufgrund von Instabilitäten, in kleine Tropfen aufgeteilt.

Zwei **aufeinander prallende Flüssigkeitsstrahlen** neigen dazu, vor allem bei niedrigen Reynolds-Zahlen, Lamellen auszubilden, wie sie in der untenstehenden Abbildung aufgezeigt sind. Diese Lamellen werden instabil und aufgrund dieser Instabilität zerfällt die Lamelle in Einzeltropfen.

Flüssigkeitsstrahlen haben die Eigenschaft, dass sie bei bestimmten Kombinationen von Reynolds- und Ohnesorge-Zahlen in Flüssigkeitssprays zerfallen und folgende Tropfengrößen erzeugen:

$$d_{32} = 0.07 \cdot d_{eff} \cdot \left[\frac{v_{inj}(t) \cdot d_{eff} \cdot \rho_L}{\eta_L} \right]^{-0.25} \cdot \left[\frac{v_{inj}(t)^2 \cdot d_{eff} \cdot \rho_L}{\sigma_L} \right]^{-0.32} \cdot \left[\frac{\eta_L}{\rho_L} \right]^{0.37} \cdot \left[\frac{\rho_L}{\rho_G} \right]^{-0.11}$$

Dieser Formel ist zu entnehmen, dass kleine Tropfen nur mit Hilfe von kleinen Düsendurchmessern erzeugt werden können. Durch solche Düsen ist es jedoch nur mit sehr hohem Druck möglich, für bestimmte Einsätze von Sprays die gewünschte Flüssigkeitsmenge hindurchzudrücken. Lösungen zu dieser Problematik stellen Multi-Loch-Düsen dar, wie sie im Automobilbereich Einsatz finden.

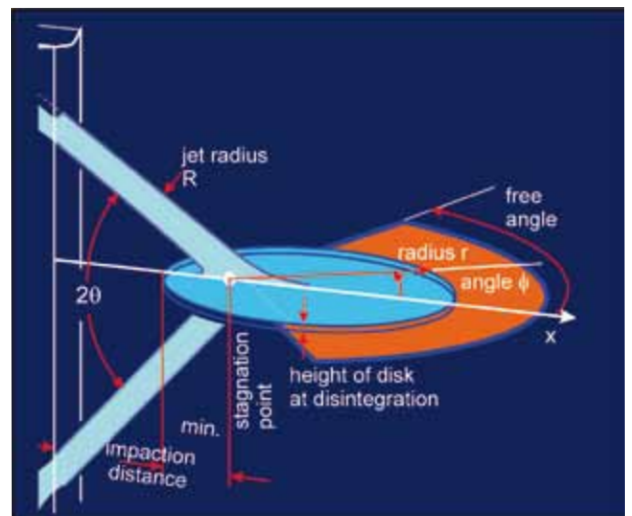
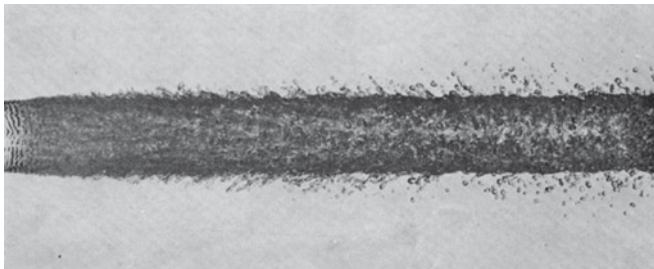


Diagramm zur Erläuterung der Doppelstrahlssprayerzeugung



METHODEN DER SPRAYERZEUGUNG



Zerfall eines Rundstrahls

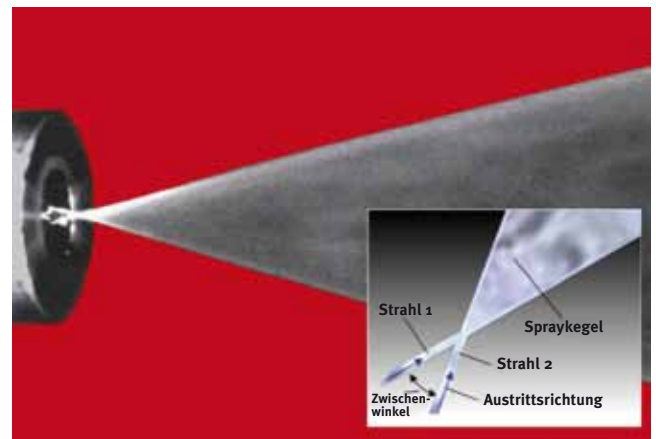
Angestellte Überlegungen zeigen, dass der angestrebte Tropfendurchmesser beim Zerfall eines Rundstrahls durch unten genannte Größen bestimmt ist:

$$\overline{d_{tr}} = B_A \left(\frac{\mu_f \sqrt{\sigma_f / \rho_f}}{\rho_g u_{rel}^2} \right)^{2/3}$$

wobei μ_f die Viskosität, σ_f die Oberflächenspannung und ρ_f die Dichte des Fluides beschreibt. u_{rel} stellt die Strömungsgeschwindigkeit am Düsenaustritt dar, ρ_g die Dichte des Umgebungsfluides und B_A einen konstanten Skalierungsfaktor.

Generell gilt, dass Turbulenz innerhalb eines Fluidstrahles zur Deformation der Oberfläche und damit, in der Regel, in der Bildung von Störungen resultiert. Diese werden durch aerodynamische Vorgänge am Strahlrand verstärkt und führen zur Ablösung von Tropfen. Mit diesem Wissen gelang es, einen **Spraymechanismus** zu entwickeln, bei dem die **Zerstäubung des Fluides aus dem Impulsaustausch zweier aufeinanderprallender Fluidstrahlen** resultiert. Dabei werden zwei Fluidstrahlen so ausgerichtet, dass sie unter einem bestimmten Winkel aufeinander treffen. Die durch den Impulsaustausch eingebrachte Turbulenz führt dabei zum Zerfall der beiden Strahlen in feine Tropfen und zur Ausbreitung eines Spraykegels. Je nach Düsendurchmesser, Aufprallwinkel, angelegtem Druck und Fluideigenschaften können mit diesem Mechanismus **Sprays mit vorhersagbaren Tropfengrößen** generiert werden.

In der heutigen Spraytechnik finden unterschiedliche Mechanismen Anwendung, um Flüssigkeitssprays mit kleinen Tropfengrößen zu erzeugen. Dabei bietet der Mechanismus des Freistrahlerfalls aus Rund- bzw. Flachstrahldüsen die Möglichkeit, Flüssigkeiten gezielt in Tropfen mit vorhersagbaren Durchmesserverteilungen umzuwandeln. Theoretische Modelle und analytische Überlegungen zeigen dabei den Einfluss der verschiedenen Fluideigenschaften, wie Oberflächenspannung, Dichte und Viskosität, und der Betriebsbedingungen, wie Druck- und Düsengeometrie, auf die resultierenden Tropfengrößen. Folglich können Spraydüsen anwendungsorientiert auf **geforderte Durchmesserverteilungen der Flüssigkeitstropfen und notwendigen Massenstrom** ausgelegt werden.



Zerstäubung durch Desintegration zweier Fluidstrahlen



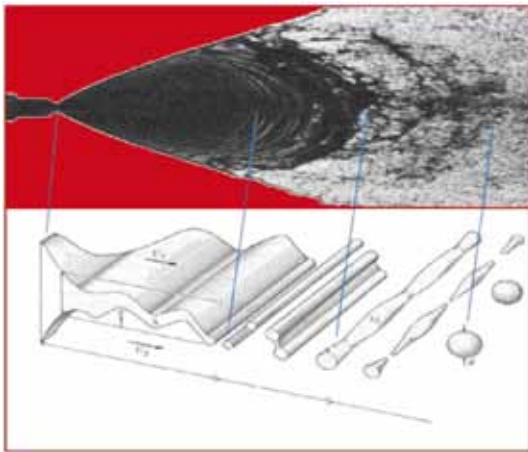
Lochanordnungen zur Erzeugung von Doppelstrahl Flüssigkeitssprays

METHODEN DER SPRAYERZEUGUNG

SPRAYERZEUGUNG DURCH FLACHSTRAHL

Dank einer analytischen Entwicklung ist man in der Lage, Spraygeneratoren, die nach diesem Mechanismus arbeiten, gezielt auf geforderte Tropfendurchmesser im Spray auszulegen. Die Tropfenbildung beruht dabei im Wesentlichen auf dem Zerfall eines Flachstrahls, der sich nach dem Aufprall des Strahls auf der Prallplatte ausbildet.

Es ist bekannt, dass **Flüssigkeitsstrahlen aus Rund- oder Schlitzdüsen** durch das Einbringen von Turbulenz in den Strahl in einzelne Tropfen zerfallen. Jedoch ist die für den Freistrahlerfall erforderliche Turbulenz durch das Einbringen von Hindernissen nicht gezielt triggerbar. Als Grundlage für den entwickelten Spraygenerator soll deshalb ein anderes Prinzip dienen, das dünne Lamellen erzeugt und in alle Raumrichtungen gleichmäßig abstrahlt. Dabei wird ein aus einer Runddüse kommender Fluidstrahl senkrecht auf eine ebene Platte geschossen. Es bildet sich eine kreisförmige Lamelle aus, die in einem bestimmten Abstand aufbricht und feine Tropfen ausbildet. Das System ist vor allem durch **den Einsatz in Sprinkler- und Regenanlagen** bekannt, kann aber durch gezielte Auslegung der Düsendurchmesser und des Systemdrucks für die Erzeugung von Sprays mit einem **Sauterdurchmesser von etwa 10 µm** eingesetzt werden und findet daher Einsatz in **Luftbefeuchtern** oder **Inhalatoren**.



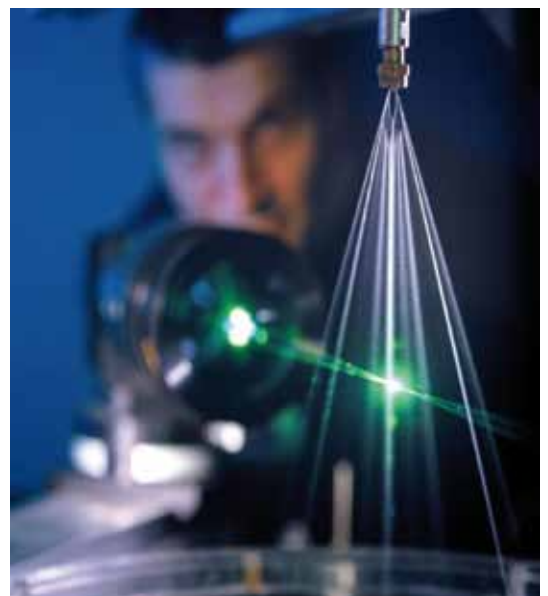
Sprayerzeugung im Flachstrahl

Die ausgebildete Fluidlamelle zerfällt zunächst in einzelne Ligamente und diese wiederum in Tropfen. Es zeigt sich, dass der Durchmesser der entstehenden Tropfen von der Dicke δ der Fluidlamelle abhängig ist:

$$d \approx \sqrt[3]{\frac{3\pi}{\sqrt{2}}} \cdot \delta$$
$$\text{mit } \delta = 0,56 \cdot \frac{1}{\alpha_L} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}} \cdot D^{0,75}$$

Generell lässt sich dadurch der **Tropfendurchmesser** in **Abhängigkeit der Fluidichte ρ** , der **Druckdifferenz Δp** und des **Düsendurchmessers D** bestimmen.

Die nebenstehende Abbildung zeigt den Einsatz eines **PDA-Systems** (Phasen-Doppler-Anemometer) für Tropfengrößen- und Tropfengeschwindigkeitsmessungen.



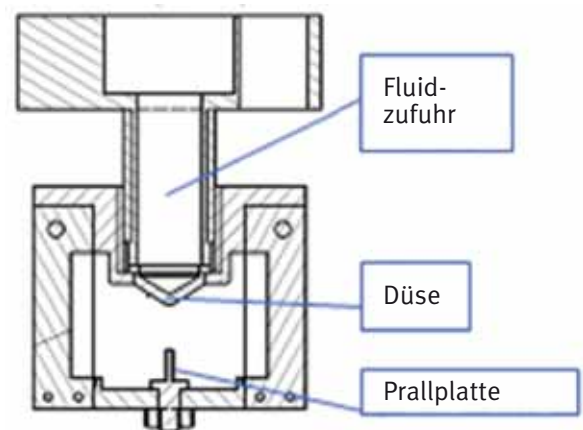
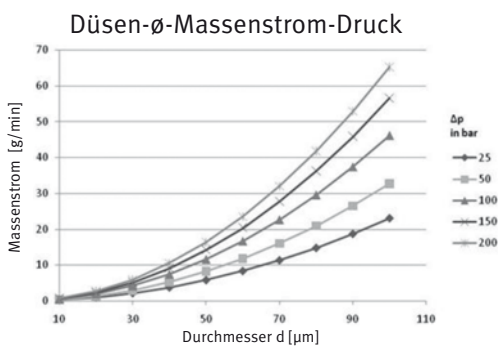
METHODEN DER SPRAYERZEUGUNG



SPRAYERZEUGUNG DURCH PRALLPLATTEN

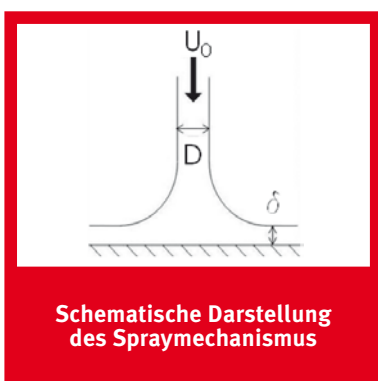
Für große Flüssigkeitsdurchsätze eignen sich **Schlitzdüsen**. Hierbei wird ein **Flachstrahl** erzeugt, der sich durch den Aufprall **auf eine Prallplatte** aufteilt und eine dünne Flüssigkeitslamelle ausbildet. Durch die **Längen Anpassung der Düsen an die geforderten Massenströme** ergeben sich Düsen, die auch den erforderlichen Volumendurchsatz bereitstellen können. Wählt man die Schlitzbreite dabei sehr klein, können vorhersagbare, sehr kleine Tropfen-Größen, bei gleichzeitig hohen Massenströmen, erreicht werden.

Basierend auf analytischen und experimentellen Voruntersuchungen konnten **Auslegungsdiagramme** ermittelt werden, die den Zusammenhang zwischen Düsendurchmesser, angelegtem Druck und resultierender Tropfendurchmesser beschreiben. Dadurch ist man in der Lage, **schnell und gezielt Spraygeneratoren je nach Anwendungsgebiet zu ermitteln**.

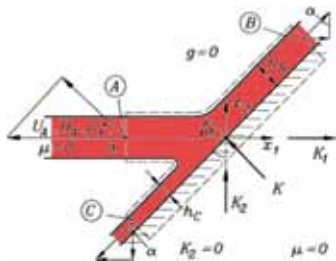


Versuchsvorrichtung für die Erzeugung eines Prallstrahles

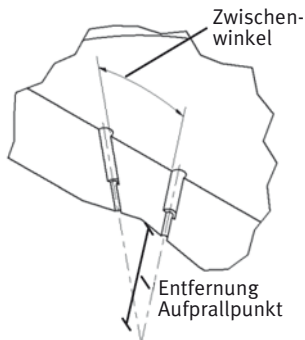
Das Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen Düsendurchmesser, Massenstrom und Druck. Häufig werden bestimmte Massenströme bzw. Flüssigkeitsdurchsätze gefordert.



METHODEN DER SPRAYERZEUGUNG



Tropfen lassen sich auch generieren, indem man zwei Strahlen beliebiger Form so ausrichtet, dass diese in einem genau definierten Winkel aufeinandertreffen. Die beiden Strahlen verfügen - je nach Winkel - über einen Geschwindigkeitsanteil genau entgegengesetzt zu dem des anderen Strahles. Bei der Kollision wird ein Teil der kinetischen Energie der Einzelstrahlen zur Oberflächen-generierung genutzt. Es bilden sich Tropfen aus.

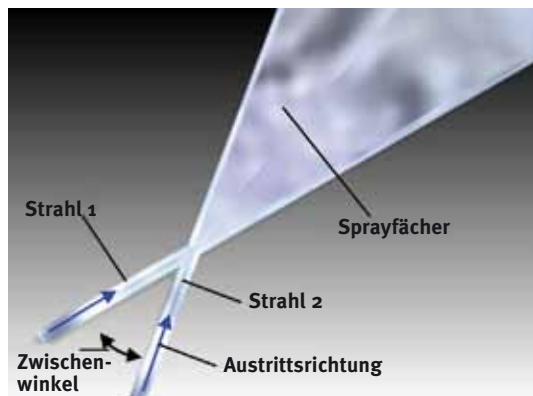


SPRAYERZEUGUNG DURCH INTERAGIERENDE DOPPELSTRAHLEN

In Grundlagenuntersuchungen zur Spraybildung konnte ermittelt werden, dass die Turbulenz innerhalb eines Rundstrahles zur Deformation der Oberfläche und damit, in der Regel, in der Bildung von Störungen resultiert. Diese werden durch aerodynamische Vorgänge am Strahlrand verstärkt und führen zur Ablösung von Tropfen. Ist der Strahl nicht turbulent, so dauert es infolge fehlender, geeigneter Oberflächenwellen wesentlich länger, bevor es durch andere Effekte zum Strahlerfall kommt.

Die dabei gewonnenen Erkenntnisse wurden genutzt, um einen **eigenen Spraymechanismus zu entwickeln**, bei dem die **Zerstäubung des Fluides aus dem Impulsaustausch zweier aufeinanderprallender Fluidstrahlen** resultierte. Dabei wurden zwei Fluidstrahlen so ausgerichtet, dass sie unter einem bestimmten Winkel aufeinandertreffen. Die durch den Impulsaustausch eingebrachte Turbulenz führt dabei zum Zerfall der beiden Strahlen in feine Tropfen und zur Ausbreitung eines fächerförmigen Sprays.

Voraussetzung für den Zerstäubungsvorgang ist der präzise Aufprall der beiden Fluidstrahlen nach ihrem Austritt aus zueinander geneigten Düsen. Durch den Impulsaustausch am Aufprallpunkt wird den beiden Strahlen jeweils vom anderen Strahl Energie zugeführt, wodurch die beiden Strahlen in kleine Tröpfchen zerstäubt werden.

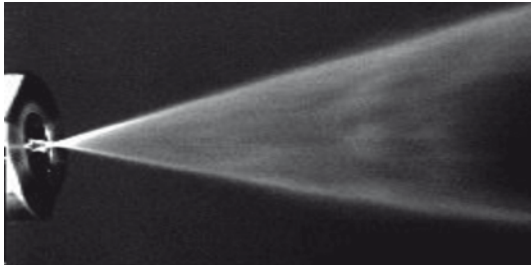


Spraymechanismus zweier aufeinanderprallender Fluidstrahlen

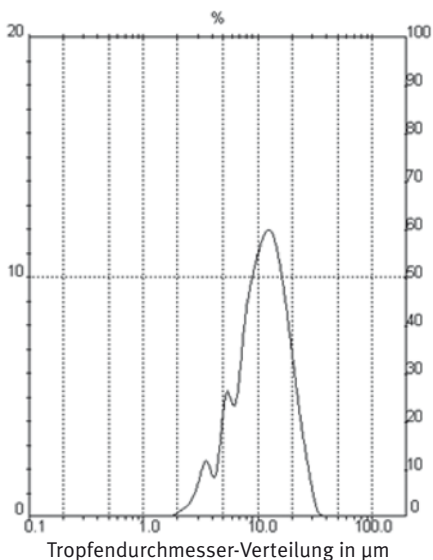


Sprayerzeugung durch Doppelstrahl-Düsen

METHODEN DER SPRAYERZEUGUNG



Der Sauterdurchmesser lässt sich folgendermaßen interpretieren: Will man eine Tropfenverteilung durch eine Anzahl gleich großer Tropfen so ersetzen, dass sowohl das Gesamtvolumen als auch die Gesamtoberfläche konstant bleiben, so haben diese monodispersen Tropfen den **Sauterdurchmesser d_{32}** .

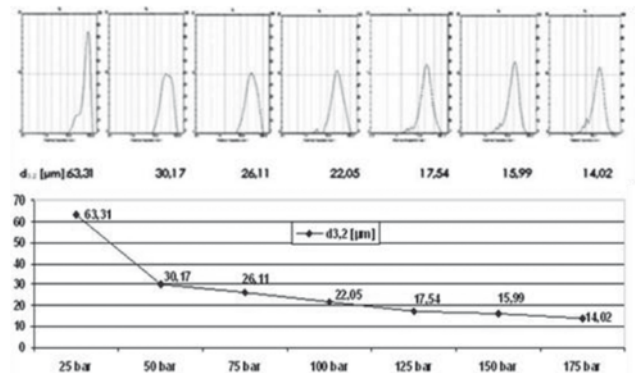


Die Darstellung zeigt eine **typische Durchmesserverteilung eines Doppelstrahl-Sprays** bei einem Systemdruck von 200 bar mit Wasser und Düsendurchmessern von 100 µm. Es zeigt sich, dass durch diesen Mechanismus die Erzeugung von Tropfen mit einem **Sauterdurchmesser unter 10 µm** möglich ist. Erreichbare mittlere Teilchendurchmesser liegen unter 5 µm.

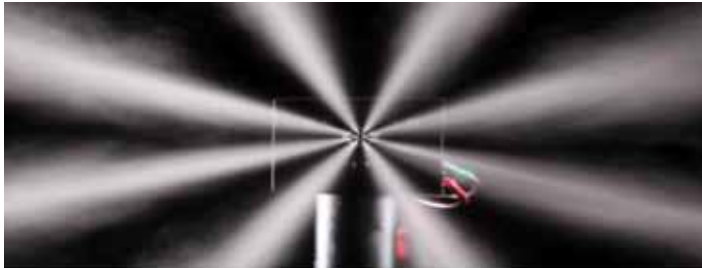
Doppelstrahldüsen erlauben die Erzeugung kleiner Tropfendurchmesser. Mit **Laser-Messsystemen** lassen sich diese bestimmen.

Durch die hohe Turbulenz, die den Strahlen durch den gegenseitigen Aufprall zugeführt wird, können, mit dem **Doppelstrahl-Spraymechanismus**, bei geringeren Drücken, **wesentlich kleinere Tropfengrößen produziert werden als beim Freistrahlerfall von Rundstrahlen**. Wesentliche **Einflussfaktoren** auf das resultierende Spraybild sind bei diesem Mechanismus der **Zwischenwinkel**, unter dem die beiden Strahlen aufeinanderprallen, der **Düsendurchmesser** und der **anliegende Druck**.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Sprayeigenschaft für unterschiedliche Drücke und die jeweiligen Sauterdurchmesser d_{32} der Tropfen in µm.



METHODEN DER SPRAYERZEUGUNG



Das Zerstäuben von Flüssigkeiten erfolgt in der Regel mit der **Zielsetzung**, eine **große reaktive Flüssigkeitsoberfläche** zu erzeugen, beispielsweise bei Vergasern und Luftbefeuchtern. Dieses begünstigt Prozesse des **Stoff- und Wärmeaustausches**, wie sie beispielsweise bei Verdunstungsprozessen (Trocknungstechnik, Sprühtrocknung) und **Verbrennungsprozessen** stattfinden. Ein Zerstäubungsbauteil für solche Verbrennungsprozesse sind Diesel- und Benzininjektoren von Verbrennungsmotoren.



Beginn



0,2 ms

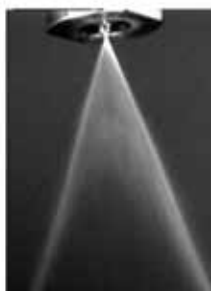


0,4 ms

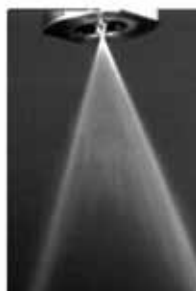
Wichtiges Charakteristikum der ottomotorischen Verbrennung ist eine **isochore Verbrennung** („Gleichraum“). Im realen Otto-Motor sollte daher die Wärmeeinbringung durch die Verbrennung des eingespritzten Kraftstoffs idealerweise ohne Verzögerung, quasi instantan, und vor allem gleichzeitig erfolgen. Die benötigte Zeit bis zur Verdampfung und anschließenden Verbrennung eines Kraftstofftropfens hängt maßgeblich von dessen Größe ab. So ist die notwendige Verdampfungsenthalpie proportional zur Tropfenmasse. Diese Energie wird dabei über die Tropfenoberfläche durch Wärmeleitung in das Volumen übertragen.



0,6 ms



0,8 ms

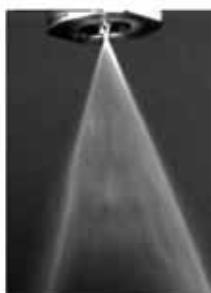


1,0 ms

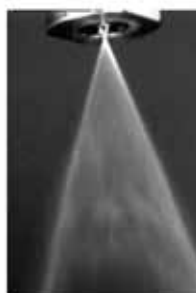
Beide Faktoren - notwendige Verdampfungsenthalpie und für die Wärmeleitung relevante Oberfläche - sind zwar vom Tropfendurchmesser abhängig, erstere jedoch proportional zu deren dritter Potenz, letztere nur zur zweiten. Damit verdampfen kleine Tropfen schneller als große. Die Forderung einer isochoren, quasi instantanen Verbrennung, lässt sich damit am besten durch die Erzeugung möglichst kleiner, monodisperser Tropfen erfüllen.



1,2 ms

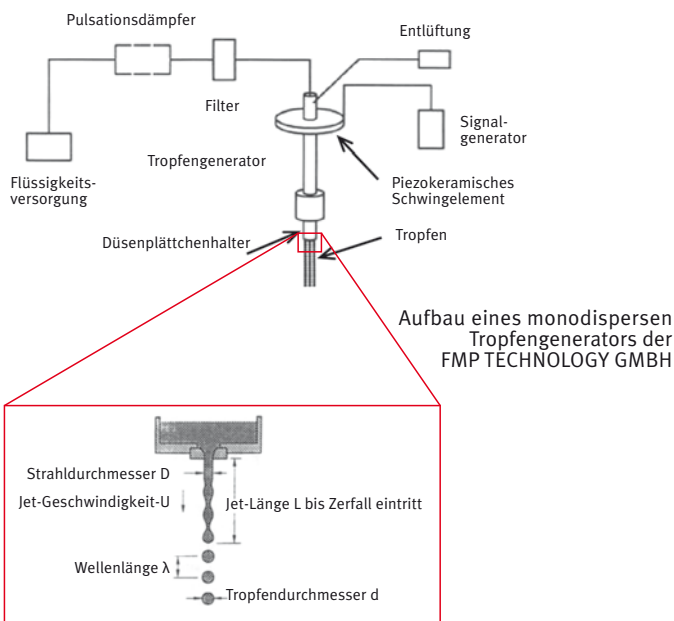
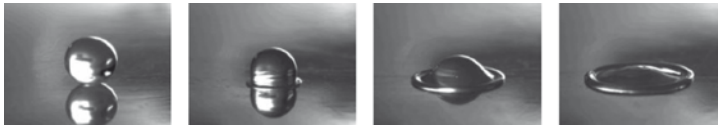


1,4 ms



1,8 ms

METHODEN DER TROPFENERZEUGUNG



Grundsätzlich gilt, dass der Zerfall eines Strahles in Tropfen auftritt, sobald die Trägheitskräfte, die an einem Tropfen angreifen, größer sind als die Oberflächenspannungskräfte, die stabilisierend wirken und den Tropfen zusammenhalten. Durch die entwickelte Technik ist es möglich, einen **kontrollierten Strahlzerfall** durch Aufbringen definierter Störwellen zu erzeugen. Dabei ist es wichtig, dass Störsignale geringer Amplituden ausreichend sind, um den Strahlzerfall zu kontrollieren.

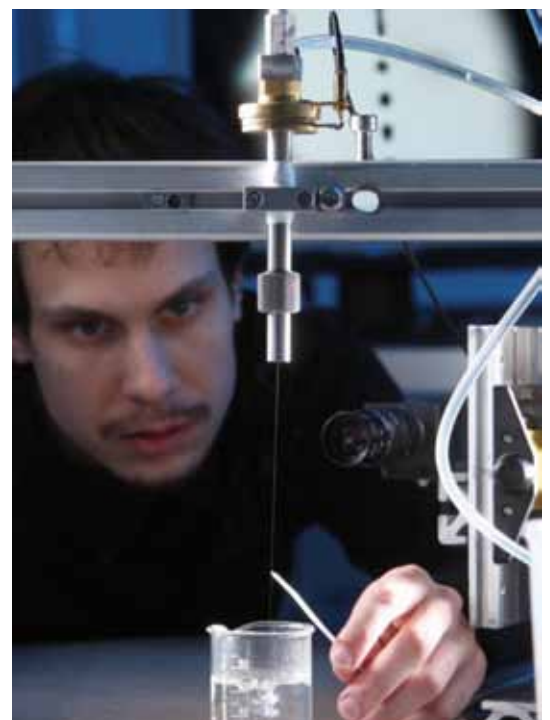
Vibrationen mit der Frequenz f produzieren, bei einer bestimmten Jet-Geschwindigkeit U , Störwellen mit der Wellenlänge $\lambda = U/f$. Die Störwelle führt zu einer regelmäßigen Produktion gleichgroßer Tropfen mit **vorhersagbarem Durchmesser d** :

$$d = \left(\frac{3UD^2}{2f_G} \right)^{1/3}$$

Die exakte Berechnung der entstehenden Tropfendurchmesser ermöglicht eine **zielgerichtete Auslegung der Düsen** und eine **einfache Bestimmung geeigneter Betriebsparameter**.

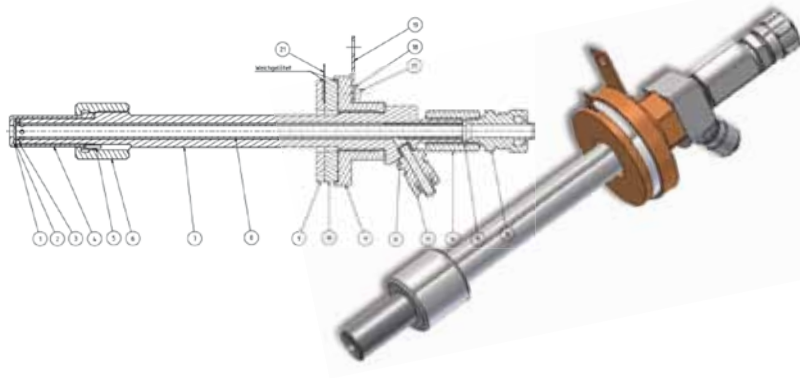
Eine große Zahl an Industriezweigen setzt in Produktionsprozessen und Anlagen zerstäubte Flüssigkeiten ein. Die Zerstäubung der Flüssigkeiten erfolgt größtenteils durch Düsen, die polydisperse Sprays ungesteuert erzeugen, so dass das entstehende Tropfendurchmesserspektrum nicht gezielt beeinflusst werden kann. Auf diese Weise entstehen Tropfenensembles, die sich im Regelfall nicht optimal für den Prozessablauf eignen, da die kleinsten und größten Tropfendurchmesser stark voneinander abweichen.

Die Technik der **monodispersen Sprayerzeugung** ermöglicht hingegen eine **gezielte Erzeugung monodisperser oder diskret polydisperser Sprays mit einstellbaren Tropfendurchmessern**. Die Technik dieser Tropfenbildung basiert dabei auf dem **Rayleigh'schen Zerfall** laminarer Flüssigkeitsstrahlen. Dieser Mechanismus lässt sich durch die Einbringung vibratorischer Störungen in die Flüssigkeitsstrahlen gezielt und leicht steuern, um Tropfen bekannter Größen zu erzeugen.



Tropfengenerator im Einsatz

METHODEN DER TROPFENERZEUGUNG



Das Ergebnis eines Rayleigh'schen Strahlzerfalls, der durch periodische Störungen gesteuert wird, ist eine monodisperse Tropfenkette. Diese ist im Wesentlichen durch drei Parameter charakterisiert:



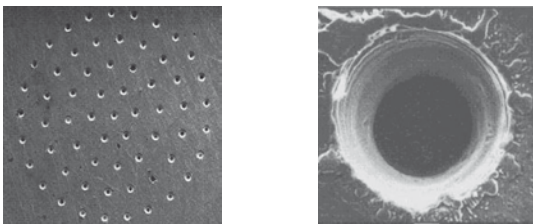
wobei U die Tropfengeschwindigkeit, d_p der Tropfendurchmesser und δ_p der Abstand der einzelnen Tropfen zueinander ist. Nach diesem Grundprinzip der Spraysteuerung lässt sich die Durchflussrate \dot{V} bestimmen:

$$\dot{V} = n \frac{\pi}{6} d_p^3 f_G$$

n bezeichnet dabei die Anzahl der Düsenbohrungen und f_G die Erregerfrequenz des Piezokristalls. Dies gilt für den gesamten Betriebsbereich des Generators, der aus der Bedingung für die Instabilität eines Fluidstrahls resultiert:

$$\lambda = U / f_G \geq \pi d$$

λ bezeichnet hier die Wellenlänge des aufgebrachtten Störsignals und d den Bohrungsdurchmesser der Düse. Mit diesem Wissen lässt sich die Tropfenbildung gezielt steuern.

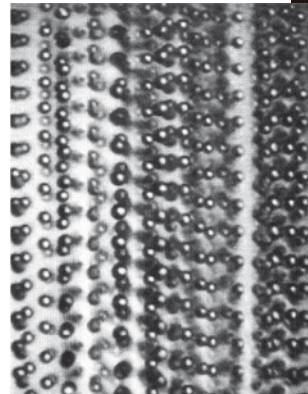


Düsenbohrungen

Diese **Spraygeneratoren** eignen sich neben der **Produktion von Einzeltropfen** auch für die Realisierung **großer Flüssigkeitsmassenströme**. Diese können auf den gewünschten Durchsatz ausgelegt werden, indem sehr viele Bohrungen in einer Düse über eine Verteilerkammer gleichmäßig mit Flüssigkeit versorgt werden und dadurch voneinander getrennte Tropfenketten ausbilden. Die Verteilerkammer sorgt dabei für einen gleichmäßigen Durchfluss durch alle Düsenbohrungen. Es wurden bereits Tropfengeneratoren mit bis zu 1.128 Einzeldüsen angefertigt und erfolgreich getestet. Die theoretische Auslegung dieser Multistrahlgeneratoren basiert ebenso auf dem Rayleigh'schen Zerfall eines Flüssigkeitsstrahles. Erreichbare Flüssigkeitsdurchsätze liegen derzeit bei 12 l/h, in Abhängigkeit der gewünschten Tropfendurchmesser.

Monodisperse Multistrahlgeneratoren

Aufnahme Tropfenkette





FMP-PRODUKTE
EINE AUSWAHL



ANWENDUNGSGEBIETE

- Beschichtungsaufgaben
- Produktion von Granulaten
- Erzeugung von Kraftstoff- und Brennstoffsprays
- Landwirtschaftliche Anwendungen
- Kontrollierte Einspritzung
- Spraykühlung
- Rapid Prototyping – Die genau steuerbaren Tropfen durchmesser werden mittels flüssiger Metallschmelzetropfen genutzt, um gezielt Formkörper aus Tropfen aufzubauen
- Pharmazie – Erzeugung von Polymerpartikeln als Medikamententräger
- Sprühtrocknung – Produktion qualitativ hochwertiger Trockenprodukte mit enger Partikelgrößenverteilung
- Kalibrierung von Messgeräten

MONODISPERSER TROPFENGENERATOR

Die **FMP TECHNOLOGY GMBH** verfügt über **patentierete Verfahren**, sowohl **Teilchen konstanter Größe** herzustellen als auch **Teilchenverteilungen mit diskreten Durchmessern** zu produzieren.

Das Verfahren der Tropfenerzeugung durch angeregten Strahlenzerfall ermöglicht die **gesteuerte Erzeugung monodisperser oder diskret polydisperser Sprays** mit einstellbaren Tropfendurchmessern.

Einzeltropfengeneratoren, wie sie unten abgebildet sind, sind in der Lage, durch den Einsatz von Düsenplatten mit einer mittig angeordneten Mikrobohrung spezieller Geometrie, bis zu 50.000 monodisperse Einzeltropfen pro Sekunde zu erzeugen. Durch die Anpassung des Düsendurchmessers kann der Generator gezielt die gewünschten Tropfendurchmesser erzeugen.



Versuchsstand zur Überwachung der Tropfenbildung

KEY FEATURES

- Vibratorische Anregung der Strahlen zur Erzeugung der Tropfenbildung über piezoelektrisches Element
- Vorhersagbare, gesteuerte Erzeugung monodisperser Tropfen oder gezielte Produktion polydisperser Sprays mit vorgegebenem Tropfendurchmesserspektrum
- Erzeugung von Mikrotropfen von 40 µm bis zu 1000 µm
- Gut kontrollierbares Verdampfungs- und Verbrennungsverhalten der Tropfen
- Gleiches, bekanntes dynamisches Verhalten für alle Tropfen
- Hohe Effizienz

FMP-PRODUKTE EINE AUSWAHL

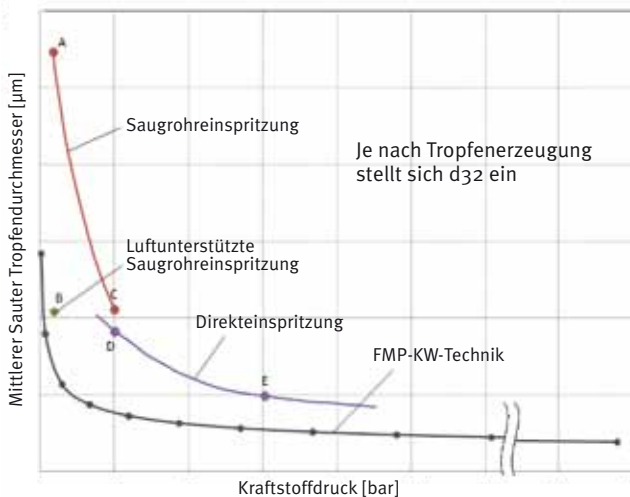


Die mit **Lochdüsen erreichbaren Durchmesser** der entstehenden Tropfen in einem Spray lassen sich durch die unten aufgeführten Korrelationen bestimmen. Es existieren andere Korrelationen in der Literatur. Die Übereinstimmung zwischen den unterschiedlichen Berechnungsmethoden für die Tropfengrößen ist nicht immer gut.

$$\omega = \sqrt{-\frac{\rho_g k^4 r_0^2 U^2 \left(\ln \frac{kr_0}{2}\right)}{2\rho_f} + \frac{\sigma_j k^2}{2\rho_{f0}} (1 - m^2 - k^2 r_0^2)}$$

$$\rho_g U^2 (kr_0)^2 \cong \frac{\rho_f}{r_0}$$

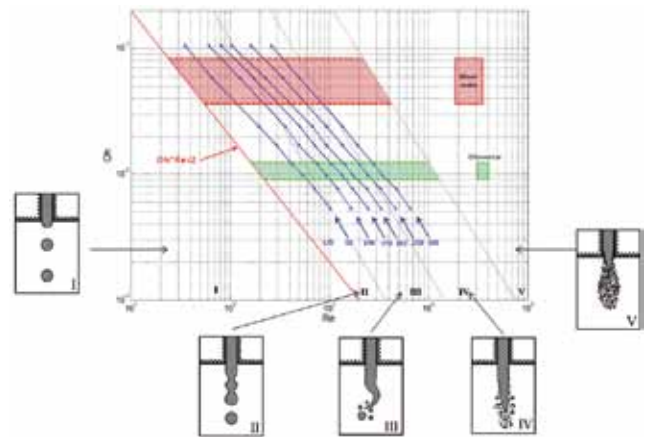
$$\omega = \sqrt{\frac{\rho_g U}{2\rho_f r_0} (kr_0)^2} \sqrt{-\ln \frac{kr_0}{2}}$$



Sauterdurchmesser bei verschiedenen Anwendungen

INJEKTOREN FÜR VERBRENNUNGSMOTOREN

Eine **effiziente Verbrennung** in Motoren erfordert eine **gute Aufbereitung des eingespritzten Brennstoffes**. Sprays mit Sauterdurchmessern von etwa 10 µm sind für Otto-Motoren erstrebenswert. Tropfengrößen mit diesen Eigenschaften lassen sich nur über hohe Drücke erreichen, womit die Brennstoffstrahlen durch Lochdüsen gedrückt werden. Wendet man Doppelstrahl-Spraydüsen an, lassen sich sehr kleine Tropfengrößen schon bei moderaten Drücken erreichen.



Im oben dargestellten **Oh-Re-Diagramm** lässt sich das Sprayverhalten von Flüssigkeitsstrahlen gut darstellen. Es ist ersichtlich, dass für Lochdüsen eine gute Spraybildung erst im Bereich V physikalisch möglich ist. Dieser Zustand wird bei der Otto- und Diesel-Motor-Injektion erst bei den Betriebsdrücken von 200 bar bzw. 2000 bar erreicht. Bis dahin erfolgt die Einspritzung in den Brennraum ohne dass eine gute Spraybildung vorliegt. Damit verbunden sind ineffiziente Verbrennungsvorgänge.

FMP-PRODUKTE EINE AUSWAHL



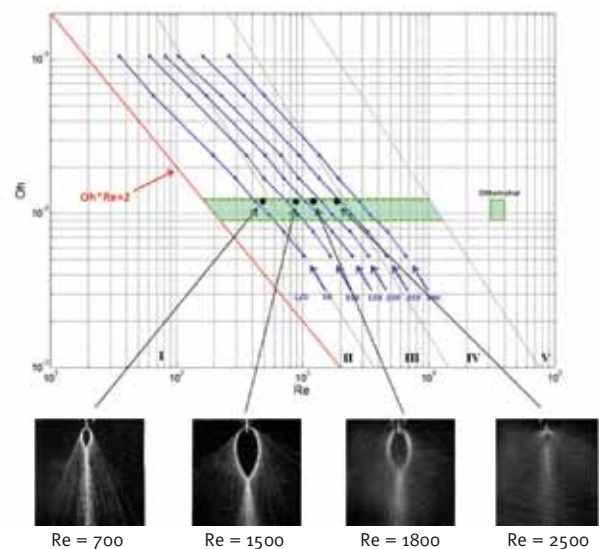
INJEKTOREN FÜR VERBRENNUNGSMOTOREN

Die **FMP TECHNOLOGY GMBH** konnte **Doppelstrahl-Spraydüsen** entwickeln und für **Injektoren von Otto-Motoren zur Anwendung bringen**. Tropfenverteilungen mit sehr kleinen Sauterdurchmessern, unter $10\ \mu\text{m}$ für Düsendurchmesser von $100\ \mu\text{m}$ und Einspritzdrücken von $200\ \text{bar}$, konnten erreicht werden. Ein **Fertigungsverfahren**, das die Herstellung von Kleinserien zulässt, wurde gleichfalls entwickelt. Damit steht eine **neuartige Spraytechnik** zur Verfügung, die **hervorragend für Verbrennungsmotoren** geeignet ist.

In dem nebenstehend gezeigten **Oh-Re-Diagramm** ist für Injektoren für **Otto-Motoren**, die mit **Doppelstrahl-Spraydüsen** betrieben werden, aufgezeigt, dass bereits bei kleinen Reynolds-Zahlen eine **Spraybildung** eintritt. Damit ist es möglich, eine für den Verbrennungsprozess im Otto-Motor optimale Zerstäubung des Kraftstoffes bei niedrigen Reynolds-Zahlen, d.h. bei niedrigen Betriebsdrücken zu erreichen. Diese hat zwar nicht die kleine Tropfengröße, welche bei $200\ \text{bar}$ erreicht wird, aber der Treibstoff erfährt schon bei kleinsten Drücken eine gewisse Spraybildung. Dies ist mit einer **verbesserten Verbrennung** im Otto-Motor verbunden.

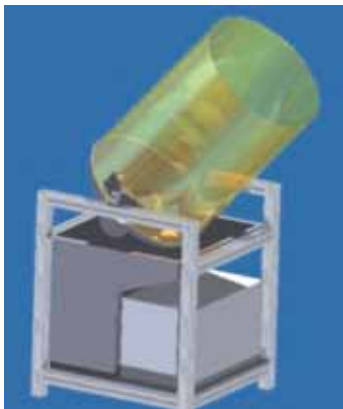
Die, hinsichtlich des Sprays, verbesserten Injektoren für Otto-Motoren lassen sich mit **Pulsationsdämpfern** ausstatten, so dass **pulsationsfreie Injektoren** für einen verbesserten Verbrennungsprozess bereitstehen. Weiterentwicklungen für Dieselmotoren wurden in Angriff genommen.

Doppelstrahlmechanismus im Oh-Re-Diagramm



FMP-PRODUKTE EINE AUSWAHL

Der Luftbefeuchter wird derzeit als autarkes mobiles Gerät eingesetzt, welches einen internen Wassertank mit einem Fassungsvermögen von ca. 50 L besitzt. Einzig die Stromversorgung mit 230 VAC muss bereitgestellt werden, um das Gerät in Betrieb zu nehmen. Für die Ausrüstung mehrerer Räume bzw. großen Hallen wäre auch eine stationäre Lösung denkbar, welche an eine Wasser-Hochdruck-Leitung und eine zentrale Luftversorgungsanlage angeschlossen wird. Für diese Lösung wäre dann weder eine Pumpe noch ein Wassertank notwendig, so dass der notwendige Energiebedarf auf ein Minimum gesenkt werden kann.



Aufbau eines industriellen Luftbefeuchters und Spraydüse zur Luftbefeuchtung

SPRAYDÜSE FÜR LUFTBEFEUCHTUNG

In vielen industriellen Anwendungen sind große Luftmengen mit dem notwendigen Feuchtegehalt zu ersehen. Dies macht den Einsatz von effizienten Zerstäuberdüsen notwendig. Doppelstrahl-Spraydüsen, wie sie von der **FMP TECHNOLOGY GMBH** entwickelt wurden, erlauben Wassermengen bis zu **30 L/h** so zu zerstäuben, dass die feinen Tröpfchen in dem resultierenden Spray von dem Luftstrom aufgenommen werden können.

Dabei sind vergleichsweise niedrigen Drücke ausreichend, um extrem feine Tropfen zu generieren, welche **problemlos verdunsten** und damit eine Benetzung der Umgebung vermeiden. Feuchte Böden, Wände oder Einrichtungsgegenstände in der Nähe des Befeuchtungsgerätes gehören damit der Vergangenheit an. Ein weiterer Effekt dieser Art der Luftbefeuchtung ist die gleichzeitige Kühlung der Raumluft aufgrund der Verdunstung des Wassers.

KEY FEATURES

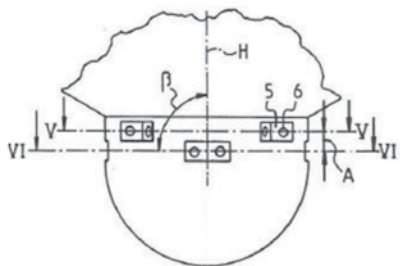
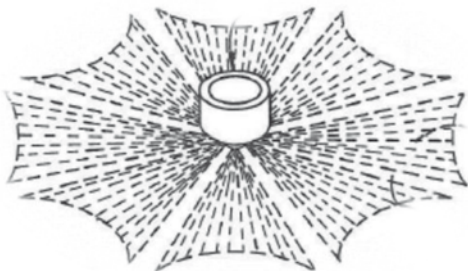
- Tröpfchengröße: $d_{32} = 10 \mu\text{m}$
- Volumenstrom bei Wassers: ca. 30 l/h
- Geförderte Luftmenge: ca. 1.500 m³/h
- Abmessungen (mobil): 600 x 600 x 1.400 mm
- Energieverbrauch der Pumpe: ca. 2 kW



FMP-SPRAYGENERIERUNG ENTWICKLUNG BIS ZUM PRODUKT

ENTWICKLUNG VON MULTI-DOPPEL- STRAHLDÜSEN FÜR KLEINSERIEN

Im Rahmen von Kleinserien wurden mehrere Düsenköpfe gefertigt, die anschließend in ihren Eigenschaften von **FMP TECHNOLOGY GMBH** sowie in Kooperation mit der Firma **ESYTEC** vermessen wurden. Hierbei wurden die **Sprayeigenschaften** wie **Eindringtiefe**, **Spraykegelwinkel**, **Sprayfläche**, **Häufigkeitsverteilung der Spraytropfen**, **Spraytropfengröße** und der generelle **Zerstäubungsvorgang** untersucht.



ANWENDUNGEN

Durch die **ausgezeichneten Sprayeigenschaften** und der Möglichkeit diese kundenspezifisch auszulegen, ergibt sich ein breites Anwendungsgebiet unserer **patentierten Doppelstrahl-Spraydüsen**:

- Injektoren für Verbrennungsmotoren
- Abgasnachbehandlung bei Verbrennungsprozessen
- Spraybeschichtungen
- Luftbefeuchtung
- Spraykühlung

AUSGANGSPUNKT:

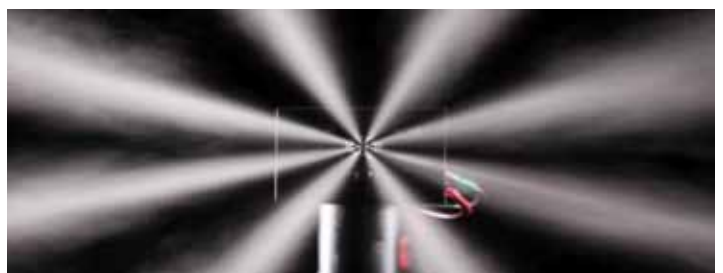
KONVENTIONELLE SPRAYERZEUGUNG

Gegenwärtig werden verbreitet **Rundlochdüsen** zur Spraygenerierung eingesetzt, wobei diese bei großen Reynolds-Zahlen (**Atomisation**) betrieben werden müssen. Auch die **Sprayerzeugung mit Sekundärluft** findet Anwendung, ist aber an einen hohen technischen Aufwand gekoppelt. Diese Verfahren benötigen große Reynolds-Zahlen und/oder kleine Düsenöffnungen, um gute Sprayeigenschaften zu erzielen. Daher ist es essentiell, effizientere Sprayerzeugungsmechanismen zu entwickeln.

SPRAYGENERIERUNG DURCH IMPULSAUSTAUSCH ZWEIER KOLLIDIERENDER STRAHLEN

Eine theoretische Betrachtung der Vorgänge bei der Spraygenerierung durch Impulsaustausch zweier kollidierender Strahlen wurde bereits behandelt, so dass die Verteilungsfunktion der Tropfengröße modelliert werden kann. Für den Tropfendurchmesser ergibt sich hieraus:

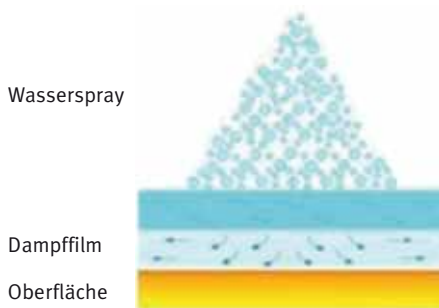
$$d_d = \left(\frac{3\pi}{\sqrt{2}} \right)^{1/3} d_L \left[1 + \frac{3\mu}{(\rho_L \sigma d_L)^{1/2}} \right]^{1/6}$$



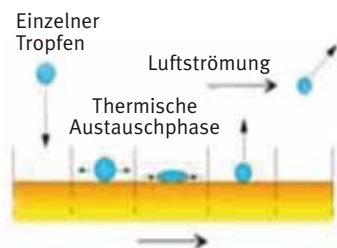
APPLIKATIONEN DES TROPFENGENERATORS

WÄRMEBEHANDLUNG

Das Härten von Stahl erfordert neben einer präzisen **Wärmebehandlung** einen definierten Abkühlprozess mit rascher Abkühlung (Abschrecken). Hierzu ist es notwendig, der Oberfläche des Stahls ausreichend Wärme zu entziehen, um eine hohe Abschreckgeschwindigkeit zu erhalten.



In gängigen Kühlverfahren mittels Flüssigkeitsbad oder Spraykühlung kann es zum Auftreten des **Leidenfrost-Effekts** kommen. Ist die Temperatur der Oberfläche oberhalb der Leidenfrost-Temperatur, bildet sich eine Dampfschicht zwischen dem heißen Körper und dem Kühlmedium. Diese Dampfschicht beeinträchtigt die Konvektion, so dass die Wärmeübertragung vom heißen Körper auf das Kühlmedium behindert wird.



Bei Tropfenkühlverfahren prallen die einzelnen Tropfen von der Oberfläche zurück, wobei sie dieser Wärme entziehen. Diese werden anschließend von einer Luftströmung, die parallel zu der Oberfläche strömt, mittransportiert, so dass die einzelnen Tropfen keinen Wasser- bzw. Dampffilm auf der heißen Oberfläche bilden können. Somit bietet **Tropfenkühlverfahren** ausgezeichnete Möglichkeit den Abkühlprozess im Detail zu steuern.

MISCHUNG

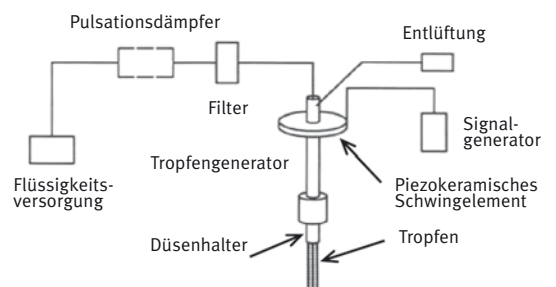
Die Einspritzung von Flüssigkeiten ist ein gängiges Verfahren in der industriellen **Mischung und Katalyse** von Reaktionen. Diese Verfahren sind nur in bestimmten Grenzen regelbar und damit in Ihrer Flexibilität begrenzt.



Die homogene Mischung von zwei abweisenden Flüssigkeiten kann auch erreicht werden, indem zwei Flüssigkeitsstrahlen aufeinander geschossen werden. Mit diesem patentierten Verfahren ist es einfach die Mischungszeit, Mischungsmenge sowie Temperatur zu steuern. Somit können schnelle und effiziente Reaktionen ablaufen, durch die Interaktion von zwei Flüssigkeitsstrahlen oder Tropfen.



Durch den von **FMP TECHNOLOGY GMBH** patentierten monodispersen Tropfengenerator ist es möglich, gezielt und einfach sterile Katalyseverfahren zu steuern.



Aufbau eines Tropfengenerators

APPLIKATIONEN DES TROPFENGENERATORS

BESCHICHTUNG

Bei Beschichtungsvorgängen ist es essentiell, dass das Substrat vollständig die zu beschichtende Oberfläche benetzt. Dies kann anhand **des Ohnesorg-Reynolds-Diagrammes** klassifiziert werden.

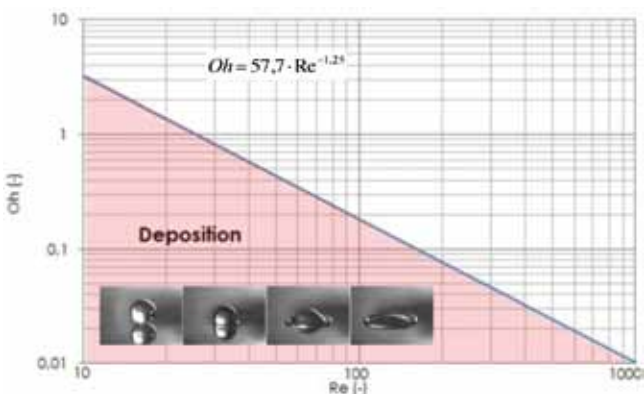
$$Re = \frac{U d \rho}{\mu}$$

U = velocity of droplet
d = droplet diameter

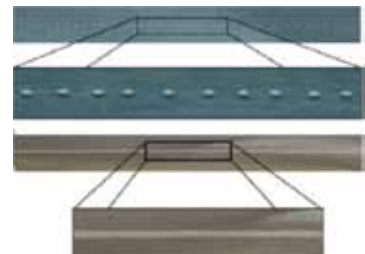
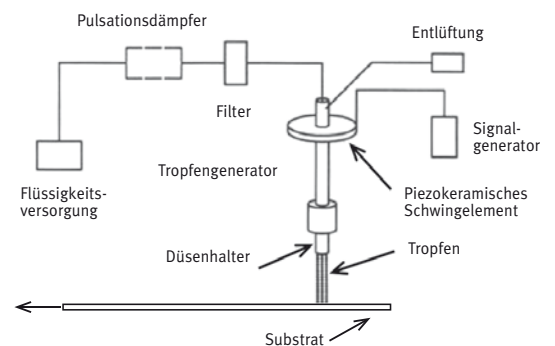
$$Oh = \frac{\mu}{\sqrt{\sigma d \rho}}$$

σ = surface tension
 μ = dynamic viscosity
 ρ = density

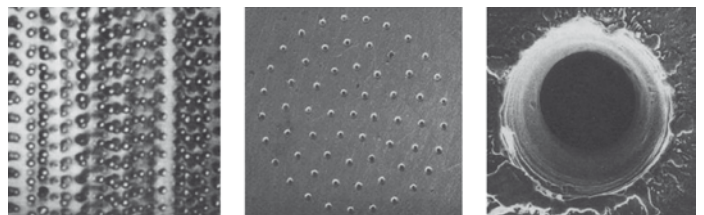
Durch das Verständnis der Vorgänge im Oh-Re- Diagramm kann das Wechselwirkungsverhalten von auftreffenden Tropfen auf die Beschichtungsfläche eingestellt werden, so dass **optimale Beschichtungsbedingungen** herrschen. Im dargestellten Diagramm ist der Betriebsbereich für Spray- und Tropfenbeschichtung ist die markierte Fläche unterhalb der Stabilitätslinie.



In modernen industriellen Beschichtungsanlagen liefert dieses Verfahren enorme Vorteile bzgl. der einstellbaren Substratgeschwindigkeit, dem steuerbarem Volumenstrom und der Tropfengröße, den leicht modifizierbaren Beschichtungsmoden sowie der geringen Abfallmengen.



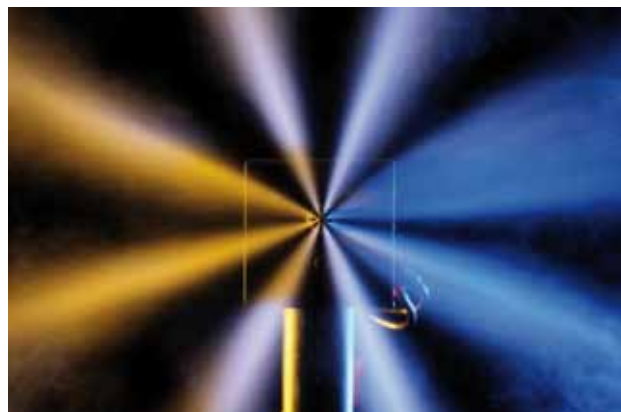
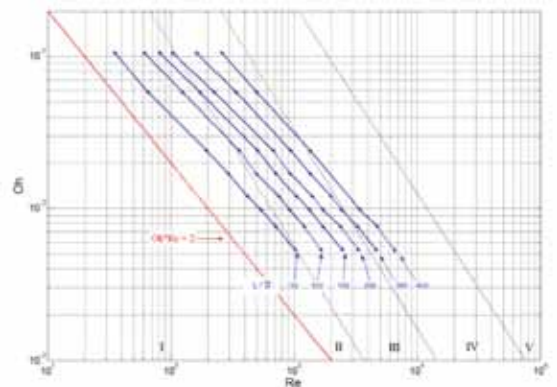
Tropfengeneratoren der **FMP TECHNOLOGY GMBH** können durch den Einsatz von Düsenplatten, mit einer mittig angeordneten Mikrobohrung oder spezieller Geometrie bis zu **50.000 monodisperse Einzeltropfen pro Sekunde** erzeugen. Durch die Anpassung des Düsendurchmessers kann der Generator gezielt die gewünschten Tropfendurchmesser erzeugen.



KERNKOMPETENZEN DER FMP TECHNOLOGY GMBH

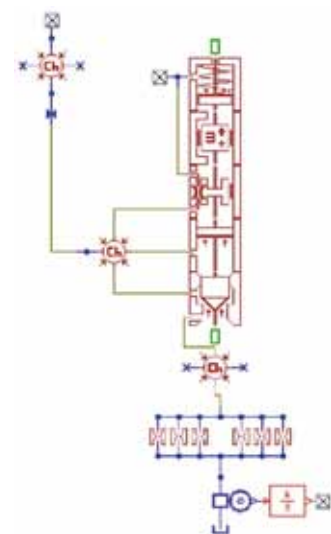
SPRAYDESIGN

Studien von Spraymechanismen und Auslegung der Sprayproduktion nach Kundenspezifikationen zur optimalen Performance ist eine Kernkompetenz der FMP TECHNOLOGY GMBH. Hierzu können theoretische Untersuchungen, numerische Simulationen sowie experimentelle Verifikationen durch unsere hochqualifizierten Mitarbeiter durchgeführt werden.



DOPPELSTRAHLSPRAYS

Die von FMP TECHNOLOGY GMBH entwickelten und patentierten Doppelstrahl-Spraydüsen haben ausgezeichnete Sprayeigenschaften hinsichtlich **Tropfengröße** und **Tropfengrößenverteilung**, **Spraykegelwinkel**, **überdeckte Sprayfläche**, **Sprayausbreitung** und **Sprayeindringtiefe** sowie **Durchflussmenge**. Damit können Doppelstrahl-Spraydüsen nach **Kundenwunsch individuell designed** werden, um optimale Sprayeigenschaften entsprechend dem Einsatzgebiet zu erzielen.



Quelle: LMS International

AMESIM

AMESim-Simulationen sind ein fester Bestandteil zur Untersuchung von dynamischen Prozessen in Fluid-Systemen. Hierzu werden 1-dimensionale detailgetreue Modelle mittels AMESim aufgebaut und anschließend unterschiedlichsten Studien unterzogen, wie beispielsweise Simulationen von

- Common-Rail Systemen
- Druckpulsationen in Leitungssystemen

Diese Erkenntnisse führen zu einem tiefergehenden Verständnis der dynamischen Prozesse und können zur Optimierung dieser Systeme genutzt werden.

KERNKOMPETENZEN FMP TECHNOLOGY GMBH



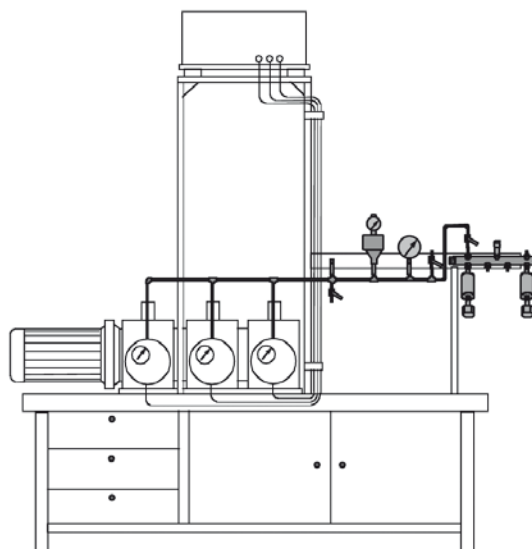
RHEOLOGISCHE MESSUNG

Ein fester Bestandteil zur Untersuchung von Fluidsystemen sind **rheologische Messungen**, um Fluideigenschaften im Detail zu bestimmen. Dabei stehen der **FMP TECHNOLOGY GMBH** ein Rheometer sowie ein Kontaktwinkelmessgerät zur Verfügung. Somit können folgende Fluideigenschaften bestimmt werden:

- Kontaktwinkel
- Viskosität
- Oberflächenenergie
- Dichte

SPRAYCHARAKTERISIERUNG

Der **FMP TECHNOLOGY GMBH** stehen Messverfahren zur Verfügung, um qualitative und quantitative Charakterisierungen von Sprays vorzunehmen. Dabei können Untersuchungen bis zu einem maximalen Druck von 230 bar durchgeführt werden, um **Tropfengrößen** und **Tropfengrößenverteilung**, **Spraykegelwinkel**, **überdeckte Sprayfläche**, **Sprayausbreitung** und **Sprayeindringtiefe** sowie **Durchflussmenge** zu messen. Ebenso kann die **Sprayerzeugung** und **-ausbreitung** mittels High-Speed Aufnahmen visualisiert werden.



WEITERBILDUNGEN: STRÖMUNGSMECHANIK

Als Kernbaustein für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten steht der **FMP TECHNOLOGY GMBH** ein interdisziplinäres Team mit detailliertem Wissen auf dem Gebiet der Fluidmechanik zur Verfügung. Diese Kompetenzen können durch **Weiterbildungsangebote speziell nach Kundenwünschen** im Rahmen von Seminaren vermittelt werden. Hierbei basiert das Schulungsangebot auf fundierte theoretische Vorträge, kombiniert mit praktischen Anwendungen in den Laborräumen der **FMP TECHNOLOGY GMBH**. Neben einer Standardschulung, ausgelegt auf zwei Tage, können auch speziell auf Kundenwünsche zugeschnittene Schulungen durchgeführt werden.



Die FMP TECHNOLOGY GMBH wurde mit den folgenden Preisen ausgezeichnet:

- Gründerpreis Mittelfranken
- Bayerischer Gründerpreis
- IHK-Gründerpreis
- Preisträger in der Standortinitiative von Wirtschaft und Bundesregierung „Deutschland - Land der Ideen“
- Innovation-Champion beim Würzburger Automobilgipfel
- Großer Preis des Mittelstandes



ÜBER DIE FMP TECHNOLOGY GMBH

Die FMP TECHNOLOGY GMBH hat Anstrengungen unternommen, diverse Spraymechanismen theoretisch so zu verstehen, dass praktische Auslegungen von Spraygeneratoren unter Vorgabe der Sprayeigenschaften, wie Sauterdurchmesser, Tropfenverteilung, Eindringtiefe der Sprays, Sprayausbreitungswinkel, etc. möglich werden. Sprays, die durch Einzellochdüsen erzeugt werden, lassen sich genauso vorhersagen wie Sprays, die durch Prallplatten, Flachstrahlen sowie Doppel- und Mehrstrahlinteraktionen erzeugbar sind. Je nach Vorgabe ist eine der möglichen Sprayerzeugungsmethoden heranzuziehen, um die gewünschten Sprayeigenschaften zu erzielen. Dies konnte in folgenden Gebieten demonstriert werden:

- Sprays für die ottomotorische Verbrennung, mit den gewünschten Eindringtiefen, lassen sich mit Drücken unter 100 bar herstellen
- Für die dieselmotorische Verbrennung sind Sprays denkbar, die mit Drücken von weniger als 400 bar erzeugbar sind
- Neuartige Sprayverfahren für die Lackierung sind durch Doppelstrahlsprays möglich, unter Berücksichtigung der rheologischen Eigenschaften der Lacke
- Feinstsprays mit kleinsten Tropfengrößen sind erzeugbar, um in Luftbefeuchtern Anwendung zu finden
- Sprays können in Gebieten Anwendung finden, die seither nicht für die Spraytechnik zugänglich waren

Die Spraywelt der FMP TECHNOLOGY GMBH eröffnet neue Möglichkeiten für die Sprayerzeugung.

IMPRESSUM

Copyright © 2011

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 - 99

Email: info@fmp-technology.com

Web: www.fmp-technology.com

Herstellung | FMP TECHNOLOGY GMBH

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

Gestaltung | lars kienle werbung, www.larskienle.de

Nachdruck | Alle Rechte vorbehalten.

Kein Teil darf ohne schriftliche

Genehmigung vervielfältigt werden.

