

DÜSENKUNDE INHALTSVERZEICHNIS

Betrachtung der Düsenkennwerte

Spritzcharakteristiken	A2
Volumenstrom	A4
Dichte	A4
Spritzwinkel und Spritzbreiten	A5
Tropfengröße (Zerstäubung)	A6
Begriffsdefinitionen zur Tropfengröße	A6
Aufprallkraft	A7
Betriebsdruck	A7
Düsenwerkstoffe	A8
Düsenverschleiß	A8
Viskosität	A9
Temperatur	A9
Oberflächenspannung	A9
Düsenkennwerte und ihre Einflussfaktoren	A9
Berechnung von Druckverlusten in Rohrleitungen und Armaturen	A10

Gewichte, Maße, Formeln

Umrechnungstabelle Volumeneinheiten	A12
Umrechnungstabelle Flüssigkeitsdruck	A12
Umrechnungstabelle Längenmaße	A12
Umrechnungstabelle sonstiger Maßeinheiten	A12






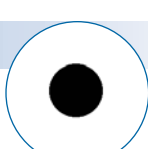
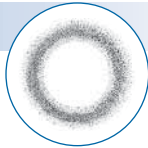
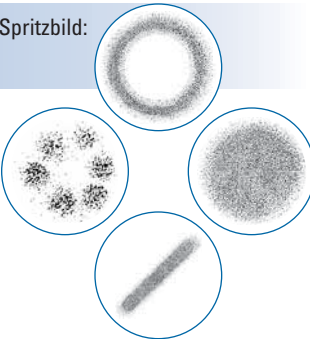
SPRITZCHARAKTERISTIKEN

Spritzdüsen sind so konzipiert, dass sie unter vielen unterschiedlichen Bedingungen eingesetzt werden können. Damit für den einzelnen Anwendungsfall die effektivste und wirtschaftlichste Lösung zum Einsatz kommt, haben wir die wesentlichen Kriterien zusammengestellt, nach denen Düsen zu unterscheiden und zu bewerten sind. Im Folgenden stellen wir Ihnen ausgewählte Spritzcharakteristiken vor.

Sprechen Sie uns an, wenn Sie ausführlichere technische Unterlagen oder eine unverbindliche Beratung wünschen.

	<p>HOHLKEGEL (TANGENTIALE BAUFORM)</p> <p>Allgemeine Spritzcharakteristik Flüssigkeit bildet eine ringförmige Aufprallfläche. Sorgt für einen guten Übergang zwischen Luft und Tropfenoberfläche.</p> <p>Kommentar Durch die große Auswahl an Volumenströmen und Tropfengrößen sind Hohlkegeldüsen besonders geeignet für eine Vielzahl von Anwendungen, bei denen kleine Tropfengrößen und Volumenströme erforderlich sind.</p>	<p>Spritzbild: </p> <p>Spritzwinkel: 40° bis 165°</p>
	<p>HOHLKEGEL (DEFLEKTOR / PRALLTELLERBAUFORM)</p> <p>Allgemeine Spritzcharakteristik Durch den Einsatz einer Deflektorkappe entsteht ein "schirmförmiges" Hohlkegelspritzbild.</p> <p>Kommentar Für größere Volumenströme. Zur Innenreinigung von Rohren und kleinen Behältern.</p>	<p>Spritzbild: </p> <p>Spritzwinkel: 100° bis 180°</p>
	<p>HOHLKEGEL (SPIRALFÖRMIG)</p> <p>Allgemeine Spritzcharakteristik Erzeugt ein Hohlkegelspritzbild mit etwas größeren Tropfen als bei anderen Hohlkegelspritzbildern.</p> <p>Kommentar Hoher Volumenstrom bei kompakter Düsenbauform. Die einteilige Bauart sorgt für maximalen Durchsatz beim jeweiligen Rohrdurchmesser. Geringe Verstopfungsgefahr.</p>	<p>Spritzbild: </p> <p>Spritzwinkel: 50° bis 180°</p>
	<p>VOLLKEGEL</p> <p>Allgemeine Spritzcharakteristik Bildet durch einen eingebauten Wirbelkörper eine gleichförmige, runde, quadratische, rechteckige oder ovale Aufprallfläche, die vollständig mit Tropfen bedeckt wird. Mittlere bis große Tropfengrößen.</p> <p>Kommentar Mittlere bis große Volumenströme. Auch als Ausführungen ohne Wirbelkörper erhältlich.</p>	<p>Spritzbild: </p> <p>Spritzwinkel: 15° bis 125°</p>
	<p>VOLLKEGEL (SPIRALFÖRMIG)</p> <p>Allgemeine Spritzcharakteristik Erzeugt relativ grobe Tropfen in einem Vollkegelspritzbild mit fast freien Strömungsquerschnitten.</p> <p>Kommentar Die Spritzbedeckung ist nicht so gleichförmig wie bei konventionellen Düsen mit eingebautem Wirbelkörper. Hohe Volumenströme bei kompakter Düsenbauform.</p>	<p>Spritzbild: </p> <p>Spritzwinkel: 50° bis 170°</p>



	<p>FLACHSTRAHL (ELLIPTISCH)</p> <p>Allgemeine Spritzcharakteristik Düsen mit elliptischer Austrittsgeometrie bilden im Allgemeinen ein Flachstrahlspritzbild, das zu den Enden hin spitz ausläuft.</p>	<p>Spritzbild: </p> <p>Spritzwinkel: 15° bis 110°</p>
	<p>FLACHSTRAHL (RECHTECKIG)</p> <p>Allgemeine Spritzcharakteristik Gleichmäßige Flüssigkeitsverteilung über das gesamte schmale, rechteckige Spritzbild. Erzeugt mittelgroße Tropfen.</p>	<p>Spritzbild: </p> <p>Spritzwinkel: 25° bis 65°</p>
	<p>FLACHSTRAHL (DEFLEKTOR / PRALLTELLERBAUFORM)</p> <p>Allgemeine Spritzcharakteristik Erzeugt ein Spritzbild mit relativ scharfen Rändern aus mittelgroßen Tropfen. Der Flachstrahl wird durch eine runde Austrittsöffnung geformt, die tangential zu einer Deflektoroberfläche angeordnet ist.</p>	<p>Spritzbild: </p> <p>Spritzwinkel: 15° bis 150°</p>
	<p>VOLLSTRAHL</p> <p>Allgemeine Spritzcharakteristik Punktförmiger Rundstrahl mit höchster spezifischer Strahlkraft.</p>	<p>Spritzbild: </p> <p>Spritzwinkel: 0°</p>
	<p>FEINZERSTÄUBUNG (HYDRAULISCH, FEINER NEBEL)</p> <p>Allgemeine Spritzcharakteristik Diese Düsen sind für kleine Leistungen ausgelegt und erzeugen im Allgemeinen ein Hohlkegelspritzbild. Spritzbild aufgrund der sehr kleinen Tropfen leicht durch Luftströmungen beeinflussbar und über größere Entfernungen nicht beständig.</p>	<p>Spritzbild: </p> <p>Spritzwinkel: 35° bis 165°</p>
	<p>LUFTZERSTÄUBUNG UND LUFTUNTERSTÜTZTE ZERSTÄUBUNG</p> <p>Allgemeine Spritzcharakteristik Die Zerstäubung wird durch eine Kombination von Luft- und Flüssigkeitsdruck erreicht. Die Luftzerstäubung ermöglicht durch interne oder externe Vermischung von Sprühmedium und Zerstäubungsluft feine Tropfen auch mit dickflüssigen Medien. Bei der luftunterstützten Zerstäubung erfolgt eine interne Vermischung durch Aufprall der Flüssigkeit auf den unterstützenden Luftstrom.</p>	<p>Spritzbild: </p> <p>Ringförmige, runde oder fächerförmige Aufprallfläche</p>



VOLUMENSTROM DER VOLUMENSTROM EINER DÜSE VARIIERT MIT DEM DÜSENVORDRUCK (FLÜSSIGKEITSDRUCK AN DER DÜSE).

Die theoretische Abhängigkeit von Volumenstrom und Druck lässt sich mit folgender Formel darstellen:

$$\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = \frac{(P_1)^n}{(P_2)^n}$$

V: Volumenstrom (in l/min)

P: Flüssigkeitsdruck (in bar)

n: Exponent für den jeweiligen Düsentyp

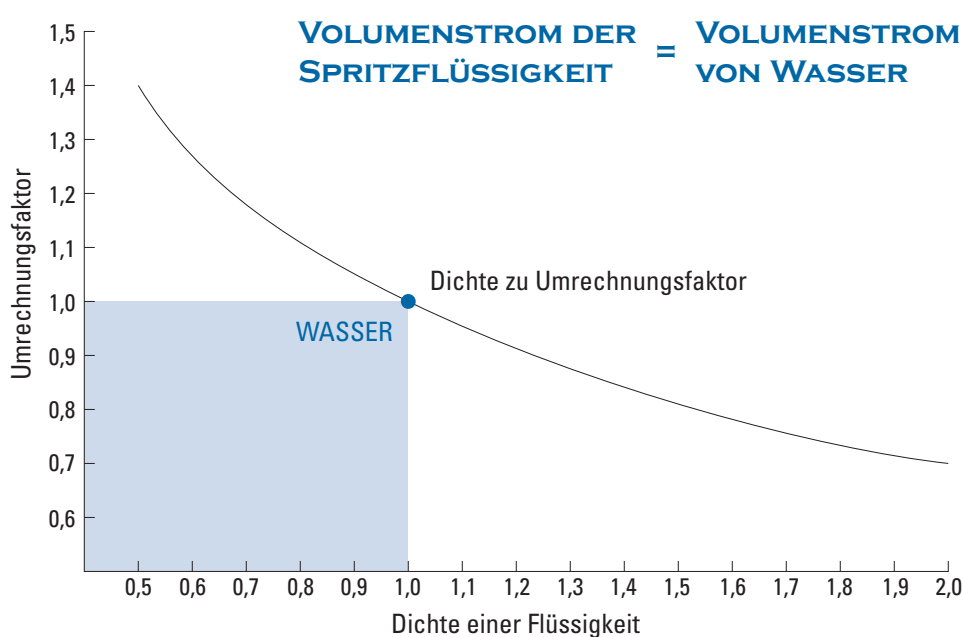
Die Volumenstromtabellen in diesem Katalog basieren auf Wasser. Da die Dichte einer Flüssigkeit den Volumenstrom beeinflusst, müssen die in den Katalogtabellen genannten Volumenstromdaten mit dem für die Dichte der Spritzflüssigkeit geltenden Faktor umgerechnet werden. Hierzu kann die im Abschnitt Dichte genannte Formel verwendet werden.

VOLUMENSTROMFAKTOREN FÜR BESTIMMTE DÜSENTYPEN

Düsentyp	Exponent "n"
Hohlkegeldüsen (alle Bauformen) Vollkegeldüsen (ohne Wirbelkörper) Vollkegeldüsen (Bauformen 15° und 30°) Flachstrahldüsen (alle Bauformen) Vollstrahldüsen (alle Bauformen) Spiraldüsen (alle Bauformen)	0,50
Vollkegeldüsen (Standard Spritzbild) Vollkegeldüsen (Rechteckiges Spritzbild) Vollkegeldüsen (Ovales Spritzbild) Vollkegeldüsen (Große Leistungen)	0,46
Vollkegeldüsen (Weitwinkel, Standard Spritzbild) Vollkegeldüsen (Weitwinkel, rechteckiges Spritzbild)	0,44

DICHTE

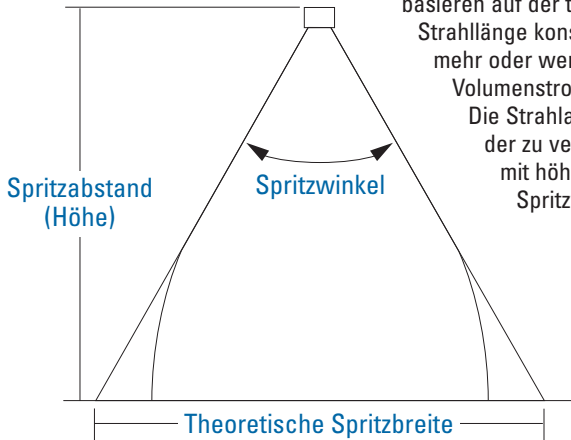
Die hier relevante Dichte ist das Verhältnis der Masse des Volumens einer Flüssigkeit zur Masse desselben Volumens von Wasser. Von den Düsenkennwerten wird hauptsächlich der Volumenstrom von der Dichte einer Flüssigkeit beeinflusst. Da alle Angaben in diesem Katalog auf Wasser bezogen sind, kann ein Umrechnungsfaktor bzw. eine Formel für die näherungsweise Umrechnung der Volumenstromwerte auf andere Flüssigkeiten als Wasser verwendet werden.



LEGENDE: Zur Bestimmung des Volumenstroms einer Düse beim Zerstäuben einer Flüssigkeit mit anderer Dichte als Wasser multipliziert man den Volumenstrom von Wasser mit dem für die Flüssigkeit geltenden Umrechnungsfaktor. Dieser Umrechnungsfaktor berücksichtigt nur den Einfluss der Dichte auf den Volumenstrom und keine anderen Einflussfaktoren.



SPRITZWINKEL UND SPRITZBREITEN



In der Tabelle sind für das Spritzmedium Wasser die rechnerischen Spritzbreiten in Abhängigkeit von Spritzwinkel und Spritzabstand (Höhe) aufgelistet. Die Werte basieren auf der theoretischen Annahme, dass der Spritzwinkel über die gesamte Strahllänge konstant bleibt. In der Praxis weist allerdings jeder Düsenstrahl eine mehr oder weniger starke Konvergenz auf (abhängig vom Düsentyp, Spritzwinkel, Volumenstrom, Düsenvordruck und Spritzabstand). Die Strahlausbildung wird ferner durch Viskosität und Oberflächenspannung der zu verdüsenden Flüssigkeit beeinflusst. So kann bei Flüssigkeiten mit höherer Viskosität als Wasser die Strahlausbildung und damit der Spritzwinkel geringer sein.

THEORETISCHE SPRITZBREITE

bei verschiedenen Spritzabständen (Höhe in cm)

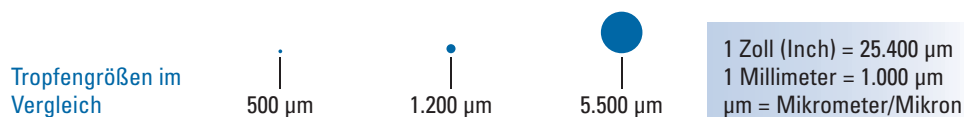
Spritzwinkel	2"	5 cm	4"	10 cm	6"	15 cm	8"	20 cm	10"	25 cm	12"	30 cm	15"	40 cm	18"	50 cm	24"	60 cm	30"	70 cm	36"	80 cm	48"	100 cm
5°	0,2	0,4	0,4	0,9	0,5	1,3	0,7	1,8	0,9	2,2	1,1	2,6	1,3	3,5	1,6	4,4	2,1	5,2	2,6	6,1	3,1	7,0	4,2	8,7
10°	0,4	0,9	0,7	1,8	1,1	2,6	1,4	3,5	1,8	4,4	2,1	5,3	2,6	7,0	3,1	8,8	4,2	10,5	5,2	12,3	6,3	14,0	8,4	17,5
15°	0,5	1,3	1,1	2,6	1,6	4,0	2,1	5,3	2,6	6,6	3,2	7,9	3,9	10,5	4,7	13,2	6,3	15,8	7,9	18,4	9,5	21,1	12,6	26,3
20°	0,7	1,8	1,4	3,5	2,1	5,3	2,8	7,1	3,5	8,8	4,2	10,6	5,3	14,1	6,4	17,6	8,5	21,2	10,6	24,7	12,7	28,2	16,9	35,3
25°	0,9	2,2	1,8	4,4	2,7	6,7	3,5	8,9	4,4	11,1	5,3	13,3	6,6	17,7	8,0	22,2	10,6	26,6	13,3	31,0	15,9	35,5	21,2	44,3
30°	1,1	2,7	2,1	5,4	3,2	8,0	4,3	10,7	5,4	13,4	6,4	16,1	8,1	21,4	9,7	26,8	12,8	32,2	16,1	37,5	19,3	42,9	25,7	53,6
35°	1,3	3,2	2,5	6,3	3,8	9,5	5,0	12,6	6,3	15,8	7,6	18,9	9,5	25,2	11,3	31,5	15,5	37,8	18,9	44,1	22,7	50,5	30,3	63,1
40°	1,5	3,6	2,9	7,3	4,4	10,9	5,8	14,6	7,3	18,2	8,7	21,8	10,9	29,1	13,1	36,4	17,5	43,7	21,8	51,0	26,2	58,2	34,9	72,8
45°	1,7	4,1	3,3	8,3	5,0	12,4	6,6	16,6	8,3	20,7	9,9	24,9	12,4	33,1	14,9	41,4	19,9	49,7	24,8	58,0	29,8	66,3	39,7	82,8
50°	1,9	4,7	3,7	9,3	5,6	14,0	7,5	18,7	9,3	23,3	11,2	28,0	14,0	37,3	16,8	46,6	22,4	56,0	28,0	65,3	33,6	74,6	44,8	93,3
55°	2,1	5,2	4,2	10,4	6,3	15,6	8,3	20,8	10,3	26,0	12,5	31,2	15,6	41,7	18,7	52,1	25,0	62,5	31,2	72,9	37,5	83,3	50,0	104
60°	2,3	5,8	4,6	11,6	6,9	17,3	9,2	23,1	11,5	28,9	13,8	34,6	17,3	46,2	20,6	57,7	27,7	69,3	34,6	80,8	41,6	92,4	55,4	115
65°	2,5	6,4	5,1	12,7	7,6	19,1	10,2	25,5	12,7	31,9	15,3	38,2	19,2	51,0	22,9	63,7	30,5	76,5	38,2	89,2	45,8	102	61,2	127
70°	2,8	7,0	5,6	14,0	8,4	21,0	11,2	28,0	14,0	35,0	16,8	42,0	21,0	56,0	25,2	70,0	33,6	84,0	42,0	98,0	50,4	112	67,2	140
75°	3,1	7,7	6,1	15,4	9,2	23,0	12,3	30,7	15,3	38,4	18,4	46,0	23,0	61,4	27,6	76,7	36,8	92,1	46,0	107	55,2	123	73,6	153
80°	3,4	8,4	6,7	16,8	10,1	25,2	13,4	33,6	16,8	42,0	20,2	50,4	25,2	67,1	30,3	83,9	40,3	101	50,4	118	60,4	134	80,6	168
85°	3,7	9,2	7,3	18,3	11,0	27,5	14,7	36,7	18,3	45,8	22,0	55,0	27,5	73,3	33,0	91,6	44,0	110	55,0	128	66,0	147	88,0	183
90°	4,0	10,0	8,0	20,0	12,0	30,0	16,0	40,0	20,0	50,0	24,0	60,0	30,0	80,0	36,0	100	48,0	120	60,0	140	72,0	160	96,0	200
95°	4,4	10,9	8,7	21,8	13,1	32,7	17,5	43,7	21,8	54,6	26,2	65,5	32,8	87,3	39,3	109	52,4	131	65,5	153	78,6	175	105	218
100°	4,8	11,9	9,5	23,8	14,3	35,8	19,1	47,7	23,8	59,6	28,6	71,5	35,8	95,3	43,0	119	57,2	143	71,6	167	85,9	191	114	238
110°	5,7	14,3	11,4	28,6	17,1	42,9	22,8	57,1	28,5	71,4	34,3	85,7	42,8	114	51,4	143	68,5	171	85,6	200	103	229	—	286
120°	6,9	17,3	13,9	34,6	20,8	52,0	27,7	69,3	34,6	86,6	41,6	104	52,0	139	62,4	173	83,2	208	104	243	—	—	—	—
130°	8,6	21,5	17,2	42,9	25,7	64,3	34,3	85,8	42,9	107	51,5	129	64,4	172	77,3	215	103	257	—	—	—	—	—	—
140°	10,9	27,5	21,9	55,0	32,9	82,4	43,8	110	54,8	137	65,7	165	82,2	220	98,6	275	—	—	—	—	—	—	—	—
150°	14,9	37,3	29,8	74,6	44,7	112	59,6	149	74,5	187	89,5	224	112	299	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
160°	22,7	56,7	45,4	113	68,0	170	90,6	227	113	284	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
170°	45,8	114	91,6	229	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—



TROPFENGRÖSSE (ZERSTÄUBUNG)

Die Tropfengröße hat für den Wirkungsgrad von Sprühsystemen zum Teil eine erhebliche, wenn nicht sogar entscheidende Bedeutung, besonders bei industriellen Anwendungen wie Gaskühlung und Gaskonditionierung, Brandschutz, Sprühtrocknung oder Beschichtung.

Tropfengrößenangaben beziehen sich auf die Größe jedes einzelnen Tropfens eines Spritzstrahles. Die Tropfen haben sehr unterschiedliche Größen. Diesen Größenbereich nennt man Tropfenspektrum. Das Tropfenspektrum hängt vom Spritzbild ab und weist bei den einzelnen Arten deutliche Unterschiede auf. Die kleinsten Tropfengrößen (feinste Zerstäubung) werden mit Luftzerstäubungsdüsen erreicht, die größten mit Vollkegeldüsen bei hydraulischer Zerstäubung.



Andere Faktoren, die die Tropfengröße beeinflussen, sind Art der Spritzflüssigkeit, Volumenstrom, Spritzdruck und Spritzwinkel. Ein niedriger Spritzdruck erzeugt gröbere Tropfen. Umgekehrt erzeugt ein hoher Spritzdruck feinere Tropfen. Bei den einzelnen Spritzcharakteristiken erzeugen Düsen mit dem niedrigsten Volumenstrom die kleinsten und die mit dem höchsten Volumenstrom die größten Tropfen.

TROPFENDURCHMESSER

in Abhängigkeit von Spritzcharakteristik und Volumenstrom

Spritzcharakteristik	10 psi/0,7 bar			40 psi/2,8 bar			100 psi/7 bar		
	Volumenstrom gpm	Volumenstrom l/min	MVD (µm)	Volumenstrom gpm	Volumenstrom l/min	MVD (µm)	Volumenstrom gpm	Volumenstrom l/min	MVD (µm)
Luftzerstäubung	0,005 0,02	0,02 0,08	20 100	0,008 8	0,03 30,0	15 200	12	45,0	400
Feinstzerstäubung	0,22	0,83	375	0,03 0,43	0,1 1,6	110 330	0,05 0,69	0,2 2,6	110 290
Hohlkegel	0,05 12	0,19 45,0	360 3400	0,10 24	0,38 91,0	300 1900	0,16 38	0,61 144,0	200 1260
Flachstrahl	0,05 5	0,19 18,9	260 4300	0,10 10	0,38 38,0	220 2500	0,16 15,8	0,61 60,0	190 1400
Vollkegel	0,10 12	0,38 45,0	1140 4300	0,19 23	0,72 87,0	850 2800	0,30 35	1,1 132,0	500 1720

Auf der Basis ausgewählter Düsen zur Darstellung der Vielzahl von verfügbaren Tropfengrößen.

BEGRIFFSDEFINITIONEN ZUR TROPFENGRÖSSE

Die unterschiedliche Verwendung von Fachbegriffen führt häufig zu Missverständnissen bei den Tropfengrößenangaben. Um die Tropfengrößen bei den verschiedenen Düsentypen wirklich vergleichen zu können, muss der gleiche Durchmesser zugrunde gelegt werden. Die Tropfengröße wird normalerweise in Mikron ($\mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$) angegeben. Die wichtigsten mittleren und charakteristischen Durchmesser und ihre Definitionen sind nachfolgend beschrieben.

Mittlerer volumetrischer Durchmesser (MVD)

auch als $D_{v0,5}$ und Mittlerer Massendurchmesser (MMD) bezeichnet:

Definition der Tropfengrößenangabe in Abhängigkeit vom zerstäubten Volumen. Der mittlere volumetrische Durchmesser wird dadurch bestimmt, dass vom zerstäubten Gesamtvolumen einer Flüssigkeit 50% der Tropfen größer und 50% kleiner als der Mittelwert sind.

Sauterdurchmesser (SMD)

auch als D_{32} bezeichnet:

Bestimmung der Zerstäubungsfeinheit in Bezug auf die erzeugte Gesamtoberfläche eines Strahles. Der Sauterdurchmesser ist der Durchmesser desjenigen angenommenen Tropfens, der das gleiche Volumen-/Oberflächenverhältnis hat wie das Gesamtvolumen aller Tropfen des Strahls im Verhältnis zur Gesamtoberfläche aller Tropfen.

Mittlerer numerischer Durchmesser (MND)

auch als $DN_{0,5}$ bezeichnet:

Bestimmung der Tropfengröße in Bezug auf die Anzahl der Tropfen im Strahl. Der mittlere numerische Tropfendurchmesser ist dadurch definiert, dass von der Gesamtanzahl 50% kleiner und 50% größer sind als der mittlere Durchmesser.

Detaillierte Unterlagen für alle Düsentypen sind auf Anfrage erhältlich.

Fordern Sie das "Handbuch Düsentechnik" an oder wenden Sie sich an unsere Anwendungstechnik.





AUFPRALLKRAFT

Aufprallkraft, d. h. die Einwirkung eines Spritzstrahls auf eine Oberfläche, wird auf verschiedene Weise definiert. Für die Beurteilung von Düsen hat sich die Definition Aufprallkraft in N/cm² als besonders aussagefähig erwiesen. Grundsätzlich kann man feststellen, dass die Aufprallkraft von der Spritzcharakteristik und dem Spritzwinkel abhängt. Um die Aufprallkraft einer bestimmten Düse ($I_{Düse}$) zu bestimmen, muss zunächst die theoretische Gesamt-Aufprallkraft mit der folgenden Einheiten-Formel berechnet werden.

$$I = K \times \sqrt{V} \times \sqrt{P}$$

I: max. theoretische Aufprallkraft in N

K: Konstante = 0,238

V: Volumenstrom in l/min.

P: Flüssigkeitsdruck in bar

I	Pounds	N
K	0,0526	0,24
V	gpm	l/min
P	psi	bar (MPa)

AUFPRALLKRAFT UNTERSCHIEDLICHER DÜSENTYPEN*

Spritz- bild	Spritz- winkel	Prozentwert der max. theor. Aufprallkraft
Flachstrahl	15°	30%
	25°	18%
	35°	13%
	40°	12%
	50°	10%
	65°	7,0%
	80°	5,0%
Vollkegel	15°	11%
	30°	2,5%
	50°	1,0%
	65°	0,4%
	80°	0,2%
	100°	0,1%
Hohlkegel	60°, 80°	1,0 - 2,0%

Anschließend entnimmt man den entsprechenden Prozentwert für die Aufprallkraft pro cm² aus der nebenstehenden Tabelle und multipliziert ihn mit der theoretischen Gesamt-Aufprallkraft. Man erhält die Aufprallkraft für die Düse ($I_{Düse}$) in einem Abstand von 30 cm von der Düse.

*In einem Abstand von 30 cm von der Düse.

BETRIEBSDRUCK

In den Tabellen dieses Katalogs sind die Druckbereiche für den üblichen Einsatzbereich der jeweiligen Düsentype oder des jeweiligen Düsenzubehörs angegeben. Düsen und Zubehör können jedoch im Allgemeinen auch bei niedrigeren oder höheren Drücken eingesetzt werden. Für besondere Einsatzbedingungen können auch entsprechend angepasste Konstruktionen geliefert werden.

Bitte wenden Sie sich an unsere Anwendungstechnik, wenn Ihre Anwendung höhere Betriebsdrücke als die im Katalog angegebenen erforderlich macht.



DÜSENWERKSTOFFE

Spraying Systems fertigt Düsen und Düsenzubehör aus den unterschiedlichsten Werkstoffen, abgestimmt auf die jeweiligen Betriebsbedingungen. Unsere Standarddüsen werden in einer Auswahl von Werkstoffen hergestellt, die sich für die jeweiligen Anwendungsgebiete und Düsentypen als "Standard" herauskristallisiert haben. Zu den Standard-Werkstoffen gehören Messing, Stahl, verschiedene Edelstähle, gehärtete Edelstähle, viele Kunststoffe und verschiedene Carbide.

Zusätzlich können unsere Düsen auf Anfrage aus einer Vielzahl von Sonderwerkstoffen hergestellt werden, wie zum Beispiel aus:

- AMPCO® 8
- CARPENTER® 20 (Legierung 20)
- Keramik
- CUPRO® NICKEL
- Graphit
- HASTELLOY®
- INCONEL®
- MONEL®
- Nylon
- Polypropylen, PVC und CPVC
- REFRAOX®
- Siliziumkarbid
- Stellite®
- Teflon®
- Titan
- Zirkon



DÜSENVERSCHLEISS

Ein erhöhter Volumenstrom bei gleichzeitiger Abnahme der Spritzqualität weist normalerweise auf Düsenverschleiß hin. Bei Flachstrahldüsen mit elliptischer Austrittsgeometrie verringert sich bei zunehmendem Verschleiß der Spritzwinkel. Bei anderen Spritzcharakteristiken verringert sich die Gleichförmigkeit der Flüssigkeitsverteilung, jedoch ohne wesentliche Änderung der Strahlbreiten. Bei Erhöhung des Volumenstroms kann der Betriebsdruck abfallen, besonders beim Einsatz von Kolbenpumpen.

Werkstoffe mit härteren Oberflächen weisen im Allgemeinen eine höhere Verschleißfestigkeit auf. In der Tabelle rechts sind Kennzahlen für die Verschleißfestigkeit von verschiedenen Werkstoffen angegeben, die Ihnen bei der Auswahl von Werkstoffen für Ihre Düsen, Düsenansätze oder Düsenmundstücke helfen sollen.

Werkstoffe mit höherer Korrosionsbeständigkeit sind ebenfalls erhältlich. Die chemische Verschleißfestigkeit bestimmter Düsenwerkstoffe ist jedoch von der Art der Spritzflüssigkeit abhängig. Faktoren wie die korrosiven Eigenschaften, die Konzentration (in %) und die Betriebstemperatur der Spritzflüssigkeit sowie die Korrosionsbeständigkeit des Düsenwerkstoffs hinsichtlich der verwendeten Chemikalie sind hier ebenfalls zu berücksichtigen. Wir beraten Sie gerne bei der Auswahl des geeigneten Werkstoffs.

ANGENÄHERTES VERSCHLEISSVERHALTEN TYPISCHER DÜSENWERKSTOFFE

Düsenwerkstoff	Verschleißverhalten
Aluminium	1
Messing	1
Polypropylen	1 – 2
Stahl	1,5 – 2
MONEL	2 – 3
Edelstahl	4 – 6
HASTELLOY	4 – 6
Gehärteter Edelstahl	10 – 15
Stellite	10 – 15
Silizium Carbid (SISIC - nitridgebunden)	90 – 130
Keramik	90 – 200
Carbid	180 – 250
Künstlicher Rubin oder Saphir	600 – 2000



Neue Düse

Düse mit Korrosion



Neue Düse

Düse mit Verschleiß



VISKOSITÄT

Die dynamische Viskosität entsteht durch die innere Reibung einer Flüssigkeit. Die innere Reibung ist eine Folge der Krafteinwirkung zwischen den Molekülen. Die Kraft wirkt im Innern des strömenden Mediums zwischen benachbarten Flüssigkeitsschichten unterschiedlicher Geschwindigkeit. Die Viskosität einer Flüssigkeit beeinflusst in erster Linie die Strahlbildung einer Düse und, in geringerem Maße, den Volumenstrom.

Flüssigkeiten mit höherer Viskosität als Wasser erfordern einen höheren Mindest-Düsenvordruck für die Strahlusbildung und liefern kleinere Spritzwinkel verglichen mit Wasser.

Die untenstehende Tabelle veranschaulicht die Abhängigkeit der Düsenkennwerte von der Viskosität.

TEMPERATUR

Die Katalogangaben beziehen sich auf Wasser als Spritzflüssigkeit bei 21°C. Eine direkte Beeinflussung der Düsenkennwerte durch die Temperatur erfolgt nicht. Es ergibt sich lediglich ein indirekter Einfluss durch eine mögliche Änderung der Flüssigkeitseigenschaften wie Viskosität, Oberflächenspannung oder Dichte. Der Einfluss von Temperaturänderungen auf die Düsenkennwerte wird in der untenstehenden Tabelle verdeutlicht.

OBERFLÄCHENSPIGUNG

Die Oberflächenspannung ist die Folge der Kohäsion, die durch die nach innen gerichtete Restkraft der Moleküle erzeugt wird. Unter Oberflächenspannung versteht man das Verhältnis der für die Vergrößerung der Oberfläche erforderlichen Arbeit zur erzielten Oberflächenänderung. Beim Fehlen äußerer Kräfte ist die Oberflächenenergie ein Minimum, ebenso die Oberfläche selbst.

Die freie Oberfläche einer Flüssigkeit tendiert immer dazu, die kleinste Fläche (Kugelfläche) anzunehmen.

Die Oberflächenspannung ist von Bedeutung für die Zerstäubung bei sehr niedrigem Betriebsdruck, kleinem Spritzwinkel und feinen Tropfen. Besonders bei Hohlkegel- und Flachstrahldüsen wird die Strahlwinkelausbildung bei Medien mit einer größeren Oberflächenspannung als Wasser stark beeinflusst. Bei Medien mit einer kleineren Oberflächenspannung als Wasser kann der Düsenvordruck zur Erreichung des gewünschten Düsenstrahles gesenkt werden.

Die Beeinflussung der Düsenkennwerte durch die Oberflächenspannung ist in der untenstehenden Tabelle dargestellt.

DÜSENKENNWERTE UND IHRE EINFLUSSFAKTOREN

Die untenstehende Tabelle fasst die verschiedenen Faktoren, die die Spritzleistung einer Düse beeinflussen, zusammen. Je nach Düsentyp und Düsengröße können die Einflüsse jedoch im Einzelfall schwanken. Bei einigen Einsatzfällen ist es durchaus möglich, dass Faktoren sich wechselseitig so beeinflussen, dass sie sich aufheben. So zum Beispiel im Falle einer Hohlkegeldüse: Eine Temperaturerhöhung der Spritzflüssigkeit senkt die Dichte;

dadurch steigt tendenziell der Volumenstrom, während gleichzeitig die sinkende Viskosität als Reduzierung dagegen wirkt.

Bitte wenden Sie sich an unsere Anwendungstechnik, wenn Sie Fragen zu Ihrer speziellen Anwendung haben. Wir beraten Sie gern.

Düsen-Kennwerte	Erhöhter Betriebsdruck	Erhöhte Dichte	Erhöhte Viskosität	Erhöhte Flüssigkeitstemperatur	Erhöhte Oberflächenspannung
Strahlqualität	besser	unbedeutend	schlechter	besser	unbedeutend
Tropfengröße	abnehmend	unbedeutend	steigt	abnehmend	steigt
Spritzwinkel	erst ansteigend, dann abnehmend	unbedeutend	abnehmend	steigt	abnehmend
Volumenstrom	steigt	abnehmend	Bei Voll-/Hohlkegeldüsen ansteigend, bei Flachstrahldüsen abnehmend	Abhängig von Spritzflüssigkeit und Düsentyp	kein Einfluss
Aufprallkraft (Strahl)	steigt	unbedeutend	abnehmend	steigt	unbedeutend
Tropfengeschwindigkeit	steigt	abnehmend	abnehmend	steigt	unbedeutend
Verschleiß	steigt	unbedeutend	abnehmend	Abhängig von Spritzflüssigkeit und Düsentyp	kein Einfluss



BERECHNUNG VON DRUCKVERLUSTEN IN ROHRLEITUNGEN UND ARMATUREN

Die in diesem Katalog aufgeführten Durchflussmengen für Ventile, Filter und Armaturen basieren auf Druckverlusten von ca. 5% ihres maximalen Betriebsdrucks. Sie können den Druckverlust anderer Durchflussmengen mit folgender Formel bestimmen.

BEISPIEL:

$$\frac{11 \text{ L/MIN}}{19 \text{ L/MIN}} = \frac{\sqrt{P_1}}{\sqrt{1,8 \text{ BAR}}} = 0,6 \text{ BAR}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\sqrt{P_1}}{\sqrt{P_2}} \quad V: \text{Volumenstrom (in l/min)} \\ P: \text{Flüssigkeitsdruck (in bar)}$$

Wenn Sie nähere Informationen wünschen, fordern Sie bei unserer Anwendungstechnik Datenblätter mit Angaben zu Druckverlusten bei verschiedenen Durchflussmengen für einzelne Produkte an.

Nenn-Durchflussmenge Zubehör 19 l/min

Max. empfohlener Betriebsdruck 35 bar

Geschätzter Druckverlust bei 19 l/min = 5% x 35 bar = 1,8 bar

DURCHSCHNITTliche REIBUNGSVERLUSTE IN ARMATUREN

Ausgedrückt in Feet und Meter (ft. und m) Rohrlänge

Nennweite (Zoll)	Innendurchmesser in. (mm)	Absperrschieber GANZ GEÖFFNET ft. (m)	Kugelventil GANZ GEÖFFNET ft. (m)	Bogen 45° ft. (m)	T-Stück Standard ft. (m)	T-Stück Bogen, 50% reduziert ft. (m)	T-Stück-Winkel-Durchgang ft. (m)
1/8	0,269 (6,8)	0,15 (0,05)	8,0 (2,4)	0,35 (0,11)	0,40 (0,12)	0,75 (0,23)	1,4 (0,43)
1/4	0,364 (9,2)	0,20 (0,06)	11,0 (3,4)	0,50 (0,15)	0,65 (0,20)	1,1 (0,34)	2,2 (0,67)
1/2	0,622 (15,8)	0,35 (0,11)	18,6 (5,7)	0,78 (0,24)	1,1 (0,34)	1,7 (0,52)	3,3 (1,0)
3/4	0,824 (21)	0,44 (0,13)	23,1 (7,0)	0,97 (0,30)	1,4 (0,43)	2,1 (0,64)	4,2 (1,3)
1	1,049 (27)	0,56 (0,17)	29,4 (9,0)	1,2 (0,37)	1,8 (0,55)	2,6 (0,79)	5,3 (1,6)
1-1/4	1,380 (35)	0,74 (0,23)	38,6 (11,8)	1,6 (0,49)	2,3 (0,70)	3,5 (1,1)	7,0 (2,1)
1-1/2	1,610 (41)	0,86 (0,26)	45,2 (13,8)	1,9 (0,58)	2,7 (0,82)	4,1 (1,2)	8,1 (2,5)
2	2,067 (53)	1,1 (0,34)	58 (17,7)	2,4 (0,73)	3,5 (1,1)	5,2 (1,6)	10,4 (3,2)
2-1/2	2,469 (63)	1,3 (0,40)	69 (21)	2,9 (0,88)	4,2 (1,3)	6,2 (1,9)	12,4 (3,8)
3	3,068 (78)	1,6 (0,49)	86 (26)	3,6 (1,1)	5,2 (1,6)	7,7 (2,3)	15,5 (4,7)
4	4,026 (102)	2,1 (0,64)	113 (34)	4,7 (1,4)	6,8 (2,1)	10,2 (3,1)	20,3 (6,2)
5	5,047 (128)	2,7 (0,82)	142 (43)	5,9 (1,8)	8,5 (2,6)	12,7 (3,9)	25,4 (7,7)
6	6,065 (154)	3,2 (0,98)	170 (52)	7,1 (2,2)	10,2 (3,1)	15,3 (4,7)	31 (9,4)

DURCHFLUSSMENGEN (SCFM UND NL/MIN) FÜR LUFT IN ROHRLEITUNGEN

Druck (psig)	Rohrnenweite (scfm)											Druck (bar)	Rohrnenweite (NI/min)										
	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"		1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"
5	0,5	1,2	2,7	4,9	6,6	13,0	27	40	80	135	240	0,3	14,2	34,0	76,5	139	187	370	765	1130	2265	3820	6796
10	0,8	1,7	3,9	7,7	11,0	21	44	64	125	200	370	0,7	22,7	48,1	110	218	310	595	1245	1810	3540	5665	10480
20	1,3	3,0	6,6	13,0	18,5	35	75	110	215	350	600	1,4	36,8	85,0	187	370	525	990	2125	3115	6090	9910	16990
40	2,5	5,5	12,0	23	34	62	135	200	385	640	1100	2,8	70,8	155	340	650	960	1755	3820	5665	10900	18120	31150
60	3,5	8,0	18,0	34	50	93	195	290	560	900	1600	4,1	99,1	227	510	965	1415	2630	5520	8210	15860	25485	45305
80	4,7	10,5	23	44	65	120	255	380	720	1200	2100	5,5	133	297	650	1245	1840	3400	7220	10760	20390	33980	59465
100	5,8	13,0	29	54	80	150	315	470	900	1450	2600	6,9	164	370	820	1530	2265	4250	8920	13310	25485	41060	73625



DURCHFLUSSMENGEN FÜR WASSER IN ROHRLEITUNGEN

Volumenstrom	Druckverlust in PSI bei unterschiedlichen Rohrdurchmessern (bezogen auf 10 ft. Rohrlänge)																Volumenstrom	Druckverlust in bar bei unterschiedlichen Rohrdurchmessern (bezogen auf 10 m Rohrlänge)																						
	GPM	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	3-1/2"	4"	5"	6"		8"	l/min	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	3-1/2"	4"	5"	6"	8"					
0,3	0,42																	1	0,07																					
0,4	0,70	0,16																1,5	0,16	0,04																				
0,5	1,1	0,24																2	0,26	0,06																				
0,6	1,5	0,33																2,5	0,40	0,08																				
0,8	2,5	0,54	0,13															3	0,56	0,12	0,03																			
1,0	3,7	0,83	0,19	0,06														4	0,96	0,21	0,05	0,02																		
1,5	8,0	1,8	0,40	0,12														6	2,0	0,45	0,10	0,03																		
2,0	13,4	3,0	0,66	0,21	0,05													8	3,5	0,74	0,17	0,05	0,01																	
2,5		4,5	1,0	0,32	0,08													10		1,2	0,25	0,08	0,02																	
3,0		6,4	1,4	0,43	0,11													12		1,7	0,35	0,11	0,03																	
4,0		11,1	2,4	0,74	0,18	0,06												15		2,6	0,54	0,17	0,04	0,01																
5,0			3,7	1,1	0,28	0,08												20			0,92	0,28	0,07	0,02																
6,0			5,2	1,6	0,38	0,12												25			1,2	0,45	0,11	0,03																
8,0			9,1	2,8	0,66	0,20	0,05											30			2,1	0,62	0,15	0,04	0,01															
10				4,2	1,0	0,30	0,08											40				1,1	0,25	0,08	0,02															
15					2,2	0,64	0,16	0,08										60				0,54	0,16	0,04	0,02	0,006														
20					3,8	1,1	0,28	0,13	0,04									80				0,93	0,28	0,07	0,03	0,009														
25						1,7	0,42	0,19	0,06									100					0,43	0,12	0,05	0,01														
30						2,4	0,59	0,27	0,08									115					0,58	0,14	0,06	0,015														
35						3,2	0,79	0,36	0,11	0,04								130					0,72	0,18	0,08	0,02	0,01													
40							1,0	0,47	0,14	0,06								150							0,23	0,10	0,03	0,012												
45							1,3	0,59	0,17	0,07								170							0,29	0,13	0,04	0,016												
50							1,6	0,72	0,20	0,08								190							0,36	0,16	0,05	0,02												
60							2,2	1,0	0,29	0,12	0,04							230							0,50	0,23	0,07	0,03	0,009											
70								1,4	0,38	0,16	0,05							260								0,32	0,09	0,04	0,01											
80								1,8	0,50	0,20	0,07							300								0,38	0,11	0,04	0,02	0,007										
90								2,2	0,62	0,25	0,09	0,04						340								0,50	0,14	0,06	0,02	0,009										
100								2,7	0,76	0,31	0,11	0,05						380								0,61	0,18	0,07	0,03	0,01										
125									1,2	0,47	0,16	0,08	0,04					470									0,28	0,11	0,04	0,02	0,009									
150									1,7	0,67	0,22	0,11	0,06					570									0,39	0,15	0,05	0,03	0,01									
200									2,9	1,2	0,39	0,19	0,10					750									0,64	0,26	0,09	0,04	0,02	0,007								
250											0,59	0,28	0,15	0,05				950										0,14	0,06	0,03	0,01									
300											0,84	0,40	0,21	0,07				1150										0,19	0,09	0,05	0,02									
400												0,70	0,37	0,12	0,05			1500										0,16	0,08	0,03	0,01									
500													0,57	0,18	0,07			1900											0,13	0,04	0,02									
750														0,39	0,16	0,04		2800																		0,09	0,03	0,009		
1000														0,68	0,27	0,07		3800																		0,16	0,06	0,02		
2000															1,0	0,26		7500																			0,23	0,06		

Die markierten Bereiche zeigen den empfohlenen Volumenstrombereich für die verschiedenen Rohrdurchmesser.



UMRECHNUNGSTABELLEN

VOLUMENEINHEITEN

	Kubikzentimeter	Fluid Ounce	Pound of Water	Liter	US Gallone	Kubikfuß	Kubikmeter (m³)
Kubikzentimeter	●	0,034	$2,2 \times 10^{-3}$	0,001	$2,64 \times 10^{-4}$	$3,54 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-6}$
Fluid Ounce	29,4	●	0,065	0,030	$7,81 \times 10^{-3}$	$1,04 \times 10^{-3}$	$2,98 \times 10^{-5}$
Pound of Water	454	15,4	●	0,454	0,12	0,016	$4,54 \times 10^{-4}$
Liter	1000	33,8	2,2	●	0,264	0,035	0,001
US Gallone	3785	128	8,34	3,785	●	0,134	$3,78 \times 10^{-3}$
Kubikfuß	28320	958	62,4	28,3	7,48	●	0,028
Kubikmeter	$1,0 \times 10^6$	$3,38 \times 10^4$	2202	1000	264	35,3	●

DRUCKEINHEITEN

	Lb/In² (psi)	Ft Water	Kg/Cm²	Atmosphere	Bar	Inch Mercury	kPa (Kilopascal)
Lb/In² (psi)	●	2,31	0,070	0,068	0,069	2,04	6,895
Ft Water	0,433	●	0,030	0,029	0,030	0,882	2,99
Kg/Cm²	14,2	32,8	●	0,968	0,981	29,0	98
Atmosphere	14,7	33,9	1,03	●	1,01	29,9	101
Bar	14,5	33,5	1,02	0,987	●	29,5	100
Inch Mercury	0,491	1,13	0,035	0,033	0,034	●	3,4
kPa (Kilopascal)	0,145	0,335	0,01	0,009	0,01	0,296	●

LÄNGENEINHEITEN

	Mikron	Mil	Millimeter	Zentimeter	Zoll	Fuß	Meter
Mikron	●	0,039	0,001	$1,0 \times 10^{-4}$	$3,94 \times 10^{-5}$	–	–
Mil	25,4	●	$2,54 \times 10^{-2}$	$2,54 \times 10^{-3}$	0,001	$8,33 \times 10^{-5}$	–
Millimeter	1000	39,4	●	0,10	0,0394	$3,28 \times 10^{-3}$	0,001
Zentimeter	10000	394	10	●	0,394	0,033	0,01
Zoll	$2,54 \times 10^4$	1000	25,4	2,54	●	0,083	0,0254
Fuß	$3,05 \times 10^5$	$1,2 \times 10^4$	305	30,5	12	●	0,305
Meter	$1,0 \times 10^6$	$3,94 \times 10^4$	1000	100	39,4	3,28	●

SONSTIGE MASSEINHEITEN UND UMRECHNUNGSWERTE

Einheit	Äquivalent	Einheit	Äquivalent
Ounce	28,35 g	Nm³/h	1,699 Nm³/h
Pound	0,4536 kg	Fahrenheit (°F)	= $9/5$ (°C) + 32
PS	0,746 kW	Celsius (°C)	= $5/9$ (°F – 32)
British Thermal Unit	0,2520 kcal	Kreisumfang	= $3,1416 \times D$
Square Inch	6,452 cm²	Kreisfläche	= $0,7854 \times D^2$
Square Foot	0,09290 m²	Kugelvolumen	= $0,5236 \times D^3$
Acre	0,4047 Hektar	Kugeloberfläche	= $3,1416 \times D^2$

ABMESSUNGEN

Alle im Katalog aufgeführten Abmessungen für Austrittsbohrungen sind Nominalwerte. Weitere Angaben erhalten Sie auf Anfrage.

