

## Flexibles gestauchtes Aluminiumrohr

Kennzeichen: **FRA3-...** (Länge 3 m)

Kennzeichen: **FRA5-...** (Länge 5 m)

Aufbau Kennzeichen: FRA3-(Nennweite)

Das flexible Aluminiumrohr ist ein sehr biegsames Rohr aus 2-Lagen gewickeltem Aluminium. Durch eine besondere Verfalzung wird eine hohe Dichtigkeit und Flexibilität erreicht.



### Anwendungsbereiche:

- Mechanische Be- und Entlüftungssysteme
- Luftaufbereitungssysteme

### Einschränkungen im Anwendungsbereich:

- Nicht geeignet für das Transportieren von Luft mit Konzentration an Lösungsmittel, Säuren und Basen

### Technische Daten:

- Länge: 3 oder 5 m
- Temperaturbereich °C: -30 bis +250
- Maximaler Betriebsdruck (Pa): 3000
- Maximale Luftgeschwindigkeit (m/s): 30
- Brandklasse DIN 4102: A1
- Minimaler Biegeradius: 1 x Ø

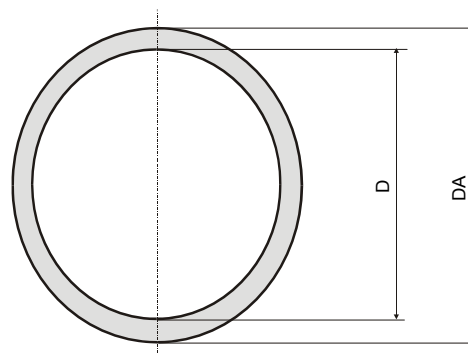
#### Länge 3 m:

Kennzeichen	DN
FRA3-80	DN 80
FRA3-100	DN 100
FRA3-125	DN 125
FRA3-150	DN 150
FRA3-160	DN 160
FRA3-180	DN 180
FRA3-200	DN 200
FRA3-224	DN 224
FRA3-250	DN 250
FRA3-300	DN 300
FRA3-315	DN 315
FRA3-355	DN 355
FRA3-400	DN 400
FRA3-450	DN 450
FRA3-500	DN 500

#### Länge 5 m:

Kennzeichen	DN
FRA5-50	DN 50
FRA5-63	DN 63
FRA5-75	DN 75
FRA5-80	DN 80
FRA5-100	DN 100
FRA5-125	DN 125
FRA5-140	DN 140
FRA5-150	DN 150
FRA5-160	DN 160
FRA5-180	DN 180
FRA5-200	DN 200
FRA5-224	DN 224
FRA5-250	DN 250
FRA5-280	DN 280
FRA5-300	DN 300
FRA5-315	DN 315
FRA5-355	DN 355
FRA5-400	DN 400
FRA5-450	DN 450
FRA5-500	DN 500

D (mm)	Toleranz	DA (mm)
50	+/- 1,0	57
60	+/- 1,0	67
75	+/- 1,0	82
80	+/- 1,0	87
100	+/- 1,0	107
125	+/- 1,0	132
140	+/- 1,0	147
150	+/- 1,5	157
160	+/- 1,5	167
180	+/- 1,5	187
200	+/- 1,5	207
224	+/- 1,5	231
250	+/- 2,0	257
280	+/- 2,0	287
300	+/- 2,0	307
315	+/- 2,0	322
355	+/- 2,0	402
400	+/- 2,0	407
450	+/- 2,5	457
500	+/- 2,5	507



### Flexibles gestauchtes Aluminiumrohr

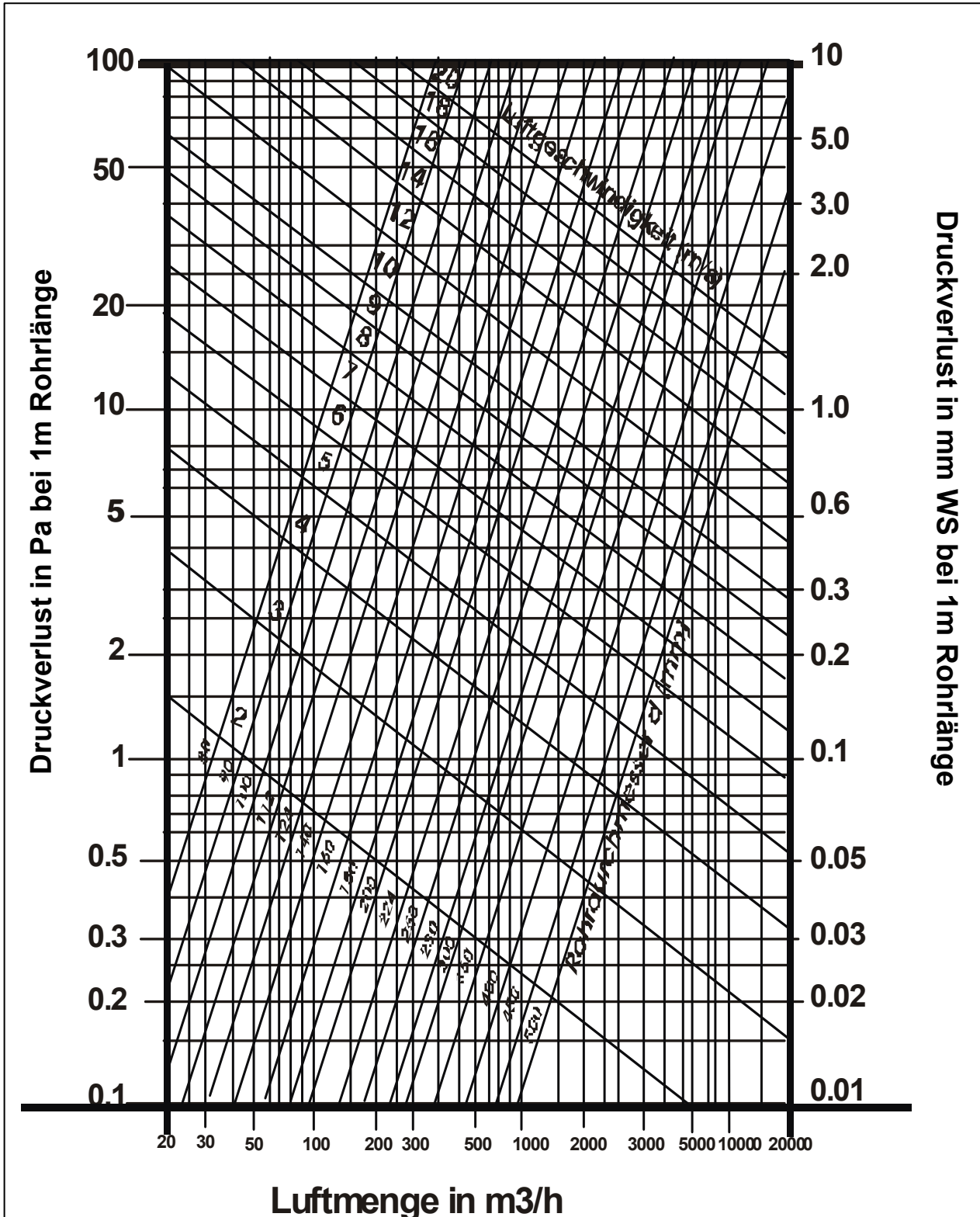
Kennzeichen: **FRA3-...** (Länge 3 m)

Kennzeichen: **FRA5-...** (Länge 5 m)

Aufbau Kennzeichen: FRA3-(Nennweite)



#### Druckverlust Diagramm:



#### HINWEIS:

Die Angaben Druckverlust beziehen sich auf gerade, voll ausgezogene Schläuche. Druckverlust für Biegungen und nicht voll ausgezogenen Schläuche müssen berechnet werden (siehe Kapitel Berechnung Druckverlust).

## Flexibler Aluminiumschlauch

Kennzeichen: **FSA-...**

Aufbau Kennzeichen: FSA-(Nennweite)

Der flexible Aluminiumschlauch ist ein vollflexibler, starker Laminatschlauch für verschiedene Anwendungsbereiche. Der Schlauch besteht aus mehreren Lagen Aluminium und Polyester mit einer verdeckten Drahtspirale. Der Schlauch lässt sich problemlos an runden und ovalen Anschlussstücken montieren.



### Anwendungsbereiche:

- Mechanische Be- und Entlüftungssysteme
- Luftaufbereitungssysteme

### Einschränkungen im Anwendungsbereich:

- Nicht geeignet für das Transportieren von Luft mit Konzentration an Lösungsmittel, Säuren und Basen
- Nicht geeignet für das Abführen von Verbrennungsgasen

### Technische Daten:

- Länge: 10 m
- Temperaturbereich °C: -30 bis +140
- Maximaler Betriebsdruck (Pa): 2500
- Maximale Luftgeschwindigkeit (m/s): 30
- Brandklasse DIN 4102: B2
- Minimaler Biegeradius: 0,54 x Ø

Kennzeichen	DN
FSA-100	DN 100
FSA-125	DN 125
FSA-160	DN 160
FSA-180	DN 180
FSA-200	DN 200
FSA-224	DN 224
FSA-250	DN 250
FSA-300	DN 300
FSA-315	DN 315
FSA-355	DN 355
FSA-400	DN 400
FSA-450	DN 450
FSA-500	DN 500
FSA-560	DN 560
FSA-600	DN 600
FSA-630	DN 630
FSA-710	DN 710

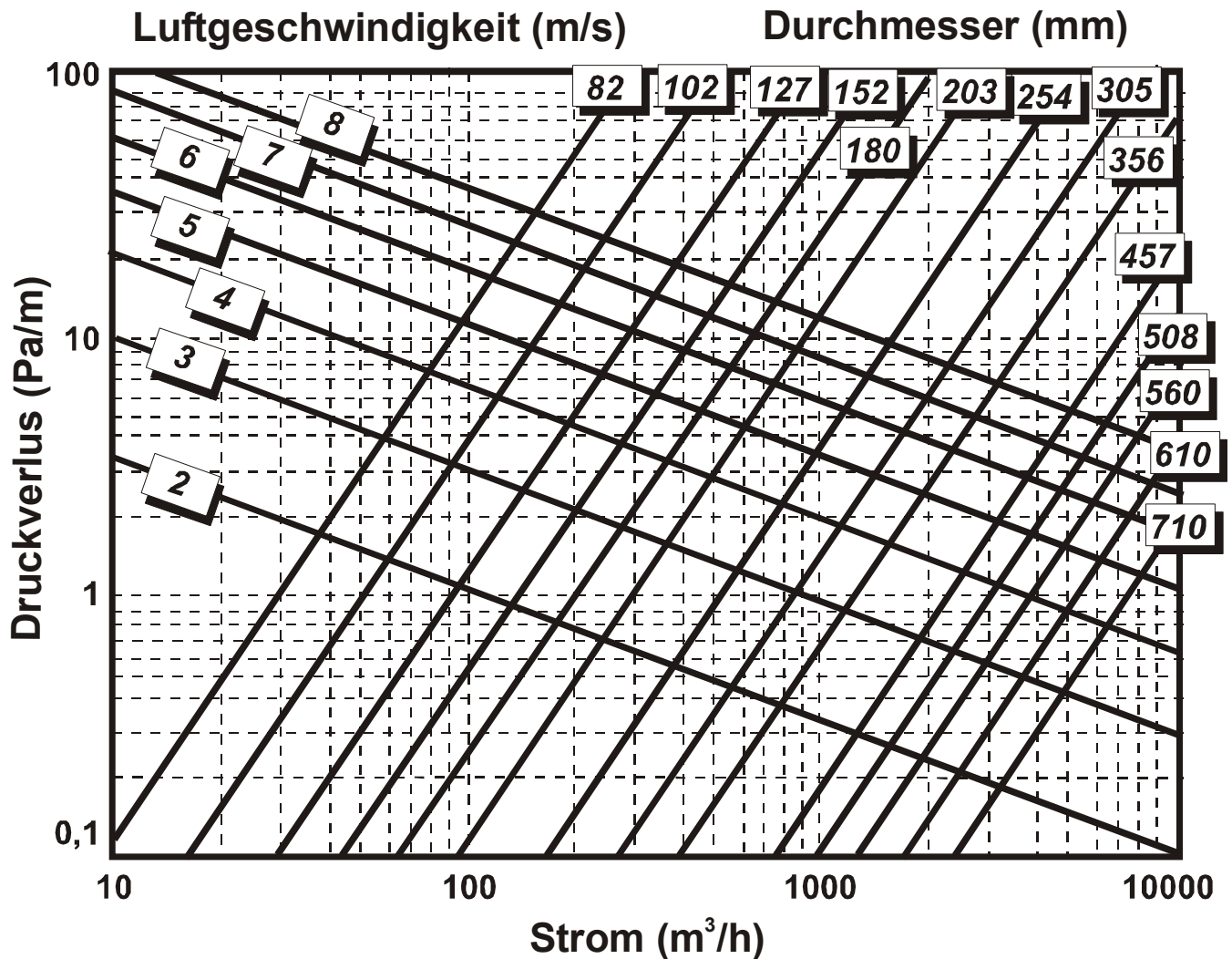
## Flexibler Aluminiumschlauch

Kennzeichen: FSA-...

Aufbau Kennzeichen: FSA-(Nennweite)



### Druckverlust Diagramm:



### HINWEIS:

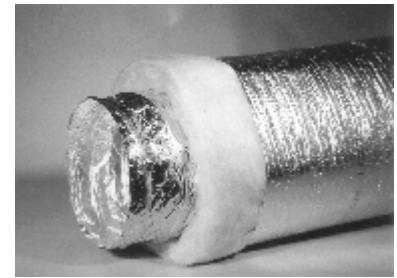
Die Angaben Druckverlust beziehen sich auf gerade, voll ausgezogene Schläuche. Druckverlust für Biegungen und nicht voll ausgezogenen Schläuche müssen berechnet werden (siehe Kapitel Berechnung Druckverlust).

## Flexibler Aluminiumschlauch mit Isolierwolle

Kennzeichen: **FSAW25-...** (mit 25 mm Isolierwolle)

Kennzeichen: **FSAW50-...** (mit 50 mm Isolierwolle)

Aufbau Kennzeichen: FSAW25-(Nennweite)



Der flexible Aluminiumschlauch ist ein flexibler, starker Laminatschlauch für verschiedene Anwendungsbereiche. Der Schlauch besteht aus mehreren Lagen Aluminium und Polyester mit einer verdeckten Drahtspirale. Der Schlauch ist zusätzlich thermisch isoliert mit einer 25mm Glaswollschicht und einem glasfaserverstärkten Außenmantel. Der Schlauch lässt sich problemlos an runden und ovalen Anschlussstücken montieren. Materialaufbau: Aluminiumlaminat / Isolierwolle / Aluminiumlaminat

### Anwendungsbereiche:

- Mechanische Be- und Entlüftungssysteme
- Luftaufbereitungssysteme

### Einschränkungen im Anwendungsbereich:

- Nicht geeignet für das Transportieren von Luft mit Konzentration an Lösungsmittel, Säuren und Basen
- Nicht geeignet für das Abführen von Verbrennungsgasen

### Dämmwerte:

- R-Wert 25 mm Isolierwolle: 0,69 m²K/W (ASTM C177-76)
- R-Wert 50 mm Isolierwolle: 1,40 m²K/W (ASTM C177-76)

### Technische Daten:

- Länge: 10 m
- Temperaturbereich °C: -30 bis +140
- Maximaler Betriebsdruck (Pa): 2500
- Maximale Luftgeschwindigkeit (m/s): 25
- Brandklasse DIN 4102: B2
- Minimaler Biegeradius: 0,54 x Ø + Stärke Isolierwolle

### 25 mm Dämmung:

Kennzeichen	DN
FSAW25-80	DN 80
FSAW25-100	DN 100
FSAW25-125	DN 125
FSAW25-150	DN 150
FSAW25-160	DN 160
FSAW25-180	DN 180
FSAW25-200	DN 200
FSAW25-224	DN 224
FSAW25-250	DN 250
FSAW25-300	DN 300
FSAW25-315	DN 315
FSAW25-355	DN 355
FSAW25-400	DN 400
FSAW25-450	DN 450
FSAW25-500	DN 500
FSAW25-560	DN 560
FSAW25-580	DN 580
FSAW25-610	DN 610
FSAW25-635	DN 635

### 50 mm Dämmung:

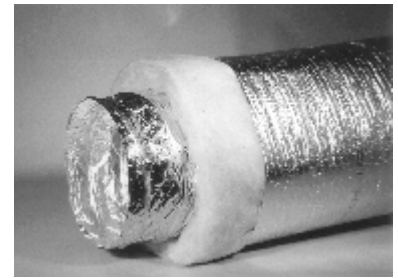
Kennzeichen	DN
FSAW50-100	DN 100
FSAW50-125	DN 125
FSAW50-150	DN 150
FSAW50-160	DN 160
FSAW50-180	DN 180
FSAW50-200	DN 200
FSAW50-224	DN 224
FSAW50-250	DN 250
FSAW50-300	DN 300
FSAW50-315	DN 315
FSAW50-355	DN 355
FSAW50-400	DN 400
FSAW50-450	DN 450
FSAW50-500	DN 500

### Flexibler Aluminiumschlauch mit Isolierwolle

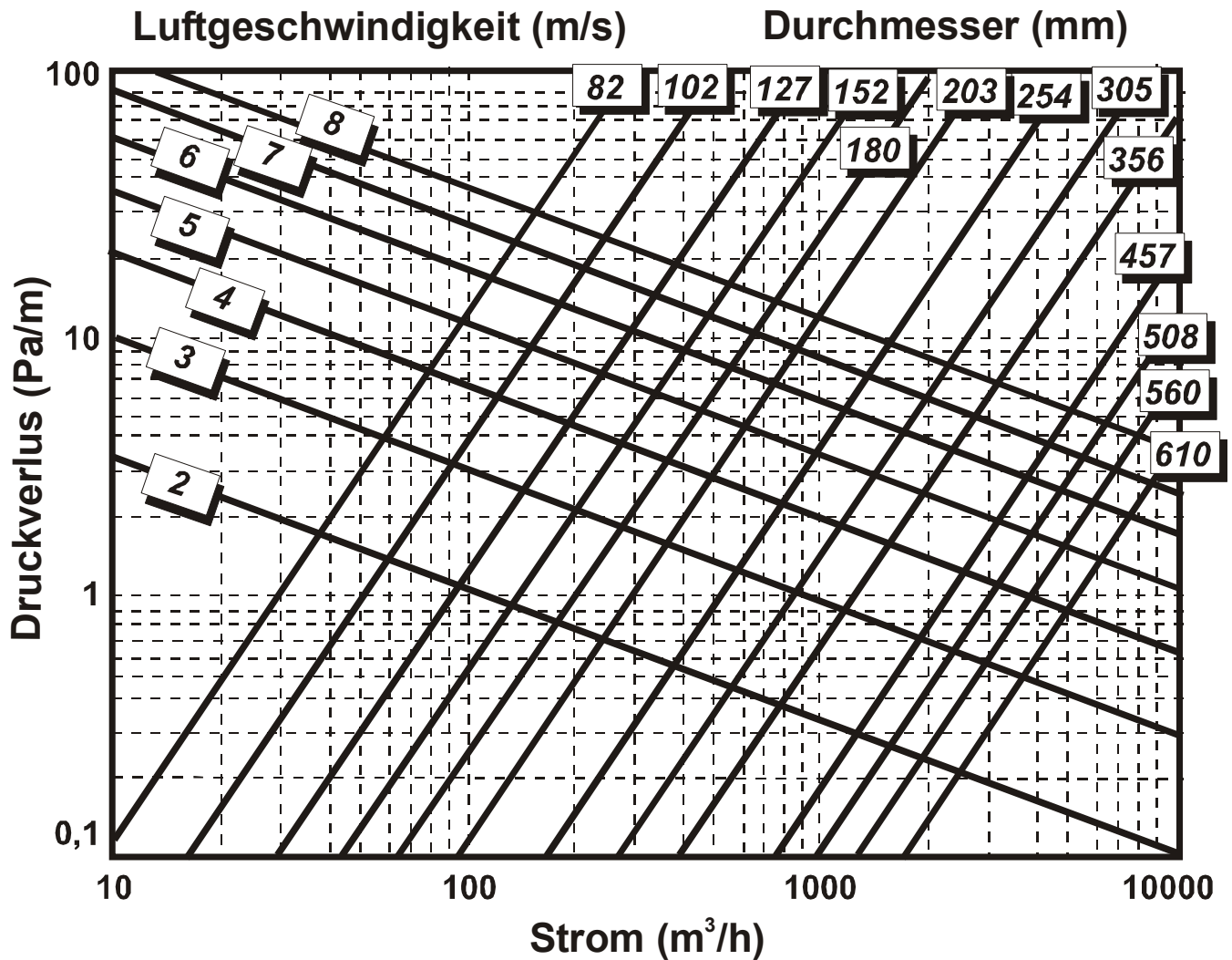
Kennzeichen: **FSAW25-...** (mit 25 mm Isolierwolle)

Kennzeichen: **FSAW50-...** (mit 50 mm Isolierwolle)

Aufbau Kennzeichen: FSAW25-(Nennweite)



#### Druckverlust Diagramm:



#### HINWEIS:

Die Angaben Druckverlust beziehen sich auf gerade, voll ausgezogene Schläuche. Druckverlust für Biegungen und nicht voll ausgezogenen Schläuche müssen berechnet werden (siehe Kapitel Berechnung Druckverlust).

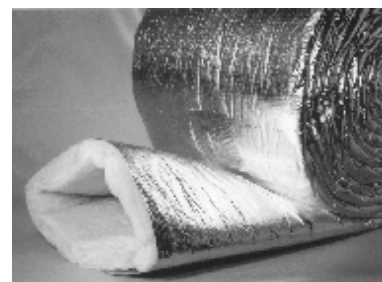


## Flexibler Isolierschlauch

Kennzeichen: **ISAW25-...** (mit 25 mm Isolierwolle)

Kennzeichen: **ISAW50-...** (mit 50 mm Isolierwolle)

Aufbau Kennzeichen: ISAW25-(Nennweite)



Der Isolierschlauch besteht aus einem glasfaserverstärkten Aluminiumlaminat Außenmantel mit einer 25 oder 50mm Isolierschicht aus Isolierwolle.

Materialaufbau: Polyesterlaminat / Isolierwolle / Aluminiumlaminat

### Anwendungsbereiche:

- Mechanische Be- und Entlüftungssysteme
- Luftaufbereitungssysteme

### Einschränkungen im Anwendungsbereich:

- Nicht geeignet für Räume mit Konzentration an Lösungsmittel, Säuren und Basen

### Dämmwerte:

- R-Wert 25 mm Isolierwolle: 0,69 m<sup>2</sup>K/W (ASTM C177-76)
- R-Wert 50 mm Isolierwolle: 1,40 m<sup>2</sup>K/W (ASTM C177-76)

### Technische Daten:

- Länge: 10 m
- Temperaturbereich °C: -30 bis +140
- Maximaler Betriebsdruck (Pa): 2000

#### 25 mm Dämmung:

Kennzeichen	DN
ISAW25-80	DN 80
ISAW25-100	DN 100
ISAW25-125	DN 125
ISAW25-150	DN 150
ISAW25-160	DN 160
ISAW25-180	DN 180
ISAW25-200	DN 200
ISAW25-225	DN 225
ISAW25-250	DN 250
ISAW25-300	DN 300
ISAW25-315	DN 315
ISAW25-355	DN 355
ISAW25-400	DN 400
ISAW25-450	DN 450
ISAW25-500	DN 500

#### 50 mm Dämmung:

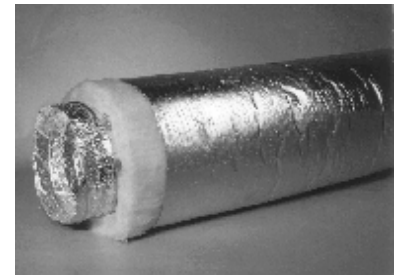
Kennzeichen	DN
ISAW50-80	DN 80
ISAW50-100	DN 100
ISAW50-125	DN 125
ISAW50-150	DN 150
ISAW50-160	DN 160
ISAW50-180	DN 180
ISAW50-200	DN 200
ISAW50-250	DN 250
ISAW50-315	DN 315
ISAW50-400	DN 400

## Flexibler Aluminiumschlauch mit akustischer und thermische Isolierwolle

Kennzeichen: **FSAWS25-...** (mit 25 mm Isolierwolle)

Kennzeichen: **FSAWS50-...** (mit 50 mm Isolierwolle)

Aufbau Kennzeichen: FSAWS25-(Nennweite)



Der flexible Aluminiumschlauch ist ein flexibler, starker Laminatschlauch für verschiedene Anwendungsbereiche. Der Schlauch besteht aus einem perforierten Aluminiumlaminat Innenschlauch, eine akustische und thermische Isolierwollschicht und einem glasfaserverstärkten Außenmantel. Der Schlauch lässt sich problemlos an runden und ovalen Anschlussstücken montieren. Materialaufbau: Perforiertes Aluminiumlaminat / Polyestersperschicht / Isolierwolle / Aluminiumlaminat

### Anwendungsbereiche:

- Mechanische Be- und Entlüftungssysteme
- Luftaufbereitungssysteme

### Einschränkungen im Anwendungsbereich:

- Nicht geeignet für das Transportieren von Luft mit Konzentration an Lösungsmittel, Säuren und Basen
- Nicht geeignet für das Abführen von Verbrennungsgasen

### Dämmwerte:

- R-Wert 25 mm Isolierwolle: 0,69 m<sup>2</sup>K/W (ASTM C177-76)
- R-Wert 50 mm Isolierwolle: 1,40 m<sup>2</sup>K/W (ASTM C177-76)

### Technische Daten:

- Länge: 10 m
- Temperaturbereich °C: -30 bis +140
- Maximaler Betriebsdruck (Pa): 2500
- Maximale Luftgeschwindigkeit (m/s): 30
- Brandklasse DIN 4102: B2
- Minimaler Biegeradius: 0,54 x Ø + Stärke Isolierwolle

### 25 mm Dämmung:

Kennzeichen	DN
FSAWS25-80	DN 80
FSAWS25-100	DN 100
FSAWS25-125	DN 125
FSAWS25-150	DN 150
FSAWS25-160	DN 160
FSAWS25-180	DN 180
FSAWS25-200	DN 200
FSAWS25-224	DN 224
FSAWS25-250	DN 250
FSAWS25-300	DN 300
FSAWS25-315	DN 315
FSAWS25-355	DN 355
FSAWS25-400	DN 400
FSAWS25-450	DN 450
FSAWS25-500	DN 500
FSAWS25-560	DN 560
FSAWS25-580	DN 580
FSAWS25-610	DN 610
FSAWS25-635	DN 635

### 50 mm Dämmung:

Kennzeichen	DN
FSAWS50-100	DN 100
FSAWS50-125	DN 125
FSAWS50-150	DN 150
FSAWS50-160	DN 160
FSAWS50-180	DN 180
FSAWS50-200	DN 200
FSAWS50-224	DN 224
FSAWS50-250	DN 250
FSAWS50-300	DN 300
FSAWS50-315	DN 315
FSAWS50-355	DN 355
FSAWS50-400	DN 400
FSAWS50-450	DN 450
FSAWS50-500	DN 500

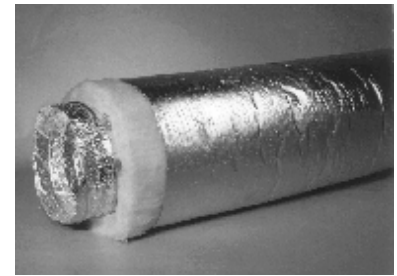


**Flexibler Aluminiumschlauch mit akustischer und thermische Isolierwolle**

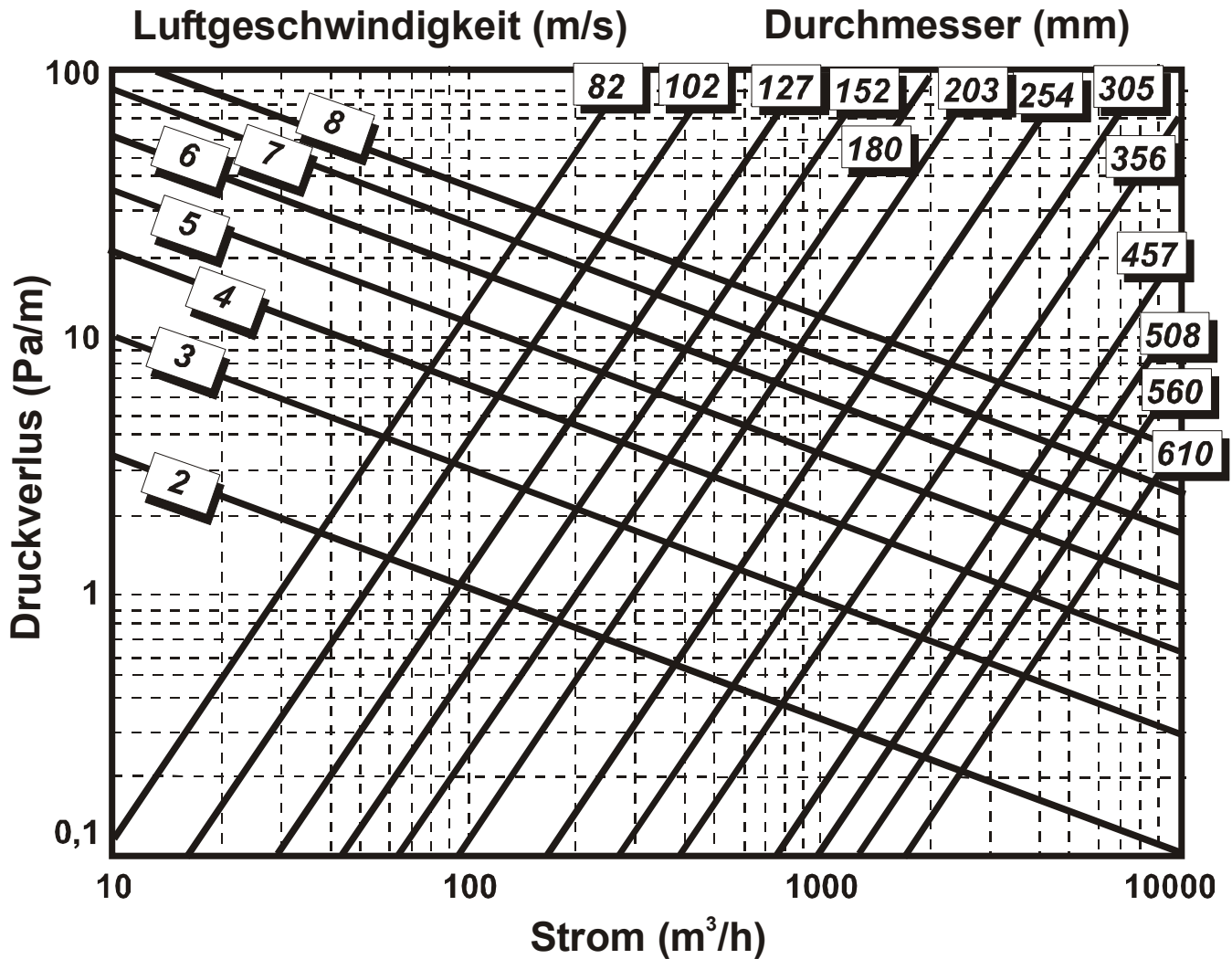
Kennzeichen: **FSAWS25-...** (mit 25 mm Isolierwolle)

Kennzeichen: **FSAWS50-...** (mit 50 mm Isolierwolle)

Aufbau Kennzeichen: FSAWS25-(Nennweite)



**Druckverlust Diagramm:**

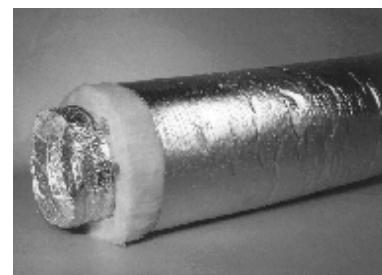


## Flexibler Aluminiumschlauch mit akustischer und thermische Isolierwolle

Kennzeichen: **FSAWS25-...** (mit 25 mm Isolierwolle)

Kennzeichen: **FSAWS50-...** (mit 50 mm Isolierwolle)

Aufbau Kennzeichen: FSAWS25-(Nennweite)



### Schalldämmwerte FSAWS50-...:

DN (mm)	L (mtr)	Einfügungsdämpfung in dB - Mid-frequenz, Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
082	1	16	26	33	38	28	17
	2	21	37	48	53	46	29
	3	29	45	49	54	57	38
102	1	9	19	32	37	31	21
	2	19	33	52	53	49	36
	3	25	39	50	52	54	40
127	1	12	20	21	25	29	17
	2	17	31	44	45	46	26
	3	23	46	44	47	51	34
160	1	17	22	22	27	19	14
	2	31	39	34	38	31	20
	3	29	43	41	46	39	27
203	1	7	15	17	20	16	13
	2	20	34	32	35	30	22
	3	18	40	38	41	39	30
254	1	16	16	16	16	13	10
	2	26	31	28	33	25	18
	3	32	36	32	37	34	27
315	1	11	12	12	14	11	7
	2	28	25	22	27	22	15
	3	27	32	28	34	28	19
457	1	12	10	8	8	6	8
	2	20	17	15	16	13	12
	3	25	22	21	25	19	16
508	1	8	8	8	9	6	7
	2	20	17	16	17	11	11
	3	24	22	20	25	15	14

## Flexibler Aluminiumschlauch mit thermische Isolierwolle und Kunststoffummantelung Speziell für den Einsatz mit Wärmepumpen

Kennzeichen: **FSKW25-...** (mit 25 mm Isolierwolle)

Aufbau Kennzeichen: FSKW25-(Nennweite)



Der flexible Aluminiumschlauch ist ein flexibler, starker Laminatschlauch speziell für den Einsatz mit Wärmepumpen. Der Schlauch besteht aus einem Aluminiumlaminat Innenschlauch, eine Sperrschicht, eine thermische Isolierwollschicht und einem glasfaserverstärkten Außenmantel mit Co-Polymer-Schicht. Der Schlauch lässt sich problemlos an runden und ovalen Anschlussstücken montieren. Materialaufbau: Aluminiumlaminat / Polyester-sperrschicht / Isolierwolle / Aluminiumlaminat mit Co-Polymer-Schicht

### Anwendungsbereiche:

- Wärmepumpen
- Mechanische Be- und Entlüftungssysteme
- Luftaufbereitungssysteme

### Einschränkungen im Anwendungsbereich:

- Nicht geeignet für das Transportieren von Luft mit Konzentration an Lösungsmittel, Säuren und Basen
- Nicht geeignet für das Abführen von Verbrennungsgasen

### Dämmwerte:

- R-Wert 25 mm Isolierwolle: 0,69 m<sup>2</sup>K/W (ASTM C177-76)
- R-Wert 50 mm Isolierwolle: 1,40 m<sup>2</sup>K/W (ASTM C177-76)

### Technische Daten:

- Länge: 6 m
- Temperaturbereich °C: -30 bis +140
- Maximaler Betriebsdruck (Pa): 3000
- Maximale Luftgeschwindigkeit (m/s): 30
- Minimaler Biegeradius: 0,58 x Ø + Isolierstärke

### 25 mm Dämmung:

Kennzeichen	DN
FSKW25-80	80
FSKW25-100	100
FSKW25-125	125
FSKW25-150	150
FSKW25-160	160
FSKW25-180	180
FSKW25-200	200
FSKW25-224	224
FSKW25-250	250
FSKW25-300	300
FSKW25-315	315
FSKW25-355	355
FSKW25-400	400
FSKW25-450	450
FSKW25-500	500
FSKW25-560	560
FSKW25-610	610
FSKW25-635	635

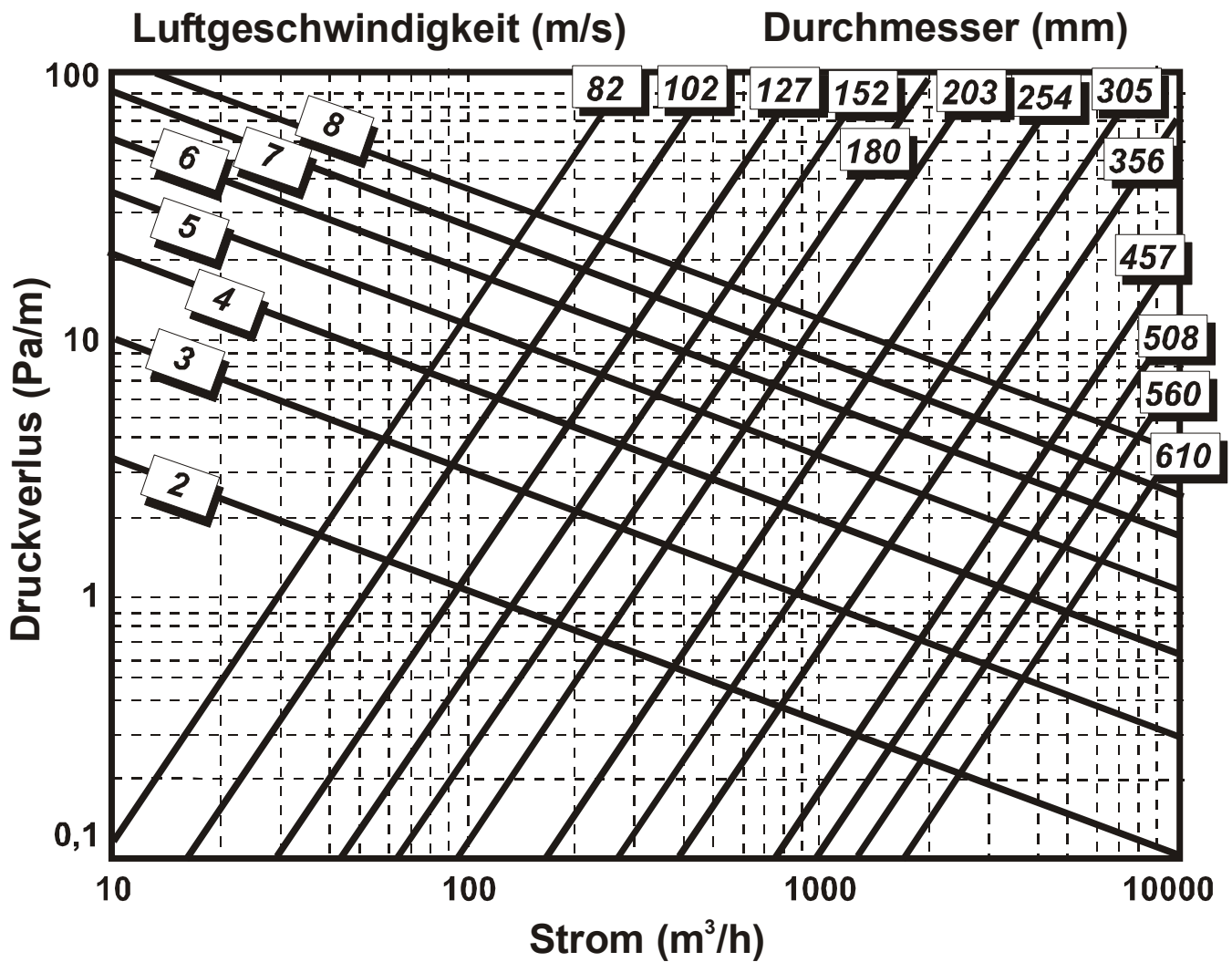
**Flexibler Aluminiumschlauch mit thermische Isolierwolle und Kunststoffummantelung  
Speziell für den Einsatz mit Wärmepumpen**

Kennzeichen: FSKW25-... (mit 25 mm Isolierwolle)

Aufbau Kennzeichen: FSKW25-(Nennweite)



**Druckverlust Diagramm:**





## Flexibler Aluminiumschlauch mit akustischer und thermische Isolierwolle und Kunststoffummantelung Speziell für den Einsatz mit Wärmepumpen

Kennzeichen: **FSKWS25-...** (mit 25 mm Isolierwolle)

Kennzeichen: **FSKWS50-...** (mit 50 mm Isolierwolle)

Aufbau Kennzeichen: FSKWS25-(Nennweite)

Der flexible Aluminiumschlauch ist ein flexibler, starker Laminatschlauch speziell für den Einsatz mit Wärmepumpen. Der Schlauch besteht aus einem perforierten Aluminiumlaminat Innenschlauch, eine Sperrschicht, eine akustische und thermische Isolierwollschicht und einem glasfaserverstärkten Außenmantel mit Co-Polymer-Schicht. Der Schlauch lässt sich problemlos an runden und ovalen Anschlussstücken montieren.

Materialaufbau: Perforiertes Aluminiumlaminat / Polyestersperrschicht / Isolierwolle / Aluminiumlaminat mit Co-Polymer-Schicht

### Anwendungsbereiche:

- Wärmepumpen
- Mechanische Be- und Entlüftungssysteme
- Luftaufbereitungssysteme

### Einschränkungen im Anwendungsbereich:

- Nicht geeignet für das Transportieren von Luft mit Konzentration an Lösungsmittel, Säuren und Basen
- Nicht geeignet für das Abführen von Verbrennungsgasen

### Dämmwerte:

- R-Wert 25 mm Isolierwolle: 0,69 m<sup>2</sup>K/W (ASTM C177-76)
- R-Wert 50 mm Isolierwolle: 1,40 m<sup>2</sup>K/W (ASTM C177-76)

### Technische Daten:

- Länge: 6 m
- Temperaturbereich °C: -30 bis +140
- Maximaler Betriebsdruck (Pa): 3000
- Maximale Luftgeschwindigkeit (m/s): 30
- Minimaler Biegeradius: 0,58 x Ø + Isolierstärke

### Nennweite 25 mm Dämmung:

Kennzeichen	DN
FSKWS25-80	80
FSKWS25-100	100
FSKWS25-125	125
FSKWS25-150	150
FSKWS25-160	160
FSKWS25-180	180
FSKWS25-200	200
FSKWS25-224	224
FSKWS25-250	250
FSKWS25-300	300
FSKWS25-315	315
FSKWS25-355	355
FSKWS25-400	400
FSKWS25-450	450
FSKWS25-500	500
FSKWS25-560	560
FSKWS25-610	610
FSKWS25-635	635

### Nennweite 50 mm Dämmung:

FSKWS50-400	400
FSKWS50-610	610

**Flexibler Aluminiumschlauch mit akustischer und thermische Isolierwolle und Kunststoffummantelung  
Speziell für den Einsatz mit Wärmepumpen**

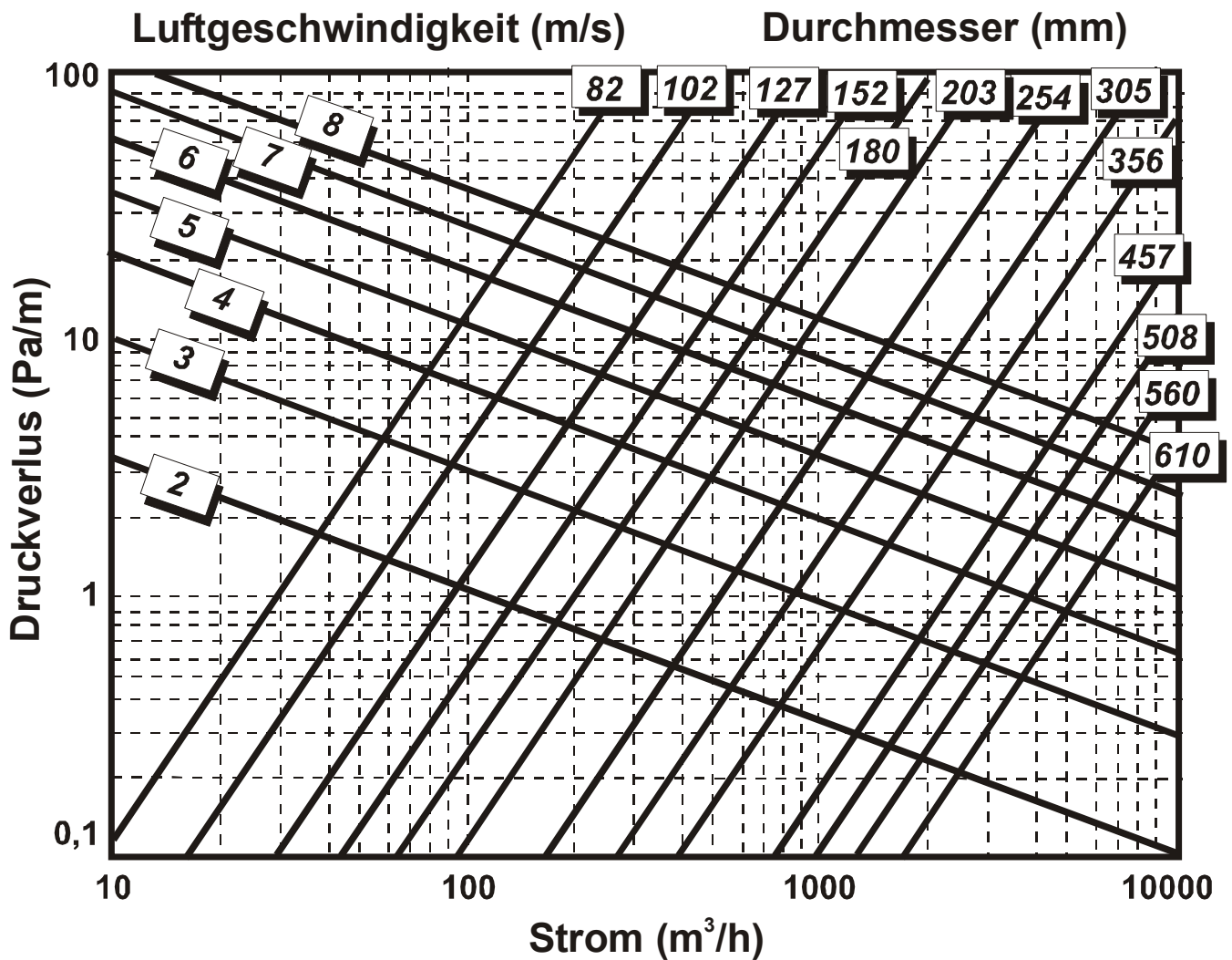
Kennzeichen: FSKWS25-... (mit 25 mm Isolierwolle)

Kennzeichen: FSKWS50-... (mit 50 mm Isolierwolle)

Aufbau Kennzeichen: FSKWS25-(Nennweite)



**Druckverlust Diagramm:**





## Berechnung Druckverlust flexible Lüftungsrohre

Der Einfluss einiger Parameter auf die Reibungs- und Widerstandskoeffizienten der Schläuche- und Biegungen ist von TNO untersucht worden (Zulassungsnummer 90-042/R.24/LIS).

Die folgenden Parameter sind untersucht worden: Schlauchtyp, Schlauchdurchmesser, Komprimieren (Längsrichtung), Strömungsrichtung, Luftgeschwindigkeit und Form der Biegung.

Aus der Untersuchung hat sich folgendes ergeben:

- Der Schlauchtyp beeinflusst den Reibungskoeffizient nur bei maximal gestreckten Schläuchen (0% komprimiert). Das Maß des Komprimierens hat einen großen Einfluss auf den Reibungskoeffizient. Mit nur einer 5% Komprimierung kann der Reibungskoeffizient schon verdoppelt werden. Der Einfluss des Schlauchtyps ist dann zu vernachlässigen
- Der Einfluss des Schlauchdurchmessers (102 mm bis zu 305 mm), die Luftgeschwindigkeit (2m/s bis zu 6 m/s) und die Strömungsrichtung auf die Reibungskoeffizient kann vernachlässigt werden
- Die Widerstandskoeffizient der Biegungen sind nahezu unabhängig vom Schlauchtyp

### Zeichenerklärung:

D	Schlauchdurchmesser	[m]
f	Reibungskoeffizient	[-]
i	Komprimierungsprozentsatz gemäß Formel (3)	[-]
k	Wandrauhigkeit	[m]
L	Tatsächliche Schlauchlänge	[m]
Le	Äquivalente Länge gemäß Formel	[m]
Li	Länge Einstromungsbereich	[m]
Lm	Maximale Schlauchlänge	[m]
$\Delta p$	Druckverlust	[Pa]
Pb	Barometerdruck	[mbar]
Ph	Druck in der Testabteilung	[Pa]
R	Radius der Biegung	[m]
Re	Reynoldszahl	[-]
T	Temperatur	[°C]
U	Durchschnittsgeschwindigkeit	[m/s]
$\lambda$	Widerstandskoeffizient	[-]
$\nu$	Kinematische Viskosität	[m <sup>2</sup> /s]
$\rho$	Dichtigkeit	[kg/m <sup>3</sup> ]

### Einleitung:

Der Druckverlust eines Schlauches, bestehend aus geraden Teilen und Biegungen, hängt teilweise von den Reibungskoeffizienten des Schlauches und von den Widerstandskoeffizienten der Biegung ab.

Um der Druckverlust in einem Schlauch zu berechnen, müssen diese Koeffizienten bekannt sein. TNO hat den Einfluss einiger Parameter auf diese Koeffizienten gemessen.

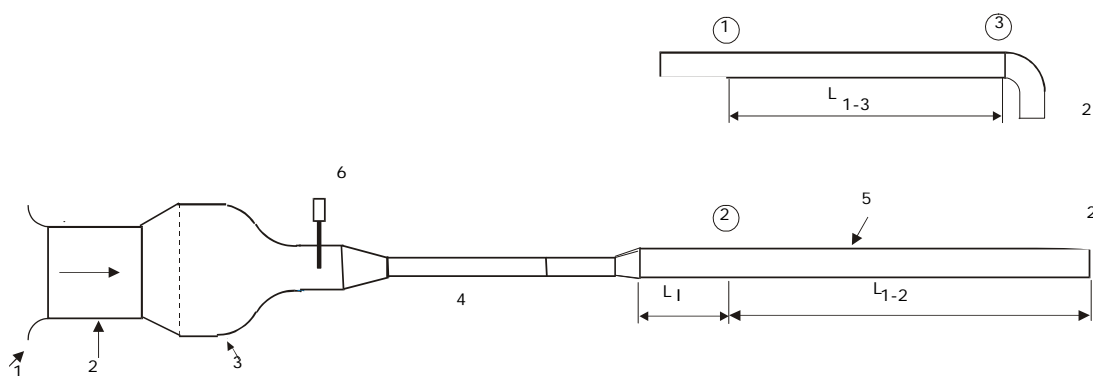
Bei der Untersuchung der Schläuche ist der Einfluss der folgenden Parameter auf die Reibungskoeffizienten bestimmt:

- Schlauchtyp, Schlauchdurchmesser, Maß der Komprimierung, Strömungsrichtung, Luftgeschwindigkeit

Beim Untersuchen der Biegungen ist der Einfluss der folgenden Parameter auf die Widerstandskoeffizienten geprüft worden:

- Form der Biegung, Schlauchtyp

Für die Untersuchung ist eine Messanordnung gebaut worden, siehe Abbildung.



## Berechnung Druckverlust flexible Lüftungsrohre

Nachfolgend sind die Formeln, womit der Druckverlust über einen geraden Teil des Schlauches oder eine Biegung berechnet wird, erwähnt.

Auf den Einfluss des Schlauchdurchmessers, der Rauigkeit der Innenwand und der Reynoldsnummer auf den Reibungskoeffizienten, sowohl als auf die äquivalenten Längen der Biegungen wird näher eingegangen.

### Druckverlust:

Im allgemeinen wird ein Schlauch mit einigen geraden Teilen und einigen Biegungen montiert. Bei Strömung eines Gases durch einen Schlauch entsteht ein Druckverlust über jeden geraden Schlauchteil und über jede Biegung. Beim Bestimmen der Druckhöhe des Ventilators muss der Druckverlust berechnet werden.

Falls die Luft eine andere Temperatur als 0°C hat, sollte der Druckverlust, abgeleitet von dem Diagramm, mit einem Korrekturfaktor multipliziert werden. Der Korrekturfaktor = 273 / (273+T)

### Gerader Schlauchteil:

Der Druckverlust (auch Druckabfall oder Widerstand genannt) über einen geraden Schlauchteil kann mit der folgenden Formel berechnet werden:

In dieser Formel ist:

$\Delta p$ der Druckverlust	[Pa]	$\Delta p = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{1}{2} \rho U^2$
$f$ der Reibungskoeffizient des Schlauches	[-]	
$L$ die (tatsächliche) Schlauchlänge	[m]	
$D$ der Schlauchdurchmesser	[m]	
$\rho$ die Dichte des Gases	[kg/m <sup>3</sup> ]	
$U$ die Durchschnittsgeschwindigkeit		

Aus der Formel kann folgendes abgeleitet werden:

- der Druckverlust ist proportional zu dem Reibungskoeffizient
- der Druckverlust ist proportional zu der Dichte des Gases

Für (trockene) Luft ist die Dichte:

In dieser Formel ist:

$P_b$ der Barometerdruck in millibar	$\rho = 1.293 \cdot \frac{P_b}{1013} \cdot \frac{273}{273 + T}$
$T$ die Temperatur in °C	

Aus dem Moody-Diagramm [1] für Schläuche kann folgendes abgeleitet werden:

- der Reibungskoeffizient lässt mäßig nach wenn die Reynoldsnummer zunimmt ( $Re = Ut D/\nu$ )
- der Reibungskoeffizient lässt nach wenn die relative Rauigkeit abnimmt  $k/D$

Hieraus folgt:

- der Reibungskoeffizient nimmt mäßig ab bei zunehmender Geschwindigkeit (höhere Re-Nummer)
- der Reibungskoeffizient nimmt bei zunehmenden Durchmessern ab, bei gleich bleibender Wandrauigkeit (höhere Re-Nummer und abnehmende relative Rauigkeit)

Die Wandrauigkeit wird bestimmt durch:

- den Schlauchtyp
- der Maß des Komprimierens

Der Maß des Komprimierens wird wie folgt definiert:

In dieser Formel ist:

$L_m$ die maximale Schlauchlänge	$i = \frac{L_m - L}{L_m} \cdot 100\%$
$L$ die tatsächliche Schlauchlänge	

Der Einfluss des Schlauchtyps auf den Reibungskoeffizient ist bei 0% komprimieren bestimmt. Die tatsächliche Schlauchlänge ist identisch mit der maximalen Länge.

## Berechnung Druckverlust flexible Lüftungsrohre

### Biegungen:

Der Druckverlust einer Biegung kann mit der folgenden Formel berechnet werden:

In dieser Formel ist:

$\Delta p$	der Druckverlust	[Pa]	$\Delta p = \zeta \cdot \frac{1}{2} \rho U^2$
$\zeta$	der Widerstandskoeffizient der Biegung	[-]	
$\rho$	die Dichte des Gases	[kg/m <sup>3</sup> ]	
$U$	die Durchschnittsgeschwindigkeit	[m/s]	

Der Druckverlust einer Biegung ist größer in einer geschweißten Biegung mit der gleichen Biegung und Krümmungsradius. Die Reibungsverluste in einer Schlauchbiegung ist wesentlich größer. Bei einer Schlauchbiegung ist die Innenbiegung komprimiert. Die Durchflussoberfläche wird kleiner und die Strömungsgeschwindigkeit wird größer.

### Äquivalente Länge:

Die äquivalente Länge einer Biegung ist die Länge eines geraden Schlauches von dem der Druckverlust identisch ist mit dem Druckverlust über einer Biegung. Diese äquivalente Länge folgt aus:

$$\Delta p_s = f \frac{L}{D} \cdot \frac{1}{2} \rho U^2$$

$$\Delta p_b = \zeta \cdot \frac{1}{2} \rho U^2$$

Für  $\Delta p_s = \Delta p_b$  gilt:

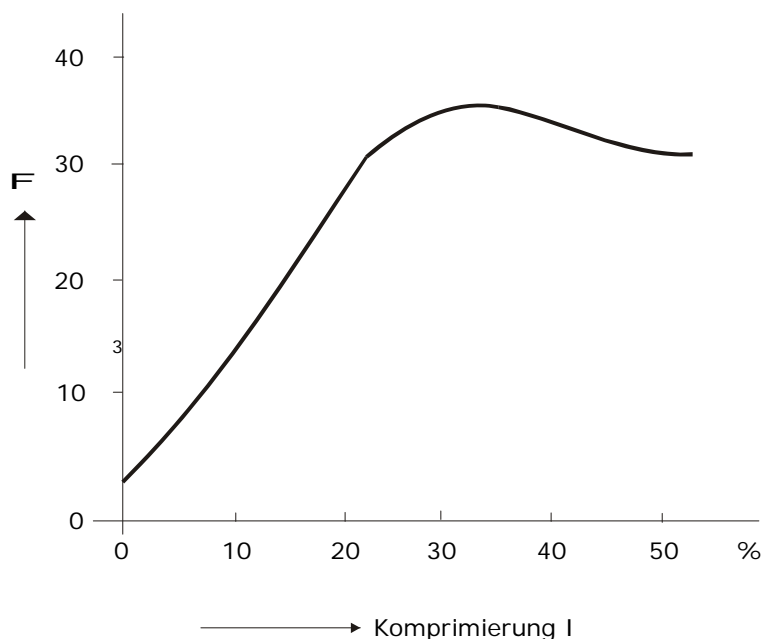
$$f \frac{L_e}{D} = \zeta$$

$$\text{oder } L_e = \frac{\zeta}{f} \cdot D$$

### Komprimieren:

Das Komprimieren der Schläuche hat einen großen Einfluss auf die Reibungskoeffizienten. So zeigt Abbildung die folgende Abbildung, dass bei einer Komprimierung von nur 5% sich der Reibungskoeffizient ungefähr verdoppelt.

Die Wandrauhigkeit der Innenseite des Schlauches nimmt bei einer geringeren Komprimierung sehr stark zu. Aus der folgenden Abbildung stellt sich heraus, dass der Reibungskoeffizient beim Komprimieren nahezu linear zunimmt, falls die Komprimierung kleiner als 20% ist. Pro Komprimierungsprozent beträgt die Zunahme des Reibungskoeffizienten etwa 0.01. Mit nur einer 3% Komprimierung wird der Reibungskoeffizient ca. 0.03 zunehmen. Diese Zunahme ist genau so groß wie die Unterschiede, welche bei fünf verschiedenen Schlauchtypen gemessen worden sind.

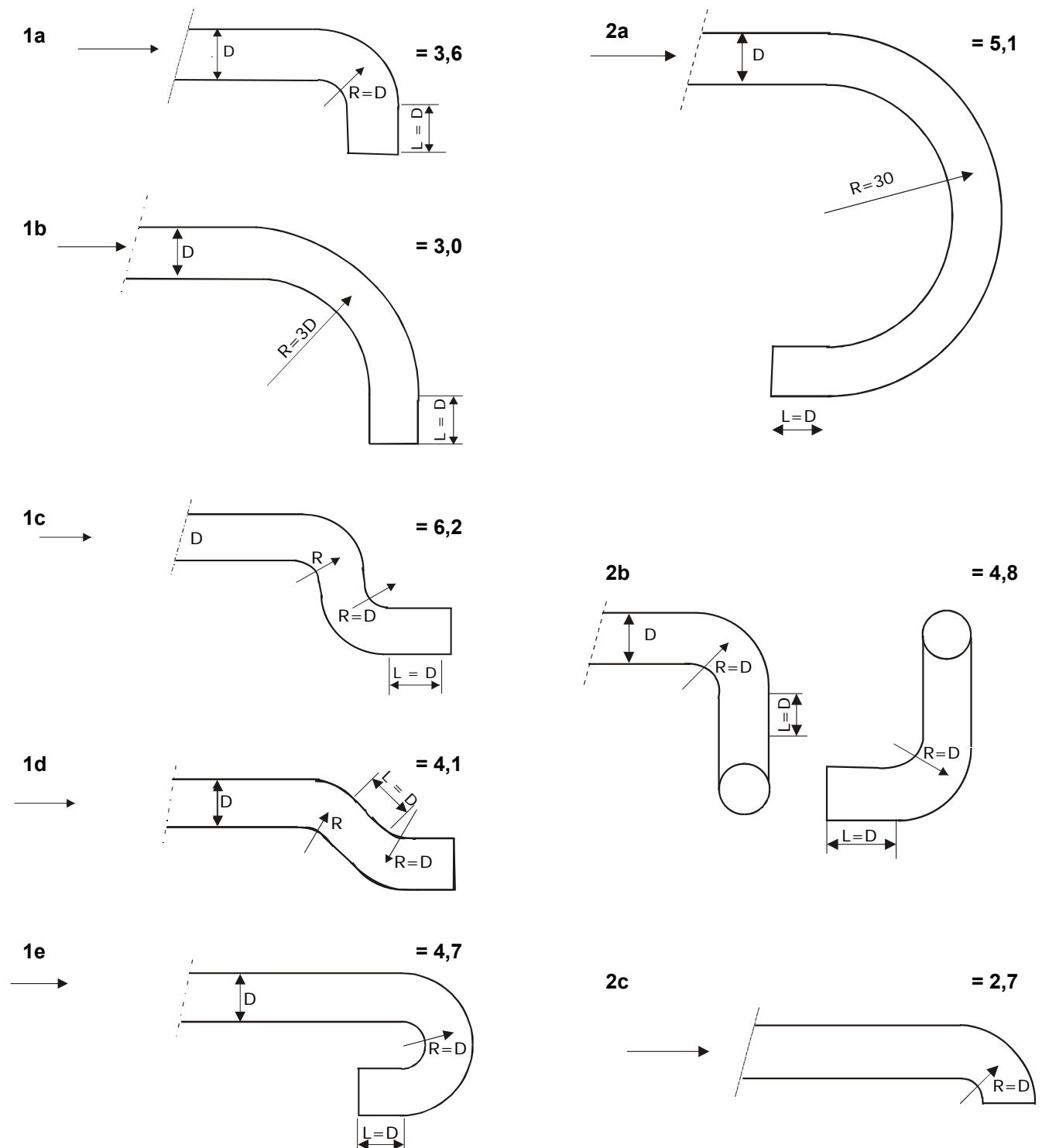


## Berechnung Druckverlust flexible Lüftungsrohre

### Widerstandskoeffizienten der Biegungen:

Die Widerstandskoeffizienten der getesteten Biegungen sind in den Abbildungen 1 und 2 wiedergegeben. Es stellt sich heraus, dass die Luftgeschwindigkeit nahezu keinen Einfluss auf die Größe des Widerstandskoeffizienten hat. Aus den Abbildungen 1a, 2a und 2b sieht man, dass eine Zunahme vom Krümmungshalbmesser der 90° Biegung eine Abnahme des Widerstandskoeffizienten zeigt und bei der 180° Biegung eine Zunahme. Vermutlich ist das die Folge der geringen Unterschiede der Rauigkeit dieser Biegungen, weil eine Biegung komprimierter ist als die andere. Auch könnte ein Unterschied in Strömungsstruktur in beiden Biegungen die Ursache sein.

Falls die Luft eine andere Temperatur als 0°C hat, sollte der Druckverlust, abgeleitet von dem Diagramm, mit einem Korrekturfaktor multipliziert werden. Der Korrekturfaktor =  $273 / (273+T)$ .



## Berechnung Druckverlust flexible Lüftungsrohre

Druckverlust Diagramme der Biegungen:

