

## 4. Die Dampfleitung

Das folgende Kapitel ist den Dampfleitungen gewidmet. Dabei bleiben manche Dinge zu den eigentlichen Rohrleitungen unerwähnt oder werden nur am Rande gestreift, weil diese Ausführungen lediglich als Ergänzung der sonstigen Fachliteratur gedacht sind; sie können Ausbildung und Berufserfahrung in der Montage von Dampfleitungen nicht ersetzen.

Für den Fachmann soll der Nutzen darin bestehen, dass Erfahrungen der Betriebspraxis weitergegeben werden, die in den Handbüchern oder im Studium zu kurz kommen oder unerwähnt bleiben; für den mehr am Rande Interessierten, z. B. den verantwortlichen Einkäufer, soll die Auswahl und die Erklärung das Verstehen erleichtern. Für beide Personengruppen gilt: Die Praxis ist so vielseitig, dass das Heil nicht in den Rezepten liegen kann, sondern nur im Verständnis der Zusammenhänge.

### 4.1 Rohrwerkstoff und Nenndruck

Für Dampf- und Kondensatleitungen kommen hauptsächlich nahtlose Rohre nach DIN 1629 in Frage. Die allgemeinen Verwendungshinweise dieser Norm können Sie dem beiliegenden Auszug entnehmen. Welches Material und welche Wanddicke im Einzelfall einzusetzen sind, das muss jeweils anhand der auftretenden Drücke und Temperaturen errechnet bzw. den Berechnungsunterlagen des Herstellers entnommen werden.

Um eine Unzahl von „zulässigen Betriebsüberdrücken“ zu vermeiden, wurden die in der Praxis vorkommenden Drücke in wenige Druckbereiche eingeteilt, deren jeweiliger Höchstwert den Bereich kennzeichnet und *Nenndruck* genannt wird, abgekürzt „PN“.

Die frühere Bezeichnung für den Nenndruck „ND“, die man noch in vielen Unterlagen findet, wurde durch „PN“ ersetzt, um sie im internationalen Gebrauch verwendbar zu machen. „Nenndruck 25“ oder „PN 25“ heißt zunächst „zulässiger Betriebsüberdruck bis 25 bar bei 20 °C“.

Die wichtigsten dieser Nenndrücke sind: PN 6, 10, 16, 25, 40, 63 (früher 64), 100, 160, 250, nähere Angaben siehe DIN EN 1333.

PN	6	Kleinanlagen
	10	
	16	Übliche Dampfanlagen
	25	
	40	
	63	
	100	Turbinen/Kraftwerk
	160	
	250	

Es genügt nun, zu einem Rohrleitungsteil – Rohrstück oder Armatur – den Nenndruck anzugeben, um seinen Einsatz-

bereich zu kennzeichnen: Ein „Ventil PN 25“ ist bei 20 °C bis  $p_e = 25$  bar einsetzbar.

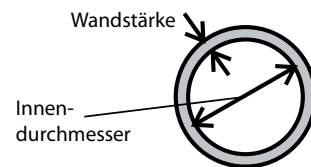
Die Festigkeit der Werkstoffe nimmt mit zunehmender Temperatur ab; deshalb darf ein Ventil PN 25 nicht mit Dampf von  $p_e = 25$  bar und 300 °C betrieben werden. DIN EN 10216 gibt Hinweise, bis zu welchen Drücken man Rohrleitungsteile eines bestimmten Nenndrucks bei höheren Temperaturen einsetzen kann. Ist ein Ventil PN 25 beispielsweise aus Stahlguss GS-C 25, dann kann es im Allgemeinen bei 200 °C bis  $p_e = 22$  bar, bei 300 °C bis  $p_e = 17$  bar, bei 400 °C bis  $p_e = 13$  bar eingesetzt werden; über 400 °C ist ein anderes Material, etwa GS-22 Mo 4 zu verwenden.

Aus den genannten Normen ersehen Sie weiter, dass für Dampf- und Kondensatleitungen bis  $p_e = 10$  bar/183 °C „nahtlose Stahlrohre in Handelsgüte“ (Werkstoff St 00 DIN 1629) zulässig sind. Bis  $p_e = 24$  bar/300 °C können nahtlose Stahlrohre aus St 35 in Ausführung PN 40 oder PN 64 eingesetzt werden (ohne Abnahmezeugnis). Über 300 °C sind Rohre aus „warmfesten“ Stählen zu verwenden (DIN EN 10216).

In den letzten Jahren sind eine Reihe von Werkstoffnormen überarbeitet worden. Wir verwenden die noch weit gebräuchlichen Bezeichnungen, eine Übersicht der neuen finden Sie in Anhang 9 und 10.

### 4.2 Die Nennweite

Rohre für allgemeine Zwecke des Rohrleitungsbaus werden nicht auf Bestellung angefertigt – das wäre viel zu teuer und würde zu lange dauern – sondern nach Lagerlisten. Dabei muss man natürlich die Zahl der gefertigten Rohrdurchmesser beschränken. Es wäre zu aufwendig, zwischen 10 und 100 mm Innendurchmesser etwa 90 verschiedene Rohrweiten zu liefern. Das ist auch gar nicht nötig, denn die Rohrnetzrechnungen sind ja stets mit Ungenauigkeiten und Sicherheitszuschlägen beladen, so dass es sinnlos wäre, ein genau dem Rechenergebnis entsprechendes Rohr zu verlegen.



Nennweite DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80
Innendurchmesser mm	13,6	17,3	22,3	28,5	37,2	43,1	54,5	70,3	82,5
Nennweite DN	100	125	150	200	250	300	350	400	500
Innendurchmesser mm	107,1	131,7	159,3	207,3	260,4	309,7	339,6	388,8	486

Es genügt völlig, wenn Rohrweiten verfügbar sind, deren Querschnitte – und damit die Kapazität der Leitung – sich von Durchmesser zu Durchmesser um etwa 60 bis 100 % erhöhen. Dann benötigt man zwischen 10 und 100 mm nicht beispielsweise 90 Rohrweiten in Abstufungen von 1 mm, sondern nur 10 Rohrweiten mit Innendurchmessern von (etwa) 10, 15, 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80 und 100 mm. Hat

man z. B. errechnet, dass eine Leitung von 37,5 mm Innendurchmesser nötig ist, dann nimmt man eben die nächstgrößere (40 mm) oder unter Umständen die nächstkleinere (32 mm) Leitung.

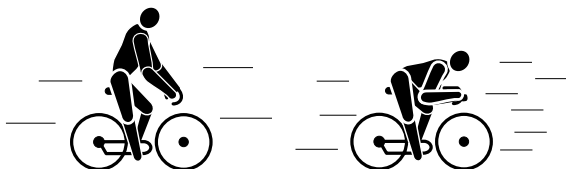
Diese Überlegungen gelten in gleicher Weise für alle Teile, die mit den Leitungsrohren verbunden werden, also für Rohrverbindungen, Formstücke (Fittings) und Armaturen – nur müssen die Größennormen so festgelegt werden, dass diese Teile alle zusammenpassen. Das ist der Zweck der sogenannten *Nennweite*, nach einem internationalen Übereinkommen abgekürzt „DN“ (früher „NW“): Teile einer bestimmten Nennweite und gleicher Druckstufe passen anschlussmäßig zueinander. (Ob sie funktionsmäßig zueinander passen, ist eine ganz andere Sache!)

Nun sind aber je nach Material (Kupfer oder Stahl) und je nach Betriebsüberdruck (2 bar oder 150 bar) unterschiedliche Wanddicken der Rohre und Rohrleitungsteile nötig. Aus diesem Grund konnte man nicht den Innendurchmesser für alle Anwendungsfälle festlegen; um ein Zusammenpassen der Rohrleitungsteile zu erreichen, wird vielmehr der Außendurchmesser festgelegt – die „Nennweite“ gibt nur den ungefähren Innendurchmesser an. DN 50 ist z. B. normalerweise ein Rohr mit 60,3 mm Außendurchmesser und 2,9 mm Wanddicke, also 54,5 mm Innendurchmesser (DIN EN ISO 6708). Die Nennweite ist also nur eine Richtgröße für den Innendurchmesser – aber auch für das Zusammenpassen der Rohrleitungsteile sind weitere Angaben wie Außendurchmesser, Wanddicke, Gewindeart usw. erforderlich. Im Anhang finden Sie einen Auszug aus DIN EN 10220 über Nennweiten.

Für allgemeine Betrachtungen genügt es, den Innendurchmesser eines Rohres DN 50 mit 50 mm anzunehmen. Bei genaueren Berechnungen ist es dagegen besser, den wahren Innendurchmesser der verwendeten Rohrsorte zugrunde zu legen.

### 4.3 Die Auslegung von Dampfleitungen

Je schneller man mit dem Fahrrad fährt, desto größer werden der Luftwiderstand und die Reibung, desto mehr Energie muss man fürs Treten aufbringen. Ähnlich geht es dem Dampf in der Rohrleitung, wo zwar (hoffentlich) kein Luftwiderstand, dafür aber die Reibung an der Rohrwand zu überwinden ist:



Schickt man 800 kg/h Satttdampf von  $p_e = 10$  bar durch eine 300 m lange Leitung DN 65, dann strömt der Dampf darin mit einer Geschwindigkeit von 13 m/s und verliert auf den 300 Metern etwa 0,5 bar Druck, d. h. am Leitungsende herrscht ein Dampfdruck von  $p_e = 9,5$  bar. Wird der Druck am Leitungsende aus irgendeinem Grund höher, dann strömt weniger als 800 kg/h, wird der Enddruck niedriger, dann strömt mehr als 800 kg/h – bei 13 m/s brauchen

800 kg/h unter den genannten Umständen eben eine Druckdifferenz bzw. einen Druckabfall von 0,5 bar.

Sollte die gleiche Dampfmenge durch eine Leitung DN 40 geschickt werden, dann ginge das nur, wenn man den Druck am Ende der Leitung auf  $p_e = 2,4$  bar ermäßigte; der Dampf würde in dieser Leitung also 7,6 bar seines Druckes verlieren und am Leitungsende mit rund 100 m/s strömen – allerdings nicht lange, denn die Leitung wäre infolge der hohen Strömungsgeschwindigkeit bald zerstört; benötigt man am Leitungsende einen Druck von mindestens  $p_e = 8,6$  bar, dann gehen durch die Leitung DN 40 nicht mehr als rund 370 kg/h durch; diese Menge strömt mit rund 17 m/s.

Lange Dampfleitungen müssen deshalb so ausgelegt werden, dass sowohl Druckabfall als auch Geschwindigkeit in den zulässigen Grenzen bleiben. Bei Heißdampfleitungen ist ferner zu beachten, dass der Dampf in der Leitung abkühlt und dass die Überhitzung ganz oder teilweise verlorengeht.

#### Beispielhafte Druckverluste:

Dampfmenge [kg/h]	Dampfdruck [bar <sub>a</sub> ]	Nennweite	Druckabfall [bar/100m]
100	2	DN 32	0,20
500	2	DN 80	0,07
1000	2	DN 100	0,07
100	10	DN 20	0,70
500	10	DN 40	0,50
1000	10	DN 65	0,02
5000	10	DN 125	0,12
100	25	DN 15	1,30
500	25	DN 25	2,00
1000	25	DN 40	0,80
5000	25	DN 80	0,60

Bei kürzeren Leitungen ist der Druckabfall nicht so wichtig; selbst in der zu kleinen Leitung DN 40 in obigem Beispiel sinkt der Dampfdruck bei 20 m Leitungslänge nur um rund 0,35 bar, also von den angenommenen  $p_e = 10$  bar auf rund  $p_e = 9,65$  bar. Das ist im Allgemeinen durchaus zulässig. Bei der Auslegung kurzer Leitungen kann man deshalb im Allgemeinen den Druckabfall unberücksichtigt lassen. Wichtig ist jedoch, dass die Dampfgeschwindigkeit nicht zu groß wird, weil sonst die Leitung zu stark beansprucht wird. Andererseits soll die Leitung nicht größer sein als unbedingt nötig, weil sie sonst unnötig teuer wäre.

In den meisten Industrieländern ist es üblich, für Satttdampfleitungen Geschwindigkeiten von 20 bis 30 m/s, mitunter bis 40 m/s zuzulassen: Die Erfahrung hat die Zulässigkeit dieser Werte bestätigt. Bei höheren Geschwindigkeiten dagegen wäre mit Schäden, insbesondere durch die abschleifende Wirkung der vom Satttdampf mitgeführten Wasserteilchen, zu rechnen. Da überhitzter Dampf keine Wasserteilchen enthält, darf er schneller strömen: 40 bis 60 m/s sind gebräuchliche Geschwindigkeiten für Heißdampf. Fassen wir zusammen:

4.3.1 Auslegungsdiagramm für Sattdampfleitungen

