



Sachgebiet: Druckprüfungen

Schlagwörter: Innendruckprüfung, Druckprüfung, Druckrohr, beschleunigtes Normalverfahren

1 Anwendungsbereich

Diese Werknorm gilt in Verbindung mit dem DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 für die Innendruckprüfung im beschleunigten Normalverfahren von mit Zementmörtel ausgekleideten Druckleitungen für Wasser aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 545 und WN 545 sowie für Stahlleitungen nach WN 544. Dieses Prüfverfahren ist nur für neu verlegte Rohrleitungen der Nennweiten DN 80 bis DN 600 anwendbar. Die Sicherheitsvorkehrungen für eine Druckprüfung sind nicht Bestandteil dieser Norm. Sie sind dem DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 zu entnehmen. Die dazu erforderlichen Maßnahmen sind vom bauausführenden Fachunternehmen vorzunehmen.

Bei nicht längskraftschlüssig verlegten Druckrohren \geq DN 400 muss vor der Innendruckprüfung eine grün geprüfte Statik für sämtliche Widerlager und Absteifungen aller Art durch den Bauausführenden eingeholt und der Bauleitung der Berliner Wasserbetriebe vorgelegt werden.

2 Technische Angaben und Anforderungen

Die Rohrleitung ist in der gesamten Länge bis zu 3 km bzw. in Abschnitten zu prüfen. Alle Phasen der Innendruckprüfung sind mit einem geeichten Druckbandschreiber oder Datenlogger lückenlos zu erfassen und die Aufzeichnungen bzw. Datenblätter als Anlage zum Prüfprotokoll gemeinsam mit diesem 10 Jahre aufzubewahren. Die verwendeten Druckbandschreiber und Manometer müssen einen für die Prüfaufgabe geeigneten Messbereich aufweisen.

Bei kurzen Prüfabschnitten und kleinen Nennweiten ist auch das bei der Druckabfallprüfung zu entnehmende Wasservolumen sehr klein. Dem ist bei der Auswahl des zu verwendenden Messbeckers Rechnung zu tragen. Die Rohre und Schläuche der Prüfarmaturen, Schreiber und Messgeräte müssen ebenfalls entlüftet sein.

Bereits sehr kleine Temperaturschwankungen im Prüfsystem haben bei geringem Restluftvolumen erhebliche Auswirkungen auf den Innendruck. Daher ist insbesondere bei der Hauptprüfung darauf zu achten, dass Störeinflüsse wie Sonneneinstrahlung oder Regen nicht direkt auf die Rohrwand einwirken können.

Der Systemprüfdruck (STP) errechnet sich bei einem höchsten Systembetriebsdruck (MDP)¹⁾ wie folgt:

$$\text{STP} = \text{MDP} \times 1,5$$

oder

$$\text{STP} = \text{MDP} + 5 \text{ bar}$$

Es gilt der jeweils niedrigere Wert.

Demzufolge ist ein Systemprüfdruck von **15 bar** am tiefsten Punkt der Leitung aufzubringen.

Das beschleunigte Normalverfahren wird in drei Phasen durchgeführt:

- Sättigungsphase
- Druckabfallprüfung
 - für Druckverlustmethode bzw.
 - für Wasserverlustmethode
- Hauptprüfung

¹⁾ Der höchste Systembetriebsdruck (MDP) beträgt für die Rohrnetze der Berliner Wasserbetriebe im Regelfall 10 bar.

Fortsetzung Seite 2 bis 7

2.1 Sättigungsphase

Der zu prüfende Leitungsabschnitt ist mit Wasser zu befüllen und durch geeignete Maßnahmen zu entlüften. Die besten Ergebnisse werden erzielt, wenn die Befüllung insbesondere der grabenlos verlegten Druckrohre mit Hilfe eines Molches bzw. Schaumgummiballs erfolgt. Die Wasserzugabe bis zum Erreichen des Systemprüfdruckes wird in Abschnitten von einem bar gemessen und im Eingabefeld des Formulars „Drucksteigerungsdiagramm“^{a)} dokumentiert.

Bei größeren Nennweiten und langen Prüfabschnitten ist es sinnvoll, den prozentualen Luftanteil in der Anfangsphase der Drucksteigerung zu berechnen, um über die Fortsetzung der Prüfung zu entscheiden oder eine nochmalige Entlüftung zu veranlassen (siehe Druckprüfungsprotokoll 2. Seite^{a)}). Die Sättigungsphase über eine Zeitspanne von 30 Minuten dient der definierten Wassersättigung der Zementmörtelauskleidung bei Systemprüfdruck. Dieser ist spätestens nach einem Druckabfall von 0,5 bar wieder herzustellen.

2.2 Druckabfallprüfung

2.2.1 Druckabfallprüfung bei der Druckverlustmethode

Luft in der Prüfstrecke täuscht bei geringfügig undichten Leitungen Dichtheit vor. Die Druckabfallprüfung ermöglicht eine Aussage über das in der Leitung verbliebene Restluftvolumen.

Zum Ende der Sättigungsphase ist der Systemprüfdruck exakt einzustellen. Im Anschluss daran wird der Leitung ein definiertes Wasservolumen ΔV_{erf} entnommen, welches sich wie folgt errechnet:

$$\Delta V_{\text{erf}} = \frac{\text{DN} \times L}{100 \times k}$$

hierbei bedeuten:

ΔV_{erf}	erforderliche vorzunehmende Volumenänderung durch Wasserentnahme (cm ³)
k	Proportionalitätsfaktor, k = 1m/ cm ³
DN	Nennweite (ohne Einheit)
L	Leitungslänge (m)

Nach der Entnahme von ΔV_{erf} muss der Mindestdruckabfall Δp_{min} aus Tabelle 1 erreicht oder überschritten sein. Damit ist eine ausreichende Entlüftung nachgewiesen. Anderenfalls ist die Druckprüfung abzubrechen und nach vorherigem Spülen/Entlüften zu wiederholen. Der tatsächlich gemessene Druckabfall Δp bei der Druckabfallprüfung gilt während der anschließenden Hauptprüfung als Grenzwert für den sättigungsbedingt maximal zulässigen Druckabfall.

^{a)} Pfadangabe: L:\RN\RN_pool_Druckprüfungen_Beschleunigtes Normalverfahren

Tabelle 1 – Mindestdruckabfall Δp_{\min} bei der Entnahme des Wasservolumens ΔV_{erf} zum Nachweis ausreichender Entlüftung

Nennweite DN	Mindestdruckabfall Δp_{\min} (bar)
80	1,4
100	1,2
150	0,8
200	0,6
300	0,4
400	0,3
500	0,2
600	0,1

2.2.2 Druckabfallprüfung bei der Wasserverlustmethode

Luft in der Prüfstrecke täuscht bei geringfügig undichten Leitungen Dichtheit vor. Die Druckabfallprüfung ermöglicht eine Aussage über das in der Leitung verbliebene Restluftvolumen.

Im Anschluss an die Sättigungsphase wird der Leitung ein zu messendes Wasservolumen entnommen, um eine dem jeweiligen Nennweitenbereich zugeordnete Druckabsenkung zu erreichen. Siehe Formular „*Druckabfallprüfung beschleunigtes Normalverfahren Wasserverlustmethode*“.^{a)}

Die spezifische Druckabsenkung Δp im Formular ist so gewählt, dass ein praxisgerecht messbares Wasservolumen entnommen werden kann. Bei der Verwendung des in Excel gefertigten Formulars ist die vorgesehene Druckabsenkung entsprechend der Nennweite unbedingt einzuhalten, da diese automatisch in die Formel zur Berechnung von ΔV_{zul} eingesetzt wird. Die gelb unterlegten Felder kennzeichnen die zu tätigenen Pflichteingaben zur Materialart, Leitungslänge, zum Rohraußendurchmesser und zur Rohrwandstärke. Letztere sind für Stahlrohre der Werknorm WN 544 und für Gussrohre der DIN EN 545 bzw. der WN 545 zu entnehmen und werden ebenfalls automatisch in die Berechnungsformel eingesetzt. Für Stahlrohr ist ein Elastizitätsmodul von 210×10^6 kPa und für duktiles Gussrohr von 170×10^6 kPa zugrunde gelegt. Die verwendete Materialart ist im Eingabefeld des Formulars mit dem Buchstaben „x“ anzugeben. Bei Vollständigkeit der Angaben wird das Ergebnis für ΔV_{zul} ausgegeben. Dieses ist mit ΔV zu vergleichen. Wenn $\Delta V \leq \Delta V_{\text{zul}}$ ist, gilt der zu prüfende Leitungsabschnitt als ausreichend entlüftet. Bei unterschiedlichen Rohrmaterialien bzw. unterschiedlichen Nennweiten innerhalb eines Prüfabschnittes sind die jeweiligen Werte für ΔV_{zul} einzeln zu berechnen und entsprechend zu addieren.

^{a)} Pfadangabe: L:\RN\RN_pool_Druckprüfungen_Beschleunigtes Normalverfahren

2.3 Hauptprüfung

Mit der Hauptprüfung darf erst begonnen werden, wenn Sättigungsphase und Druckabfallprüfung erfolgreich abgeschlossen sind. Hierzu ist der Systemprüfdruck wieder aufzubringen.

2.3.1 Hauptprüfung bei der Druckverlustmethode

Bei der Druckverlustmethode entspricht der Grenzwert für den zulässigen Druckabfall während der Hauptprüfung von einer Stunde dem Wert des Systemprüfdruckes STP abzüglich des tatsächlichen Druckabfalls Δp aus der Druckabfallprüfung. Die Leitung gilt als dicht, wenn der Druck in gleichen Zeitabschnitten ständig abnimmt (bedingt durch die Nachsättigung des Zementmörtels), aber der Grenzwert für den zulässigen Druckabfall am Ende der Prüfung nicht unterschritten wird.

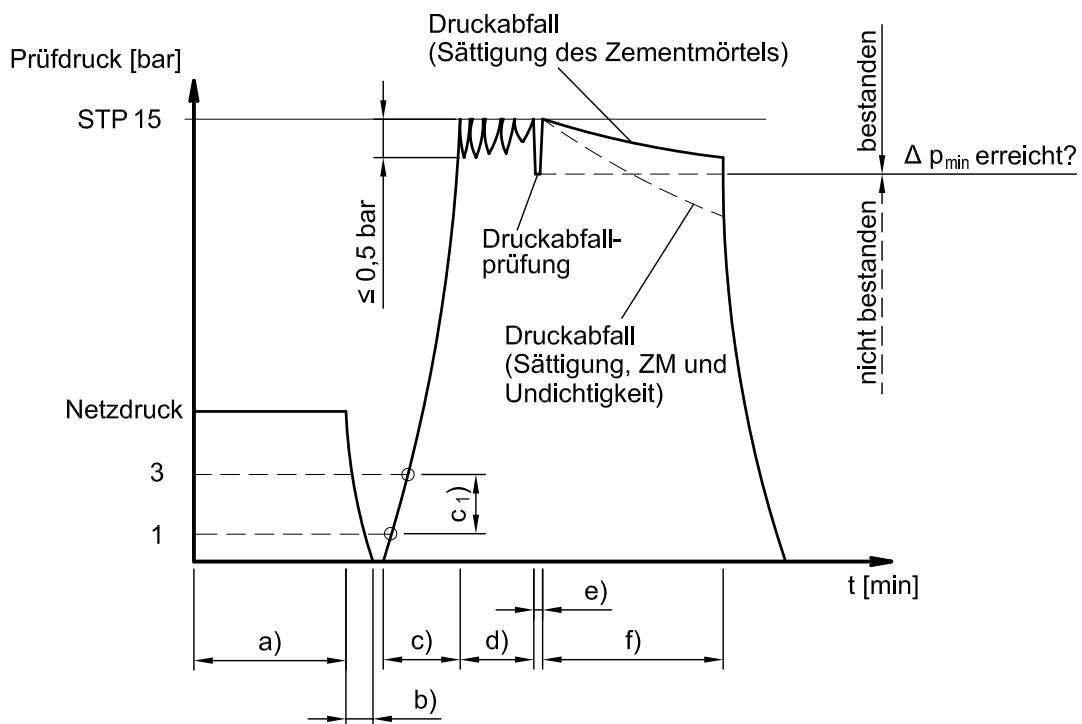


Bild 1 – Diagramm einer Druckprüfung im beschleunigten Normalverfahren nach der Druckverlustmethode

- a) Spülen (nach Befüllung und Entlüftung).
Es wird empfohlen, den gesamten Leitungsinhalt des Prüfabschnittes einmal unter Netzdruck auszutauschen, um auch kleinste Luftbläschen, welche beim (schnellen) Befüllen der Leitung durch Verwirbelungen eingetragen wurden, herauszuspülen. Mit hohen Fließgeschwindigkeiten können auch Etagen ohne Entlüftungsmöglichkeit an Druckleitungen \leq DN 150 entlüftet werden.
- b) Entspannen der Leitung
- c) Drucksteigerung durch Zugabe von Wasser bis zum Erreichen des Systemprüfdruckes
- c₁) Ermittlung der Wasserzugabe bei einer Drucksteigerung von 1...3 bar zur Berechnung des prozentualen Luftanteils (optional)
- d) Sättigungsphase (30 min)
- e) Druckabfallprüfung (Druckverlustmethode)
- f) Hauptprüfung (60 min)
- g) Entspannen der Leitung

2.3.2 Hauptprüfung bei der Wasserverlustmethode

Bei der Wasserverlustmethode wird der zulässige sättigungsbedingte Wasserverlust während der einstündigen Hauptprüfung errechnet mit:

$$\Delta V_{zul} = \frac{DN \times L}{100 \times k}$$

hierbei bedeuten:

- ΔV_{zul} zulässiger sättigungsbedingter Wasserverlust (cm³)
- k Proportionalitätsfaktor, k = 1m/ cm³
- DN Nennweite (ohne Einheit)
- L Leitungslänge (m)

Besteht der Prüfabschnitt aus Druckrohren unterschiedlicher Nennweiten, kann man den zulässigen Wasserverlust wie folgt berechnen:

$$\Delta V_{zul} = \frac{DN_1 \times L_1 + DN_2 \times L_2}{100 \times k}$$

Der mit dem tatsächlichen Wasserverlust einhergehende Druckabfall am Ende der Hauptprüfung wird durch Wasserzugabe ausgeglichen und damit der Systemprüfdruck wieder hergestellt. Das Volumen dieser Wasserzugabe entspricht dem tatsächlichen Wasserverlust während der Hauptprüfung. Da aber das Volumen während der Wasserzugabe insbesondere bei kleinen Mengen nur mit großem Aufwand zu ermitteln ist, kann man dieses nach Erreichen des Systemprüfdruckes durch anschließendes Ablassen und Auffangen im Messbecher bis zum Erreichen des Druckes - welcher am Ende der einstündigen Hauptprüfung gemessen wurde - recht einfach bestimmen.

Wenn der tatsächliche Wasserverlust kleiner ist als der zulässige sättigungsbedingte Wasserverlust ΔV_{zul} gilt die Druckleitung als dicht.

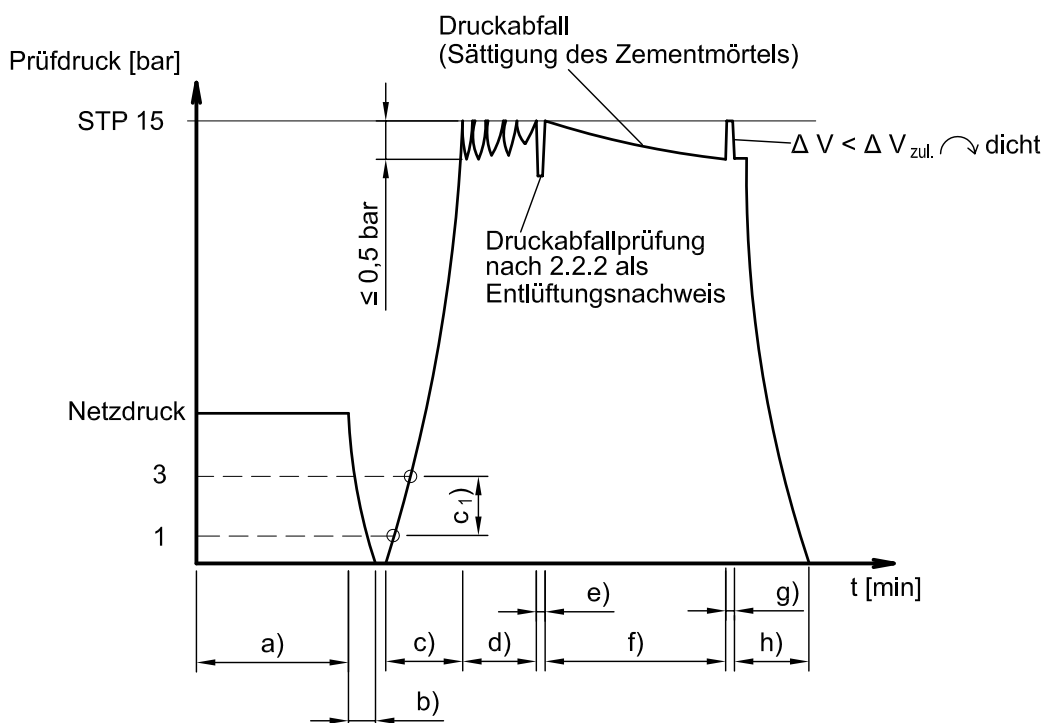


Bild 2 – Diagramm einer Druckprüfung im beschleunigten Normalverfahren nach der Wasserverlustmethode

- a) Spülen (nach Befüllung und Entlüftung).
Es wird empfohlen, den gesamten Leitungsinhalt des Prüfabschnittes einmal unter Netzdruck auszutauschen, um auch kleinste Luftbläschen, welche beim (schnellen) Befüllen der Leitung durch Verwirbelungen eingetragen wurden, herauszuspülen. Mit hohen Fließgeschwindigkeiten können auch Etagen ohne Entlüftungsmöglichkeit an Druckleitungen \leq DN 150 entlüftet werden.
- b) Entspannen der Leitung
- c) Drucksteigerung durch Zugabe von Wasser bis zum Erreichen des Systemprüfdruckes
- c₁) Ermittlung der Wasserzugabe bei einer Drucksteigerung von 1...3 bar zur Berechnung des prozentualen Luftanteils (optional)
- d) Sättigungsphase (30 min)
- e) Druckabfallprüfung (Wasserverlustmethode)
- f) Hauptprüfung (60 min)
- g) Wiederherstellen des Systemprüfdruckes und Ermittlung des tatsächlichen Wasserverlustes durch Druckabsenkung
- h) Entspannen der Leitung

3 Normen und Unterlagen

- DIN 4279-3, *Innendruckprüfung von Druckrohrleitungen für Wasser – Druckrohre aus duktilem Gußeisen und Stahlrohre mit Zementmörtelauskleidung*
(teilweise ersetzt durch DIN EN 805)
- DIN 4279-9, *Innendruckprüfung von Druckrohrleitungen für Wasser, Muster für Prüfberichte*
(teilweise ersetzt durch DIN EN 805)
- DIN EN 545, *Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gußeisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen; Anforderungen und Prüfverfahren*
- DIN EN 805, *Wasserversorgung – Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden*
- Arbeitsblatt
DVGW-W 400-2, *Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen – Teil 2: Bau und Prüfung*
(DVGW-W 400-2 ersetzt DIN 19630 und DIN 4279)
- WN 175, *Druckprüfung – Normalverfahren*
- WN 178, *Druckprüfung - Kontraktionsverfahren*
- WN 544, *Stahlrohre für Wasserleitungen*
- WN 545, *Druckrohre aus duktilem Gusseisen mit Muffe*

Erläuterungen

Das neu erarbeitete DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 ersetzt die DIN 4279. Künftig dürfen Druckleitungen bis zur Nennweite DN 600 nach dem beschleunigten Normalverfahren geprüft werden. Zur Darstellung der sehr kleinen Mindestdruckabfälle an Druckrohren $> DN 400$ sind Mess- und Erfassungsgeräte bzw. Druckschreiber zu verwenden, die eine Druckänderung von 0,01 bar anzeigen können.

Druckleitungen mit Zementmörtelauskleidung $\leq DN 600$ können zwar auch nach dem Normalverfahren geprüft werden, es wird aber empfohlen, das beschleunigte Normalverfahren anzuwenden, welches in kurzer Zeit zuverlässige Ergebnisse liefert und weniger anfällig für Temperaturschwankungen ist.

Hinweis: Die Formularblätter Druckprüfungsprotokoll „1. Seite für Normalverfahren und beschleunigtes Normalverfahren“ und „2. Seite für beschleunigtes Normalverfahren“^{a)} sind Bestandteil dieser Werknorm und damit verbindlich. Sie können am PC ausgefüllt bzw. die PC-Ausdrucke der Formulare können alternativ per Hand ausgefüllt werden. Die Formblattmuster in den Anhängen des Arbeitsblattes W 400-2 sind nicht anzuwenden. Ein Erfassen und Dokumentieren der zugegebenen Wassermengen bis zum Erreichen des Systemprüfdruckes, wie in den Formularvorlagen der DIN 4279-9 vorgeschrieben, wird im Arbeitsblatt W 400-2 zwar nicht mehr gefordert, soll aber zu Kontrollzwecken mit der Anwendung des Drucksteigerungsdiagramms^{a)} weiterhin wie bisher erfolgen.

^{a)} Pfadangabe: L:\RN\RN_pool_Druckprüfungen_Beschleunigtes Normalverfahren