

Innendruckprüfung von Druckrohren aus PE 80, PE 100, PE-Xa und PVC-U (Kontraktionsverfahren mit integrierter Druckabfallprüfung)

Druckverlustmethode

Innendruckprüfung von Druckrohren aus PE 80, PE 100, PE-Xa und PVC-U (Kontraktionsverfahren mit integrierter Druckabfallprüfung, Druckverlustmethode)

Die Werkstoffeigenschaften von PE- und PVC-Rohren führen bei Druckprüfungen zu Dehnungen („Kriechen“), wodurch das Prüfergebnis beeinflusst wird.

Diesem Werkstoffverhalten wird bei den Druckprüfverfahren Rechnung getragen.

Für Rohrleitungen aus PE 100 SDR 17 sowie aus PE und PVC mit großem Volumen $\geq 20 \text{ m}^3$ wird die Anwendung des Normalverfahrens empfohlen.

Auch für Rohrleitungen die nach GW 320-1 (A) oder GW 320-2 (A) verlegt wurden.

DVGW GW 320-1 „Rehabilitation von Gas- und Wasserrohrleitungen mit PE-Rohren durch Reliningverfahren **mit** Ringraum
- Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung „

DVGW GW 320-2 „Rehabilitation von Gas- und Wasserrohrleitungen mit PE-Rohren durch Reliningverfahren **ohne** Ringraum
- Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung „

Rohrdurchmesser-Wanddickenverhältnis SDR

SDR = Standard Dimension Ratio

d = Rohraußendurchmesser in mm
 s = Rohrwanddicke in mm

$$\text{SDR} = \frac{d}{s}$$

Übliche SDR-Verhältnisse (in Klammern Nenndruck bzw. max. zulässiger Betriebsdruck)

Material / Anwendung	PE 80	PE 100	PE-Xa	PVC-U
Trinkwasser	SDR 7,4 SDR 11	SDR 11 (PN 16) SDR 17* (PN 10)	SDR 7,4 (24 bar) SDR 11 (15 bar)	SDR 13,6 (PN 16) SDR 21 (PN 10)
Gas (bis d=630mm)	SDR 11 (4bar) SDR 17,6*(1 bar)	SDR 11 (10 bar) SDR 17*(4 bar)	SDR 7,4 (20 bar) SDR 11 (12,5 bar)	Nur Altbestand

* Nur für Rohre mit Rohraußendurchmesser > 63 mm

**Innendruckprüfung von Druckrohren aus PE 80, PE 100, PE-Xa und PVC-U
(Kontraktionsverfahren mit integrierter Druckabfallprüfung, Druckverlustmethode)**

Prüfdruck

Rohrleitungen aus PE 100 SDR 17 (PN 10) dürfen nur mit einem maximalen Prüfdruck - bezogen auf MDP - nach c) von $STP \leq 12$ bar geprüft werden.

$$STP = MDP_c + 1,0 \text{ bar}$$

Nur wenn eine Druckstoßberechnung durchgeführt wurde, kann der Prüfdruck - bezogen auf MDP - nach a) festgelegt werden.

$$STP = MDP_a \cdot 1,5$$

oder

$$STP = MDP_a + 5,0 \text{ bar}$$

Anmerkung: 500 kPa = 5 bar

**Innendruckprüfung von Druckrohren aus PE 80, PE 100, PE-Xa und PVC-U
(Kontraktionsverfahren mit integrierter Druckabfallprüfung, Druckverlustmethode)**

Zur Messung sind einzusetzen

- Messbehälter mit
Skalenteilung $\leq 0,1$ Liter für Mengen > 1 Liter bzw.
 $\leq 0,01$ Liter für Mengen bis 1 Liter
- Druckmessgeräte mit einer Auflösung von
mindestens 0,05 bar

Die Druckverhältnisse sind während der gesamten Prüfzeit lückenlos aufzuzeichnen.

Zur Vermeidung von Lufteinschlüssen ist die Druckrohrleitung vor Beginn der Prüfung sorgfältig zu spülen (Spülgeschwindigkeit > 1 m/s), wobei das Spülwasser am Hochpunkt schadlos abgeleitet werden muss.

Bei Druckrohrleitungen DN / OD > 110 mm mit geringem Gefälle ($< 0,5\%$) oder Verlegung mit schlechter Entlüftungsmöglichkeit kann es notwendig sein, die Luft durch „Molchen“ herauszuschieben.

**Innendruckprüfung von Druckrohren aus PE 80, PE 100, PE-Xa und PVC-U
(Kontraktionsverfahren mit integrierter Druckabfallprüfung, Druckverlustmethode)**

Der Ablauf wird unterteilt in:

Vorprüfung

und

**Hauptprüfung mit
integrierter Druckabfallprüfung**

**Innendruckprüfung von Druckrohren aus PE 80, PE 100, PE-Xa und PVC-U
(Kontraktionsverfahren mit integrierter Druckabfallprüfung, Druckverlustmethode)**

Vorprüfung

Die Vorprüfung ist Voraussetzung für die Hauptprüfung.

Sie hat die Voraussetzungen zu schaffen, dass die innendruck-, zeit- und temperaturabhängige Volumenänderung reproduzierbar und normgerecht abläuft.

Um das Prüfergebnis verfälschende Erscheinungen weitgehend auszuschalten, ist die Vorprüfung in folgenden Schritten auszuführen:

Innendruckprüfung von Druckrohren aus PE 80, PE 100, PE-Xa und PVC-U (Kontraktionsverfahren mit integrierter Druckabfallprüfung, Druckverlustmethode)

Vorprüfung

- 1. Luftfreies Füllen, bzw. ggf. „Molchen“ der Leitung
(benötigte Wassermenge protokollieren).**
- 2. Einstündige Entspannungszeit nach dem Füllen durch Öffnen der
Absperarmaturen am Hochpunkt (Druck=0).
Dabei darf keine Luft in die Leitung eintreten.**
- 3. Die zu prüfende Rohrleitung ist zu verschließen.**
- 4. Der Systemprüfdruck STP ist möglichst innerhalb von 10 Minuten aufzubringen.**
- 5. Der Systemprüfdruck STP ist durch ständiges Nachpumpen über eine Zeit von
30 Minuten zu halten.**
- 6. Anschließend ist eine einstündige Ruhezeit, während der sich die Druckrohr-
leitung viskoelastisch verformt, einzuhalten. Während der Ruhezeit darf der
Druck p in der Leitung maximal um 20% des Prüfdruckes STP sinken.**

Innendruckprüfung von Druckrohren aus PE 80, PE 100, PE-Xa und PVC-U (Kontraktionsverfahren mit integrierter Druckabfallprüfung, Druckverlustmethode)

Vorprüfung

Bei größerem Druckabfall ($\Delta p \geq p_1 - p_2 \geq 0,2 \cdot STP$) liegt eine Undichte vor oder die Druckrohrleitung war einer Temperaturerhöhung ausgesetzt.

In diesem Fall ist die Prüfung abubrechen.

Bei einer Wiederholung der Vorprüfung ist die einstündige Entspannungszeit **unbedingt wieder vorzuschalten**.

Erst nach Abschluss einer erfolgreichen Vorprüfung darf die Hauptprüfung erfolgen.

**Innendruckprüfung von Druckrohren aus PE 80, PE 100, PE-Xa und PVC-U
(Kontraktionsverfahren mit integrierter Druckabfallprüfung, Druckverlustmethode)**

Hauptprüfung mit integrierter Druckabfallprüfung

Trotz der einstündigen Vorbelastung dehnt sich die Druckrohrleitung weiter. Die Dehnung der Druckrohrleitung lässt sich durch eine rasche Druckabsenkung p_{ab} (< 2 min) unterbrechen.

Die Druckabsenkung führt zur Kontraktion der Druckrohrleitung. Im Verlauf dieses wichtigen Zeitabschnittes t_k - der eine halbe Stunde dauert - lässt sich die Dichtheit einer Druckrohrleitung sicher beurteilen.

Im unmittelbaren Anschluss an die Vorprüfung sind deshalb folgende Schritte durchzuführen:

1. Rasche Druckabsenkung p_{ab} (< 2 min) - Wert aus Tabelle 6, W 400-2 - Das abgelassene Wasservolumen V_{ab} ist zu messen (**Druckabfallprüfung**)
2. Anschließend ist eine mindestens halbstündige Prüfzeit t_k für die Kontraktion einzuhalten.

Der Druckanstieg ist zu überwachen.

**Innendruckprüfung von Druckrohren aus PE 80, PE 100, PE-Xa und PVC-U
 (Kontraktionsverfahren mit integrierter Druckabfallprüfung, Druckverlustmethode)**

Vorzunehmende Druckabsenkung (Tabelle 6 aus W 400-2)				
Rohrwerkstoff	MDP in bar	E-Modul in N/mm²	Rohraußendurch- messer / Wanddickenver- hältnis SDR^{*)}	Druckabsenkung p_{ab} in bar
PE 80	10	800	11,0	2,2
PE 80	16	800	7,4	3,6
PE 100	10	1200	17,0	2,0
PE 100	16	1200	11,0	3,2
PE-Xa	12,5	800	11,0	2,2
PE-Xa	20	800	7,3	3,6
PVC-U	10	3000	21,0	3,8
PVC-U	16	3000	13,6	5,9

Bei der vorzunehmenden Druckabsenkung wird V_{ab} gemessen

^{*)} ISO 4065

Innendruckprüfung von Druckrohren aus PE 80, PE 100, PE-Xa und PVC-U (Kontraktionsverfahren mit integrierter Druckabfallprüfung, Druckverlustmethode)

Höhe der Druckabsenkung

Bei Leitungen aus PE 100 SDR 17 ist ein Mindestdruckabfall von $p_{ab} = 2$ bar und bei Leitungen mit einem MDP von 16 bar ein entsprechend höherer Mindestdruckabfall notwendig, um die erforderliche Kontraktion der Rohrwand hervorzurufen.

Die anderen in Tabelle 6 angegebenen Werte für die Druckabsenkung wurden so festgelegt, dass der Ausdruck (Faktor) der folgenden Gleichung für alle in Frage kommenden Werkstoffe annähernd denselben Wert annimmt.

$$Faktor = p_{ab} \cdot \left(\frac{1}{E_W} \cdot \frac{ID}{E_R \cdot s} \right)$$

Hierbei wurde berücksichtigt, dass die Wanddicke in der Regel eine Toleranz aufweist (50%) von der maximalen zulässigen Toleranz).

**Innendruckprüfung von Druckrohren aus PE 80, PE 100, PE-Xa und PVC-U
(Kontraktionsverfahren mit integrierter Druckabfallprüfung, Druckverlustmethode)**

Hauptprüfung mit integrierter Druckabfallprüfung

Der Nachweis ausreichender Luftfreiheit gilt als erfüllt, wenn das abgelassene Wasservolumen V_{ab} kleiner oder gleich dem nach folgender Gleichung berechnete höchstzulässige Wasservolumen V_{zul} ist.

$$V_{ab} \leq V_{zul} \text{ mit } V_{zul} = V_k \cdot L \quad (1)$$

Hierin bedeuten:

V_k gerechnetes Wasservolumen in ml/m (siehe auch Tabelle 7; W 400-2)

L Länge der geprüften Strecke in m

Die Druckrohrleitung gilt als dicht, wenn die sich im Verlauf der Prüfzeit t_k einstellende Drucklinie eine steigende bis gleich bleibende Tendenz aufweist.

Innendruckprüfung von Druckrohren aus PE 80, PE 100, PE-Xa und PVC-U (Kontraktionsverfahren mit integrierter Druckabfallprüfung, Druckverlustmethode)

Druckabfallprüfung

Die Druckabsenkung wird vorgegeben und das abgelassene Wasservolumen gemessen. Der Zusammenhang zwischen Druckabsenkung p_{ab} und höchstzulässigem Wasservolumen V_{zul} wird durch Gleichung (1) beschrieben.

V_k ergibt sich aus Gleichung (2) - Werte aus Tabelle 7, W 400-2 :

Berechnete Werte
in Tabelle 7, W 400-2)

$$V_k = 0,1 \cdot f \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot p_{ab} \cdot \left(\frac{1}{E_W} \cdot \frac{ID}{E_R \cdot s} \right) \quad (2)$$

Hierin bedeutet::

- ΔV_k gerechnetes Wasservolumen in ml /l (Milliliter pro Liter)
- ΔV_{zul} höchstzulässiges Wasservolumen in ml (Milliliter)
- Δp_{ab} Druckabsenkung nach Tabelle 6; W400-2
- ID Rohrinne Durchmesser in mm, ohne Berücksichtigung der ZM-Auskleidung
- E_W Kompressionsmodul des Wassers in N/mm^2 (2027 N/mm^2)
- E_R Elastizitätsmodul des Rohrwerkstoffes in N/mm^2 ($E_{PE80} = 800 N/mm^2$; $E_{PE100} = 1200 N/mm^2$;
 $E_{PVC} = 3000 N/mm^2$)
- s Wanddicke in mm unter Berücksichtigung der mittleren Rohrwandtoleranzen
- f Ausgleichsfaktor für Lufteinschlüsse, z.B. Muffenbereich und Temperaturbedingter E-Modulabweichung sowie Kontraktionseinfluss ($f = 1,05$ für Kunststoffrohre)
- L Länge der geprüften Strecke in m (Meter)

**Innendruckprüfung von Druckrohren aus PE 80, PE 100, PE-Xa und PVC-U
 (Kontraktionsverfahren mit integrierter Druckabfallprüfung, Druckverlustmethode)**

Gerechnetes Wasservolumen V_k in ml/m (Tabelle 7 aus W 400-2)								
DN / OD	PE 80 SDR 11 (MDP 10)	PE 80 SDR 7,4 (MDP 16)	PE 100 SDR 17 (MDP 10)	PE 100 SDR 11 (MDP 16)	PE-Xa SDR 11 (MDP 12,5)	PE-Xa SDR 7,4 (MDP 20)	PVC-U SDR 21 (MDP 10)	PVC-U SDR 13,6 (MDP 16)
32	1,29	0,98	-	1,28	1,29	0,98	1,28	1,36
40	1,96	1,54	-	1,95	1,69	1,54	2,49	2,15
50	3,12	2,41	-	3,10	3,12	2,41	3,89	3,45
63	4,98	3,94	-	4,95	4,98	3,84	6,30	5,46
75	7,28	5,53	8,30	7,22	7,28	5,53	8,89	7,76
90	10,43	8,07	12,01	10,35	10,43	8,07	12,95	11,27
110	15,70	11,98	18,02	15,57	15,70	11,98	19,24	16,86
125	20,20	15,61	23,76	20,04	20,20	15,61	25,03	21,87
140	25,60	19,50	29,81	25,39	25,60	19,50	31,57	27,54
160	33,17	25,61	38,93	32,90	33,17	25,61	41,05	35,97
180	42,13	32,55	49,26	41,79	42,13	32,55	52,51	45,52
200	52,17	40,01	60,81	51,74	52,17	40,01	64,54	56,20
225	65,96	50,77	76,96	65,41	65,96	50,77	81,80	71,57
250	81,95	62,80	95,90	81,27	81,95	62,80	102,15	88,13
280	103,04	78,85	120,17	102,17	-	-	127,42	110,88
315	130,31	99,79	151,94	129,22	-	-	162,42	140,43
355	165,88	127,21	192,81	164,48	-	-	206,55	179,15
400	210,54	161,25	246,02	208,76	-	-	261,45	226,87

Innendruckprüfung von Druckrohren aus PE 80, PE 100, PE-Xa und PVC-U (Kontraktionsverfahren mit integrierter Druckabfallprüfung, Druckverlustmethode)

Druckprüfung bei verschiedenen Nennweiten aber gleichen Werkstoffen und gleichem SDR

Eine gemeinsame Druckprüfung im Kontraktionsverfahren ist möglich.

V_{zul} ist dabei gesondert nach folgender Gleichung zu bestimmen:

(3)

$$V_{zul} = 0,1 \cdot f \cdot p_{ab} \cdot \frac{\pi}{4} \left[\left(\frac{ID_I^2 \cdot L_I}{E_W} + \frac{ID_I^3 \cdot L_I}{E_R \cdot s_I} \right) + \left(\frac{ID_{II}^2 \cdot L_{II}}{E_W} + \frac{ID_{II}^3 \cdot L_{II}}{E_R \cdot s_{II}} \right) \right]$$

Hierin bedeutet::

- ΔV_{zul} höchstzulässiges Wasservolumen in ml (Milliliter)
- Δp_{ab} Druckabsenkung nach Tabelle 6; W400-2
- ID Rohrinne Durchmesser in mm, ohne Berücksichtigung der ZM-Auskleidung I Rohr I und II Rohr II
- E_W Kompressionsmodul des Wassers in N/mm^2 (2027 N/mm^2)
- E_R Elastizitätsmodul des Rohrwerkstoffes in N/mm^2 ($E_{PE80} = 800 N/mm^2$; $E_{PE100} = 1200 N/mm^2$; $E_{PVC} = 3000 N/mm^2$)
- s Wanddicke in mm unter Berücksichtigung der mittleren Rohrwandtoleranzen
- f Ausgleichsfaktor für Lufteinschlüsse, z.B. Muffenbereich und Temperaturbedingter E-Modulabweichung sowie Kontraktionseinfluss ($f = 1,05$ für Kunststoffrohre)
- L Länge der geprüften Strecke in m (Meter)

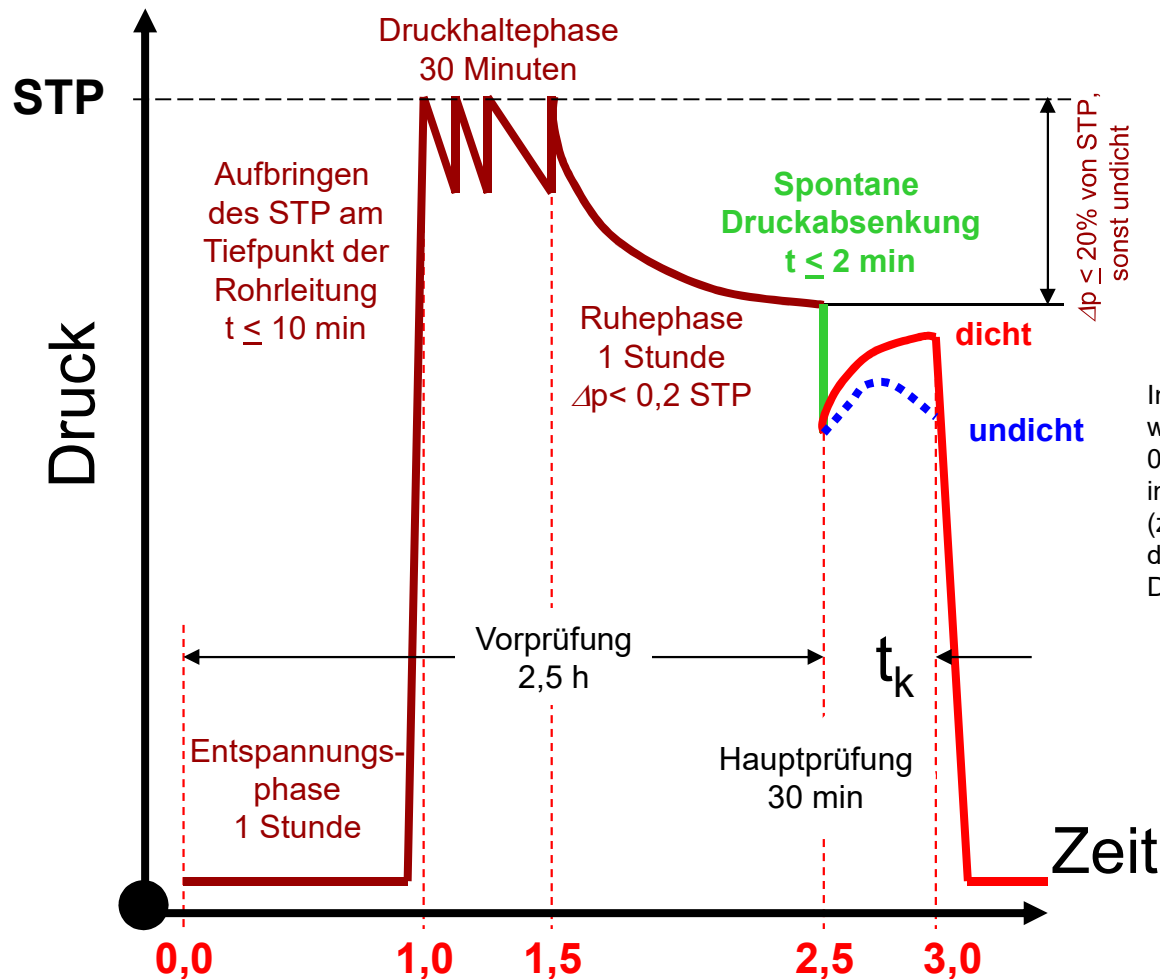
**Innendruckprüfung von Druckrohren aus PE 80, PE 100, PE-Xa und PVC-U
(Kontraktionsverfahren mit integrierter Druckabfallprüfung, Druckverlustmethode)**

Die Druckrohrleitung gilt als dicht, wenn die sich im Verlauf der Prüfzeit t_k einstellenden Drucklinie eine steigende bis gleich bleibende Tendenz aufweist.

In Zweifelsfällen kann die Prüfzeit t_k bis 1,5 h verlängert werden.

Der Druckabfall darf dabei nicht mehr als $\Delta p = 0,25$ bar betragen, gemessen vom Höchstwert der innerhalb der Prüfzeit der Hauptprüfung auftrat (einmalig zugepumpte Wassermenge $V_{zp} \leq V_{zul}$ zur Herstellung des bei der Hauptprüfung aufgetretenen maximalen Druckes).

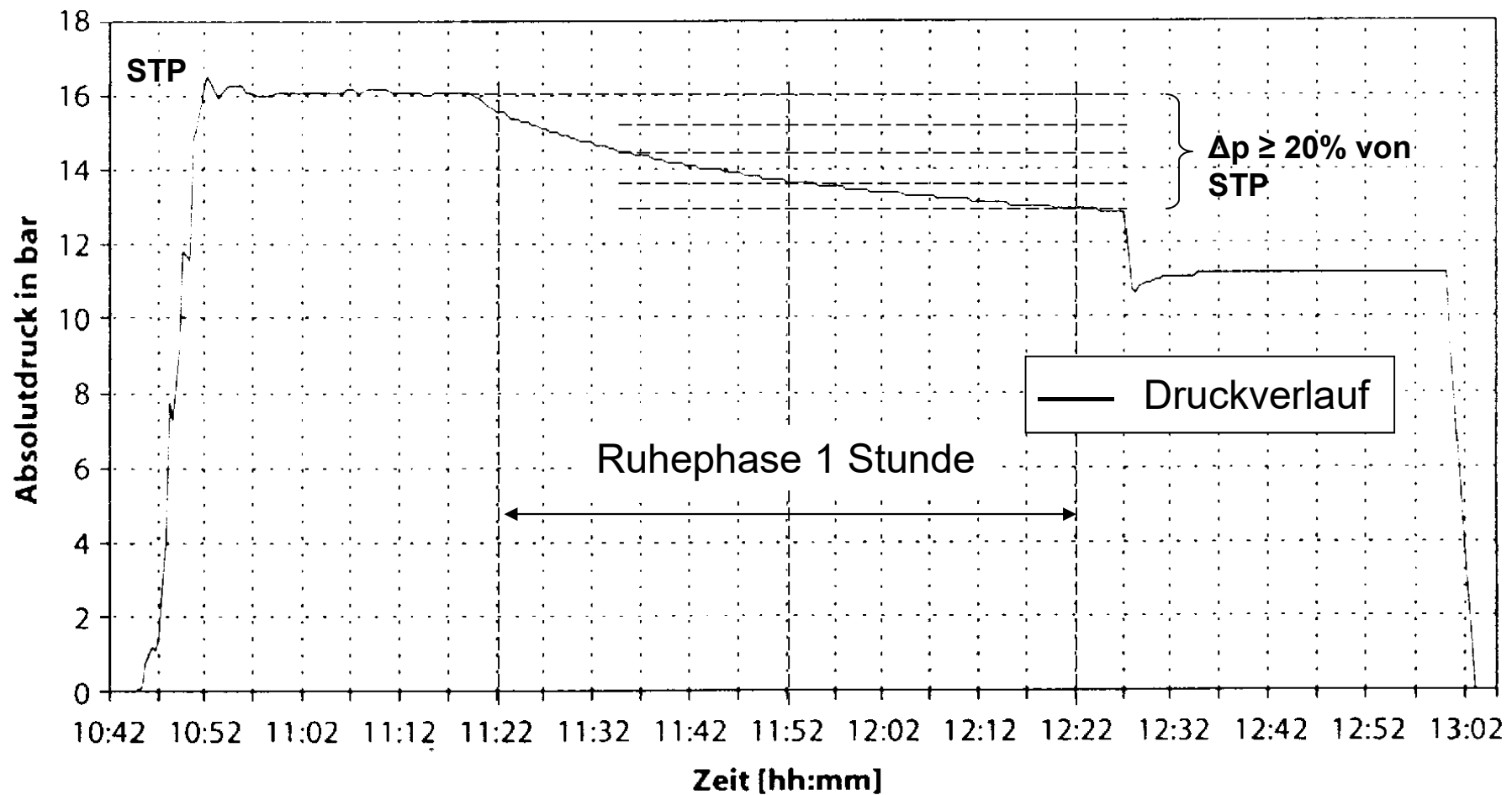
**Innendruckprüfung von Druckrohren aus PE 80, PE 100, PE-Xa und PVC-U
 (Kontraktionsverfahren mit integrierter Druckabfallprüfung, Druckverlustmethode)**



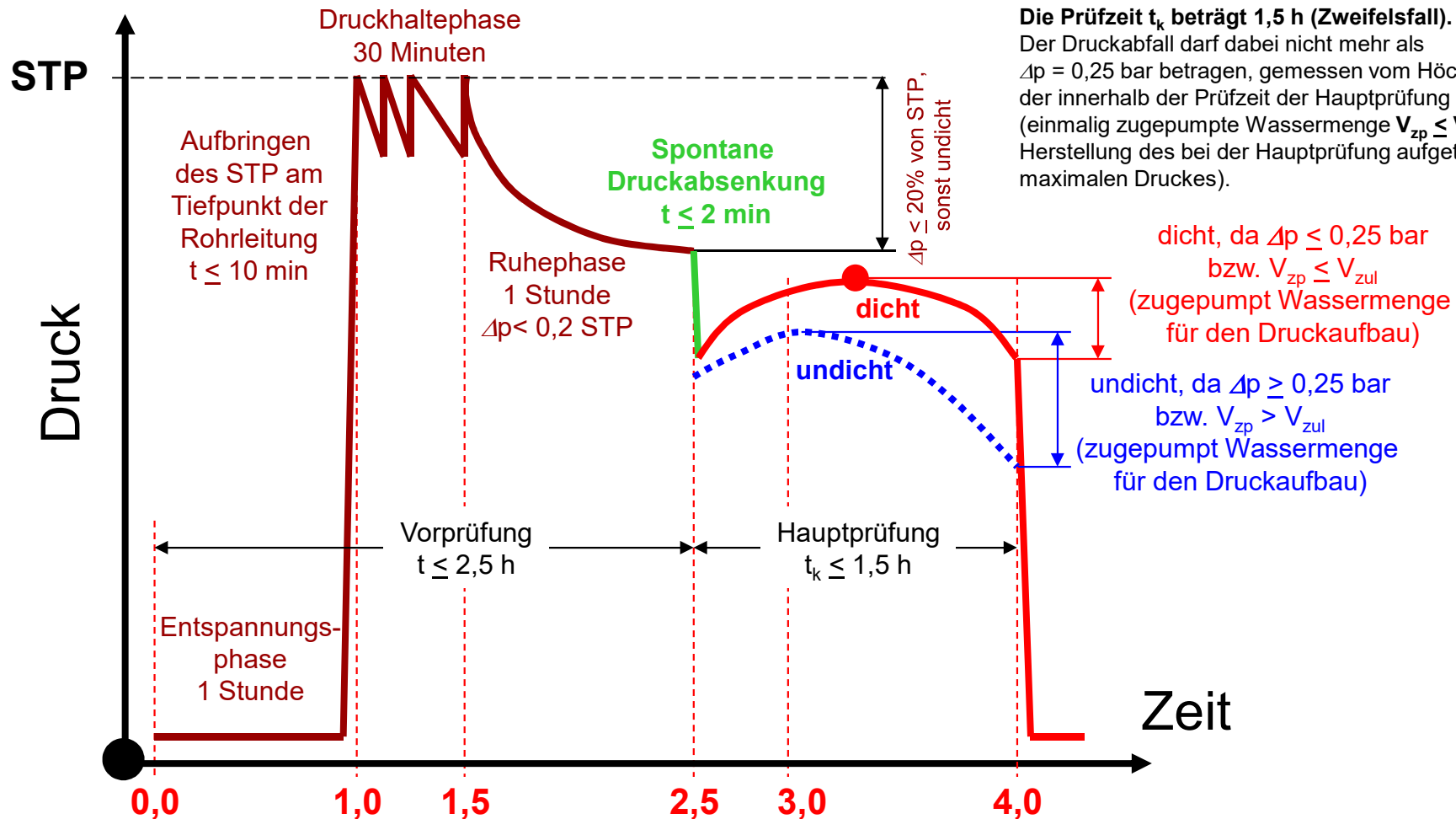
In **Zweifelsfällen** kann die Prüfzeit t_k bis 1,5 h verlängert werden. Der Druckabfall darf dabei nicht mehr als 0,25 bar betragen, gemessen vom Höchstwert der innerhalb der Prüfzeit der Hauptprüfung auftrat (zugespumpte Wassermenge $V_{zp} \leq V_{zul}$ zur Herstellung des bei der Hauptprüfung aufgetretenen maximalen Druckes).

Druckverlauf des Kontraktionsverfahrens bei einer dichten und einer undichten PE-Druckrohrleitung

Innendruckprüfung von Druckrohren aus PE 80, PE 100, PE-Xa und PVC-U (Kontraktionsverfahren mit integrierter Druckabfallprüfung, Druckverlustmethode)



Innendruckprüfung von Druckrohren aus PE 80, PE 100, PE-Xa und PVC-U (Kontraktionsverfahren mit integrierter Druckabfallprüfung, Druckverlustmethode)



Druckverlauf des Kontraktionsverfahrens bei einer **dichten** und einer **undichten** PE-Druckrohrleitung

**Innendruckprüfung von Druckrohren aus PE 80, PE 100, PE-Xa und PVC-U
(Kontraktionsverfahren mit integrierter Druckabfallprüfung, Druckverlustmethode)**

**Ermittlung der zulässigen Wassermenge V_{zul} zur
Herstellung des während der Hauptprüfung aufgetretenen
maximalen Druckes.**

Das Rohrleitungssystem gilt als dicht, wenn $V_{zp} < V_{zul}$.

$$V_{zp} \leq V_{zul} \text{ mit } V_{zul} = V_k \cdot L$$

Hierin bedeuten:

- V_k Gerechnetes Wasservolumen in ml/m (siehe auch Tabelle 7; W 400-2)
- V_{zp} zugepumptes Wasservolumen in ml (Milliliter)
- V_{zul} höchstzulässiges Wasservolumen in ml (Milliliter)
- L Länge der geprüften Strecke in m

**Innendruckprüfung von Druckrohren aus PE 80, PE 100, PE-Xa und PVC-U
(Kontraktionsverfahren mit integrierter Druckabfallprüfung, Druckverlustmethode)**

Ermittlung der zulässigen Wassermenge V_{zul} zur Herstellung des während der Hauptprüfung aufgetretenen maximalen Druckes.

$$V_k = 0,1 \cdot 3,0 \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{1}{E_W} \cdot \frac{ID}{E_R \cdot s} \right)$$

Hierin bedeutet::

- V_k gerechnetes Wasservolumen in ml /l (Milliliter pro Liter)
- p_{ab} = 0,25 bar
- ID Rohrendurchmesser in mm, ohne Berücksichtigung der ZM-Auskleidung
- E_W Kompressionsmodul des Wassers in N/mm² (2027 N/mm²)
- E_R Elastizitätsmodul des Rohrwerkstoffes in N/mm² ($E_{PE80} = 800 \text{ N/mm}^2$; $E_{PE100} = 1200 \text{ N/mm}^2$; $E_{PVC} = 3000 \text{ N/mm}^2$)
- s Wanddicke in mm unter Berücksichtigung der mittleren Rohrwandtoleranzen
- f = 3,0
- L Länge der geprüften Strecke in m (Meter)