

Weiterbildungskurse 2022



www.brunnenmeister.ch

Druckprüfung Theorie und Praxis

Eine Zusammenarbeit von

CSDINGENIEURE+



Veranstaltungsort:



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
1.1	Regelwerk.....	5
1.2	Kontext der Druckprüfung.....	5
2	Planung und Ausschreibung.....	6
2.1	Eignungskriterien.....	6
2.2	Prüfverfahren.....	7
2.3	Weitere Anforderungen / Randbedingungen	7
2.4	Zwischenfazit.....	7
3	Kontrolle auf der Baustelle	8
4	Prüfverfahren.....	8
4.1	Grundlagen.....	8
4.2	Vorbereitende Arbeiten.....	10
4.2.1	Prüfabchnitte wählen.....	10
4.2.2	Eindecken der Leitung	11
4.3	Ermittlung des Prüfdrucks.....	11
4.4	Verfahrensablauf	14
4.4.1	Vorprüfung	15
4.4.2	Druckabfallprüfung (Entlüftungskontrolle)	15
4.4.3	Hauptprüfung	17
5	Dokumentation	17
5.1	Allgemeines	17
5.2	Dokumentation der Druckprüfung.....	17
6	Fazit.....	18
7	Gerätetechnik für die Druckprüfung von Wasserleitungen	20
7.1	Vorbereitung.....	20
7.2	Anschlusstechnik.....	22
7.3	Manuelle Druckprüfungen.....	23
7.4	Vollautomatische Druckprüfungen.....	24
7.5	Protokollierung von Druckprüfungen	25
7.6	Druckprüfung mit Luft	26
8	Das beschleunigte Normalverfahren	28
8.1	Sättigungsphase.....	28
8.2	Druckabfallphase.....	29
8.3	Dichtheitsprüfung.....	29
8.4	Schema Beschleunigtes Normalverfahren	29
9	Normalverfahren und Sicherheitsaspekte bei der Druckprüfung	32

9.1	Normalverfahren (NV) nach SVGW Richtlinie W4	32
9.2	Verfahrensübersicht	32
9.3	Bestimmung des Prüfdrucks beim Normalverfahren	33
9.4	Ablauf Normalverfahren.....	34
9.4.1	Vorprüfung bzw. Sättigungsphase	34
9.4.2	Druckabfallprüfung (Entlüftungskontrolle)	34
9.4.3	Hauptprüfung bei GGG-, Stahl und GFK-Leitungen.....	35
9.4.4	Hauptprüfung bei PE-Leitungen.....	36
10	Sicherheitsaspekte bei der Druckprüfung	37
10.1	Allgemeine Sicherheitsaspekte	37
10.2	Sicherung und Verfüllung der Leitung	38
11	Kontraktionsverfahren.....	41
11.1	Durchführung	41
11.2	Vorprüfung (Festigkeitsprüfung).....	41
11.3	Hauptprüfung mit integrierter Druckabfallprüfung.....	42
11.4	Druckverlauf	43
12	Sichtprüfverfahren	44

Weiterbildungskurse 2022



www.brunnenmeister.ch

Druckprüfung

Gesamtkontext und theoretische Grundlagen

Von:

CSD Ingenieure AG
Franz Störch
Dipl.-Ing.
CSD Ingenieure AG
Bahnhofstrasse 19
5200 Brugg

CSDINGENIEURE+

www.csd.ch

f.stoerch@csd.ch

Veranstaltungsort:



1 Einleitung

Jede Rohrleitung ist nach der Verlegung einer Druckprüfung zu unterziehen. Somit werden neben der Dichtheit auch die ordnungsgemäße Ausführung, der korrekte Einbau und die Festigkeit des gesamten Prüfabschnittes nachgewiesen.

Zum gesamten Prüfabschnitt gehören neben den Rohren auch die Armaturen, Formstücke, Verbindungen, weitere Rohrleitungsteile sowie die Widerlager. Das System wird gesamthaft geprüft.

Zusammen mit der bestandenen mikrobiologischen Prüfung dokumentiert eine erfolgreiche Druckprüfung eine erfolgreiche Inbetriebnahme.

Ziel ist es, bei der Ausführungsqualität Gewähr für eine langfristige und generationsübergreifende Nutzung und Substanzerhaltung des Leitungsnetzes zu gewährleisten.

1.1 Regelwerk

Die Grundlagen der Druckprüfung stellt das Regelwerk W4 des Schweizerischen Vereins des Gas- und Wasserfaches (SVGW) dar. Im Teil 3 beschreibt das Regelwerk das ideale Vorgehen bei der Druckprüfung.

Als Richtlinie eines Fachverbandes gilt die W4 als anerkannte Regel der Technik und kann auch im Rahmen der Rechtsordnung von Bedeutung sein. Die Einhaltung der Richtlinie lässt vermuten, dass die wesentlichen Anforderungen (Schutzziele oder abzuwendende Gefahren) eingehalten werden. Entscheidet sich ein Anwender für andere Lösungen, dann muss er glaubhaft nachweisen können, dass die wesentlichen Anforderungen auf andere geeignete Weise erfüllt werden.

Es ist dabei zu beachten, dass die gesamte Rohrleitungsfunktion inkl. aller Verbindungen, Armaturen und mit den entsprechenden Abstützungen/ Widerlager geprüft wird.

1.2 Kontext der Druckprüfung

Die Druckprüfung stellt nur einen Teil der hohen Qualitätsanforderungen an Trinkwasserleitungen dar. Sie bettet sich ein in einen Gesamtprozess, der wiederum diverse Ansprüche an die gesamte Ausführung stellt.

Eine erfolgreiche Druckprüfung ist nur wahrscheinlich, wenn sämtliche Prozessschritte zuvor ebenfalls richtig ausgeführt wurden. Dazu zählen insbesondere:

- Qualifikation bauausführende Unternehmung
- Eingangskontrolle, Transport, Lagerung
- Rohrgräben und Baugruben
- Rohraufleger und Bettung
- Einbau
- Korrosionsschutz
- Verfüllung und Bettung
- **Druckprüfung**
- Reinigung, Spülen, Desinfektion

Um diese Prozessschritte richtig einhalten zu können, muss bereits bei der Planung und Ausschreibung der Fokus richtig gesetzt werden.

2 Planung und Ausschreibung

Wenn die Druckprüfung als Teil einer gesamten Prozesskette angesehen wird, kommen der Planung und Ausschreibung der anstehenden Arbeiten bereits eine grosse Bedeutung zu. Hier können die Weichen so gestellt werden, dass eine erfolgreiche Druckprüfung überhaupt durchgeführt werden kann.

Im Folgenden werden die Überlegungen zur Planung und Ausschreibung hinsichtlich einer erfolgreichen Druckprüfung dargelegt.

2.1 Eignungskriterien

Um die *Qualifikation der bauausführenden Unternehmung* beurteilbar zu machen, bietet das öffentliche Beschaffungswesen die Möglichkeit, Eignungskriterien festzulegen.

Bereits bei der Ausschreibung gilt es, möglichst unmissverständlich die eigenen Vorstellungen – nämlich die vollständige Einhaltung der Vorgaben der Richtlinie – auszudrücken und dies den Unternehmern mitzuteilen. Diese haben dann die Möglichkeit, ein detailliertes und vergleichbares Angebot abzugeben.

Hierbei sollten sinnvolle und dem Projekt zuträgliche Anforderungen in Form von «Eignungskriterien» festgelegt werden. Dazu können zählen:

- Referenzprojekte
- Anzahl durchgeführter Druckprüfungen
- Bei Stahlverarbeitung die Einrichtung einer sog. «weissen Werkstatt»
- Eignungsnachweise
 - PE: VKR/SVS-Schweisszertifikate
 - Stahl: Schweisserqualifikation ISO 9606-1
 - Rohrnetzmonteur / -verleger nach SVGW

Dabei ist auf die Gültigkeit der Zertifikate zu achten!

2.2 Prüfverfahren

Bereits in der Ausschreibung sollte detailliert auf die Druckprüfung selbst eingegangen werden. Hier bietet eine Ausschreibung nach Normpositionen-Katalog (NPK) momentan nur bedingt Hilfe:

Die Definition «*Druckprüfung nach Norm*» sagt zu wenig über die in der Richtlinie gestellten Anforderungen aus und kann missverständlich interpretiert werden.

Auch der Zusatz «*Druckprüfung nach Norm, Vor- und Hauptprüfung mit Druckschreiber, mit Wasser*» beschreibt unzureichend, welche Leistung genau erbracht werden muss.

Neben dem konkreten Prüfverfahren sollten die Anzahl Prüfabschnitte und der Zeitpunkt der Prüfungen im Bauablauf möglichst genau beschrieben werden, sofern bereits bekannt.

2.3 Weitere Anforderungen / Randbedingungen

Weitere Anforderungen, welche explizit in der Ausschreibung gefordert werden können, sind beispielsweise:

- Materialverfügbarkeit (Spülbox, Druckprüfungseinrichtungen, ...)
- Fähigkeit der korrekten Bedienung der Gerätschaften und Messeinrichtungen
- Wasserbezug und Wasserableitung für Druckprüfung (Zysternenwagen?)
- Eindecken der Leitung (vgl. Kap. 4.2.2)
- Terminplan und Bauablaufplan
- Verantwortlichkeiten, wenn die Druckprüfung negativ verläuft

2.4 Zwischenfazit

Die o.g. Überlegungen dienen dazu, bereits in der Ausschreibung die Anforderungen in Hinblick auf die Druckprüfung unmissverständlich festzulegen. Dadurch kann die Bauherrschaft ihre Erwartungen zum Ausdruck bringen und der Unternehmer kann diese Anforderungen bereits in seinem Angebot berücksichtigen. Dies bringt Klarheit für alle Beteiligten.

Eine Druckprüfung kann durchaus negativ ausfallen. Dann entstehen Aufwände und Terminverzögerungen: das Leck muss mit einer Ortungssonde lokalisiert werden. Nach Vorschrift ist die Leitung teileingedeckt, im schlechtesten Fall ist bereits die Deckschicht eingebracht. Es kommt neben einem Terminverzug auch zu einer Kostenfolge, die umso höher ausfällt, je unzugänglicher die Leckagestelle ist.

Die Verantwortlichkeiten für diesen Fall sollten nicht erst mit dem Eintreten des «worst-case» diskutiert werden. Dies ist erfahrungsgemäss der schlechteste Zeitpunkt für eine einvernehmliche und konstruktive Lösungsfindung.

3 Kontrolle auf der Baustelle

Da sich die Druckprüfung fast am Ende der Prozesskette bei der Erstellung einer Trinkwasserleitung befindet (vgl. Kap. 1.2), sind die vorgeschalteten Schritte wichtig für eine erfolgreiche Druckprüfung. Hierzu bedarf es der sorgfältigen Kontrolle sämtlicher Arbeitsschritte auf der Baustelle. So kann die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Druckprüfung erhöht – und damit auch eine unerwartete Verzögerung durch aufwendige Schadstellensuche verhindert werden.

Die *Eingangskontrolle* auf der Baustelle hilft durch *visuelle Prüfung* zu vermeiden, dass bereits schadhafte Rohre überhaupt zur Anwendung kommen. Die Annahme solcher Rohre ist zu verweigern, ggf. per Foto zu dokumentieren. Kratzer und Riefen bei PE-Rohren dürfen nicht tiefer als 10% der Wanddicke betragen, im Bereich der Verbindungen dürfen gar keine Beschädigungen auftreten.

Das *Auf- und Abladen* der Rohre hat fachmännisch mit der Verwendung von Gurten zu geschehen.

Bei der *Verteilung der Rohre* ist Vorsicht walten zu lassen: die Rohre sind auf geeignete Lager zu stellen, welche ihrerseits keine Beschädigungen an dem Rohr verursachen. Dabei sollten – wie auch bei der anschliessenden definitiven Verlegung - Punktlasten vermieden oder zumindest sinnvoll reduziert werden. Kanthölzer sollten keinen zu grossen Abstand aufweisen, da es bei PE-Rohren zu Durchbiegungen kommen kann, was eine Verarbeitung an den Schweissnähten erschweren kann.

Grundsätzlich sind Rohre vorsichtig und den Herstellervorschriften gemäss zu behandeln. Aus Sicht des Brunnenmeisters sind sie der Hauptgrund und das Herzstück der Arbeiten auf der Baustelle.

4 Prüfverfahren

Im Folgenden werden die Grundlagen, die vorbereitenden Arbeiten, die Ermittlung des Prüfdrucks und der generelle Verfahrensablauf der einzelnen Prüfverfahren vorgestellt.

Die Prüfverfahren selbst sind Gegenstand des praktischen Teils am Tag 2 der Veranstaltung und werden dabei auch praktisch vorgeführt und erläutert.

4.1 Grundlagen

Den Prüfverfahren liegen grundsätzlich Prüfmethode zu Grunde. Dabei beschreibt die **Methodik** das zu Grunde liegende Prinzip, sprich: die physikalischen Grundannahmen. Das **Verfahren** beschreibt, wie diese Prinzipien in der Praxis umgesetzt werden sollen, damit die Aussagen verifiziert - also bestätigt - oder falsifiziert werden können, falls die Prüfung nicht erfolgreich verläuft.

Bei der Druckprüfung von Trinkwasserleitungen stehen grundsätzlich die **Druckverlustmethode**, die **Wasserverlustmethode** und die **Sichtprüfung** zur Auswahl.

In der Praxis findet im Wesentlichen die Druckverlustmethode Anwendung. Für sie stehen geeignete Messinstrumente zu Verfügung, welche im Praxisteil am Kurstag 2 gezeigt werden. Nachteil der Druckverlustmethode ist ihre höhere Fehleranfälligkeit gegenüber Lufteinschlüssen (Kap. 4.4.2). Somit kommt dem Befüllen und Entlüften hier eine grössere Bedeutung zu als bei der Wasserverlustmethode. Letztere benötigt jedoch sehr genaue Messinstrumente, welche für den Einsatz auf der Baustelle heute noch nicht serienreif zur Verfügung stehen.

Das Verfahren der Sichtprüfung soll generell nur bei kleinen Abschnitten und in Ausnahmen Anwendung finden und wird aus diesem Grund in den weiteren Ausführungen nur am Rande behandelt.

Sowohl Druckverlust- als auch Wasserverlustmethode finden ihre Anwendung im

- Normalverfahren,
- Beschleunigten Normalverfahren und
- Kontraktionsverfahren.

Abbildung 4.1.1 zeigt den Zusammenhang der Methoden zu den Verfahren:

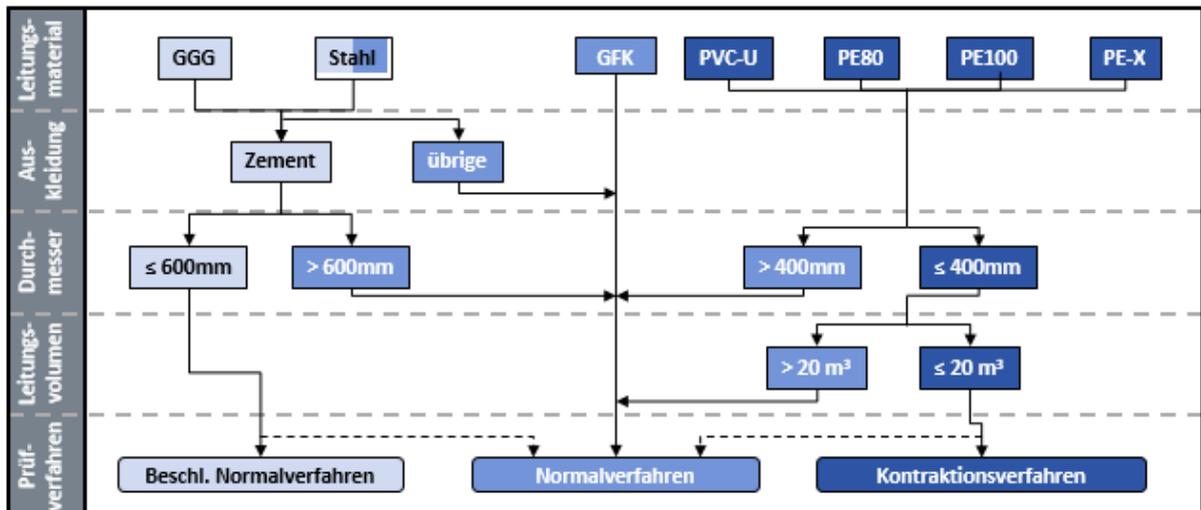


Welches Verfahren zur Anwendung kommen kann, hängt von den folgenden Parametern ab:

- Leitungsmaterial
- Auskleidung ja/nein
- Durchmesser der Leitung
- Gesamtvolumen des Prüfabschnittes

Grundsätzlich kann das Normalverfahren immer zur Anwendung kommen. Da dies jedoch das längste Prüfprozedere in Anspruch nimmt, ist die spezifische Auswahl auch unter wirtschaftlichen und terminlichen Aspekten zu tätigen.

Abbildung 4.1.2 die Entscheidungsmatrix über die Verfahren in Abhängigkeit zu den Auswahlkriterien:



4.2 Vorbereitende Arbeiten

Bevor die Druckprüfung in Angriff genommen werden kann, sind vorbereitende Arbeiten vorzunehmen. Diese stellen sicher, dass die Randbedingungen, welche in der Methodik vorausgesetzt werden, eingehalten werden.

4.2.1 Prüfabschnitte wählen

Die richtige Wahl der Prüfabschnitte ermöglicht zweierlei: zum einen wird den **physikalischen Randbedingungen** aus der Richtlinie Rechnung getragen; zum anderen können **organisatorische und/oder terminliche Gründe** eine Rolle spielen.

Physikalische Gründe:

- Maximal erforderlicher Druck muss am geodätisch höchsten Punkt vorhanden sein (Kap. 4.3)
- Entlüftungsmöglichkeit
- Max. Volumen (20m³ bei Kontraktionsverfahren)
- Prüfdruck muss bei PE innert 10 Minuten aufbaubar sein (Kontraktionsverfahren)

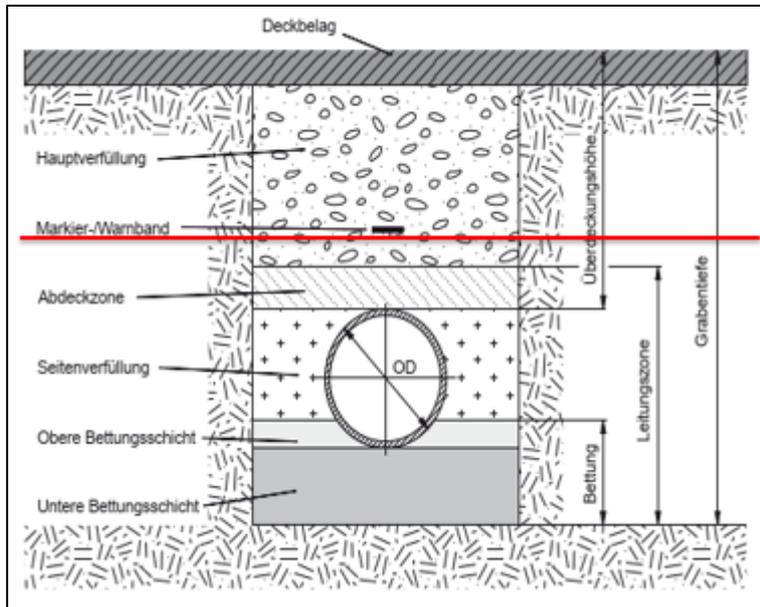
Organisatorisch-terminliche Gründe:

- Baufortschritt / Etappen
- Füll-, Entleer- und Spülmöglichkeit
- Erforderliche Wassermenge zur Verfügung
- Materialwechsel

4.2.2 Eindecken der Leitung

Für die Anwendung der Druckverlustmethode ist eine konstante Temperatur sehr wichtig. Deshalb ist die Richtlinie hier sehr deutlich und fordert eine Teileindeckung für die Prüfung. Dies dient neben der Sicherstellung der Temperaturkonstanz auch der Arbeitssicherheit sowie der Lagestabilität der Leitung.

Abbildung 4.2.2.1 zeigt das Grabenprofil mit der Grenzlinie (rot) für die ideale Eindeckung der Leitung bei der Druckprüfung:



Durch eine Teilabdeckung bis knapp unterhalb des Warnbandes ist die Leitung vor direkter Sonneneinstrahlung bzw. Temperatureinflüssen von aussen geschützt und in ihrer Lage gesichert. Die nicht-bindige Seitenverfüllung aus 0-16 mm Sand und Betonkies alleine gewährt noch nicht unbedingt die notwendige Lagestabilität der Leitung. Eine solche Teileindeckung der Leitung im Rohrbereich ermöglicht eine relativ einfache Leckortung mittels Ortungsmikrofon und hält allenfalls erforderliche Aufgrabarbeiten in Grenzen.

Verbindungsgebiete (Flansche, Schweissverbindungen) sollen frei bleiben, um visuell kontrolliert und nachbearbeitet werden zu können. Bei starkem Witterungseinfluss (z.B. Sonneneinstrahlung) hat sich die Verwendung von Wärmeschutzmatten als Abdeckung bewährt, um Temperaturkonstanz sicherzustellen.

Kommt es im Verlauf des Projektes zu Änderungswünschen beim vereinbarten Ablauf, z.B. wegen Termindrucks, sollten diese Abmachungen schriftlich vereinbart und damit auch die Verantwortungen zugeordnet werden. Alle Beteiligten sollten sich über die Konsequenzen einer Verfahrensänderung im Klaren sein. Wenn nicht, kann eine erfolgreiche Druckprüfung gefährdet sein.

4.3 Ermittlung des Prüfdrucks

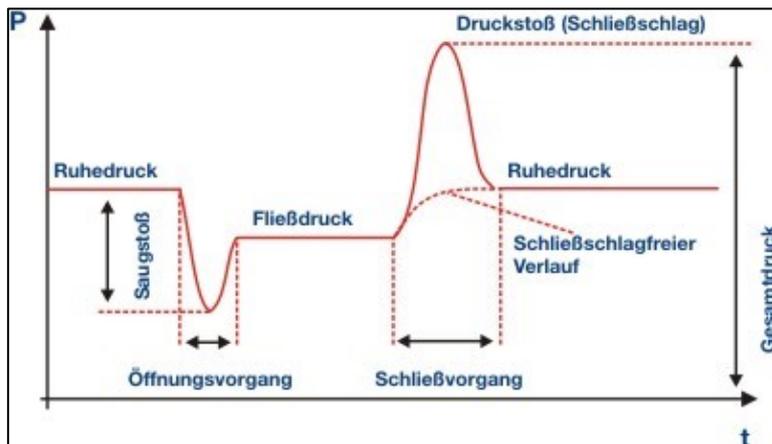
Im Folgenden soll die Ermittlung des Prüfdrucks möglichst einfach hergeleitet werden. Deshalb werden hier nur die grundlegenden Zusammenhänge erläutert.

Der **Systemprüfdruck** des erneuerten Leitungsabschnittes ist rechnerisch zu ermitteln und hängt zunächst einmal vom **maximalen Betriebsdruck (MDP)** der Anlage ab. Selbstverständlich muss der Prüfdruck höher sein:

Systemprüfdruck (STP) > max. Betriebsdruck (MDP)

Der max. Betriebsdruck berücksichtigt neben dem normalen **Betriebsdruck (DP)** auch den Effekt eines Druckstosses im System. Im Falle eines Druckstosses darf die Leitung nicht bersten.

Abbildung 4.3.1 zeigt schematisch die Druckverhältnisse, wie sie bei einem Druckstoss herrschen:



Der eigentliche Ruhedruck des Systems fällt ab, wenn ein Ventil geöffnet wird. Die Energie, welche sich aus dem statischen Anteil und dem dynamischen Anteil zusammensetzt, bleibt gleich. Das Wasser in der Leitung setzt sich in Bewegung, es fließt durch die Leitung (Öffnungsvorgang). Wird das Wasser nun schlagartig wieder abgebremst – was es grundsätzlich zu vermeiden gilt, jedoch nicht auszuschließen ist – prallt es gegen einen Widerstand und erzeugt eine Druckwelle, welche sich in Schallgeschwindigkeit entgegen der Fliessrichtung des Wassers ausbreitet und wieder reflektiert wird. Dies führt zu einer kurzzeitigen Druckerhöhung (Druckstoss, Schlieβschlag) innerhalb der Leitung.

Ein solcher Druckstoss kann heute relativ einfach durch Computermodelle simuliert und berechnet werden (MDP_c). Er kann jedoch auch angenommen werden aus Erfahrungswerten (MDP_a). In der Praxis wird häufig der Wert angenommen. Bei sehr grossen Leitungen und hohen Drücken empfiehlt sich die genaue Betrachtung durch den berechneten Druckstoss.

Beim angenommenen Druckstoss (MDP_a) werden grössere Sicherheitsfaktoren zugeschlagen als beim MDP_c , um den Systemprüfdruck zu ermitteln:

(I) $STP = MDP_c + 1.0 \text{ bar}$

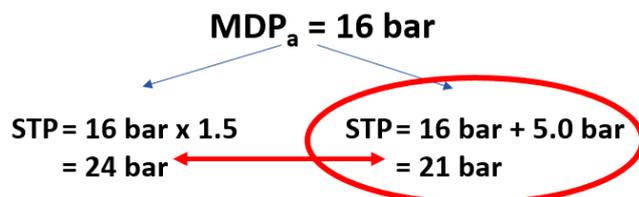
(IIa) $STP = MDP_a \times 1.5$ oder
 (IIb) $STP = MDP_a + 5.0 \text{ bar}$ } es gilt der niedrigere Wert

Beispiel:

- Der benötigte Betriebsdruck unter Normalbedingungen (DP) beträgt 12 bar.
- Für den max. Betriebsdruck wird ein (zusätzlicher) Druckstoss von 4 bar angenommen.

Daraus folgt:

$$\Rightarrow MDP_a = 12 \text{ bar} + 4 \text{ bar} = 16 \text{ bar}$$



- Für die Ermittlung des Systemprüfdrucks gilt der niedrigere Wert von 21 bar.

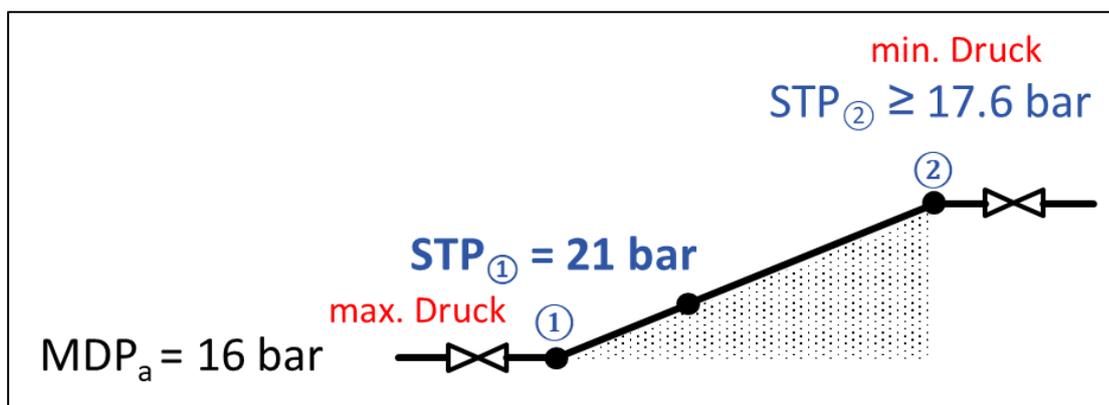
Der Systemprüfdruck ist nun auf den geodätisch tiefsten Punkt der Leitung bezogen (höchste Wassersäule). Dort herrscht der höchste Druck der Wassersäule. Um auch am höchsten Punkt noch genügend Prüfreserve zu haben, schreibt die Richtlinie vor, dass am höchsten Punkt (niedrigste Wassersäule) immer noch ein um 10% höherer Prüfdruck (STP_{min}) herrscht als der maximale Betriebsdruck MDP_a .

$$STP_{min} \geq 1.1 \times MDP_a$$

Somit ergibt sich in diesem Beispiel;

$$STP_{min} = 1.1 \times 16 \text{ bar} = 17.6 \text{ bar}.$$

Abbildung 4.3.2 stellt die Gesamtsituation der erforderlichen Druckverhältnisse im System für die Druckprüfung gem. Richtlinie grafisch dar:



Anmerkung:

Die verwendeten Abkürzungen STP, MDP und beziehen sich jeweils auf das Leitungssystem und haben mit den bauteilspezifischen Kenngrößen nur bedingt zu tun.

Bauteilspezifische Kenngrößen sind:

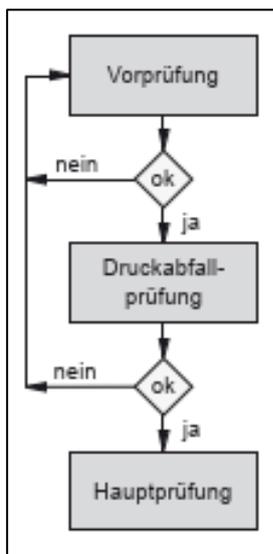
- PFA: zulässiger Bauteilbetriebsdruck
- PMA: maximaler zulässiger Bauteilbetriebsdruck inkl. Druckstoss
- PEA: zulässiger maximaler Bauteilprüfdruck auf der Baustelle, kurzzeitig

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht zwischen den bauteil- und den leitungsspezifischen Kenngrößen und deren Zusammenhang:

Rohrleitungsteile		System
zulässiger Bauteilbetriebsdruck	$PFA \geq DP$	Systembetriebsdruck
höchster zulässiger Bauteilbetriebsdruck	$PMA \geq MDP$	höchster Systembetriebsdruck
zulässiger Bauteilprüfdruck auf der Baustelle	$PEA \geq STP$	Systemprüfdruck

4.4 Verfahrensablauf

Grundsätzlich stellt sich der Ablauf für die drei Prüfverfahren Normalverfahren, beschleunigtes Normalverfahren und Kontraktionsverfahren ähnlich dar. Allen 3 Verfahren folgen dem Ablauf aus Abbildung 4.4.1:



4.4.1 Vorprüfung

Die Vorprüfung dient dazu, das Gesamtsystem vor den weiteren Schritten zu stabilisieren und Störeinflüsse zu minimieren.

Dazu wird der Prüfabschnitt vollständig mit Wasser gefüllt und entlüftet.

Bei der Vorprüfung wird Wasser bis zum Erreichen des STP eingepumpt und bei einem Druckabfall von 0.5 bar erneut nachgepumpt. Es ergibt sich somit eine Sägezahnkurve bei der Druckaufnahme über die Zeit (Abb. 4.4.1.1):



Sollte diese Prozedere nicht möglich sein, ist bereits von einer Undichtheit auszugehen, die Prüfung abzubrechen und die Ursache zu erkunden.

4.4.2 Druckabfallprüfung (Entlüftungskontrolle)

Die Druckabfallprüfung stellt einen sehr wichtigen Punkt in der Druckprüfung dar. *Durch sie werden Lufteinschlüsse im System nachgewiesen, welche bei der Druckprüfung fehlerhafte Ergebnisse liefern.* Durch Lufteinschlüsse kann eine vermeintliche Dichtheit vorgetäuscht werden, obwohl tatsächlich die Leitung nicht dicht ist.

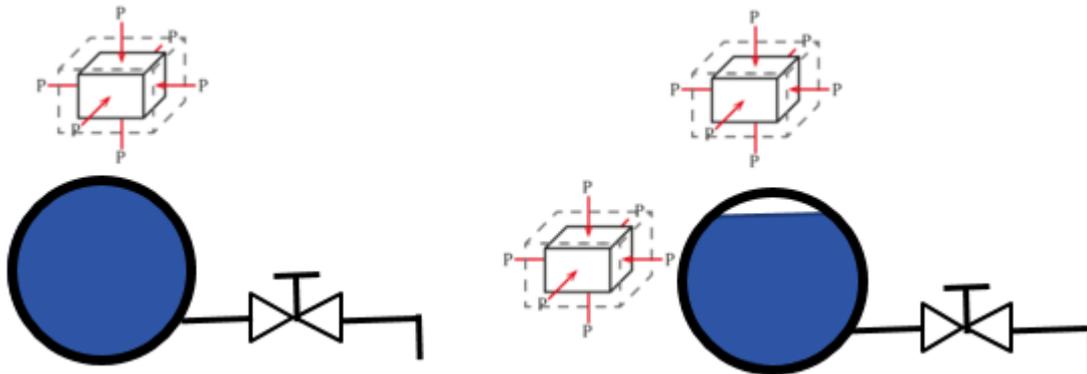
Die Zusammenhänge hierzu sollen im Folgenden ebenfalls für den Praktiker beschrieben werden. Nicht vermeiden lässt sich dabei das Heranziehen der Gleichung aus der Richtlinie, deren Herleitung jedoch vereinfacht dargestellt werden soll. Das grundsätzliche Verständnis ist wichtig für die Durchführung der Druckprüfung.

Bei der Entlüftungskontrolle soll nachgewiesen werden, dass die Lufteinschlüsse im Leitungssystem genügend klein sind, um keine verfälschten Ergebnisse bei der Druckprüfung zu liefern. Dazu bedient man sich der Tatsache, dass der gemessene Druck im System abhängig vom Volumen des Wassers im geschlossenen System ist. Je mehr Wasser in der Leitung, desto höher ist der Druck.

Lässt man aus der Leitung nun Wasser ab, fällt der Druck. Druckabfall und abgelassene Wassermenge stehen dabei in einem direkten Verhältnis (sie sind einander proportional).

Das Beispiel lässt sich zur Veranschaulichung auch umkehren: Pumpst man Wasser in eine vollständig gefüllte Leitung, erhöht sich der Druck durch das hohe Kompressionsmodul von Wasser nahezu unmittelbar.

Sind Lufteinschlüsse vorhanden, geht Druck dafür verloren, die deutlich leichter zu komprimierende Luftphase «zusammenzudrücken». Die Abbildung 4.4.2.1 visualisiert diesen Gedanken:



Das Kompressionsmodul von Wasser ist dabei 2×10^7 - also 20 Millionen - mal grösser als das von Luft.

Um das Verhältnis von Druckabfall und entnommener Wassermenge ermitteln zu können, sind folgende Einflussgrössen zu berücksichtigen:

- Dimension der Leitung
Wieviel Wasser befindet sich gesamthaft in der Leitung?
⇒ Ausgedrückt über die Zylinderformel $(\pi \times ID^2 \times L) / 4$
- Materialeigenschaft der Leitung
Wie «dehnbar» ist die Leitung?
⇒ Ausgedrückt über das Elastizitätsmodul E_m des Werkstoffes
- Eigenschaft des Wassers
Wie komprimierbar ist das Wasser
⇒ Ausgedrückt über das Kompressionsmodul K_w des Wassers

Es steht also ein bestimmtes **Gesamtvolumen** zur Verfügung, welches sich in einer mehr oder weniger verformbaren Hülle (**elastische Leitung**) befindet, mit einer mehr oder weniger **komprimierbaren Füllung** (Wasser). Mit einem Sicherheitsfaktor f , welcher abhängig vom verwendeten Leitungsmaterial ist, ergibt sich aus diesen Zusammenhängen die Formel aus der Richtlinie SVGW W4:

$$\Delta V_{zul} = 0,1 \cdot f \cdot \frac{\pi \cdot ID^2 \cdot L}{4} \cdot \Delta p_g \cdot \left(\frac{1}{K_w} + \frac{ID}{E_n \cdot s} \right)$$

Der provozierte Druckabfall soll gemäss Richtlinie zwischen 1-3 bar liegen. Wenn nun beispielsweise während der Druckabfallprüfung genau 1.47 bar Druck abgelassen werden, sagt die Gleichung, wieviel ml Wasser hierfür entnommen werden dürfen. Ist es mehr, so ist die Entlüftung zu wiederholen und die Vorprüfung zu wiederholen.

Anmerkung: Dies lässt sich anhand der Formel durch den Faktor K_w erklären: Wäre die Leitung nur mit Wasser - ohne Lufteinschlüsse – gefüllt, so ergibt sich ein sehr hoher Wert für K_w . Sind komprimierbare Lufteinschlüsse vorhanden, wird dieser Wert kleiner. Da der Faktor

K_w im Nenner der Gleichung steht, wird bei Lufteinschlüssen das entnommene Volumen V_{zul} grösser.)

Die Bestimmung des zulässigen Wasservolumens erlaubt das Formular des SVGW unter: <https://epaper.svgw.ch/>

4.4.3 Hauptprüfung

Erst nach Abschluss der erfolgreichen Vorprüfung kann mit der jeweiligen Hauptprüfung begonnen werden.

Auf die einzelnen Prüfungen des beschleunigten Normalverfahrens, des Normalverfahrens und des Kontraktionsverfahren wird im Praxisteil des Kurstages 2 genauer eingegangen.

5 Dokumentation

5.1 Allgemeines

Unter Dokumentation versteht man die Nutzbarmachung von Informationen zur weiteren Verwendung. Ziel der Dokumentation ist es, schriftlich oder auf andere Weise dauerhaft niedergelegte Informationen (Dokumente) gezielt auffindbar zu machen.

Grundsätzlich sollte die Dokumentation folgende Eigenschaften besitzen:

- Eindeutig und unmissverständlich
- Nachvollziehbar
- Alle relevanten Parameter beinhalten, vollständig
- Örtlich genau zuzuordnen
- Leicht bedienbar
- Intuitiv ausfüllbar
- Verantwortlichkeit ersichtlich (Unterschrift)
- ...

Diese Auflistung widerspiegelt nicht sämtliche Anforderungen an eine Dokumentation. Es zeigt jedoch, dass es wichtige Punkte zu beachten gibt. Je nach Fachgebiet ergeben sich hier möglicherweise andere Sichtweisen und Schwerpunkte.

5.2 Dokumentation der Druckprüfung

Die aus Sicht der Trinkwasserversorgung relevanten Parameter wurden bei den offiziell zur Verfügung stehenden Dokumentation des SVGW berücksichtigt.

Eine Verwendung der offiziellen Dokumentation ist deshalb anzuraten, da man sich auf die Vollständigkeit der zu erfassenden Daten verlassen kann.

In der Praxis kommen immer wieder selbstkreierte Prüfdokumente von Herstellern, anderen Verbänden oder weiteren Interessenten zum Einsatz. Enthalten sie sämtliche Parameter, ist dagegen grundsätzlich nichts einzuwenden (vgl. Richtliniencharakter Kap. 1.1). Die Verwendung des offiziellen Formulars des SVGW aus der Richtlinie W4 erlaubt jedoch eine rasche Einschätzung der Vollständigkeit und ist daher zu empfehlen.

Das offizielle Formular des SVGW findet sich in der W4, Teil 5, Checkliste Nr. 1.

6 Fazit

Zur Gewährleistung der gesellschaftlich hohen Ansprüche an den Umgang mit Trinkwasser und für die langfristige und generationenübergreifende Nutzung der Anlagen ist jede verlegte Rohrleitung als Gesamtsystem einer Druckprüfung zu unterziehen. Das Regelwerk W4 des SVGW beschreibt die erforderlichen Prozessschritte.

Sämtliche Prozessschritte bei der Verlegung einer Leitung können sich positiv oder, bei nicht Einhaltung der Richtlinie, negativ auf das Ergebnis der Druckprüfung auswirken.

Auf die Einhaltung der Anforderungen der Richtlinie soll bereits bei der Planung und Ausschreibung Bezug genommen werden. Erwartungen dürfen genauer spezifiziert werden, als dies der gewöhnliche Ausschreibungstext in Form von Normpositionen zulässt. Dies führt bereits in der Angebotsphase zu Klarheit auf allen Seiten.

Die Druckprüfung selbst unterliegt einer Methodik, die die Einhaltung verschiedener Parameter fordert (z.B. Temperaturkonstanz, Luftfreiheit). Zur Sicherstellung der Anforderungen sind Verfahren beschrieben, welche auf das einzelne Leitungssystem angepasst und anzuwenden ist: das beschleunigte Normalverfahren, das Normalverfahren, das Kontraktionsverfahren sowie das Sichtprüfverfahren für kleine Leitungsabschnitte. Die Auswertung erfolgt standardisiert und damit vergleichbar. Mehr Ausführungen zu den einzelnen Verfahren finden sich im Praxisteil für den Kurstag 2. Dort werden auch weitere Themen wie Arbeitssicherheit, Entlüftung und Temperatureinfluss behandelt.

Ergebnisse der Druckprüfungen sind vollständig und systematisch zu dokumentieren. Dafür stellt der SVGW als Fachverband Formulare zur Verfügung. Aus Gründen der Vergleichbarkeit, der Vollständigkeit sowie der Nachvollziehbarkeit bieten sich diese Formulare als Standard an und deren Anwendung sei den Verantwortlichen der Druckprüfung ans Herz gelegt.

Weiterbildungskurse 2020



www.brunnenmeister.ch

Druckprüfung Gerätetechnik für Wasserleitungen

Von:

Thomas Krohse
Geschäftsinhaber
KROHSE GmbH
Anbohrtechnik – Absperrentechnik -
Druckprüfungen
Gewerbstrasse 2
8212 Neuhausen am Rheinfall



www.krohse.ch

info@krohse.ch

Veranstaltungsort:



7 Gerätetechnik für die Druckprüfung von Wasserleitungen

Autor / Referent: Thomas Krohse

7.1 Vorbereitung

Warum Druckprüfungen? Rohren und Anlagenteile müssen vor Inbetriebnahme und nach einer Reparatur einer Druckprüfung unterzogen werden. Bei dieser wird die jeweilige Rohrleitung auf Festigkeit, Dichtheit und auf den Spannungsabbau geprüft. Dafür gibt es unterschiedliche Gründe:

- Betriebssicherheit
- Gefahrenabwehr
- Umweltschutz
- Kostenoptimierung



Schadensbild einer defekten Wasserleitung

Bevor die entsprechende Gerätetechnik angeschlossen wird, müssen zwingend einige Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden. Arbeiten im Rohrgraben, die nicht im Zusammenhang mit der Prüfung stehen, sollten zeitlich verschoben werden. Die Druckprüfung ist unbedingt bei geschlossenen Belüftungsarmaturen und geöffneten Absperrarmaturen durchzuführen. Weiterhin sind Sicherungen und Widerlager anzubringen und die Leitung ist mit Verfüllmaterial abzudecken. Letzteres schützt vor Sonneneinstrahlung, denn die Rohrwandtemperatur sollte 20°C nicht überschreiten. Die Durchführung von Druckprüfungen ist vorzugsweise von geschultem Personal durchzuführen, die über die auftretenden Kräfte unterrichtet sind. Luftfreies Füllen ist eine wichtige Basis, um erfolgreiche Druckprüfungen zu absolvieren. Ein Molcheinsatz kann dabei behilflich sein. Ebenso muss der Prüfdruck vorab bestimmt werden, denn dieser muss bei jeder Gerätetechnik bekannt sein.

Für eine optimale Durchführung einer Druckprüfung müssen folgende Parameter bekannt sein:

- Parameter der Rohrleitung
 - Material
 - Dimension
 - Länge

Ausserdem muss die Prüfmethode bestimmt werden. Diese ist abhängig vom Prüfgerät:

- Wasserverlustmethode
- Druckverlustmethode (kommt am Häufigsten zur Anwendung)
 - Normalverfahren
 - Kontraktionsverfahren
 - Beschleunigtes Normalverfahren

Für die Anwendung der Wasserverlustmethode wird abweichend eine Dosierpumpe für Kleinstwassermengen mit einer Mindestdosiergenauigkeit von 0.01 Liter und zur Konstanthaltung des Druckes zwei Manometer mit Schaltausgängen bei $\leq \pm 10$ mbar oder ein Niveauschalter mit einer Mindestmessgenauigkeit von $\leq \pm 10$ mbar benötigt. Die Aufzeichnung erfolgt mit einem tragbaren PC.

Fazit: In der Praxis kommt die Druckverlustmethode am Häufigsten zur Anwendung, da die Gerätetechnik bei der Wasserverlustmethode sehr genau sein muss und noch kompakter in der Zusammenstellung ist.

Um die Rohrleitung nach dem SVGW Regelwerk W4 Teil 3 zu prüfen und mit dem vorgeschriebenen Druck zu befüllen, wird Wasser als Medium benötigt.



Nachschlagewerk für Druckprüfungen

7.2 Anschluss technik

Zum Einsatz sollte eine geeignete Anschluss technik zur Verfügung stehen. Saubere Wasserschläuche für die Spülung, zum Befüllen und für den Druckaufbau sind unumgänglich. Eine KTW-Zulassung des Materials (z.B. AQUAPAL) ist laut SVGW nicht zwingend erforderlich. Geka- oder Storzkupplungen sind für eine sichere und einfache Verbindungstechnik zu empfehlen.

Für einen optimalen Anschluss an die zu prüfende Leitung ist ein Prüfbaum oder ein Prüfkörper sehr gut geeignet. Dieser kann für neue Versorgungsleitungen, Unter- und Überflurhydranten benutzt werden. Wichtig: Für dichte Prüfarmaturen kontaktieren Sie Ihren Partner für Druckprüfungen. Undichte Anschluss technik kann das Ergebnis verfälschen und zusätzlichen Zeitaufwand beanspruchen. Zu empfehlen sind speziell dafür produzierte Adapter, die per O-Ring an unterschiedlichen Gewindegrößen eingeschraubt werden können. Ausserdem kann gleichzeitig ein Kontrollmanometer und die Messleitung adaptiert werden.



Möglichkeiten für Anschlusstechnik

7.3 Manuelle Druckprüfungen

Um den nötigen Prüfdruck (STP) in der zu prüfenden Leitung zu erreichen, sollten Prüfpumpen eingesetzt werden. Kurze Leitungsabschnitte mit kleinen Dimensionen können mit Handprüfpumpen bearbeitet werden. Bei grösseren Volumina sind Motorprüfpumpen einzusetzen. Bei der Pumpenwahl ist zu beachten, dass bei der Kontraktionsprüfung der Druckaufbau bis hin zum Prüfdruck innerhalb von 10 min erfolgen muss. Das setzt bei diesem Verfahren eine hohe Pumpenleistung voraus. Die Beaufschlagung erfolgt über die ausgewählte Anschlusstechnik (Prüfbaum/-körper). Analoge Manometer und Bandschreiber müssen mit einer Skalenteilung von 0.1 bar ausgestattet sein. Kommen elektronische Druckprüfgeräte oder Datenlogger zur Anwendung, ist eine Auflösung von 0.01 bar erforderlich. Ausserdem sind diese Equipments regelmässig nach Herstellerangaben zu kalibrieren. Laut SVGW Regelwerk W4 Teil 3 ist ebenfalls die Rohrwand-/Erdbodentemperatur zu messen. Daher ist ein Anzeigemodus von 0.1°C angebracht.



Mögliches Equipment für manuelle Druckprüfungen

Je nach Verfahren sind die benötigten Volumina und Drücke nach dem SVGW Regelwerk W4 Teil 3 zu berechnen, während der entsprechenden Prüfphase zu kontrollieren und in das Prüfprotokoll einzutragen (SVGW, ggf. VKR, GIS). Elektronische Druckprüfgeräte haben oft eine Auswertesoftware, mit welcher am PC das jeweilige Dokument erstellt werden kann. Sind Ist- und Sollwerten als gleich (inklusive Toleranz) anzusehen, kann die Leitung als dicht betitelt werden.

7.4 Vollautomatische Druckprüfungen

Eine Möglichkeit für vollautomatische Druckprüfungen ist das PMS3000. Das Gerät kann im Gas, Wasser, Abwasser und bei weiteren Medien und Prüfnormen eingesetzt werden. Es besteht aus einem robusten, akkubetriebenen, baustellentauglichen Prüfkoffer mit grafikfähigem 7“-Touch-Farbdisplay. Ein Protokolldrucker mit 114 mm-Druckbreite ermöglicht noch auf der Baustelle einen grafikfähigen Thermoausdruck als erstes Prüfprotokoll. Es können zwei unterschiedliche Sensoren verbaut werden (Wasser 35 bar) und die Prüfablaufsoftware wird nach Kundenwunsch installiert. Ein grosser Vorteil von dieser Möglichkeit ist die nicht benötigte Auswertesoftware. Jegliche Dokumente werden im PMS erstellt, auf der SD-Karte gespeichert und können per USB gedownloadet werden. Bereitgestellt werden die Prüfdaten auf einem fertigen farbigen PDF und als CSV-Datei. Letztere kann im Excel weiterverarbeitet werden. Windowsupdates und EDV-Umstellungen können somit keine Schnittstellenprobleme mehr verursachen.



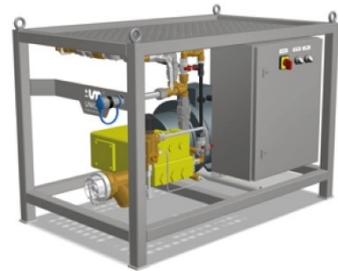
Druckprüfgerät PMS3000



Auch nachträglich können neue Prüfabläufe und Updates durch den Anwender auf dem Gerät installiert werden. Diese sind nur auf einem Gerät lauffähig, da die Seriennummer im Ablauf codiert ist. Der Kunde kann sich somit das Bearbeitungsfeld selbst erstellen und optimiert daher die Kosten.

Mit den dazu passenden Pumpen werden Prüfabläufe vollautomatisch gesteuert. Alle Phasen einer kompletten Prüfung von der Vorbereitung über den Druckaufbau und die Druckhaltephase bis hin zur Druckabsenkung und der Hauptprüfung werden vollautomatisch ausgeführt. Selbst die abgelassene Wassermenge wird gemessen und mit dem Sollwert verglichen. Dieses System ermöglicht somit, dass keine Arbeiten

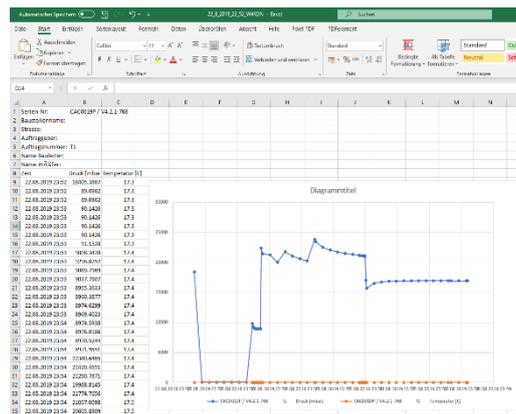
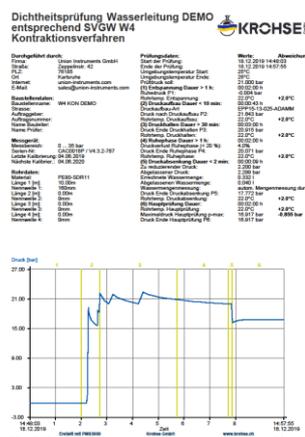
im Rohrgraben während der Prüfung nötig sind. Somit kann der Anwender eine erhöhte Arbeitssicherheit genießen.



Verschiedene Prüfpumpen mit unterschiedlichen Leistungen

7.5 Protokollierung von Druckprüfungen

Das PMS3000 in Verbindung mit dem optimalen Anschlusszubehör und den verschiedenen Prüfpumpen ermöglicht dem Anwender für sich ein optimales Equipment zu erstellen, um Druckprüfungen nach dem SVGW Regelwerk W4 Teil 3 zu praktizieren. Die fertigen farbigen Prüfprotokolle sind nach gesetzter Unterschrift bereit für den Versand oder für die Archivierung. Mit den Daten im CSV-File können diese im Excel weiterverarbeitet werden.

Möglichkeiten der Protokollierung

7.6 Druckprüfung mit Luft

Ist die Druckprüfung mit Luft grundsätzlich möglich?

Ja!!!

Aber, es ist NICHT zu empfehlen für die Wasserversorgung bei grossen Volumina, sondern nur eine Möglichkeit in der Haustechnik!!! Es müssen zwingend lebensmitteltaugliche ölfreie Kompressoren, entsprechende Adapter und Schläuche verwendet werden. Es wird empfohlen, dass nur kurze Teilstrecken mit wenig Volumen als Zwischenprüfung mit Luft geprüft werden. Durch das Komprimieren des besagten Mediums beim Druckaufbau wird ein erhöhtes Unfallrisiko erreicht. Verschlusssteile oder Adapter können beim Bersten lebensbedrohliche Verletzungen beim Menschen verursachen.



Prüfen auch Sie Ihre Wasserleitungen, unsere Ressourcen werden es Ihnen danken!



Der Umwelt zuliebe!

Weiterbildungskurse 2020



www.brunnenmeister.ch

Druckprüfung

Beschleunigtes Normalverfahren

Von:

Christian Bieri
Rohre und Armaturen
TMH Hagenbucher AG
Friesstrasse 19
CH 8050 Zürich



www.hagenbucher.ch

info@hagenbucher.ch

Veranstaltungsort:

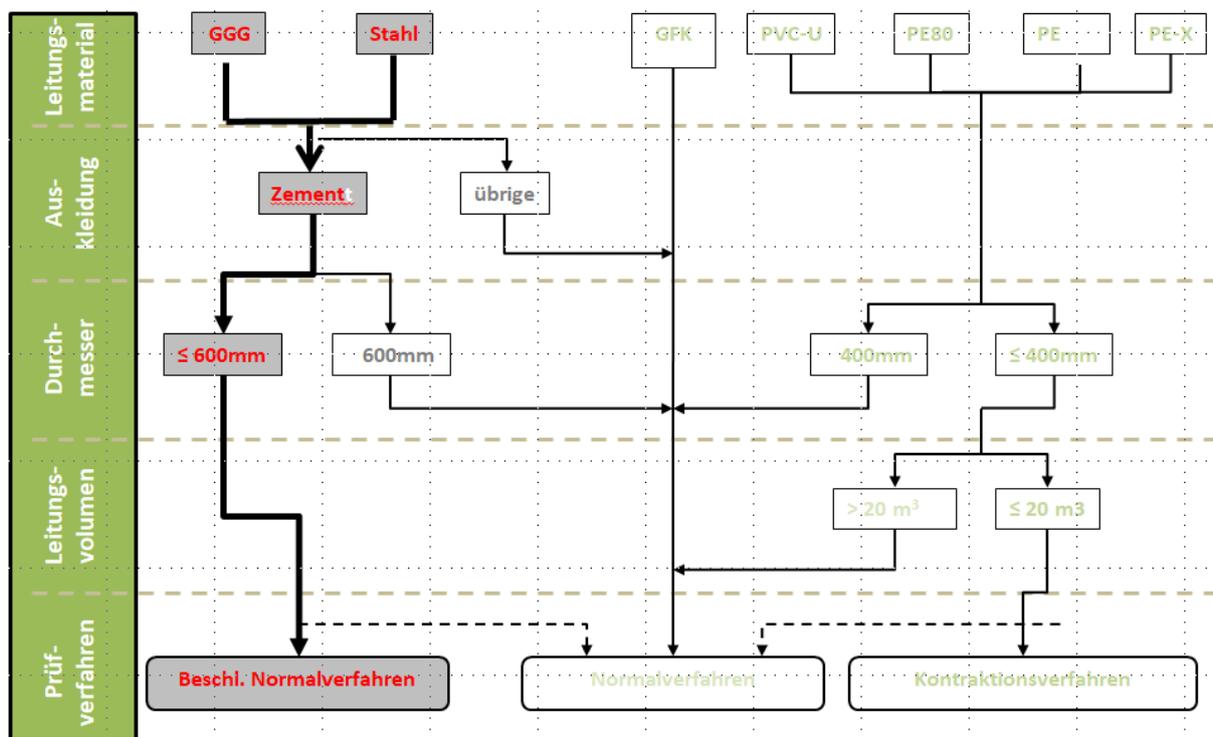


8 Das beschleunigte Normalverfahren

Autor / Referent: Christian Bieri

Der Vorteil des beschleunigten Normalverfahrens besteht vor allem in der enormen Zeitersparnis. Der Zeitaufwand liegt bei lediglich ca. 1.5 Stunden. Das beschleunigte Normalverfahren wird in drei Phasen durchgeführt:

Schema:



- Sättigungsphase
- Druckabfallprüfung
- Dichtheitsprüfung

8.1 Sättigungsphase

Zum Erreichen eines hohen Sättigungsgrades wird der Prüfdruck während einer halben Stunde durch ständiges Nachpumpen konstant gehalten. Für die Sättigung ist in erster Linie die Höhe des Prüfdruckes massgebend. Zu niedriger Druck kann nicht durch eine Verlängerung der Sättigungsphase ausgeglichen werden.

8.2 Druckabfallphase

Die Druckabfallprüfung dient der Feststellung der Luftfreiheit der Rohrleitung. Luft einschlüsse in der Rohrleitung können zu falschen Messergebnissen führen bzw. kleine Undichten überdecken.

Der Leitung wird bei Prüfdruck ein Wasservolumen ΔV_{zul} entnommen. Der daraus resultierende Druckabfall Δp wird gemessen. Dies ist in der anschließenden Dichtheitsprüfung der zulässige Druckabfall Δp_{zul} . Der Prüfdruck ist nach der Druckabfallprüfung wieder herzustellen.

ΔV_{zul} errechnet sich wie folgt:
$$\Delta V_{zul} = (DN \times L) / (100 \times k)$$

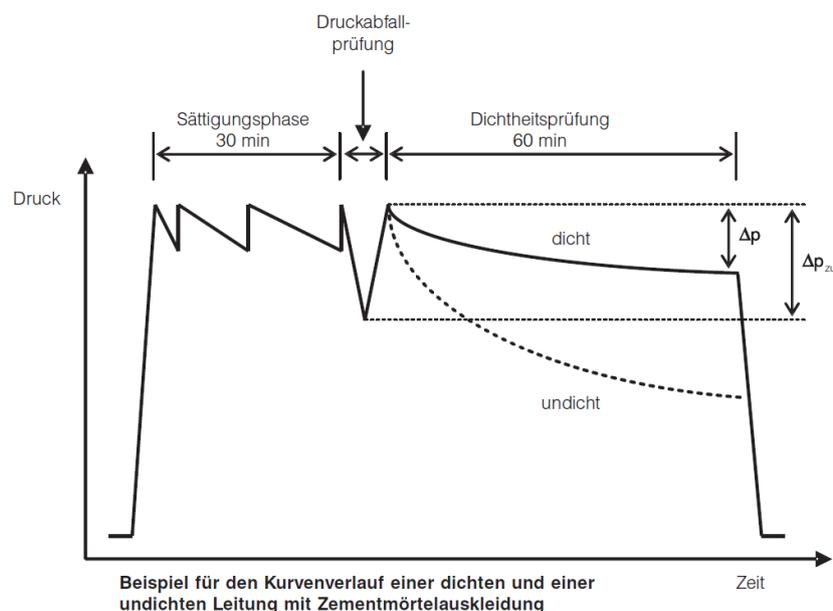
Die Leitung gilt als ausreichend entlüftet, wenn bei der Entnahme des Wasservolumens ΔV_{zul} der Druckabfall grösser oder gleich der in der folgenden Tabelle genannten Grenzwerte für Δp ist.

DN	Δp (bar)	DN	Δp (bar)
80	1.4	300	0.4
100	1.2	400	0.3
150	0.8	500	0.2
200	0.6	600	0.1

8.3 Dichtheitsprüfung

Die Leitung gilt als dicht, wenn der Druckabfall Δp in gleichen Zeitabschnitten ständig abnimmt und über die Dauer der Dichtheitsprüfung den in der Druckabfallprüfung ermittelten Wert Δp_{zul} nicht übersteigt. Die Prüfdauer beträgt eine Stunde.

8.4 Schema Beschleunigtes Normalverfahren



Fazit:

„Dichtheit der Ressourcen zu Liebe“



Sauberes Trinkwasser gehört zu den Grundbedürfnissen des Menschen.

Quellen:

- Technischer Ordner TMH Hagenbucher AG
- eadips / FGR Guss-Rohrsysteme
- Handbuch „DUKTUS“

Weiterbildungskurse 2020



www.brunnenmeister.ch

Druckprüfung

Normalverfahren und Sicherheitsaspekte

Von:

Roger Saner
Tiefbautechniker HF / NDS FH SVTS
vonRoll hydro (suisse) ag
Von Roll-Strasse 24
4702 Oensingen



<https://www.vonroll-hydro.ch>

roger.saner@vonroll-hydro.ch

Veranstaltungsort:



9 Normalverfahren und Sicherheitsaspekte bei der Druckprüfung

Autor / Referent: Roger Saner

9.1 Normalverfahren (NV) nach SVGW Richtlinie W4

Der SVGW als Wissens-, Fach- und Netzwerkorganisation der Schweizer Gas- und Wasserversorgungen trägt massgebend zur einwandfreien und nachhaltigen Versorgung mit Erdgas und Trinkwasser bei. Seit über 140 Jahren vertritt er die Interessen seiner Gas- und Wasserversorger. Dabei erarbeitet der SVGW zukunftsgerichtete Lösungen für gemeinsame Probleme seiner Mitgliedsunternehmen. Sein Leistungsangebot umfasst im Wesentlichen das Erarbeiten eines umfassenden Regelwerks, wie beispielsweise die Richtlinie für die Wasserverteilung W4 „Planung, Projektierung, Bau, Prüfung sowie Betrieb und Instandhaltung der Trinkwasserverteilung ausserhalb von Gebäuden.“

Für jede Trinkwasserleitung ist eine Dichtheitsprüfung durchzuführen. Die verschiedenen Prüfmethode für die Druckprüfung von Wasserleitungen werden detailliert im Teil 3 „Bau und Prüfung“ im Kapitel 11 „Druckprüfung von Wasserleitungen“ behandelt und detailliert beschreiben. Grundsätzlich bietet das Normalverfahren die grösste Prüfgenauigkeit.

9.2 Verfahrensübersicht

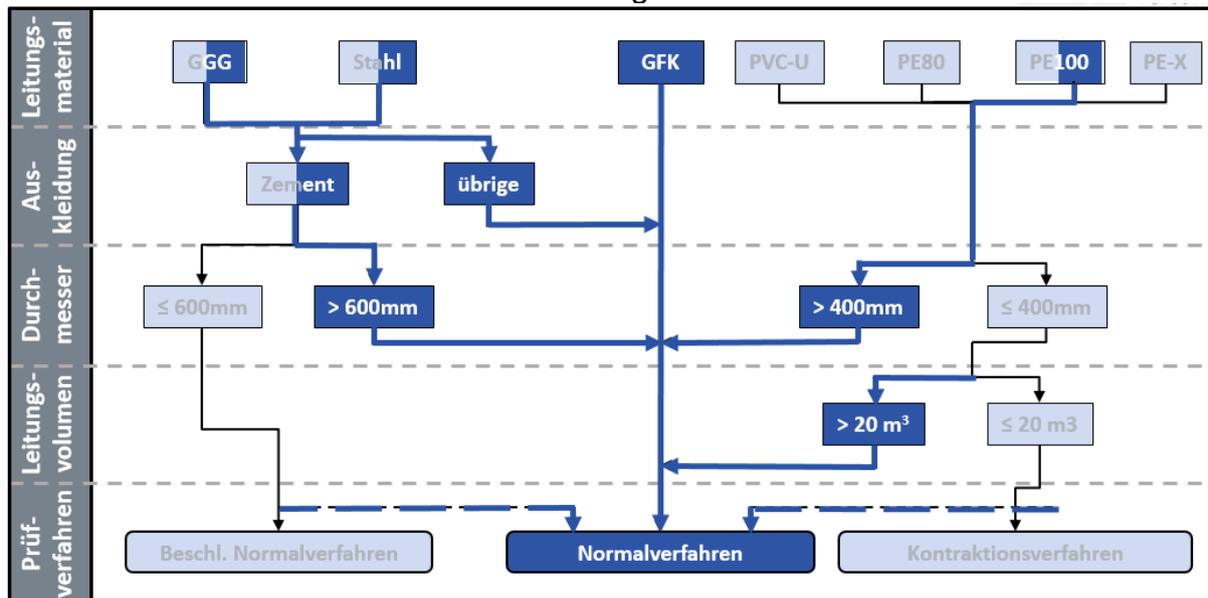
In der Regel kommt beim Normalverfahren die Druckverlustmethode zur Anwendung. Die Wasserverlustmethode ist ebenfalls anwendbar, stellt jedoch höhere Anforderungen an die Genauigkeit der eingesetzten Messgeräte.

Im weiteren Verlauf werden wir uns auf die Beschreibung der Druckverlustmethode beschränken. Dabei besteht das Normalverfahren (**NV**) aus den drei Phasen Vorprüfung, Druckabfallprüfung und Hauptprüfung. Es ist jeweils die gesamte Rohrleitung inkl. Formstücke, Verbindungen, Armaturen, Schubsicherungen und/oder Widerlager zu prüfen!

Das NV ist für alle Rohrwerkstoffe und Nennweiten geeignet, in folgenden Fällen ist die Anwendung des NV zwingend:

- Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen oder aus Stahl mit Innenbeschichtungen aus Kunststoff
- PE-Rohrleitungen mit Volumen grösser als 20 m³ und bei grossen Nennweiten über DN 400
- Alle Rohrleitungen aus glasfaserverstärktem Kunststoff GFK

Folgende Grafik zeigt eine Übersicht über die Prüfverfahren für die verschiedenen Rohrwerkstoffe und, dunkelblau hinterlegt, in welchen Anwendungsfällen respektive Einsatzbereichen das Normalverfahren zwingend zum Einsatz kommen muss.



Grafik: Übersicht Prüfverfahren - Rohrwerkstoffe im Normalverfahren

9.3 Bestimmung des Prüfdrucks beim Normalverfahren

Grundsätzlich ist die Druckprüfung im Normalverfahren mit einem höheren Druck als dem höchsten Systembetriebsdruck MDP durchzuführen. Am tiefsten Punkt des Prüfabschnittes muss der Systemprüfdruck STP erreicht werden. Am höchsten Punkt soll der Prüfdruck mindestens noch das 1,1-fache des höchsten Systembetriebsdrucks MDP betragen. Bei Transportleitungen mit berechnetem Druckstoss muss der Prüfdruck am Hochpunkt mindestens dem 1,1-Fachen des Systembetriebsdrucks DP entsprechen.

Der Systemprüfdruck STP ist für alle Rohrleitungen in Abhängigkeit des höchsten Systembetriebsdrucks MDP zu bestimmen, wobei der MDP nicht unter 10 bar sein soll.

Bei berechnetem Druckstoss beträgt der Systemprüfdruck:

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

Bei nicht berechnetem, angenommenem Druckstoss beträgt der Systemprüfdruck:

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

oder

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

Es gilt jeweils der kleinere Wert und folgende **Bedingung** muss erfüllt sein:

$$MDP_a \geq \text{Systembetriebsdruck DP} + 2 \text{ bar jedoch mindestens 10 bar!}$$

Für die verschiedenen Rohrwerkstoffe betragen die Maximalwerte für den Systemprüfdruck STP nach SVGW Richtlinie W4:

Duktiles Gusseisen und Stahl:	STP	> 21 bar
Polyethylen PE100 SDR17:	STP _{20°C}	≤ 12 bar
Polyethylen PE100 SDR11:	STP _{20°C}	≤ 21 bar
Glasfaserverstärkter Kunststoff GFK:	STP	15 bar

9.4 Ablauf Normalverfahren

9.4.1 Vorprüfung bzw. Sättigungsphase

Die Vorprüfung beziehungsweise Sättigungsphase hat zum Ziel, die Rohrleitung für die Hauptprüfung zu stabilisieren, zementausgekleidete Rohre zu sättigen und die viskoelastischen Verformungen bei Kunststoffrohren abzubauen.

Die Leitung wird zuerst vom Tiefpunkt aus langsam befüllt, am Hochpunkt entlüftet und danach verschlossen. Nun muss der STP aufgebracht werden. Dieser ist während der Vorprüfdauer zu halten und, spätestens nach einem Druckabfall von 0,5 bis 1 bar, regelmässig durch Nachpumpen wiederherzustellen. Druckschwankungen dürfen 1 bis 2 bar nicht übersteigen.

Die Dauer der Vorprüfung ist abhängig vom Rohrwerkstoff und beträgt bei:

- Duktilem Gusseisen GGG und Stahl mit Kunststoffauskleidung (Bsp. PUR) 1 h
- Duktilem Gusseisen GGG und Stahl mit Zementmörtelauskleidung 24 h

- Polyethylen PE: 12 h

- Glasfaserverstärktem Kunststoff GFK: 6 h

Achtung:

Wird während der Vorprüfung bereits ein signifikanter Druckabfall oder eine Leckage festgestellt, muss die Druckprüfung sofort abgebrochen und der Mangel behoben werden.

9.4.2 Druckabfallprüfung (Entlüftungskontrolle)

Die Druckabfallprüfung ist während der Vorprüfung, spätestens jedoch sofort nach der Vorprüfung, durchzuführen.

Dazu ist eine Wassermenge ΔV_g zu entnehmen, um einen Druckabfall Δp_g von mindestens 0,5 bar zu erreichen. Bei kleinen Nennweiten und kurzen Prüflängen sind Entnahmemengen erforderlich, die zu einem Druckabfall Δp_g grösser als 1 bar bis maximal 3 bar führen.

Die so entnommene Wassermenge ΔV_g und der Druckabfall Δp_g sind zu messen. Anschliessend wird die theoretische Volumenänderung ΔV_{zul} nach Gleichung (5) aus der SVGW Richtlinie W4, Teil 3, berechnet und mit der tatsächlich gemessenen Wassermenge ΔV_g verglichen.

Eine **ausreichende Entlüftung** der Rohrleitung liegt vor, **wenn**:

$$\Delta V_g \leq \Delta V_{zul}$$

(Hinweis: Die Berechnung von ΔV_{zul} nach W4 Teil 3 wird in den verfügbaren Druckprüfungsprotokollen der Verbände und Rohrhersteller sowie durch die verfügbaren Druckprüfgeräte in der Regel automatisiert durchgeführt)

9.4.3 Hauptprüfung bei GGG-, Stahl und GFK-Leitungen

Der Systemprüfdruck STP ist nach erfolgreicher Druckabfallprüfung und Entlüftungskontrolle wiederherzustellen.

Die Durchführung der Hauptprüfung erfolgt mit Prüfwerten gemäss nachfolgender Tabelle:

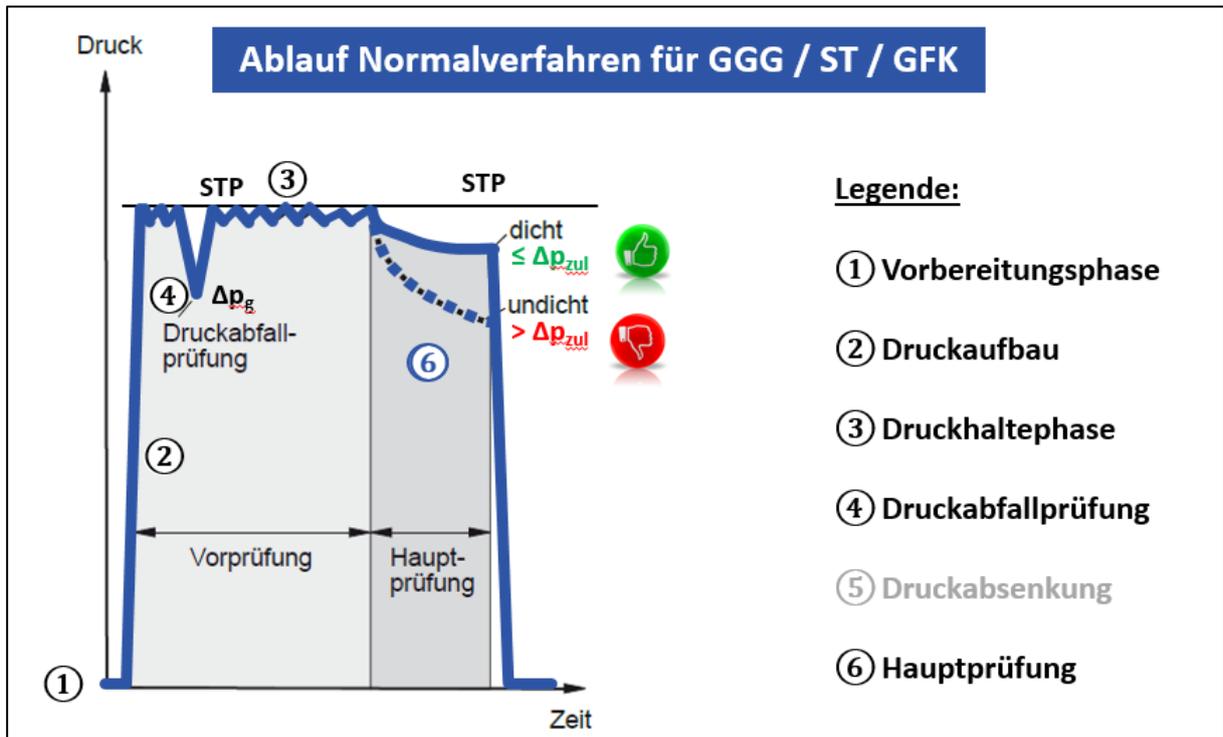
Prüfwerte			Vorprüfung		Hauptprüfung		Zul. Druckabfall
Rohrwerkstoff	MDP [bar]	DN	STP [bar]	Zeit [h]	STP [bar]	Zeit [h]	Δp_{zul} [bar]
GGG/ST m. ZMA	10/16/>16	< 400	15/21/<21	24	15/21/>21	3	0.1/0.15/0.2
GGG/ST m. ZMA	10/16/>16	400 bis 700	15/21/<21	24	15/21/>21	12	0.1/0.15/0.2
GGG/ST m. ZMA	10/16/>16	>700	15/21/<21	24	15/21/>21	24	0.1/0.15/0.2
GGG/ST o. ZMA	10/16/>16	< 400	15/21/<21	1	15/21/>21	3	0.1
GGG/ST o. ZMA	10/16/>16	400 bis 700	15/21/<21	1	15/21/>21	12	0.1
GGG/ST o. ZMA	10/16/>16	>700	15/21/<21	1	15/21/>21	24	0.1
GFK	10	alle	15	6	15	1	0.2

Tabelle 1: Prüfwerte für das Normalverfahren bei GGG-, Stahl- und GFK-Leitungen

Die Hauptprüfung ist bestanden – „Leitung dicht“ – wenn der gemessene Druckabfall kleiner ist als der maximal zulässige Druckabfall:

$$\Delta p_g \leq \Delta p_{zul}$$

Folgende Darstellung zeigt den Ablauf und die einzelnen Phasen während der Druckprüfung im Normalverfahren für GGG-, Stahl- und GFK-Rohre:



Grafik: Ablauf des Normalverfahrens für GGG, Stahl, GFK

9.4.4 Hauptprüfung bei PE-Leitungen

Nach erfolgreicher Druckabfallprüfung ist der Systemprüfdruck STP um 2 bar abzusenken. Durch die Druckabsenkung erfolgt eine plastisch elastische Kontraktion des Kunststoffrohres, sodass ein Druckanstieg bis zum Höchstdruck P_{max} eintritt. Der **zulässige Druckabfall Δp_{zul}** in nachfolgender Tabelle **bezieht sich auf diesen Höchstdruck P_{max}** , der sich **während der Hauptprüfung** einstellt.

Prüfwerte			Vorprüfung		Hauptprüfung		Zul. Druckabfall
Rohrwerkstoff	MDP [bar]	DN	STP [bar]	Zeit [h]	STP [bar]	Zeit [h]	Δp_{zul} [bar/h]
PE100 SDR11	10/16	<150	15/21	12	13/19	3	0.1 **
PE100 SDR11	10/16	150 - 400	15/21	12	13/19	6	0.1 **
PE100 SDR11	10/16	> 400	15/21	12	13/19	12	0.1 **
PE100 SDR17	10	<150	12	12	10	3	0.1 **
PE100 SDR17	10	150 - 400	12	12	10	6	0.1 **
PE100 SDR17	10	> 400	12	12	10	12	0.1 **

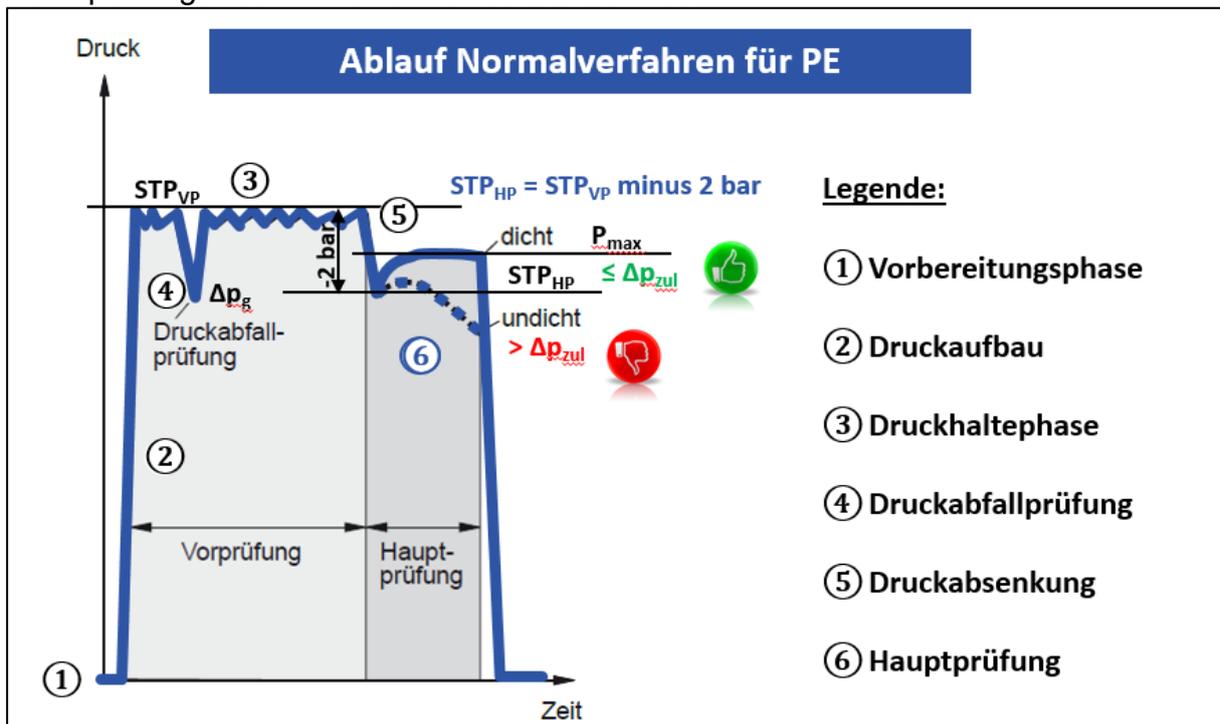
** Gemessen vom Höchstdruck P_{max} während der Hauptprüfung

Tabelle 2: Prüfwerte für das Normalverfahren bei PE-Leitungen

Die Hauptprüfung ist bestanden – „Leitung dicht“ – wenn der gemessene Druckabfall kleiner ist als der maximal zulässige Druckabfall:

$$\Delta p_g \leq \Delta p_{zul}$$

Folgende Darstellung zeigt den Ablauf und die einzelnen Phasen während der Druckprüfung im Normalverfahren für PE-Rohre:



Grafik: Ablauf des Normalverfahrens für PE

10 Sicherheitsaspekte bei der Druckprüfung

10.1 Allgemeine Sicherheitsaspekte

Im Verlauf einer Druckprüfung treten auf dem betreffenden Prüfabschnitt des Rohrleitungssystems enorme Kräfte auf, die ein nicht zu unterschätzendes Gefahrenpotential bergen. Während der Druckprüfung aller Rohrleitungsteile – Rohre, Formstücke, Armaturen, Rohrverbindungen mit Schubsicherungen, Widerlager usw. – sind aus diesem Grund Arbeiten im Rohrgraben ohne direkten Zusammenhang mit der Druckprüfung nicht erlaubt.

Dabei ist es unabdingbar, das an der Druckprüfung beteiligte Personal über die an den Rohrleitungsteilen auftretenden Kräfte zu informieren, um eine Personengefährdung zu vermeiden. Gerade bei vorübergehend eingebauten Formstücken, Abspernteilen und Abstützungen sind Kenntnisse über die möglichen Auswirkungen und Folgen eines Versagens sehr wichtig. Der Verfahrensablauf der Druckprüfung und jede Abweichung davon sollen laufend überwacht werden.



Grundsätzlich soll die Druckprüfung bei geschlossenen Belüftungseinrichtungen und bei geöffneten Armaturen durchgeführt werden. Eine Druckprüfung auf geschlossene

Armaturen ist nicht zweckmässig, da die Absperrlemente (Keile, Klappenteller, Ventilkegel, etc.) die Prüfergebnisse negativ beeinflussen können.

Hintergrund:

Die herstellerseitige Prüfung auf Dichtheit des Abschlusses resp. des Absperrorgans (Sitzdichtheit) nach Norm SN EN 1074-1 „Allgemeine Anforderungen an Armaturen für die Wasserversorgung“ wird mit dem maximalen Differenzdruck mit Wasser durchgeführt.

Berechnung Differenzdruck: $\Delta P = 1,1 \times PFA$

Bei einer Armatur mit einem zulässigen Bauteilbetriebsdruck von PFA 16 bar ergibt sich demnach ein Differenzdruck ΔP von 17,6 bar, der für die normkonforme Prüfung der Sitzdichtheit angewendet wird.

Das bedeutet in der Praxis, dass bei Druckprüfungen **auf geschlossene Armaturen ein maximaler Systemprüfdruck STP $\leq 17,6$ bar** aufgebracht werden sollte.

In solchen Fällen wird empfohlen, zur Vereinfachung einen STP von 15 bar für die Druckprüfung anzuwenden (MDP 10 bar).

Nach einer erfolgreichen Druckprüfung ist das Rohrleitungssystem langsam zu entspannen und bei geöffneten Belüftungseinrichtungen zu entleeren.

10.2 Sicherung und Verfüllung der Leitung

Grundsätzlich ist das Verfüllen der Rohrverbindungen freigestellt. Die Vorgaben der Bauherren, Ingenieure und Planer über den Bauablauf, ungünstige Platzverhältnisse, Verkehrsführung und weitere einschränkende Gegebenheiten, sind zu beachten.

Vor der Druckprüfung muss mit geeigneten Massnahmen, wie Eindecken mit Verfüllmaterial, verhindert werden, dass an der Rohrleitung Verschiebungen respektive Lageänderungen eintreten können. Daraus resultierende Schäden und Undichtheiten müssen unbedingt vermieden werden.



Speziell zu beachten sind dabei Formstücke, wie Bögen, Abzweiger und Reduzierstücke, bei denen die durch den Innendruck auftretenden Kräfte horizontale und vertikale Bewegungen der Rohrleitung bewirken können.

Ganz besondere Aufmerksamkeit erfordern die Leitungsenden, wo die grössten Kräfte auf die eingebauten Abschlusselemente wirken. Ein Beschweren der Leitungsenden mit Verfüllmaterial zur Lagesicherung hat sich in der Praxis bewährt.

Widerlager und Sicherungen müssen die Kräfte aus dem Prüfdruck grundsätzlich übernehmen und die Belastungen gemäss der zulässigen Bodenpressung in den Untergrund übergeben. Dabei ist zu beachten, dass Widerlager aus Beton vor Prüfbeginn eine ausreichende Festigkeit aufweisen.

Ungünstige Bedingungen können zu einer unzulässigen Erhöhung der auftretenden Kräfte führen, die selbst schubgesicherte Elemente an ihre Leistungsgrenze bringen und zu deren Versagen führen kann. Zu nennen sind beispielsweise unzulässige Luftansammlung in der Leitung, unvorhergesehene Druckschläge oder auch Montagefehler beim Einbau. Aus diesem Grund wird empfohlen, die Abschlussteile (Kappen, Zapfen, Blindflansche, usw.) vorübergehend während der Druckprüfung abzustützen.

Die temporär eingebauten Abstützungen oder Sicherungen an den Enden der Prüfabschnitte müssen bis zur Druckentlastung der Rohrleitungen belassen werden.

2.1 Temperatureinfluss während der Druckprüfung

Bei allen Druckprüfungsverfahren gilt derselbe Grundsatz, dass in der Leitung und den Messgeräten eine konstante Temperatur herrschen soll. Denn eine unzulässige Temperaturerhöhung führt zu einem Druckabfall in der Leitung, der eigentlich auf eine Undichtheit hindeutet.

Um dies zu verhindern soll auch der umgebungsbedingte Temperatureinfluss möglichst gering gehalten werden, z.B. durch Schützen der Leitung vor Sonneneinstrahlung. Insbesondere bei Kunststoffleitungen darf die Temperatur der Rohrwand 20°C nicht übersteigen, um Längenänderungen zu vermeiden. Während der Hauptdruckprüfung sollen auch die Anfangs- und Endtemperatur der Rohrwand annähernd gleich sein, vor allem bei den langen Prüfzeiten im Normalverfahren.



Fazit:

Die Berücksichtigung und Einhaltung der genannten Sicherheitsaspekte ist die Voraussetzung für die erfolgreiche Durchführung einer Druckprüfung in allen Prüfverfahren

Weiterbildungskurse 2020



www.brunnenmeister.ch

Druckprüfung Kontraktionsverfahren

Von:

Michael Gressmann, Markus Portmann
VKR - Verband Kunststoff-Rohre und -
Rohrleitungsteile
Schachenallee 29 C
5000 Aarau



www.vkr.ch

Michael.Gressmann@vkr.ch

Veranstaltungsort:



11 Kontraktionsverfahren

Autoren / Referenten: Michael Gressmann, Markus Portmann

11.1 Durchführung

Während der gesamten Prüfdauer ist die Rohrleitung vor Temperaturerhöhung zu schützen. Die Rohrausstemperatur darf 20°C bei der Prüfung nicht überschreiten! (Andernfalls tritt eine Vorschädigung des zu prüfenden Rohrabschnittes ein und die Lebensdauer der Rohrleitung ist reduziert!)

Kritische Verbindungsstellen noch nicht zudecken, um Leckstellen einfach zu orten und nachbessern zu können.



Verfahrensübersicht Druckprüfung

11.2 Vorprüfung (Festigkeitsprüfung)

Die Leitung ist vom Tiefpunkt aus zu befüllen und am Hochpunkt über eine Armatur zu entlüften.

Einstündige Entspannungszeit nach dem Füllen durch öffnen der Absperrarmatur am Hochpunkt. Dabei darf keine Luft in die Leitung eintreten.

Die zu prüfende Leitung ist zu verschliessen.

Der Systemprüfdruck (STP) ist möglichst innerhalb von 10 Minuten aufzubringen.

Der Systemprüfdruck (STP) ist - durch ständiges Nachpumpen - über 30 Minuten zu halten.

Anschliessend folgt eine Ruhezeit von 60 Minuten, während der sich die Rohrleitung visko-elastisch verformen kann. Während dieser Ruhezeit darf der Systemprüfdruck (STP) um maximal 20% absinken.

Bei grösserem Druckabfall ist der Leitungsabschnitt entweder undicht oder war einer unzulässigen Temperaturerhöhung ausgesetzt. In diesem Fall wird die Prüfung abgebrochen und bei einer Wiederholung der Vorprüfung ist die einstündige Entspannungszeit unbedingt wieder vorzuschalten. Erst nach erfolgreicher Vorprüfung darf die Hauptprüfung durchgeführt werden.

11.3 Hauptprüfung mit integrierter Druckabfallprüfung

Bedingung 1:

Zur Unterbrechung der weiteren visko-elastischen Dehnung der Leitung wird der Druck innerhalb von maximal 2 Minuten um den vorgeschriebenen Druckabsenkungswert (Δp_{ab}) abgesenkt und das abgelassene Wasservolumen (ΔV_{ab}) gemessen.

Rohrwerkstoff	E-Modul [N/mm ²]	SDR- Stufe	Rohr- serie	Druckabsenkung Δp_{ab} [bar]
PE 100/ PE100-RC	1200	17	8	2,0
PE 100/ PE100-RC	1200	11	5	3,2

Eine ausreichende Entlüftung der Leitung liegt vor, wenn das abgelassene Wasservolumen (ΔV_{ab}) kleiner als das zulässige Wasservolumen (ΔV_{zul}) ist.

$$\Delta V_{ab} \leq \Delta V_{zul}$$

und

$$\Delta V_{ab} \leq V_k \cdot L$$

ΔV_{zul} zulässige Wasservolumen

ΔV_{ab} abgelassenes Wasservolumen

V_k errechnetes spezifisches Wasservolumen [ml/m]

L Länge des Prüfabschnitts

In nachfolgender Tabelle ist das errechnete spezifische Wasservolumen (V_k) in Milliliter [ml] für 1m Leitungslänge angegeben:

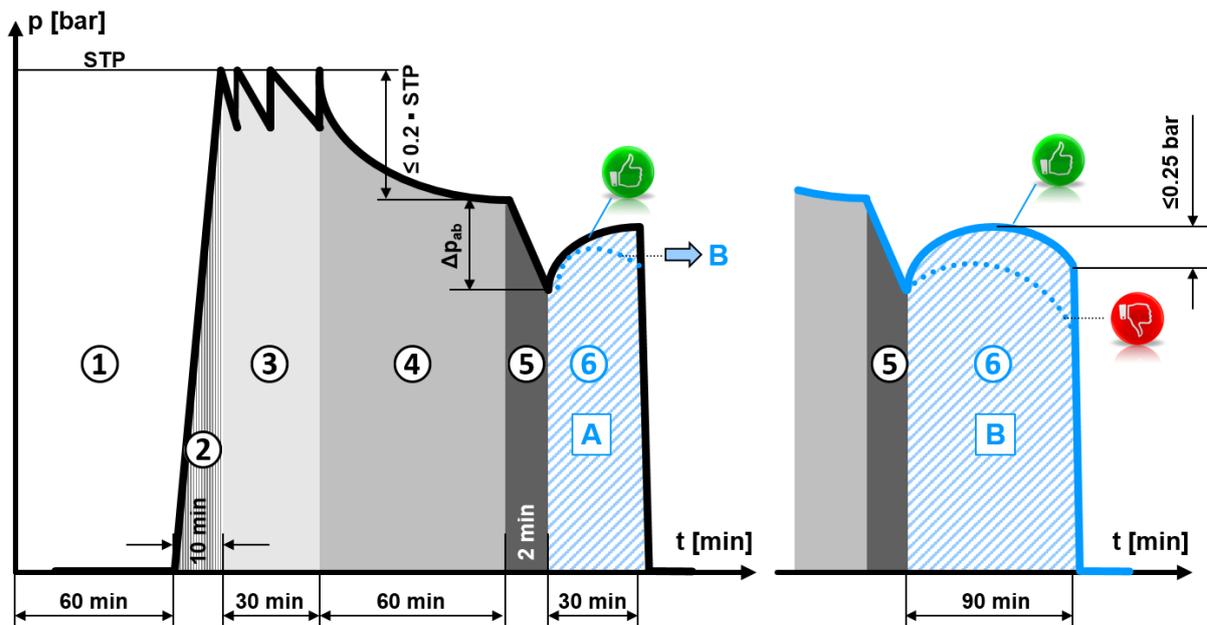
d_n	PE 100 SDR 17	PE 100 SDR 11
32	1,38	1,28
40	2,30	1,95
50	3,64	3,10
63	5,78	4,95
75	8,30	7,22
90	12,01	10,35
110	18,02	15,57
125	23,76	20,04
140	29,81	25,39
160	38,93	32,90
180	49,26	41,79
200	60,81	51,74
225	76,96	65,41
250	95,90	81,27
280	120,17	102,17
315	151,94	129,22
355	192,81	164,48
400	246,02	208,76

Bedingung 2:

Die Druckabsenkung führt zu einer sofortigen Kontraktion in der PE-Rohrleitung mit leichtem Druckanstieg und anschliessend für rund 30 Minuten zu einem Stillstand der visko-elastischen Verformung bei Druckkonstanz. Bei einer dichten Leitung darf der Druck nach der schnellen Druckabsenkung über eine Zeitspanne von 30 Minuten nicht mehr fallen, d. h. die Rohrleitung gilt als dicht, wenn die Druckkurve während der Kontraktionszeit steigt oder gleichbleibt. (Szenario A im Druckverlauf). Im Zweifelsfall ist die Prüfzeit bis zu 1.5 Stunden zu verlängern (Szenario B im Druckverlauf). Gemessen vom Höchstwert innerhalb der 90-minütigen Kontraktionsphase darf dann der Druckabfall nicht mehr als 0.25 bar betragen.

➔ Die Hauptprüfung ist dann bestanden, wenn sowohl die Druckabsenkungsprüfung (Bedingung 1), als auch die Dichtheitsprüfung (Bedingung 2) erfüllt ist!

11.4 Druckverlauf



Druckverlauf Kontraktionsprüfung

Vorprüfung (Festigkeit):

- ① Vorbereitungsphase
- ② Druckaufbau
- ③ Druckhaltephase
- ④ Ruhephase

Hauptprüfung (Druckabsenkung + Dichtheit):

- ⑤ Druckabsenkung
- ⑥ Hauptprüfung

dicht undicht



12 Sichtprüfverfahren

Sichtprüfungen dürfen nur in den folgenden Fällen durchgeführt werden:

- bei kurzen Leitungslängen (< 30 m)
- bei nachträglichen Anschlüssen
- Anschlussleitungen $d_n \leq 63$ mm
- Nach Reparaturarbeiten
- Innerstädtische Leitungsbauvorhaben, kleinerer Durchmesser und kleinerer Länge, mit direktem Anschluss an einen bestehenden Schieber

Sichtprüfverfahren werden unter Betriebsdruck (OP) mit – an den Verbindungsstellen -offenliegender Leitung durchgeführt. Dabei werden 2 zeitlich getrennte Sichtprüfungen – speziell an den Verbindungsstellen – im Abstand von mindestens 1 Stunde durchgeführt. Die Ergebnisse sind – wie bei den anderen Druckprüfverfahren – mit einem Protokoll festzuhalten und ggfs. mit Fotos zu **dokumentieren**.



Sichtprüfung Hausanschluss