

Abwasserpumpwerke und -druckleitungen



Inhalt

1	Einleitung	4
2	Pumpwerke	4
2.1	Messtechnik	4
2.2	Bautechnik, Planung und Bauwerksgestaltung	5
2.3	Maschinentechnik	7
2.4	Wartung	9
3	Druckleitungen	9
3.1	Trassierung	9
3.2	Schächte	10
3.3	Wartung	12
4	Betriebsunterlagen und Risikoanalyse	13
5	Inbetriebnahme	13
6	Sichtkontrolle, Funktionsprüfung und Inspektion	14
6.1	Sichtkontrolle und Funktionsprüfung	14
6.2	Inspektion	15
6.3	Weitere Vorgehensweise bei undichten Druckleitungen	20
7	Literatur	21

Das Wichtigste kompakt:

Zielgruppe:

Betreiber von Pumpwerken und Druckleitungen, Ingenieurbüros, Wasserwirtschaftsämter

Anlass:

- Bisher: keine Verfahren für Dichtheitsprüfung von Abwasserdruckleitungen verfügbar
- Lücken in den einschlägigen Regelwerken

Inhalt:

- Vorstellung zweier praxistauglicher Verfahren zur Dichtheitsprüfung von Abwasserdruckleitungen inklusive Excel-Tool zur Durchführung
- Informationen zu Sichtkontrolle, Funktionsprüfung und Inspektion von Druckleitungen
- Ergänzung der einschlägigen Regelungen zu
 - o Pumpwerken: Messtechnik, Bau- und Maschinenteknik, Bauwerksgestaltung
 - o Druckleitungen: Einfluss der Trassierung, Hinweise zu Schächten, Betriebsunterlagen, Risikoanalyse, Inbetriebnahme

Weitere Informationen:

[Homepage des LfU Bayern / Wasser / Kanalisation](#)

1 Einleitung

In Bayern sind etwa 11.000 km Abwasserdruckleitungen und über 20.000 Pumpwerke in Betrieb. Aufgrund des hohen Gefährdungspotentials für Boden und Grundwasser durch die Abwasserförderung unter Druck ist bei Planung, Bau und Betrieb besondere Sorgfalt notwendig. Dazu gehört auch die regelmäßige Überprüfung der Funktionsfähigkeit und Dichtheit sowie bei Bedarf die Sanierung der Anlagen. Bereits beim Neubau, aber auch bei der Sanierung sind Gestaltungshinweise zu berücksichtigen, welche eine Überprüfbarkeit der Druckleitungen sicherstellen sowie einen ordnungsgemäßen und wirtschaftlichen Betrieb ermöglichen.

Beim Betrieb von Pumpwerken und Druckleitungen sind die gleichen Anforderungen an die Entsorgungssicherheit wie im Freispiegelkanal zu stellen. Das Abwasser sollte möglichst rasch abgeleitet werden (geringe Aufenthaltszeit in der Druckleitung), um Korrosion und Geruchsbelästigungen durch anfaulendes Abwasser zu vermeiden.

In diesem Infoblatt werden zusätzliche Hinweise zu den einschlägigen Regelwerken zur Planung, baulichen Gestaltung, zum Unterhalt und Betrieb von Abwasserpumpwerken und -druckleitungen gegeben. Nicht behandelt werden Pumpen in Unter- oder Druckentwässerungssystemen¹.

Diese Informationen richten sich an die Betreiber von Pumpwerken und Druckleitungen sowie an planende Ingenieurbüros.

2 Pumpwerke

2.1 Messtechnik

Mit einer Erhebung von Daten zu Druck und Durchfluss im Pumpwerk wird eine laufende Überprüfung der Pumpe auf Funktion und Förderleistung ermöglicht. In jedem Pumpwerk sind Messgeräte zur Aufzeichnung des Drucks notwendig. Durch eine kontinuierliche Aufzeichnung der Pumpenlaufzeiten und der Stromaufnahme kann das Betriebsverhalten grob beurteilt werden (ggf. Durchfluss-Probleme?). Es wird empfohlen, zusätzlich eine Durchflussmessung (z. B. eine Magnetisch-Induktive-Durchflussmessung (MID) oder über eine Ultraschallkreuzkorrelation) zu installieren. Alle Messgeräte sind nach der Pumpe zu installieren. Dabei sollten alle Daten kontinuierlich – mit einem Datenlogger oder per Fernübertragung – erfasst sowie regelmäßig (z. B. monatlich) ausgewertet und kontrolliert werden. Zur Veranschaulichung ist die Erstellung grafischer Monats- und Jahreskurven zu empfehlen, die mit bereits vorhandenen Informationen (inkl. Erstinbetriebnahme) verglichen werden können. Bei regelmäßiger Auswertung kann so auf den Zustand der Druckleitung und der Pumpen geschlossen werden (zum Beispiel frühzeitige Erkennung von Inkrustationen, Ablagerungen oder Laufradverschleiß durch eine sinkende Förderleistung) [24]. Ein plötzlich gestiegener Energiebedarf oder eine deutlich reduzierte Fördermenge der Pumpe kann ggf. auch auf nicht mehr funktionierende Be- und Entlüftungsventile zurückgeführt werden.

Auch größere Leckagen bzw. Undichtheiten sind – im längerfristigen Vergleich von Druck und Fördermengen – frühzeitig zu erkennen. Diese Beurteilung kann jedoch eine Dichtheitsprüfung nicht ersetzen.

Mit den aufgenommenen Daten sollte jährlich ein Energiecheck nach Arbeitsblatt DWA-A 216 durchgeführt werden (einfache regelmäßige energetische Bestandsaufnahme der Abwasseranlage [26]).

¹ Druckentwässerungssystem (DES): System zum Sammeln und Ableiten von Schmutzwasser unter Druck. Üblicherweise handelt es sich dabei um viele kleine Pumpstationen auf den Privatgrundstücken, die in eine Druckleitung fördern. Mit dem HSA-Normalverfahren (Kap. 6.2.2) können auch DES auf Dichtheit geprüft werden.
Unterdruckentwässerungssystem (UES): Ein Rohrsystem, das unter Unterdruck (Vakuum) steht und für die Hausanschlüsse Vakuum-Ventile (als Absaugeinheit) und Sammelschächte aufweist. [22]

Der spezifische Stromverbrauch des Pumpwerks wird wie folgt bestimmt:

$$e_{PW} = \frac{E_{PW} \times 1.000}{Q_{PW} \times h_{man}}$$

spezifischer Stromverbrauch	e_{PW} in Wh/(m ³ × m)
Stromverbrauch des Pumpwerks	E_{PW} in kWh/a, (ohne Verbraucher und Nebenaggregate)
Fördermenge	Q_{PW} in m ³ /a
manometrische Förderhöhe	h_{man} in m

Der theoretisch notwendige Energiebedarf, um einen Kubikmeter Wasser einen Meter zu anzuheben, beträgt 2,714 Wh/(m³ × m). Auf Grund des Wirkungsgrades der Pumpe und der Verluste in der Druckleitung ist der tatsächlich erforderliche Energiebedarf deutlich höher. Der technisch realistische Idealbereich für den spezifischen Stromverbrauch liegt bei ca. 4 bis 6 Wh/(m³ × m).

Bei großen Abweichungen der Messwerte vom jeweiligen Sollwert kann zudem eine automatische Alarmerung erfolgen.

2.2 Bautechnik, Planung und Bauwerksgestaltung

2.2.1 Abwasserförderung

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten für den Abwassertransport unter Druck: die pneumatische und die hydraulische Förderung. Während bei der pneumatischen Förderung das Abwasser durch eine große Menge (Druck-)Luft bewegt wird, übertragen bei der hydraulischen Förderung Laufräder ihre Bewegungsenergie auf das Abwasser und beschleunigen es dadurch. Der Energiebedarf der pneumatischen Förderung ist deutlich höher, da viel Luft benötigt wird, um das Abwasser zu transportieren und die Luft zuvor durch Kompressoren verdichtet werden muss. Auch die Investitionskosten sind für die komplexere Anlagensteuerung, die Kompressoren und die Druckkessel höher als bei hydraulischen Pumpen. Wegen höheren Investitions- und Energiekosten der pneumatischen Förderung kommt diese seltener zum Einsatz. Dennoch können sich bei geringer Abwassermenge (Schmutzwasser) in Verbindung mit großen Förderhöhen Vorteile im Betrieb eines pneumatischen Pumpwerks ergeben. Aufgrund des Wasser-Luft-Gemischs in der Druckleitung ist ein ablagerungsfreier Betrieb möglich, zudem wird die Faulung des Abwassers reduziert oder verhindert. Bei der pneumatischen Abwasserförderung sind – wie bei der hydraulischen Förderung – Be- und Entlüftungsventile am Hochpunkt der Leitung möglich und teilweise notwendig (siehe Kap. 3.2).

Zur hydraulischen Abwasserförderung werden in der Regel Kreiselpumpen eingesetzt. Die Pumpen können in Nass- oder Trockenaufstellung errichtet werden. Diese Entscheidung hat nicht nur Auswirkung auf die Herstellungskosten, sondern vor allem großen Einfluss auf die Wartung der Pumpwerke. Bauwerke für trocken aufgestellte Pumpen fallen größer aus als für Tauchmotorpumpen. Tauchmotorpumpen stehen im Abwasser, der Aufstellraum der Pumpe dient zugleich als Pumpenvorlage (Pumpensumpf, Saugraum). Die Vorkehrungen für den Gesundheits- und Arbeitsschutz sind jedoch bei der Wartung eines Tauchmotorpumpwerks deutlich aufwändiger als bei der Trockenaufstellung. Dieser Nachteil der Tauchmotorpumpen kann teilweise durch Errichtung eines zusätzlichen Armaturenschachts ausgeglichen werden, der allerdings wiederum Kosten verursacht.

Bei der Festlegung der Lage von nass aufgestellten Pumpwerken ist der Zustieg zu berücksichtigen. Schachtabdeckungen auf befestigtem Untergrund begünstigen die Anfahrt und das Auffinden des Zustiegs sowie einen sauberen Einstieg. Eine Lage außerhalb des Verkehrsraums ist anzustreben, um bei Arbeiten im Schacht verkehrsrechtliche Anordnungen mit Abspermaßnahmen und Verkehrsbehinderungen zu vermeiden. Zudem sind Arbeiten im Verkehrsraum mit Gefahren verbunden.

2.2.2 Druckstoß

Der Betrieb einer Abwasserpumpanlage kann unter Umständen durch so genannte Druckstöße (auch „Druckschläge“, „Wasserschläge“ oder „Wasserhammer“) gefährdet sein. Unter einem Druckstoß versteht man die dynamische Druckänderung des (Ab-)Wassers. Der damit einhergehende plötzliche Druckanstieg in der Leitung, der unter anderem bei einem raschen Schließen einer Absperr- oder Stellarmatur oder beim An- und Abfahren von Pumpen auftritt, wird als „Joukowski-Stoß“ bezeichnet. Durch Druckstöße, insbesondere in Verbindung mit Kavitation, können Schäden an der gesamten Anlage auftreten. Rohrleitungen können platzen oder Halterungen beschädigt werden. Zudem sind Armaturen, Pumpen, Fundamente und weitere Bestandteile des Leitungssystems gefährdet. Diese Schäden sind ggf. nicht sofort ersichtlich (z. B. ein Haarriss in einem Flansch). Deshalb ist es nötig, bereits bei der Planung einer Rohrleitung den möglichen Druckstoß zu berechnen, um Gegenmaßnahmen treffen zu können.

Die Ergebnisse einer überschlägigen Druckstoßberechnung mit der Joukowski-Formel berücksichtigen ein entstehendes Vakuum nur ungenügend, aus diesem Grund sollten für größere bewegte Abwassermengen (ab ca. DN 120 oder Druckleitungen länger als 1 km) aufwändigere Druckstoßsimulationen durchgeführt werden.

Als Gegenmaßnahmen können unter anderem Be- und Entlüftungsventile an ausgewählten Hochpunkten in die Druckleitung eingebaut (siehe Kap. 3.2) oder Schwungmassen an Pumpen installiert werden. Auch langsam schließende Schieber bzw. schnell schließende Rückschlagklappen nach Pumpen können geeignet sein.

2.2.3 Pumpenvorlage

Der Zulauf in den Pumpensumpf ist so zu gestalten, dass wenig Lufteintrag ins Abwasser stattfindet und Ablagerungen vermieden werden. Zur Verringerung eines größeren Lufteintrags kann unter anderem eine Prallplatte an der passenden Stelle installiert oder ein Absturz errichtet werden. Ein erhöhter Lufteintrag kann die Förderleistung und -höhe der Pumpe erheblich reduzieren. Um Ablagerungen zu begegnen kann unter anderem eine Aufwirbelung des Abwassers durch einen tangentialen Abwasserzufluss oder eine geeignete Pumpensumpfausbildung erfolgen. Bei nass aufgestellten Pumpen sollte in jedem Fall auf einen tangentialen Zulauf geachtet werden, um erhöhte Lufteinträge und Sedimentationen zu vermeiden [21].

Bei der Bemessung der Pumpenvorlage ist über die Betrachtung der Schaltzyklen hinaus unbedingt ein Notstauvolumen für das ankommende Abwasser zu berücksichtigen. Die Bemessung des Notstauraums kann nach DIN EN 16932-1 mittels einer Risikoanalyse bezogen auf die zu erwartende Ausfallhäufigkeit bestimmt werden [18]. Bei der Bemessung des Notstauvolumens ist auch der Rückstau bei der Reinigung des Druckleitungsabschnittes, der Dichtheitsprüfung und der Reparatur kleiner Leckagen zu berücksichtigen.

Mit vorgeschalteten Geschiebeschächten (oder Bauwerksteilen zum Geschieberückhalt) wurden gute Erfahrungen gemacht, um Störungen und Verschleiß in der Pumpe sowie Ablagerungen in der Druckleitung zu reduzieren.

2.2.4 Sonstiges

Zum Schutz des Personals vor Geruchsbelästigungen und gesundheitsgefährdenden Gasen sowie der Einbauten und des Bauwerks vor Korrosion sollte eine ausreichende Be- und Entlüftung des Pumpenbauwerks und des Vorlagebehälters (Pumpensumpf) erfolgen.

Zur Spülung von Druckleitungen vor einer Dichtheitsprüfung ist die Bereitstellung ausreichender Spülwassermengen bei entsprechender Durchflusssgeschwindigkeit besonders wichtig. Die Notwendigkeit einer Spülung mit Brauchwasser, Abwasser oder Trinkwasser (nur über einen freien Auslauf) ist bereits bei der

Planung des Pumpwerkstandorts zu berücksichtigen. Der Anschluss von Hydranten an Druckleitungen mittels Rohrtrenner (Systemtrenner) ist nicht zulässig [25].

2.3 Maschinentechnik

In Pumpwerken sind ausreichend Absperrarmaturen und Spülanschlüsse zur Wartung und Dichtheitsprüfung vorzusehen. Trinkwasserarmaturen sind ungeeignet, da diese nicht für den Feststoffgehalt im Abwasser konstruiert wurden; kürzere Standzeiten und eine ungenügende Abdichtung wären die Folge.

Unter anderem werden folgende Armaturen empfohlen:

- Absperrarmaturen:
 - o vor und nach den Pumpen sowie bei weiteren Einbauten
 - o langsam schließend/öffnend um Druckstöße zu vermeiden, die die Nutzungsdauer der Systembestandteile erheblich reduzieren
- Entleerungsarmaturen:
 - o um die Druckleitung im Falle einer Reparatur entleeren zu können
 - o am Tiefpunkt der Leitung (Rückschlagarmaturen sind zu berücksichtigen)
- Rückschlagarmaturen:
 - o nach den Pumpen, damit das geförderte Wasser bei Pumpenstillstand nicht wieder in den Pumpensumpf zurückläuft
- zusätzlicher kleiner Pumpensumpf:
 - o bei Trockenaufstellung am Tiefpunkt des Aufstellraumes (für eine mobile Tauchpumpe)
- Druck- und Durchflussmessenrichtungen:
 - o siehe Kap. 2.1
- Molchsendestation:
 - o zum Einbringen von Molchen zur Reinigung oder Leitungsortung
 - o zur Entnahme und zum Rückhalt des Molchs können einfache Kescher oder Gitter (temporär) eingehängt werden
- Spülanschluss:
 - o als Storz C-Kupplung, Geka-Anschluss oder vergleichbar, mit Absperrarmatur
 - o zum Spülen der Leitung mit Wasser
 - o gegebenenfalls für den Anschluss des „Prüfbaums“ zur Dichtheitsprüfung (Hinweise zur Spülwasserbereitstellung siehe Kap. 2.2.4)
 - o nach der Pumpe
- Pass- und Ausbaustück:
 - o um Armaturen ein- und ausbauen zu können
- Anschlüsse für eine Druckluftspülung:
 - o bei Bedarf zur Vermeidung des Anfaulens des Abwassers (H_2S), gegen Geruch und Korrosion

Auf eine ausreichende Redundanz für die vorgesehenen Pumpenaggregate ist zu achten; im Standardfall sind zwei Pumpen vorzusehen, von denen beide jeweils den ganzen Abwasserstrom fördern können.

Zur Gewährleistung der Betriebssicherheit sind Maßnahmen nach DIN EN 16932-1 zu treffen [18]. Sehr wichtig sind Vorkehrungen für erforderliche Maßnahmen bei Stromausfall, da es sowohl zur Überflutung

der Pumpstation selbst als auch zu Umweltgefährdungen kommen kann. Anschlussstücke für mobile (Ersatz-)Pumpen bzw. einen Saugwagen bieten mögliche Lösungsansätze. Vor allem im ländlichen Raum kann ein spezieller Generator (siehe Abb. 1) eingebaut bzw. vorgehalten werden, welcher über die Zapfwelle (Nebenantrieb landwirtschaftlicher Zugmaschinen) angetrieben wird.



Abb. 1:
Zapfwellengenerator
zum Betrieb am Neben-
antrieb einer landwirt-
schaftlichen Zugma-
schine

Alternativ können auch Anschlüsse für Notstromaggregate vorgesehen werden. Bei nass aufgestellten Pumpen wird empfohlen außerhalb des Schaltschranks eine abschließbare Klappe vorzusehen, über die der Notstrom übertragen werden kann (Abb. 2).

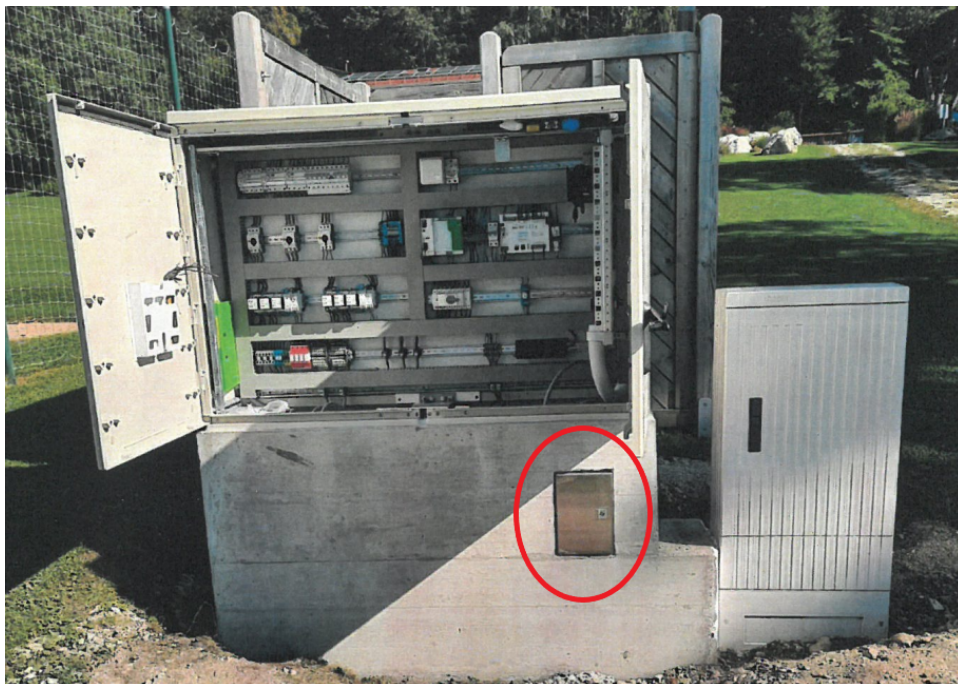


Abb. 2:
Schaltschrank einer
nass aufgestellten
Pumpe mit abschließba-
rer Klappe (rote Markie-
rung) für den Anschluss
eines Notstromaggre-
gats

Fällt der Strom aus, während die Pumpe fördert, kann es zudem zu einem Druckstoß kommen (siehe Kap. 2.2.2).

Vor der Bemessung von Pumpen sind alle relevanten Randbedingungen (u. a. Laufradtyp, Druckleitungslängsschnitt, Fördermengen, Abwasserqualität) – ggf. in Abstimmung mit Pumpenherstellern – zu erörtern und zu bewerten, um für den jeweiligen Anwendungsfall geeignete Pumpen auswählen zu können. Mit einem Betrieb der Pumpen im Bereich des sogenannten BEP (best efficiency point – optimaler Betriebspunkt am Schnittpunkt der Anlagenkennlinie mit der Pumpenkennlinie) können Betriebsprobleme – wie Kavitation – dauerhaft vermieden, eine hohe Energieeffizienz und eine lange Lebensdauer der Bauteile gewährleistet werden.

2.4 Wartung

Wartungsmaßnahmen sind wichtig für den Erhalt der Funktionsfähigkeit der Abwasserableitung. Hinweise zum Wartungsumfang können der DIN EN 16932-1 [18] sowie dem Arbeitsblatt DWA-A 147 [7] entnommen werden.

Es sind unter anderem mindestens jährlich Wände und Sohle des Saugraums von anhaftenden Verschmutzungen und Ablagerungen zu befreien und der bauliche Zustand zu kontrollieren. Je nach Randbedingungen kann eine Reinigung häufiger erforderlich sein. Auch sind regelmäßig alle Absperrarmaturen zu betätigen (Richtwert: mindestens einmal jährlich).

3 Druckleitungen

Die Planung von Druckleitungen erfolgt nach den in Kap. 7 genannten Normen. Im Folgenden werden zusätzliche Informationen zu den Regelwerken oder besonders relevante Aspekte angeführt.

Unter anderem sind gemäß DIN EN 16932-1 und -2 an Druckleitungen Zugangs- und Absperrmöglichkeiten vorzusehen, die eine Inspektion der gesamten Druckleitung oder eine kurzzeitige Außerbetriebnahme in Teilbereichen ermöglichen [18][19]. Entsprechende Schieber, Be- und Entlüftungsventile etc. sind unbedingt in erforderlicher Anzahl einzurichten.

Grundsätzlich sollte eine Möglichkeit vorgesehen werden, die Druckleitung zu molchen.

3.1 Trassierung

Bei Festlegung von Lage und Höhenprofil der Druckleitung sind andere Leitungen, Straßen oder Gewässer und der erforderliche Grundstückserwerb bzw. Grunddienstbarkeiten zu berücksichtigen. Nachfolgende Aspekte sind zu beachten und im Einzelfall zu prüfen:

- Der Abstand der Kontrollschächte sollte so gewählt werden, dass eine Hochdruck-Reinigung, eine Inspektion mittels Kamera und der Einsatz einer „fliegenden Leitung“ (Bypass) bei einem Ausfall der Druckleitung (siehe Kap. 4) möglich sind. Kontrollschächte sollten auch im Bereich eines Dükerober- und Dükerunterhaupts sowie bei starken Gefällewechseln zur Erleichterung der Wartung und Inspektion errichtet werden. Die Anfahrt an die Kontrollschächte sollte mit schwereren Fahrzeugen möglich sein. Die Aussagen zum geeigneten Standort für nassaufgestellte Pumpwerke (Kap. 2.2.1) gelten sinngemäß auch für Schächte.
- Die Druckleitung sollte möglichst stetig ansteigend ausgeführt werden. Lässt das Geländeprofil dies nicht zu, wird die Ausbildung von ausgeprägten Hoch- und Tiefpunkten empfohlen. Be- und Entlüftungsventile an ausgeprägten Hochpunkten stellen die Ableitung von eingeschlossener Luft und Gasen sicher, die sich in der Leitung gesammelt haben. Andernfalls können Gaseinschlüsse den Energiebedarf der Pumpe erhöhen und bei ungünstigen Randbedingungen die Abwasserförderung deutlich erschweren oder unmöglich machen (siehe auch Kap. 3.2). Zur Bemessung von Druckleitungen (Durchmesser, Fließgeschwindigkeit) und Festlegung der Lage von Be- und Entlüftungsventilen steht eine Excel-Arbeitshilfe des WWA Rosenheim zur Verfügung ([Arbeitshilfen - Internetangebot Wasserwirtschaftsamt Rosenheim \(bayern.de\)](#) unter Software). An den Tiefpunkten sollen Schächte

mit Entleerungsarmaturen und ggf. Absperrarmaturen errichtet werden. Zur Verminderung der maximalen Förderhöhe und damit des Energiebedarfs kann durch den Einsatz des Spülbohrverfahrens ggf. die Anzahl und Ausprägung von Hochpunkten mit einem geländeunabhängigen Höhenverlauf der Druckleitung verringert werden.

- Um Geruchsbelästigungen zu vermeiden sollten Druckleitungen möglichst außerhalb von Siedlungsgebieten an Freispiegelkanäle angeschlossen werden. Eine Verlängerung des Ortskanals im Zuge der Druckleitungsanbindung sollte auch zukünftige Bebauungsmöglichkeiten berücksichtigen.
- Mit einer Bündelung von Sparten beim Bau von Druckleitungen können Synergien genutzt und Einbaukosten verringert werden (zum Beispiel Verlegung zusätzlicher Leerrohre für Steuer-, Strom- oder Daten-/Breitbandkabel).
- Ausreichende Abstände zu Straßen und Bauwerken (je nach Bodenart und Verlegetiefe, mindestens 1,50 m) sind einzuhalten, da das Einpflügen oder Einfräsen von Druckleitungen im Fahrbahnbankett oder neben Gebäuden zu Setzungen und damit zu Beschädigungen führen kann.
- Grundsätzlich sollten bereits bei der Planung mögliche Gegenmaßnahmen für absehbare Versagensfälle berücksichtigt werden (zum Beispiel Bypass-Leitung). In bestimmten Fällen kann auch die Verlegung redundanter Druckleitungen sinnvoll sein. Auch bei stark schwankendem Abwasseranfall (z. B. bei Trocken- und Regenwetter) kann in Erwägung gezogen werden, die Abwasserförderung auf zwei Druckleitungen aufzuteilen. Damit kann bei geringem Abwasseranfall – deutlich energiesparender als bei einer Druckluftspülung – die Aufenthaltsdauer des Abwassers reduziert und die Fließgeschwindigkeit gesteigert werden. Vom Planer sind die Vor- und Nachteile für Betrieb und Unterhalt sowie die Mehrkosten gegenüber einer Einzelleitung darzustellen und abzuwägen.

3.2 Schächte

Schächte sind wichtige Bestandteile der Abwasserförderung mit Pumpen. Kontrollschächte begrenzen die Druckleitungsabschnitte (siehe dazu auch Kap. 3.1) und ermöglichen unter anderem Reinigung, Inspektion, Dichtheitsprüfung und Sanierung von Druckleitungen. Die Einleitung des Abwassers aus der Druckleitung in den Freispiegelkanal hat nach DWA-Arbeitsblatt A 157 in einem Druckleitungsendschacht (Übergabeschacht) zu erfolgen [9]. Auch für Einmündungen von Teilsträngen bzw. Zusammenführungen verschiedener Druckleitungen sollen Schachtbauwerke errichtet werden.

Um ausreichend Platz für die notwendigen Wartungsarbeiten in Kontroll- und Übergabeschächten zur Verfügung zu haben, sollten diese ggf. größere Nennweiten als 1.000 mm aufweisen.

Der Einbau der folgenden Armaturen wird aus betrieblichen Gründen empfohlen. Sämtliche Einbauten sind in korrosionsfester Ausführung zu erstellen.

- zwei Absperrarmaturen (direkt nach bzw. vor den Mauerdurchführungen), dazwischen
- ein Pass- und Ausbaustück, das den Ein- und Ausbau der Armaturen ermöglicht,
- einen Reinigungs- und Kontrollkasten (RKK) mit einem Spülanschluss und einem „Havarie-Anschluss“

Dieser Spezialanschluss wird zur Errichtung einer fliegenden Leitung im Fall einer Havarie benötigt, um einen Druckschlauch (z. B. an eine Storz-A-Kupplung) anzuschließen. Im Normalfall wird dieser Anschluss mit einem Blindflansch verschlossen. Bei Leitungen mit hohem Ausfall-Risiko oder mit hohem Schadenspotenzial sowie bei sehr wichtigen Leitungen (z. B. mit großem Abwasservolumen) kann stattdessen ein Schieber mit einem Rohrbogen eingebaut werden, um sofort die Havarie-Leitung errichten zu können (siehe Abb. 3).

Über einen Spülanschluss auf dem RKK kann die Spülung der Druckleitung oder eine Dichtheitsprü-

fung durchgeführt werden. Auch können über den Reinigungskasten Kanalkameras und Molche eingebracht werden. Als Alternative zum RKK kann unter Umständen auch ein T-Stück verwendet werden.

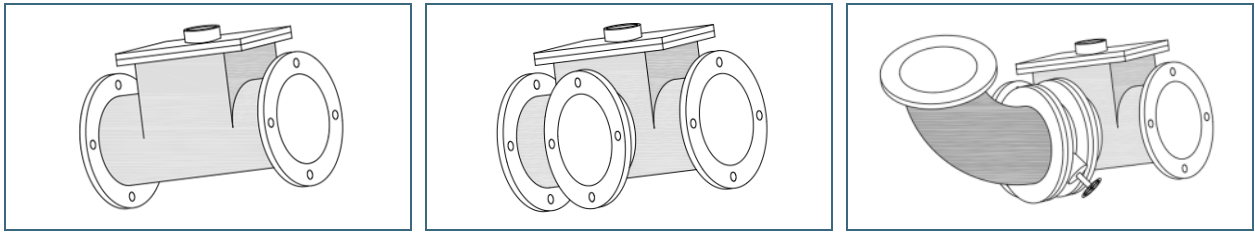


Abb. 3: Reinigungs- und Kontrollkasten (RKK) mit Spülanschluss (auf dem Deckel)

RKK mit Havarie-Anschluss (ohne Blinddeckel)

RKK mit Havarie-Anschluss sowie aufgesetztem Rohrbogen mit Schieber

- Be- und Entlüftungsarmaturen (in Kontrollschächten an ausgeprägten Hochpunkten): Sie ermöglichen eine Ableitung von Luft und Gasen aus der Abwasserdruckleitung. So wird elektrische Energie für den Pumpvorgang gespart bzw. die Funktion der Pumpe sichergestellt. Ein Be- und Entlüftungs-Ventil (BEV) kann außerdem bei kurzfristigem Unterdruck in der Leitung durch gezielten Lufteintrag den Abwasserabfluss gewährleisten und verhindert die Beschädigung der Leitung. Regelmäßige Kontrollen (z. B. 1x monatlich) und Wartung (z. B. 1x jährlich) stellen die Funktion dieses wichtigen Bauteils dauerhaft sicher. Der Einbau einer weiteren Absperrarmatur zwischen dem BEV und der Druckleitung ermöglicht zudem einen Austausch des BEV im laufenden Betrieb (siehe Abb. 5).

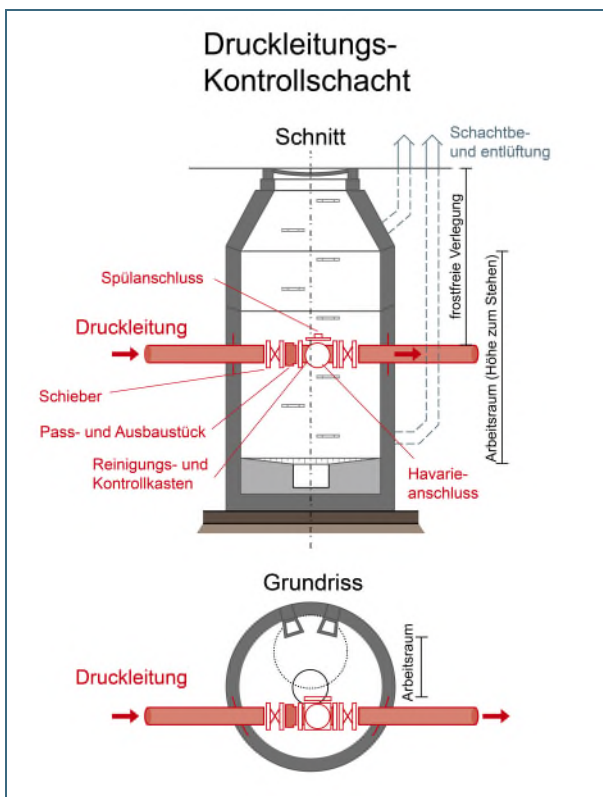


Abb. 4: Kontrollschacht

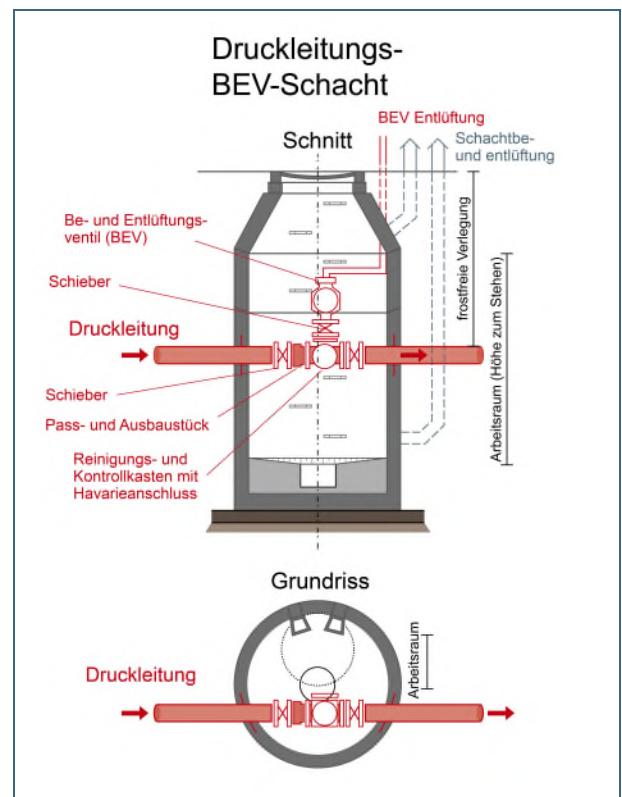


Abb. 5: Kontrollschacht mit Be- und Entlüftungsventil

Die Abluft sollte nicht in den Kontrollschacht eingeleitet werden, da Korrosion und die Ansammlung explosiver oder toxischer Gase im Schacht zu erwarten sind. Das BEV kann auch auf einen RKK

bzw. auf den dort befindlichen Spülanschluss eingebaut werden. Alternativ zum Einbau eines BEV in einen Kontrollschacht kann ein nicht begehbare („Kompakt“-) Schacht verwendet werden.

- Flansch als Abschluss der Druckleitung im Druckleitungsendschacht/Übergabeschacht (ermöglicht die Dichtheitsprüfung):

Die Abb. 6 und Abb. 7 zeigen zwei Möglichkeiten für die Gestaltung der Druckleitungsendschächte mit beruhigtem Zulauf in den Freispiegelkanal. Eine (passive) Be- und Entlüftung des Schachtes (siehe auch Abb. 4) wird empfohlen.

In Variante 1 des Übergabeschachtes (Abb. 6) ist der Doppelbogen („Schwanenhals“) so auszubilden, dass eine Verstopfung der Leitung sowie Turbulenzen am Ablauf möglichst vermieden werden. In Variante 2 (Abb. 7) kann eine Prüfung bis zum linken Schacht durchgeführt werden. Hierfür ist jedoch der letzte Teil der Druckleitung möglichst kurz auszubilden, so dass hier zumindest eine optische Inspektion ermöglicht wird.

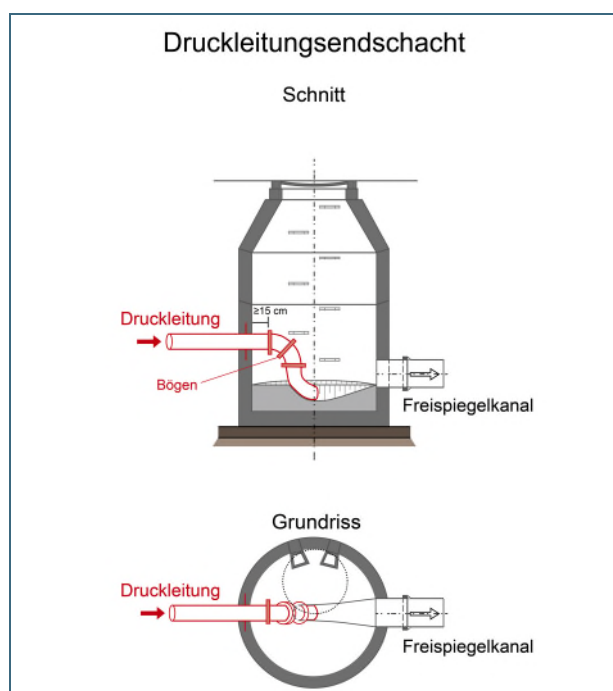


Abb. 6: Druckleitungsendschacht Variante 1

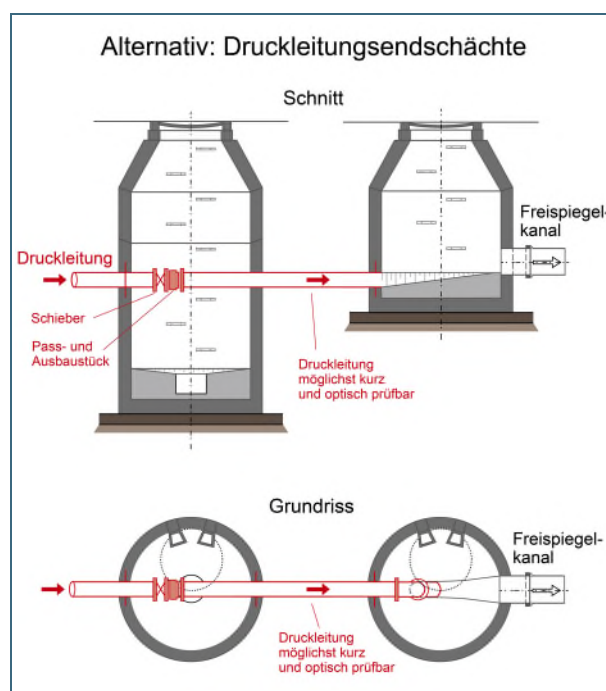


Abb. 7: Druckleitungsendschacht Variante 2

Diese beiden Schacht-Varianten sind für einen beruhigten Zulauf in den Freispiegelkanal vorgesehen. Soll eine Druckluftspülung eingesetzt werden, sind zusätzliche Maßnahmen für den Spritzschutz (Korrosion) notwendig.

3.3 Wartung

Die Mindestfließgeschwindigkeit in der Druckleitung (in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser [22]) sollte mindestens einmal täglich erreicht werden, um Ablagerungen zu vermeiden. Ablagerungen können auch durch eine regelmäßige Druckluftspülung (z. B. täglich) verhindert werden.

Bei stärkerer Sielhautbildung oder Ablagerungen, beziehungsweise vor einer Kamera-Befahrung, ist eine Reinigung der Druckleitung, zum Beispiel mit einer Wasser-Hochdruckspülung (HD) notwendig. Von häufigen HD-Reinigungen wird jedoch wegen des hohen Aufwands zur Abwasserhaltung und der großen erforderlichen Spülwassermengen abgeraten.

Alternativ kann die Reinigung einer Druckleitung auch mit einem Molch durchgeführt werden. Das setzt voraus, dass das Abwasser auch mit dem zusätzlichen Widerstand des Molchs durch die Pumpe geför-

dert werden kann. Bei erstmaligem Molchen einer Bestandsleitung sollten zuerst Schaumstoff- oder Eismolche, dann gegebenenfalls Kalibrier- und erst anschließend die Reinigungsmolche eingesetzt werden, um eine Verstopfung der Druckleitung zu verhindern. Deshalb sollte vorab ein Reinigungskonzept durch einen Dienstleister erstellt und erläutert werden. Eine regelmäßige (häufige) Molchung kann dem Verstopfen der Abwasserdruckleitung (beim Molchen) vorbeugen.

4 Betriebsunterlagen und Risikoanalyse

Für den geordneten Betrieb der Abwasserförderung sind aktuelle Bestandspläne (Lageplan, Längsschnitt, Bauwerkspläne, Daten zu verbauten Materialien und technische Dokumentationen) sowie eine Betriebsanweisung [23] unbedingt erforderlich. Weitere Hinweise zur Ausgestaltung können [19] entnommen werden. Sämtliche relevante Daten, wie zum Beispiel Betriebsdrücke und hydrostatischer Druck sowie Unterlagen zu verbauten Geräten und Maschinen, die Betrachtung von Notfallszenarien und Hinweise zur Einschätzung und Behebung möglicher Betriebsstörungen, müssen enthalten sein.

Zur Abschätzung des Risikos für die Umwelt oder die Entsorgungssicherheit beim Abwassertransport, ist eine Analyse möglicher Gefährdungen sinnvoll. Alle realistischen Versagensarten und betriebliche Problemstellungen (z. B. Verstopfung der Pumpe) sowie Einwirkungen auf die Druckleitung oder die Bauwerke, die zu Schäden führen können, sind zu betrachten ([14] Anhang C) und als Planungsgrundlage für Neubau- bzw. Sanierungsmaßnahmen zu berücksichtigen. Dabei ist eine Bewertung und Priorisierung von Störungen oder Schäden abhängig von den Eintrittswahrscheinlichkeiten der Ereignisse und Situationen zu erstellen. Für die häufigsten und wesentlichsten Einwirkungen auf das Entwässerungssystem sind kurzfristig realisierbare Abhilfemaßnahmen einzuplanen (z. B. Bypass über einen defekten Druckleitungsabschnitt hinweg bei einer Leckage der Druckleitung, siehe Kapitel 3.1).

5 Inbetriebnahme

Vor Beginn des Regelbetriebs von Pumpwerken und nach Abschluss aller Baumaßnahmen ist im Rahmen einer Erstinbetriebnahme das Zusammenwirken von Pumpe und Druckleitung sowie der sonstigen Komponenten zu prüfen und gegebenenfalls aufeinander abzustimmen. Dies kann auch – zusammen mit der Dichtheitsprüfung des Pumpensumpfs und der gesamten Druckleitung – im Rahmen der förmlichen Bauabnahme erfolgen. Dabei wird geprüft, ob die anhand des Längsschnittes und der Pumpenbemessung errechneten Parameter mit den tatsächlich gemessenen Werten für Druck und Durchfluss übereinstimmen. Nähere Hinweise zur Abnahme sind Kap. 10.3 „Abnahme“ der DIN EN 16932-2 zu entnehmen [19].

Neue Druckleitungen sind nach den für Trinkwasserleitungen geltenden Normen DIN EN 805 und DVGW-W 400-2 zu prüfen [15][20]. Da für Abwasserdruckleitungen üblicherweise Armaturen mit einer Druckstufe PN10 eingesetzt werden, die (Trinkwasserleitungs-)Prüfdrücke von 16 bar bzw. 21 bar i. d. R. nicht standhalten, werden folgende, alternative Prüfvarianten vorgeschlagen:

- Für neue Leitungen aus viskoelastischen Materialien kann die Dichtheitsprüfung nach DIN EN 805 / DVGW-W 400-2 als Kontraktionsverfahren der gesamten Leitung inklusive Einbauten erfolgen. Entsprechen die Armaturen nur der Druckstufe PN10, kann die Druckprüfung in Abstimmung mit dem Armaturenhersteller mit einem reduzierten Prüfdruck von z. B. 12 bar (oder 13 bar) durchgeführt werden. Diese Vorgehensweise wird nicht empfohlen, wenn der gewählte Prüfdruck nicht mindestens 5 bar [15] über dem maximalen Betriebsdruck liegt. Für alle anderen Leitungsmaterialien kann analog das Normalverfahren verwendet werden.
- Es werden nur die Rohrleitungen mit dem (relativ hohen) Prüfdruck gemäß Normen geprüft, die Dichtheit der Einbauten wird bei maximalem Betriebsdruck von außen optisch beurteilt. Für erdver-

baute Armaturen ist dieser Dichtheitsnachweis vor der Baugrubenverfüllung zu erbringen. Der Rohrgraben der Druckleitung muss jedoch vollständig verfüllt und verdichtet sein. Für die erdverbauten Armaturen sind die Verfüllungen und Verdichtungen anschließend unter Aufsicht des Bauherrn durchzuführen.

Ist der Einsatz von Frequenzumformern² zur Leistungsanpassung geplant, ist darauf zu achten, dass Eigenresonanzbereiche der Druckleitung bzw. der Pumpe schnell durchfahren werden.

6 Sichtkontrolle, Funktionsprüfung und Inspektion

6.1 Sichtkontrolle und Funktionsprüfung

Pumpwerke und Schächte sind mindestens jährlich in Augenschein zu nehmen. Im Rahmen dieser Kontrolle sollten Rückflussverhinderer (wie Rückschlagklappen oder Kugelrückschlagventile) und Absperrarmaturen (Schieber) betätigt und gegebenenfalls gewartet werden (z. B. schmieren), um die Funktionsfähigkeit zu erhalten. Der bauliche Zustand ist zu erfassen und zu dokumentieren, um Handlungsbedarf frühzeitig festzustellen und Maßnahmen planen zu können. Gleiches gilt sinngemäß für die Elektro- und Messtechnik. Im Anhang A.3.1 des Arbeitsblattes DWA-A 147 werden – über die herstellereinspezifischen Empfehlungen zu Kontrolle und Wartung hinaus – Überprüfungshäufigkeiten angegeben [7]. Abweichend hierzu wird für Be- und Entlüftungsventile eine häufigere Kontrolle als einmal jährlich empfohlen, um deren Funktion zuverlässig zu gewährleisten. Es hat sich dabei bewährt, ein Austausch-BEV vorzuhalten, um die Ausfallzeiten möglichst gering zu halten sowie eine Wartung und Reinigung des BEV nicht im Kontrollschacht durchführen zu müssen.

Eine Trassenbegehung (siehe [7], Anhang A.3.1.) kann Hinweise zu Undichtheiten einer Druckleitung liefern (u. a. geschmolzener Schnee, vernässte Stellen, Absackungen oder Vegetationslücken deuten auf Schäden an der Druckleitung hin). Um bereits kleinere Anzeichen zu erkennen, sollte eine (Foto-)Dokumentation durchgeführt werden, mit der sich auch kleine Veränderungen über die Jahre erkennen lassen.

Eine Auswertung der Betriebsdaten kann zum zuverlässigen Betrieb einer Druckleitung beitragen. Grobe Rückschlüsse auf den Zustand der Druckleitung und der Pumpe können durch Erfassung und regelmäßige Auswertung der Pumpenlaufzeiten, der Stromaufnahme, der Pumpmengen sowie der Pumpendrucke gezogen werden. Ein Vergleich der Betriebsdatenverläufe mit denen der Vormonate und -jahre sowie der Daten der Erstinbetriebnahme (im Rahmen der Abnahmeprüfung) gibt Hinweise auf Betriebsprobleme wie Ablagerungen oder Laufradverschleiß. Auch größere Undichtheiten können dadurch erkannt werden.

² Hinweise zum Einsatz von Frequenzumformern:

- Ein offener Regelbetrieb (statt definierter Betriebspunkte) wird nicht empfohlen.
- Hohe Drehzahlen sind gegenüber einem ausgeprägten „Sanftanlauf“ zu bevorzugen, um die Neigung zur Verzopfung zu verringern.
- Kritische Frequenzen für Eigenresonanzbereiche lassen sich mit einfachen Hör- und Spürtests beim Anfahren der Pumpe sowie bei den ausgewählten Betriebspunkten erkennen.

Ein Frequenzumrichter (oder -umformer) ist ein elektronisches Gerät zur Drehzahlsteuerung eines Wechselstrommotors. Die Frequenz der Stromversorgung von Pumpen wird damit angepasst, um schließlich die Fördermenge oder die Förderhöhe an den tatsächlichen Bedarf anzupassen. Dies spart, bei wenig Eigenenergiebedarf (ca. 3,5 %) teilweise erheblich Energie ein.

6.2 Inspektion

6.2.1 Optische Inspektion

Die Optische Inspektion von Freispiegelkanälen im Hinblick auf den baulichen und betrieblichen Zustand erfolgt mittels Kamerabefahrung oder Begehung. Dieses Vorgehen ist aufgrund der bei Druckleitungen üblichen kleinen Durchmesser und der häufig dem Geländeverlauf folgenden Trasse sowie den großen Abständen zwischen den Kontrollschächten nur in seltenen Einzelfällen möglich.

Da Druckleitungen nur sehr schwer vollständig von Abwasser bzw. Spülwasser befreit werden können, müsste zudem die Kamerabefahrung in Teilbereichen unter Wasser erfolgen. Bei Leitungen in PE-HD wird durch die schwarze Rohrwand außerdem eine optische Inspektion erschwert, da zu wenig Licht von der Rohrwand reflektiert wird. Deshalb sollten inspektionsfreundliche PE-HD-Leitungen mit möglichst heller Innenwand bevorzugt werden.

Nachteilig bei der optischen Inspektion ist außerdem, dass kleinere Leckagen an Druckleitungen aus viskoelastischem Material, die nur unter Druck bestehen, bei der Kamerabefahrung (drucklos) ggf. geschlossen sind und deshalb nicht erkannt werden können. Daher kann nur mit einer Dichtheitsprüfung (Kap. 6.2.2) ein objektiver Dichtheitsnachweis für Druckleitungen erbracht werden.

Für die Inspektion des Saugraums eines Pumpwerks wird im Arbeitsblatt DWA-A 147 ein jährliches Intervall als Richtwert angeführt. Dabei ist der bauliche Zustand des Saugraums, insbesondere der Oberflächen, Rissbildung, Abplatzungen, Korrosion, zu dokumentieren.

6.2.2 HSA-Normalverfahren

Aufgrund des hohen Schadenspotentials ist die Dichtheitsprüfung von Abwasserdruckleitungen von großer Bedeutung für den Gewässerschutz. Da das technische Regelwerk kein Verfahren zur Dichtheitsprüfung in Betrieb befindlicher Abwasserdruckleitungen enthält, hat die Hochschule Augsburg (HSA) im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umwelt das HSA-Normalverfahren entwickelt [27], das hiermit zur Anwendung empfohlen wird. Die nach der Eigenüberwachungsverordnung (EÜV) erforderlichen Dichtheitsprüfungen von Abwasserdruckleitungen sind nach dem HSA-Normalverfahren durchzuführen.

Die Prüfung erfolgt in Anlehnung an die Prüfung von Trinkwasserleitungen nach dem Normalverfahren (Druckverlustmethode) der DIN EN 805 in Verbindung mit DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 und wurde an die Randbedingungen in Betrieb befindlicher Abwasserleitungen angepasst.

Vorbereitung:

Vor der Prüfung sind folgende Arbeiten durchzuführen:

- Auswertung der Bestandsunterlagen
 - o Um welchen Rohrwerkstoff handelt es sich?
 - o Mit welchem Druck wird die Leitung betrieben?
 - o Wie groß ist das Volumen des zu prüfenden Leitungsabschnittes?
 - o Lassen der Längsschnitt und die Anordnung der Be- und Entlüftungsventile eine weitgehende Luftfreiheit in der Leitung vermuten?
 - o Gibt es im Verlauf der Druckleitung Zuflüsse (und können diese abgesperrt werden), Material- oder Durchmesseränderungen?
 - o Welches Rückhaltevolumen bzw. wieviel Zeit steht für die Prüfung zur Verfügung (Zeitbedarf für das HSA-Normalverfahren: mindestens 2 Stunden)?
- Sicherstellung der Dichtheit der Druckleitungsarmaturen (vor allem im Pumpwerk) beim vorgesehenen Prüfdruck

Ein undichter Absperrschieber kann während der Prüfung eine Undichtheit der Druckleitung vortäuschen. Eine Prüfung gegen eine Rückschlagklappe ist nicht zu empfehlen.

- Auswahl einer geeigneten Absperrereinrichtung für das Druckleitungsende

Herkömmliche Kanalabsperrrblasen sind für den Mindestprüfdruck von 3 bar nicht geeignet. Hochdruckblasen verfügen meist über einen zu geringen freien Durchgang, um die Luftfreiheit durch Spülen erreichen zu können (Achtung: Gefahr durch Abrutschen der Absperrblase unter Druck). Ggf. ist das Druckleitungsende im Schacht mit einem Flanschrohr zu verlängern, auf das für die Prüfung ein Absperrschieber montiert werden kann.

- Spülen oder Molchen der Leitung (um eine ausreichende Luftfreiheit herzustellen)

Entsprechende Spülmöglichkeiten sind vorzusehen. Dazu sind z. B. mittels Spülwagen oder externer Pumpe ausreichende Spülwassermengen bereitzustellen (2 bis 3-faches Leitungsvolumen) und Spülgeschwindigkeiten (in Abhängigkeit des Leitungsdurchmessers mindestens 0,8 bis 2 m/s) zu erzeugen.

Bei pneumatisch betriebenen Druckleitungen ist zu beachten, dass ein Austrag der Luft dabei nur mit einem anderen Förderaggregat (z. B. Kreiselpumpe) möglich ist.

- Bereitstellung einer Anschlussmöglichkeit für das Prüfequipment (z. B. Spülanschluss mit Storz-C-Kupplung oder Geka-Anschluss, jeweils mit Absperrmöglichkeit zwischen der Pumpe und dem Spülanschluss)

Eine Durchgängigkeit zwischen Druckleitung und Prüfequipment muss gegeben sein. Des Weiteren sind Strom- und Frisch- oder Brauchwasseranschlüsse für die Prüfgeräte erforderlich.

Prüfung:

Vor und während der Dichtheitsprüfung sind die Belange des Arbeitsschutzes zu berücksichtigen. Dazu gehören beispielsweise die Verwendung von Gaswarngeräten, das Arbeiten mit einer zweiten Person oder erforderliche Absperrungen im Verkehrsraum.

Eine Prüfung ist grundsätzlich an jeder Stelle der Druckleitung möglich. Der am Prüfort vorhandene hydrostatische Druck ist bei der Bestimmung des Prüfdrucks zu berücksichtigen.

Der Prüfdruck [24] ergibt sich leitungsspezifisch aus dem Maximalwert folgender Faktoren:

- Höchster Betriebsdruck³ am Prüfort
- 1 bar am absoluten Hochpunkt der Druckleitung
- 3 bar am absoluten Tiefpunkt der Druckleitung

Der berechnete Prüfdruck kann jederzeit erhöht werden. Eine Erhöhung des Prüfdrucks führt zu einem größeren zulässigen Luftanteil in der Druckleitung.

Die Prüfung besteht aus einer Vorprüfung, einer Druckabfallprüfung und einer Hauptprüfung (Abb. 8). Vor Beginn der Prüfung ist eine ausreichende Luftfreiheit herzustellen.

³ Höchster Betriebsdruck: Höchster vom Betreiber festgelegter Betriebsdruck des Systems oder einer Druckzone z. B. beim Spülen mit der Abwasserpumpe gemessen .

I. Vorprüfung:

Die Vorprüfung dient der Anpassung des Leitungsmaterials an die Prüfbedingungen und soll einen unerwünschten Druckabfall in der Hauptprüfung, beispielsweise durch Materialdehnung, vermeiden. Vor Beginn der Vorprüfung wird die zu prüfende Druckleitung abgesperrt und ein Druck aufgebracht, der 0,20 bar über dem Prüfdruck p_D liegt. Sinkt dieser Druck während der Vorprüfung auf den Prüfdruck ab, ist er durch Nachpumpen von Wasser immer wieder um 0,20 bar zu erhöhen (Druckhaltephase). Bei biegeweichen Werkstoffen, wie z. B. PE, liegt die Dauer der Vorprüfung bei mindestens einer Stunde, bei biegesteifen Werkstoffen, wie z. B. Gussleitungen, bei mindestens 30 min. Die Vorprüfdauer sollte um 30 min verlängert werden, falls der Druckabfall innerhalb von 30 min größer als 0,10 bar ist. Gegebenenfalls können auch mehrere Verlängerungsintervalle erforderlich sein, um die Anpassung des Leitungsmaterials an die Prüfbedingungen zu erreichen. Verlängern sich die Zeitintervalle nicht in denen ein Nachpumpen nötig ist, sondern bleiben gleich und der Druckabfall innerhalb von 30 min ist größer als 0,10 bar, so ist von einer Undichtigkeit auszugehen.

II. Druckabfallprüfung:

Die Druckabfallprüfung folgt im Anschluss an die Vorprüfung und soll nachweisen, dass der Luftanteil in der Druckleitung so gering ist, dass das Ergebnis der Hauptprüfung nicht verfälscht wird. Durch Ablassen von Wasser wird der Druck am Ende der Vorprüfung um $0,50 \pm 0,10$ bar gesenkt. Das dabei abgelassene Wasservolumen ist zu messen. Anschließend wird der Prüfdruck durch Zugabe von Wasser wiederaufgebaut. Beide Wasservolumina (abgelassenes und aufgefülltes) und die Drücke vor der Druckabfallprüfung ($p_{p,1}$), nach dem Druckablass ($p_{p,2}$) und vor dem Beginn der Hauptprüfung ($p_{p,3}$), sind zu erfassen. Liegt das abgelassene Wasservolumen unterhalb des leitungsspezifisch zu berechnenden zulässigen Wasservolumens, ist die Leitung ausreichend „luftfrei“ und die Hauptprüfung kann durchgeführt werden.

Mit Hilfe der genannten Werte kann der Nachweis erbracht werden, ob die Druckabfallprüfung und die Hauptprüfung bestanden wurden. Hierfür steht eine Excel-Anwendung zur Verfügung (<https://www.lfu.bayern.de/wasser/kanalisation/doc/exceltool.zip>).

Wird die Druckabfallprüfung nicht bestanden, sind nach einem weiteren Entlüftungsversuch, z. B. durch Spülen mit Wasser oder Molchen, Vorprüfung und Druckabfallprüfung zu wiederholen.

III. Hauptprüfung:

Die Hauptprüfung erfolgt im Anschluss an die bestandene Druckabfallprüfung. Durch Wasserzugabe wurde der Prüfdruck ($p_{p,3} = \text{ca. } p_D$) wiederhergestellt. Der Druckabfall während der einstündigen Hauptprüfung ist zu messen und zu dokumentieren. Nach Eintragung der erhobenen Daten kann mit der genannten Excel-Anwendung das Ergebnis der Prüfung festgestellt werden.

Um auszuschließen, dass eine undichte Absperrung am Rohrleitungsende der Leitung zur Überschreitung des zulässigen Druckabfalls geführt hat, sollte diese bei anliegendem Prüfdruck auf Wasserverlust überprüft werden. Ist dort keine Sichtprüfung möglich, kann auf typische Wasseraustrittsgeräusche geachtet werden (Zischen). Das Gleiche gilt für das der Pumpe nachgeschaltete Absperrorgan am Leitungsanfang.

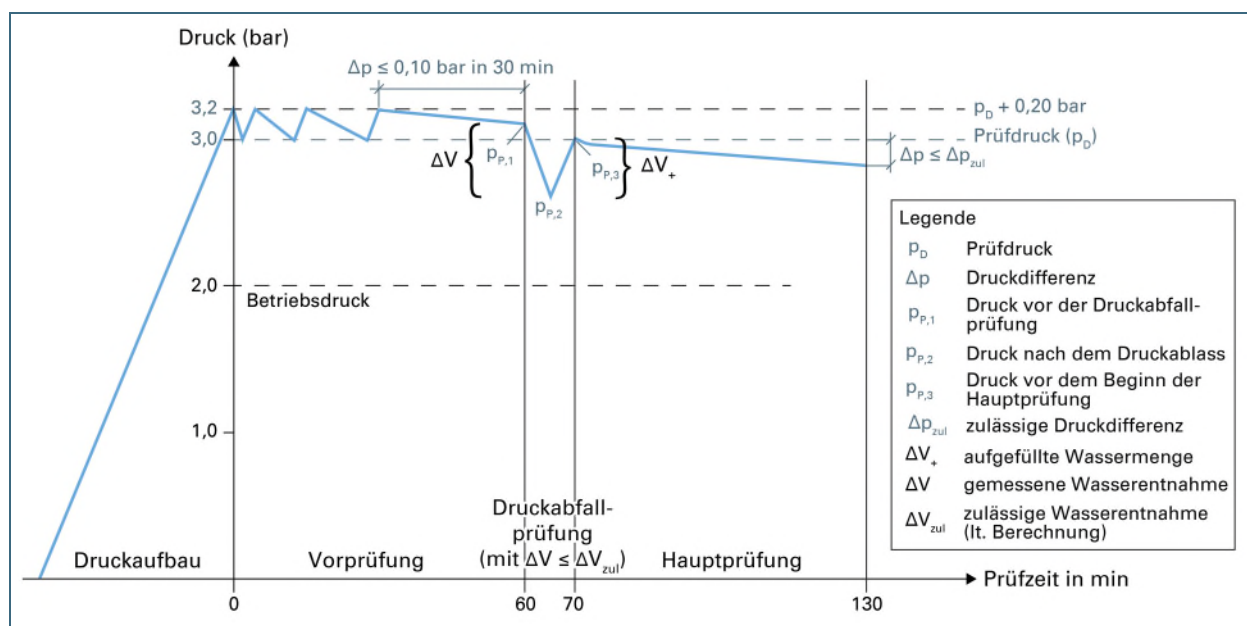


Abb. 8: Beispiel eines Druckdiagramms für eine Prüfung mit dem HSA-Normalverfahren (2,0 bar Betriebsdruck, flacher Leitungsverlauf)

6.2.3 20 Minuten-Test

Der so genannte 20 Minuten-Test [27] wurde von der HSA als Kurztest u. a. für Druckleitungen mit begrenzter Möglichkeit der Außerbetriebnahme entwickelt. Gegenüber dem HSA-Normalverfahren können nur dichte und ausreichend luftfreie Leitungen erfolgreich geprüft werden, die unter dem anstehenden Prüfdruck keine starke Materialdehnung zeigen. Der 20 Minuten-Test kann deshalb zur Dichtheitsprüfung nach EÜV nur im Ausnahmefall und in Abstimmung mit dem Wasserwirtschaftsamt herangezogen werden. Der Test kann evtl. auch vom Betreiber selbst durchgeführt werden, um den Leitungszustand regelmäßig (z. B. jährlich) zu überprüfen oder um dem Verdacht auf eine Undichtheit nachzugehen.

Der 20 Minuten-Test basiert auf Grundlage des in der englischen Norm beschriebenen Typ-II-Tests bzw. der in der DVGW-W 400-2 aufgeführten Wasserverlustmethode. Für die Durchführung sind ein digitaler Drucklogger, eine Prüfpumpe für den Druckaufbau sowie ein Wasserzähler notwendig. Für den Aufbau des Prüfdrucks, der analog dem HSA-Verfahren (siehe Kap. 6.2.2) bestimmt wird, ist das Leitungsende zu verschließen. Im Pumpwerk muss ebenfalls eine Verschließbarkeit und ein Zugang zur Druckleitung mittels GEKA-Anschluss oder C-Kupplung für die Prüfgeräte gegeben sein. Ferner ist Brauch- oder Trinkwasser für den Druckaufbau sowie ggf. Strom für die Prüfgeräte vorzuhalten.

Da in der Druckleitung nur ein sehr geringer Luftanteil vorhanden sein darf, spielt der Austrag von Luft vor Beginn der Prüfung eine entscheidende Rolle für die Prüfbarkeit der Leitung. Der Austrag kann beispielsweise durch Spülen oder Molchen erfolgen.

Optional kann vor dem 20 Minuten-Test eine Vorprüfung (analog dem HSA-Normalverfahren) erfolgen, die die Einflüsse des Materialverhaltens auf die Prüfung verringern kann.

Nach der Aufbringung des Prüfdrucks wird in der Hauptprüfung des 20 Minuten-Tests der Stand der Wasseruhr dokumentiert sowie die Prüfung gestartet. Über eine Prüfdauer von 20 Minuten wird der Druckleitung alle zwei Minuten ein Wasservolumen, welches mit der Excel-Anwendung (<https://www.lfu.bayern.de/wasser/kanalisation/doc/exceltool.zip>) errechnet wurde, zugeführt; insgesamt wird somit zehn Mal das identische Volumen nachgepumpt (s. Abb. 9). Die gesamte nachgepumpte Wassermenge ist am Wasserzähler zu überprüfen. Hat sich der Druck nach dem letzten Nachpumpen

beruhigt, wird dieser dokumentiert. Ist ein Druckanstieg von mindestens 0,15 bar erfolgt, gilt die Druckprüfung als bestanden. Andernfalls ist die Druckprüfung nicht bestanden. Gründe hierfür können neben einer unzulässigen Undichtigkeit auch zu große Materialdehnungen oder ein zu hoher Luftanteil sein. Dann sollte in jedem Fall im Anschluss eine Dichtheitsprüfung nach dem HSA-Normalverfahren durchgeführt werden, um Undichtheiten auszuschließen.

Um Schäden an der Leitung zu vermeiden, ist die Prüfung unabhängig von der Prüfdauer abubrechen, wenn ein Druckanstieg von 0,5 bar erreicht wird. Die Leitung kann in diesem Fall als dicht eingestuft werden.

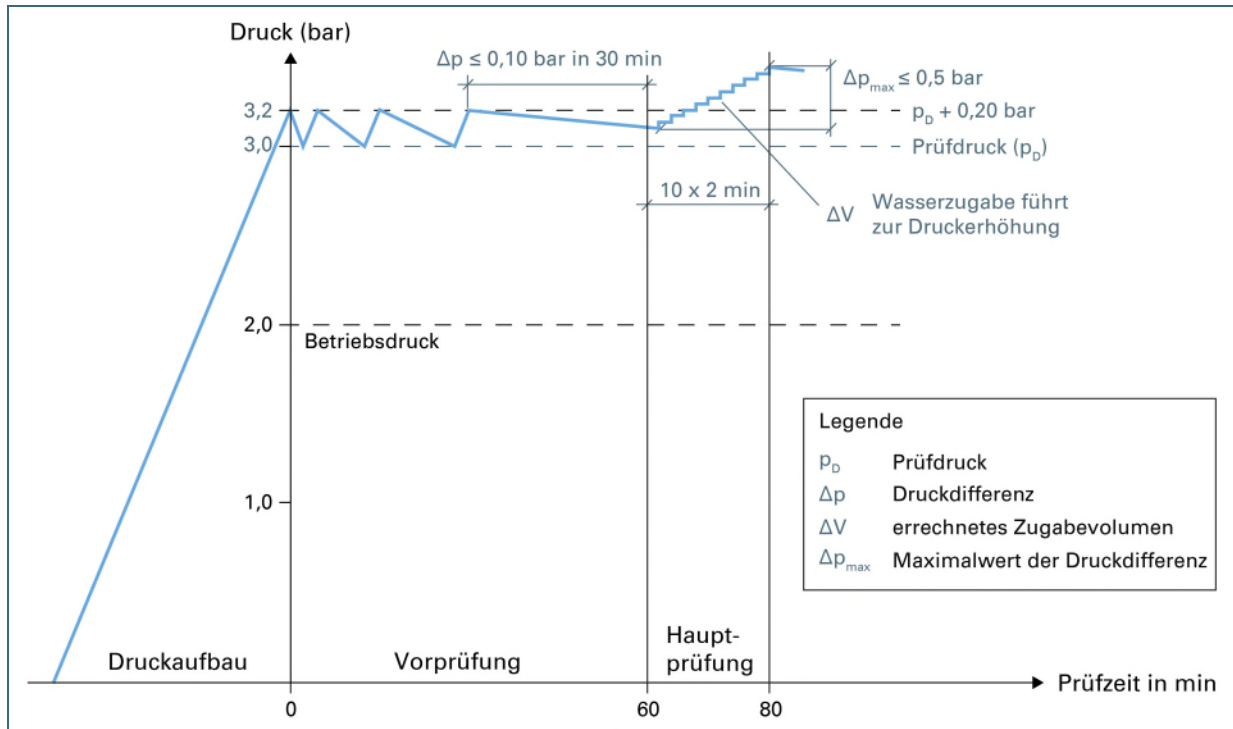


Abb. 9: Beispiel eines Druckdiagramms für eine Prüfung mit dem 20 Minuten-Test (2,0 bar Betriebsdruck, flacher Leitungsverlauf)

6.2.4 Leckagedetektionsverfahren

Im Folgenden werden zwei alternative Verfahren zum Nachweis der Unversehrtheit von Druckleitungen beschrieben, die sich noch in der Erprobung befinden. Es liegen bisher noch keine Nachweise vor, dass damit Undichtheiten, vergleichbar zu der o. g. Dichtheitsprüfung der HSA, festgestellt werden können.

- Leckagedetektion mit Unterwassermikrophonen

Mit Unterwassermikrophonen (Hydrophone) können Undichtigkeiten durch Wasseraustrittsgeräusche erkannt werden. Beim „SmartBall“ (xylem/pure technologies) ist das Hydrophon in eine Kugel integriert, welche am Boden einer Druckleitung entlang rollt; neben Undichtigkeiten kann auch der Verlauf der Druckleitung ermittelt werden. Um die schaumstoffumhüllte Metallkugel (mit Messtechnik und Akku) anzuwenden muss der Leitungsabschnitt unter Druck stehen, da sonst keine Wasseraustrittsgeräusche zu erkennen sind. Zudem muss eine Förderung in Fließrichtung stattfinden, damit der Ball kontrolliert am Boden entlangrollen kann ($v_{min} \geq 0,15$ m/s). Dies gilt vor allem am Ende der Druckleitung. Aufgrund seiner Größe ($\varnothing 175$ mm) ist der SmartBall nur für Druckleitungsdurchmesser ab DN 200 einsetzbar. Erste Anwendungen deuten darauf hin, dass aufgrund der üblicherweise geringen Drücke in den Abwasserleitungen Fließgeräusche schwierig zu detektieren sind, weil sie von den Hintergrundgeräuschen im Boden und Rohr überlagert werden.

- Magnetfeld-Sonden

Dieses Verfahren beruht auf der Erkennung von geänderten Magnetfeldern bei Materialfehlern oder geschwächten Rohrleitungswandstärken mittels Sonden. Es stammt aus dem Pipeline-Betrieb, wo häufig größere Rohrlungsdurchmesser anzutreffen sind als bei Abwasserdruckleitungen, und ist seit Jahren bei industriellen Anlagen in der Anwendung; bei Abwasserdruckleitungen wird das Verfahren bisher nur sehr selten angewandt.

6.3 Weitere Vorgehensweise bei undichten Druckleitungen

Wird bei der Prüfung eine Undichtheit festgestellt, muss wegen des besonders hohen Gefährdungspotentials für Boden und Grundwasser die Druckleitung unverzüglich außer Betrieb genommen und eine alternative Abwasserableitung sichergestellt werden (siehe Hinweise in den Kap. 3.1 und 4).

Bei nichtbestandenem Dichtheitsprüfungen sollten zunächst alle zugänglichen Rohrabschnitte, Armaturen und Rohrverbindungen unter Aufrechterhalten des Prüfdrucks auf Wasserverluste überprüft werden. Sind keine Leckagen erkennbar, können Schäden im nicht einsehbaren, erdverlegten Bereich der Leitung bei günstigen Randbedingungen durch Kamerabefahrung, mit Leckagedetektionsverfahren oder durch den Einsatz von Tracergas lokalisiert werden. Bei höheren Drücken können auch akustische Untersuchungsmethoden, die zur Ortung von Schäden in Trinkwasserleitungen genutzt werden, zum Erfolg führen.

Des Weiteren kann der Trassenverlauf abgefahren und das Gelände hinsichtlich vegetativer Veränderungen oder sonstiger Auffälligkeiten (z. B. Vernässungen, Baustellen) überprüft werden.

Lässt sich die vorhandene Leckage nicht durch die genannten Maßnahmen lokalisieren, sollte die Leitung – wenn möglich – in mehrere kürzere Prüfabschnitte unterteilt und die Druckprüfung an diesen wiederholt werden. So ist es möglich, die Lage der Undichtheit zumindest auf einen kleineren Leitungsabschnitt zu begrenzen. Speziell für diesen Fall ist die Anwendung des 20 Minuten-Tests eine sinnvolle und schnelle Alternative zum HSA-Normalverfahren.

Bei der Sanierungsplanung sind die Schadensursachen (z. B. Druckstöße, die zu Längsrissen führen) zu berücksichtigen, um die Wahrscheinlichkeit zukünftiger Schäden zu reduzieren.

7 Literatur

- [1] DWA-A 113 Arbeitsblatt DWA-A 113 Entwurf: Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserdrucksystemen (08/2016)
- [2] DWA-A 116-1 Arbeitsblatt DWA-A 116-1: Besondere Entwässerungsverfahren:
Teil 1: Unterdruckentwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden
(10/2006)
- [3] DWA-A 116-2 Arbeitsblatt DWA-A 116-2: Besondere Entwässerungsverfahren,
Teil 2: Druckentwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden (05/2007)
- [4] ATV-DVWK-A 134 Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 134: Planung und Bau von Abwasserpump-
anlagen (06/2000)
- [5] DWA-A 139 Arbeitsblatt DWA-A 139: Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und
-kanälen (03/2019)
- [6] DWA-M 149-6 Merkblatt DWA-M 149-6: Zustandserfassung und -beurteilung von Entwäs-
serungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 6: Druckprüfungen in Be-
trieb befindlicher Entwässerungssysteme mit Wasser oder Luft (08/2016)
- [7] DWA-A 147 Arbeitsblatt DWA-A 147: Betriebsaufwand für kommunale Entwässerungs-
systeme – Betriebsaufgaben und Häufigkeiten (03/2017)
- [8] DWA-M 154-1 Merkblatt DWA-M 154-1: Geruchsemissionen aus Abwasseranlagen –
Teil 1: Grundlagen (11/2019)
- [9] DWA-A 157 Arbeitsblatt DWA-A 157 Bauwerke der Kanalisation (12/2020)
- [10] DWA-M 158 Merkblatt DWA-M 158: Bauwerke der Kanalisation – Beispiele (03/2006)
- [11] DWA-A 160 Arbeitsblatt DWA-A 160: Fräs- und Pflugverfahren für den Einbau von Ab-
wasserleitungen und -kanälen (03/2016)
- [12] DWA-M 168 Merkblatt DWA-M 168: Korrosion von Abwasseranlagen – Abwasserablei-
tungen (10/2010)
- [13] DWA-A 199-3 Arbeitsblatt DWA-A 199-3: Dienst- und Betriebsanweisung für das Personal
von Abwasseranlagen – Teil 3: Betriebsanweisung für das Personal von Ab-
wasserpumpanlagen (06/2007)
- [14] DIN EN 752 Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden; (04/2008)
- [15] DIN EN 805 Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außer-
halb von Gebäuden (03/2000)
- [16] DIN EN 1671 Druckentwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden (08/1997)
- [17] DIN EN 12889 Grabenlose Verlegung und Prüfung Abwasserleitungen und -kanälen
(03/2000)
- [18] DIN EN 16932 Teil 1 Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden – Pumpsysteme:
Teil 1: Allgemeine Anforderungen (07/2018)

- [19] DIN EN 16932 Teil 2 Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden - Pumpsysteme:
Teil 2: Druckentwässerungssysteme (07/2018)
- [20] DVGW-W 400-2 Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRVV)
Teil 2: Bau und Prüfung (09/2004)
- [21] Auslegungshinweise für Schachtpumpwerke
TU Berlin – Prof. Dr.-Ing. Paul Uwe Thamsen
wwt special pumpen 7-8/2017
- [22] DWA-A 120-1 Arbeitsblatt DWA-A 120-1 Entwurf: Pumpsysteme außerhalb von Gebäuden
Teil 1: Allgemeines (05/2021)
- [23] DWA-A 199-3 Arbeitsblatt DWA-A 199-3: Dienst- und Betriebsanweisung für das Personal
von Abwasseranlagen – Teil 3: Betriebsanweisung für das Personal von Ab-
wasserpumpanlagen (04/2020)
- [24] DWA-M 149-9 Merkblatt DWA-M 149-9 Entwurf: Zustandserfassung und -beurteilung von
Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 9: Inspektion und
Wartung von Abwasserdruckleitungen (01/2022)
- [25] DIN EN 1717 Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen in Trinkwasser-Installatio-
nen und allgemeine Anforderungen an Sicherungseinrichtungen zur Verhü-
tung von Trinkwasserverunreinigungen durch Rückfließen (08/2011)
- [26] DWA-A 216 Arbeitsblatt DWA-A 216: Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente
zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen (12/2015)
- [27] Schlussbericht der Hochschule Augsburg: „F&E-Vorhaben: Prüfung und
Sanierung von Abwasserdruckleitungen unter besonderer Berücksichtigung
des Risikopotentials seeverlegter Leitungen“, 08/2022;
[https://www.hs-augsburg.de/Architektur-und-Bauwesen/Dichtheit-von-Ab-
wasserdruckleitungen.html](https://www.hs-augsburg.de/Architektur-und-Bauwesen/Dichtheit-von-Ab-wasserdruckleitungen.html)

Impressum:

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Telefon: 0821 9071-0

E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

Internet: www.lfu.bayern.de

Bearbeitung:

LfU: Jens Backhof, Hardy Loy

Bildnachweis:

Alle LfU außer:

Titelbild (Blick in ein trocken aufgestelltes Pumpwerk) und Abb. 1: Hochschule Augsburg;

Abb. 2: AWA Ammersee (Wasser- und Abwasserbetriebe gKU)

Stand:

Dezember 2022

Druck:

ALBERSDRUCK GmbH & Co. KG
Leichlinger Straße 11
40591 Düsseldorf



Dieses Druckerzeugnis ist mit dem Blauen Engel ausgezeichnet.

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird um Angabe der Quelle und Übersendung eines Beleg-exemplars gebeten.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.



Eine Behörde im Geschäftsbereich
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz

