



Dichtheitsnachweis

—

**mit dem HSA Verfahren speziell für in Betrieb befindliche
Abwasserdruckleitungen**

M.Eng. Johannes König ,M.Eng. Benedict Montau, Prof. Dr.-Ing. Rita Hilliges
Technische Hochschule Augsburg

Dichtheitsprüfung von in Betrieb befindlichen Abwasserdruckleitungen mit dem HSA-Normalverfahren



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz



Notwendigkeit einer Dichtheitsprüfung



Schaden durch Abwasseraustritt in die Umwelt und somit möglicherweise in Grund-/ Trinkwasser verhindern.



Bayerische Eigenüberwachungsverordnung



Welche Verfahren gibt es bereits?

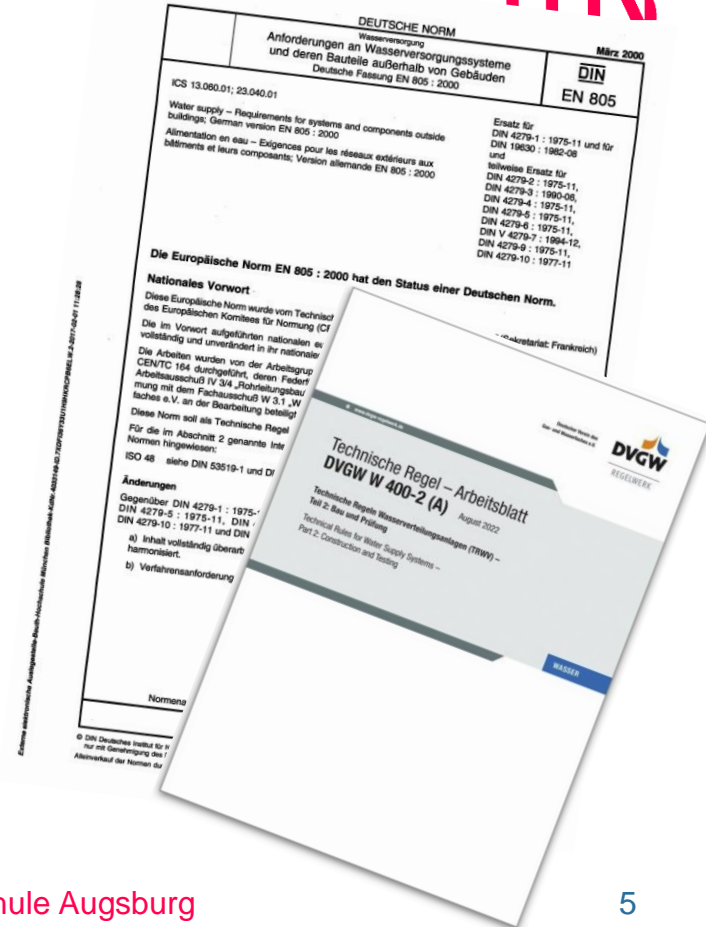
- Verfahren für **neue** Trinkwasserleitungen nach DIN 805 bzw. W 400-2
 - Materialabhängig
 - Kontraktionsverfahren
 - Normalverfahren
 - Beschl. Normalverfahren
- Verfahren für Gasleitungen (G-469)
- Engl. Type 2 Test (IGN 4-01-03)

Nachteile dieser Verfahren:

Lange Außerbetriebnahme (bis zu 48 Stunden)

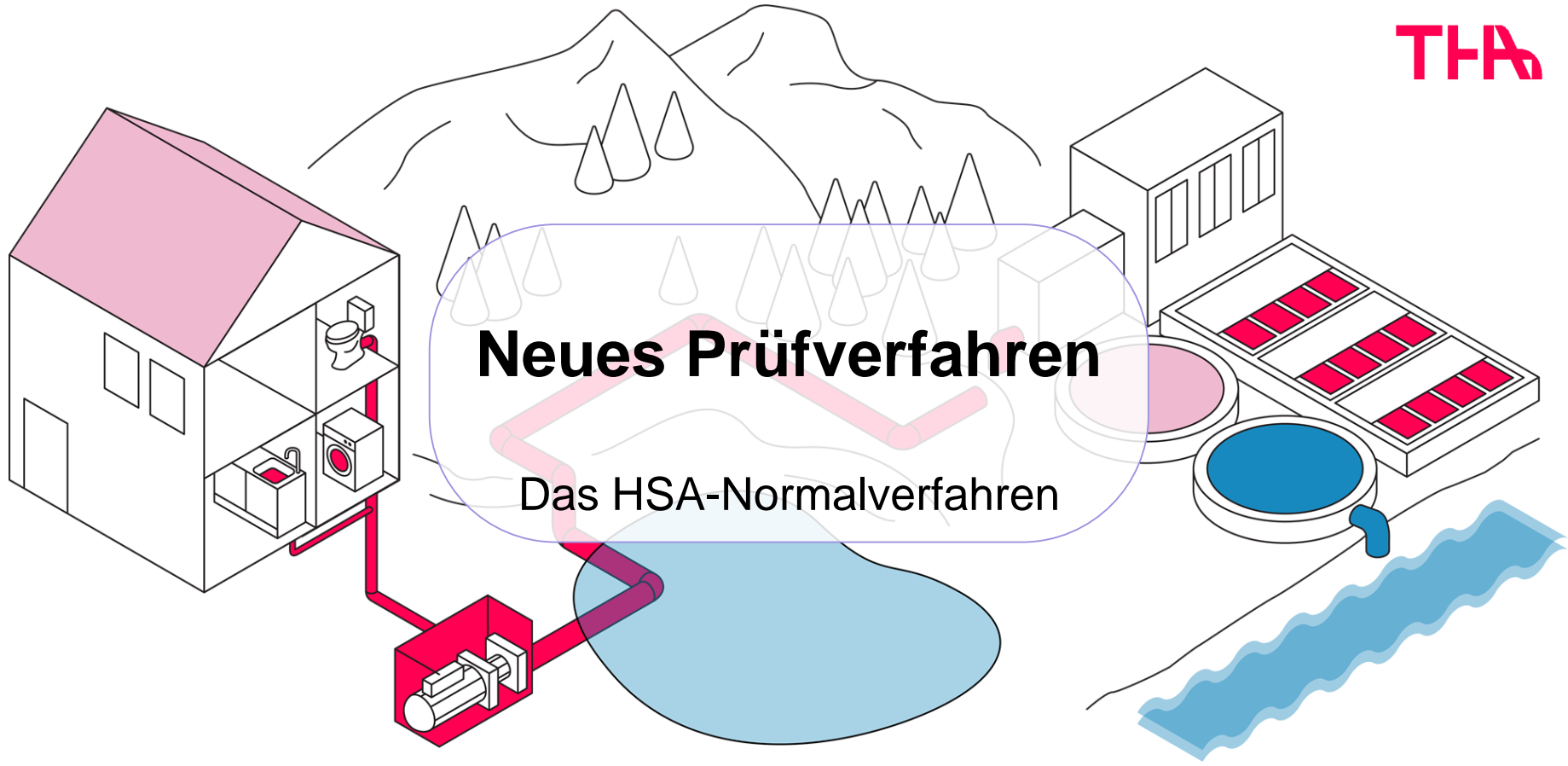
Hohe Prüfdrücke (15 bar bzw. 21 bar)

- Anpassung erforderlich um AWDL **im Betrieb** auf Dichtheit überprüfen zu können



Prüfen mit 15 bar?





Prüfdruck

- PE 80, PE 100, PVC, Guss, Stahl:

Prüfdruck = max.

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

- Sonderfall Asbestzementleitungen:

Prüfdruck = max.

- 1 bar am absoluten Hochpunkt der Druckleitung
- 2 bar am Tiefpunkt der Druckleitung
- Höchster Systembetriebsdruck am Prüfort

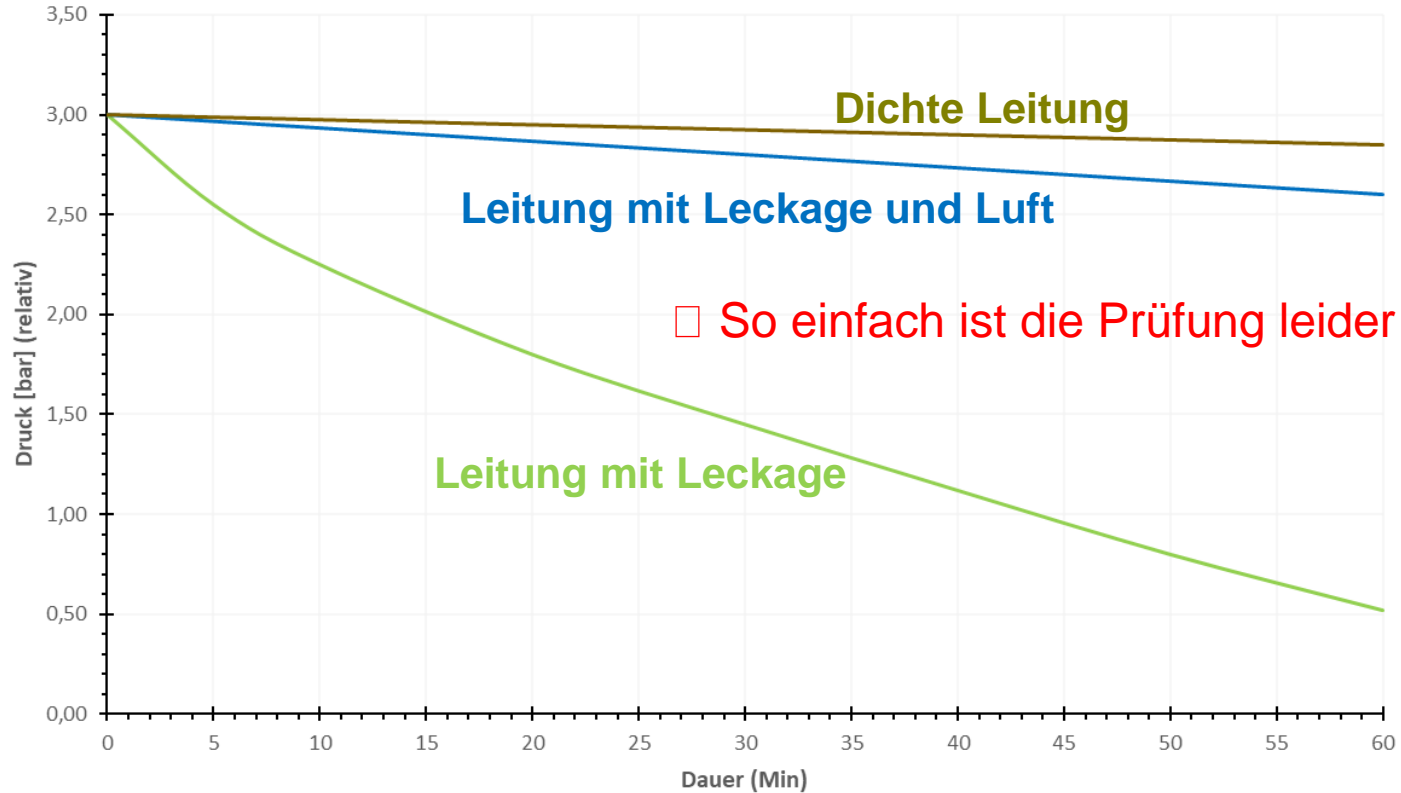
- Sonderfall Seedruckleitung:

Prüfdruck = max.

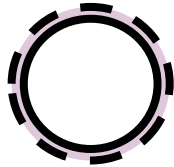
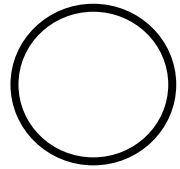
- 1 bar am absoluten Hochpunkt der Druckleitung
- 3 bar am Tiefpunkt der Druckleitung
- Höchster Systembetriebsdruck am Prüfort

i.d.R. 3 bar Prüfdruck

Einfluss der Luft bei Druckprüfungen



Einflüsse auf die Druckdifferenz bei einem Wasseraustritt aus z.B. einer Leckage



Rohrkontraktion

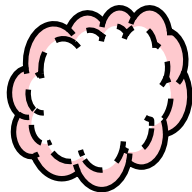
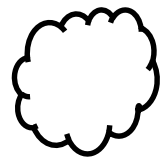
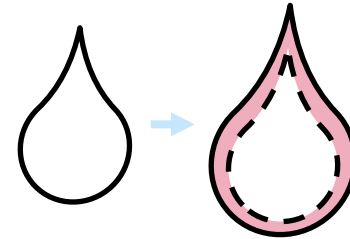
wirkt einem Druckabfall infolge Wasseraustritt entgegen

$$V_{Material} = V_R * \Delta p * 0,1 * \frac{D}{e * E_R}$$

Wasserexpansion

wirkt einem Druckabfall infolge Wasseraustritt entgegen

$$V_{Wasser} = V_R * \Delta p * 0,1 * \frac{1}{E_W}$$



Luftexpansion

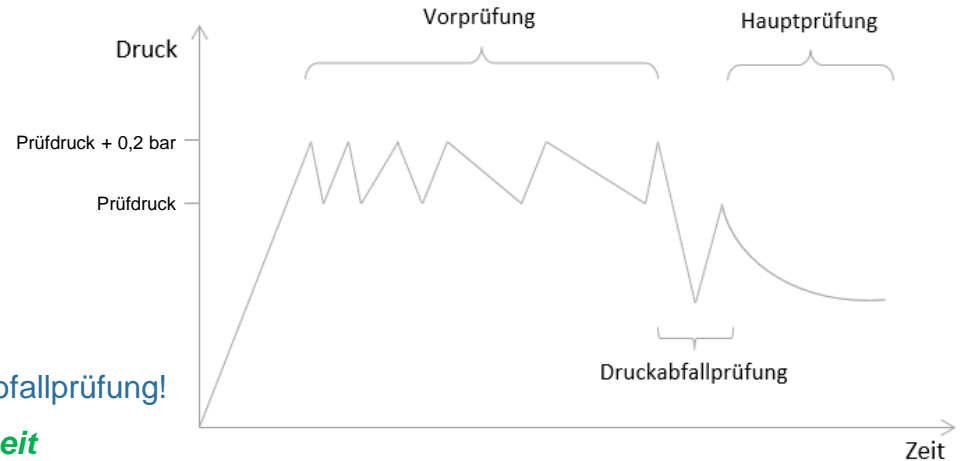
wirkt einem Druckabfall infolge Wasseraustritt entgegen

$$V_{Luft} = V_R * x \% * \left(\frac{1}{PD - p_{hyd} - \Delta p + 1} - \frac{1}{PD - p_{hyd} + 1} \right)$$

Ablauf des Prüfverfahrens (HSA-Normalverfahren)

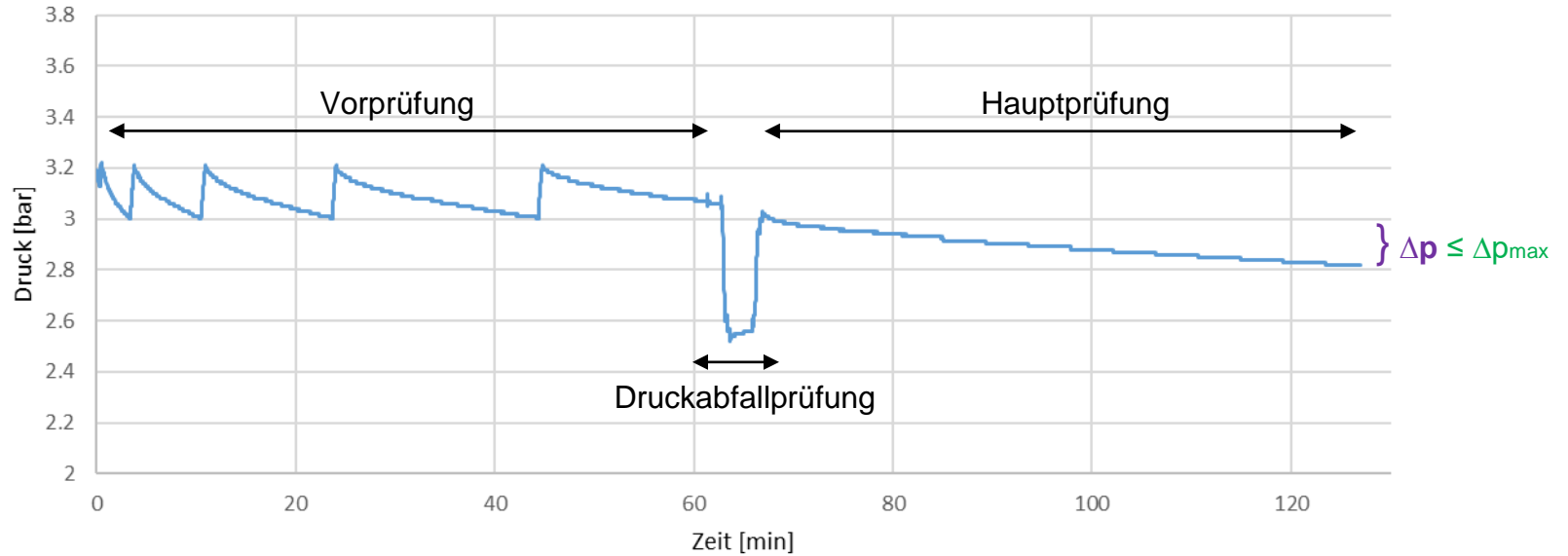
- Vorprüfung (1h)
Anpassung des Materials an den Prüfdruck
(Keine Aussage über die Dichtheit!)
- Druckabfallprüfung
Bestimmung des Luftanteils im Prüfabschnitt
(Keine Aussage über die Dichtheit!)
- Hauptprüfung (1h) *nur nach bestandener Druckabfallprüfung!*
*Druckabfall über eine Stunde als Kriterium für **Dichtheit***

Druckverlustverfahren mit Abwasser/Wasser:



Die Hauptprüfung

Vorprüfung, Druckabfallprüfung und Hauptprüfung an einer realen Druckleitung aus PE 80



Bestimmung Grenzwert in der Hauptprüfung

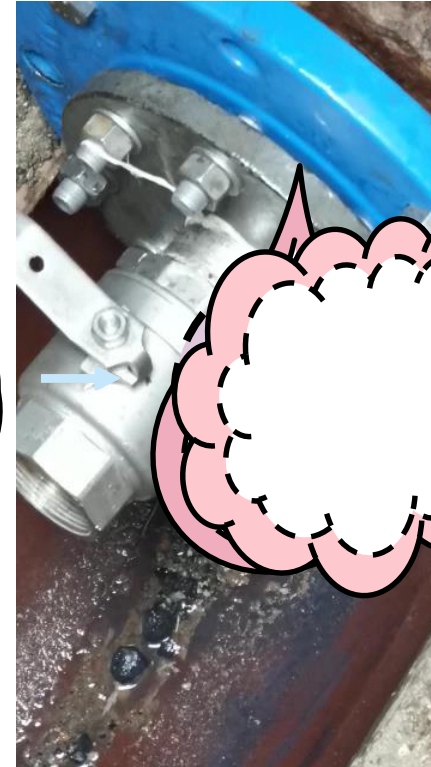
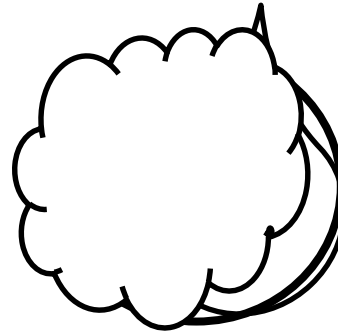
Einflüsse auf den Druckverlust:

- Expansion des Wassers
- Kontraktion des Rohrmaterials
- Expansion der eingeschlossenen Luft

Daher leitungsspezifischer Grenzwert erforderlich!

Dieser ist abhängig von:

- Steifigkeit Material
- Leitungsdimension
- Leitungsverlauf
- V.a. tatsächlicher Luftanteil □ Druckabfallprüfung



Begleitendes Exceltool für das HSA-Normalverfahren



Einfaches Tool zur Bestimmung des zulässigen Druckabfalls

- Eingabewerte:
 - Bis zu fünf unterschiedliche Materialien / Rohrdimensionen
 - Wasservolumina / Druckdifferenzen in der Druckabfallprüfung
- Ausgabe:
 - Zulässiger & vorhandener Luftanteil
 - Zulässiger Druckabfall in der Hauptprüfung
 - Prüfprotokoll (muss nur um Druckverlauf des Druckloggers ergänzt werden)

Begleitendes Exceltool für Prüfverfahren

Eingabe der Leitungsdaten			
	Position	Wert	Einheit
	maximale vertikale Höhe der Druckleitung über dem Prüfort	10	m
	Druck	7	bar (rel.)
Rohrbchnitt 1	Rohr Außendurchmesser	90	mm
	Wandstärke (ohne ZM-Auskleidung)	8,2	mm
	Rohrinnendurchmesser (ohne Berücksichtigung ZM-Auskleidung)	73,6	mm
	SDR	11,0	-
	Rohrlänge	1000,00	m
	Rohrinnenvolumen (ohne Berücksichtigung ZM-Auskleidung)	4,28	m³
	Wandfläche (ohne Berücksichtigung ZM-Auskleidung)	231,22	m²
	Leckagegröße	0,10	-
	Leckagevolumen	115,67	ml/min
	Material	PE100	-
Emodul Material	1200	N/mm²	
Rohrbchnitt 2	Rohr Außendurchmesser	0	mm
	Wandstärke (ohne ZM-Auskleidung)	0,0	mm
	Rohrinnendurchmesser (ohne Berücksichtigung ZM-Auskleidung)	0,0	mm
	SDR	0,0	-
	Rohrlänge	0,00	m
	Rohrinnenvolumen (ohne Berücksichtigung ZM-Auskleidung)	0,00	m³
	Wandfläche (ohne Berücksichtigung ZM-Auskleidung)	0,00	m²
	Leckagegröße	0,00	-
	Leckagevolumen	0,00	ml/min
	Material	-	-
Emodul Material	0	N/mm²	
Rohrbchnitt 3	Rohr Außendurchmesser	0	mm
	Wandstärke (ohne ZM-Auskleidung)	0,0	mm
	Rohrinnendurchmesser (ohne Berücksichtigung ZM-Auskleidung)	0,0	mm
	SDR	0,0	-
	Rohrlänge	0,00	m
	Rohrinnenvolumen (ohne Berücksichtigung ZM-Auskleidung)	0,00	m³
	Wandfläche (ohne Berücksichtigung ZM-Auskleidung)	0,00	m²
	Leckagegröße	0,00	-
	Leckagevolumen	0,00	ml/min
	Material	-	-
Emodul Material	0	N/mm²	
Rohrbchnitt 4	Rohr Außendurchmesser	0	mm
	Wandstärke (ohne ZM-Auskleidung)	0,0	mm
	Rohrinnendurchmesser (ohne Berücksichtigung ZM-Auskleidung)	0,0	mm
	SDR	0,0	-
	Rohrlänge	0,00	m
	Rohrinnenvolumen (ohne Berücksichtigung ZM-Auskleidung)	0,00	m³
	Wandfläche (ohne Berücksichtigung ZM-Auskleidung)	0,00	m²
	Leckagegröße	0,00	-
	Leckagevolumen	0,00	ml/min
	Material	-	-
Emodul Material	0	N/mm²	

Eingabe des Druckabfallprüfung				
	Position	Wert	Einheit	
Druckabfall	Druck vor Druckabfall		bar (rel.)	
	Druck nach Druckabfall		bar (rel.)	
	Druckdifferenz	0	bar	
	Wasservolumen		l	
	Zulässiges Wasservolumen für Druckablass		l	
	Maximal zulässiger Luftanteil		%	
	Luftanteil aus Druckablass		%	
	Druckaufbau	Druck vor Druckaufbau		bar (rel.)
		Druck nach Druckaufbau		bar (rel.)
		Druckdifferenz	0	bar
Wasservolumen			l	
Zulässiges Wasservolumen für Druckaufbau			l	
Maximal zulässiger Luftanteil			%	
Luftanteil aus Druckaufbau			%	
Eingabe der Hauptprüfung				
		Position	Wert	Einheit
		Startdruck der Hauptprüfung		bar (rel.)
	zulässiger Druckabfall		bar	
	zulässiger Druck am Ende der Hauptprüfung		bar (rel.)	
	Druck am Ende der Hauptprüfung		bar (rel.)	
	Druckprüfung bestanden?	-	-	

Begleitendes Exceltool für Prüfverfahren

Dichtheitsprüfung von Abwasserdrückleitungen nach dem HSA-Normverfahren

Angaben zum Projekt

Betreiber: _____
 Straße: _____
 PLZ / Ort: _____
 Ansprechpartner: _____
 Prüfobjekt: _____
 Datum der Prüfung: 01.01.2017

Messparameter

Max. vertikale Höhe der DL über dem Prüfpunkt	[m]	0,0			
Max. vertikale Höhe der DL zw. 26. Turbinen und Prüfpunkt	[m]	0			
Nicht über Systemerhebdruck an Prüfpunkt	[bar] [mEq]	1,5			
Aspektkennschleife		1			
Abschleif					
Manopti					
Außendurchmesser	[mm]	406,0			
Wandstärke	[mm]	20,0			
Innendurchmesser	[mm]	400			
Abschleifhöhe	[m]	1,25			
Abschleifvolumen	[m³]	10,000			
Druckentlastungsvolumen	[m³]	20,000			
Prüfdruck min.	[bar] [mEq]	3,00			
Prüfdruck max.	[bar] [mEq]	5,00			
Prüfdruck gewöhnl.	[bar] [mEq]	3,00			

Querschnitt [mm] 40

Druckaufprüfung

Druck vor Druckaufbau	[bar] [mEq]	2,67
Druck nach Druckaufbau	[bar] [mEq]	1
Druckdifferenz	[bar]	1,67
Wasservolumen	[l]	1,85
Zuführgas Wasservolumen	[l]	417,33
Luftvolumen	[l]	0,00
Druck vor Druckaufbau	[bar] [mEq]	1,00
Druck nach Druckaufbau	[bar] [mEq]	2,67
Druckdifferenz	[bar]	1,67
Wasservolumen	[l]	1,85
Zuführgas Wasservolumen	[l]	417,33
Luftvolumen	[l]	0,00

Hauptprüfung

Druck zu Beginn der Hauptprüfung	[bar] [mEq]	3,00
Druck am Ende der Hauptprüfung	[bar] [mEq]	2,50
Druckabfall DT	[bar]	0,50
Zuführgas Druckabfall	[bar]	1,87

Bewertung der Dichtheitsprüfung Dichtheitsprüfung bestanden

* Wenn Prüfdruck nur geringe Zusammenhang mit dem Gegebenen Druck haben.

Seite 1

Druckverlauf des HSA-Normverfahrens

mit Druckentlastung

A. Einstellungen:

Die HSA-Normverfahren wurde im Rahmen der Forschungsinvestition 'Prüfung und Charakterisierung Abwasserdrückleitungen unter Berücksichtigung des Risikofaktors des geringen Wasserdruckes' an der Hochschule Augsburg in Kooperation mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt entwickelt.

Die Methode ist über eine internetbasierte Druckverlauf-Prüfsoftware zu gestalten.

Eine Umkehrprüfung des zu prüfenden Druckverlaufs ist nicht zulässig zur Beurteilung einer Dichtheitsprüfung.

Unterschrift Prüfer

Seite 2

Prüfvoraussetzungen

Voraussetzungen für eine Druckprüfung



- Verschließbares Leitungsende

i.d.R. herkömmliche Absperrblasen nicht möglich

Verschleißbares Leitungsende



Voraussetzungen für eine Druckprüfung



- Verschließbares Leitungsende
 - i.d.R. herkömmliche Absperrblasen nicht möglich – **Arbeitssicherheit!**
- Nach den Pumpen: Absperrmöglichkeit im Pumpwerk
 - Rückschlagklappen sind hierfür ungeeignet

Absperrmöglichkeit nach den Pumpen

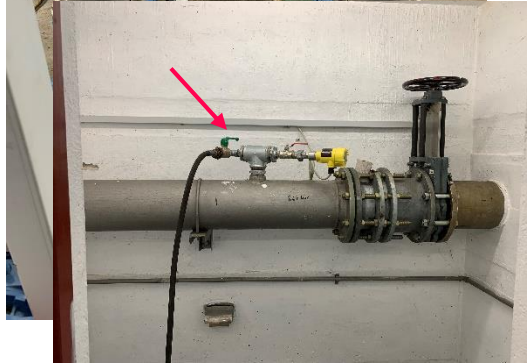


Voraussetzungen für eine Druckprüfung



- Verschließbares Leitungsende
 - i.d.R. herkömmliche Absperrblasen nicht möglich
- Nach den Pumpen: Absperrmöglichkeit im Pumpwerk
 - Rückschlagklappen sind hierfür ungeeignet
- Anschlussmöglichkeit für Prüfgeräte im Prüfabschnitt

Anschlussmöglichkeit für Prüfequipment

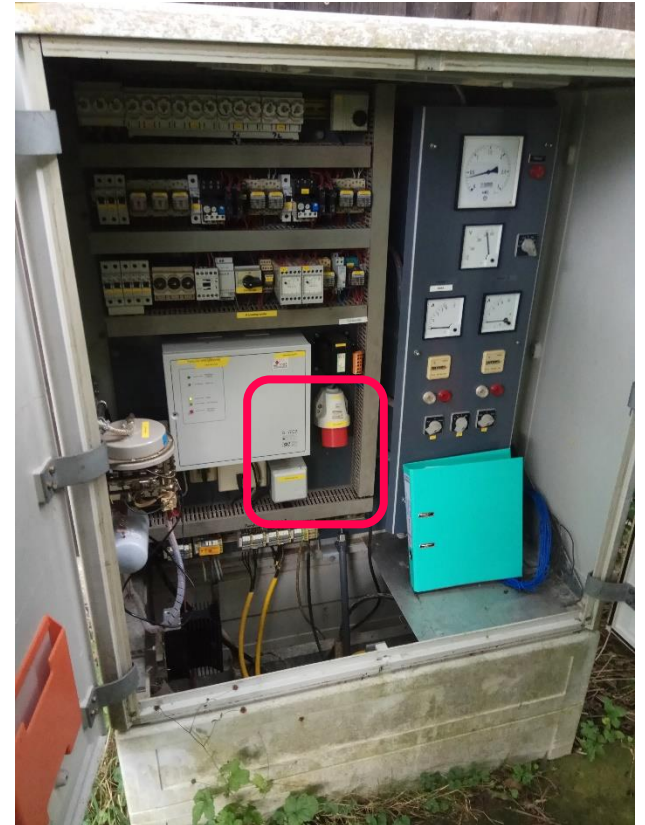


Voraussetzungen für eine Druckprüfung



- Verschließbares Leitungsende
 - i.d.R. herkömmliche Absperrblasen nicht möglich
- Nach den Pumpen: Absperrmöglichkeit im Pumpwerk
 - Rückschlagklappen sind hierfür ungeeignet
- Anschlussmöglichkeit für Prüfgeräte im Prüfabschnitt
- Außerbetriebnahme ermöglichen
 - Pumpenvorlage zuvor leeren, Rückstaumöglichkeiten prüfen, etc.
- Ggf. Stromanschluss für Messgeräte

Außerbetriebnahme und Stromanschluss



Voraussetzungen für eine Druckprüfung



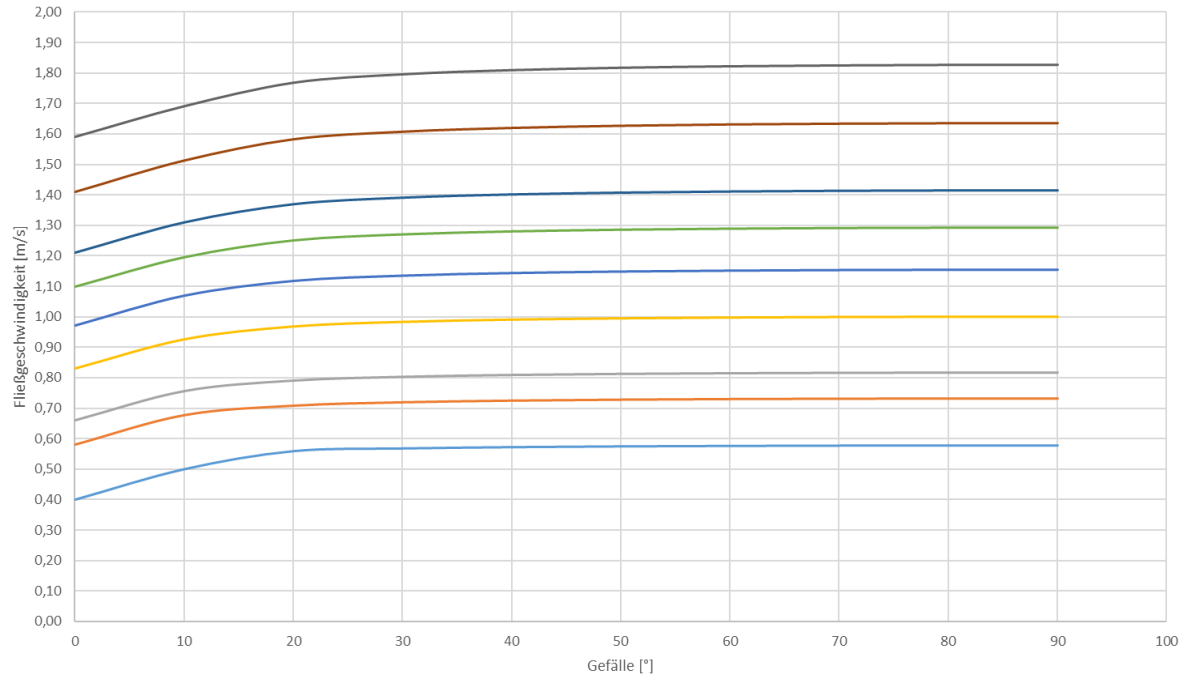
- Verschließbares Leitungsende
 - i.d.R. herkömmliche Absperrblasen nicht möglich
- Nach den Pumpen: Absperrmöglichkeit im Pumpwerk
 - Rückschlagklappen sind hierfür ungeeignet
- Anschlussmöglichkeit für Prüfgeräte im Prüfabschnitt
- Außerbetriebnahme ermöglichen
 - Pumpenvorlage zuvor leeren, Rückstaumöglichkeiten prüfen, etc.
- Ggf. Stromanschluss für Messgeräte
- Arbeitsschutz beachten (Gaswarngerät, Dreibein, ...)
- Möglichkeiten zum Luftaustrag bereitstellen
 - Ausreichendes Wasservolumen, Spülgeschwindigkeit, Molch

Austrag von Luft

Experimentelle

Selbstentlüftung

- Durchr
- Neigung



- ID500
- ID400
- ID300
- ID250
- ID200
- ID150
- ID100
- ID80
- ID50



Selbstentlüftungsgeschwindigkeit > Geschwindigkeit gegen Sedimentation

Austrag von Luft



Bleimaier, AWA Ammersee

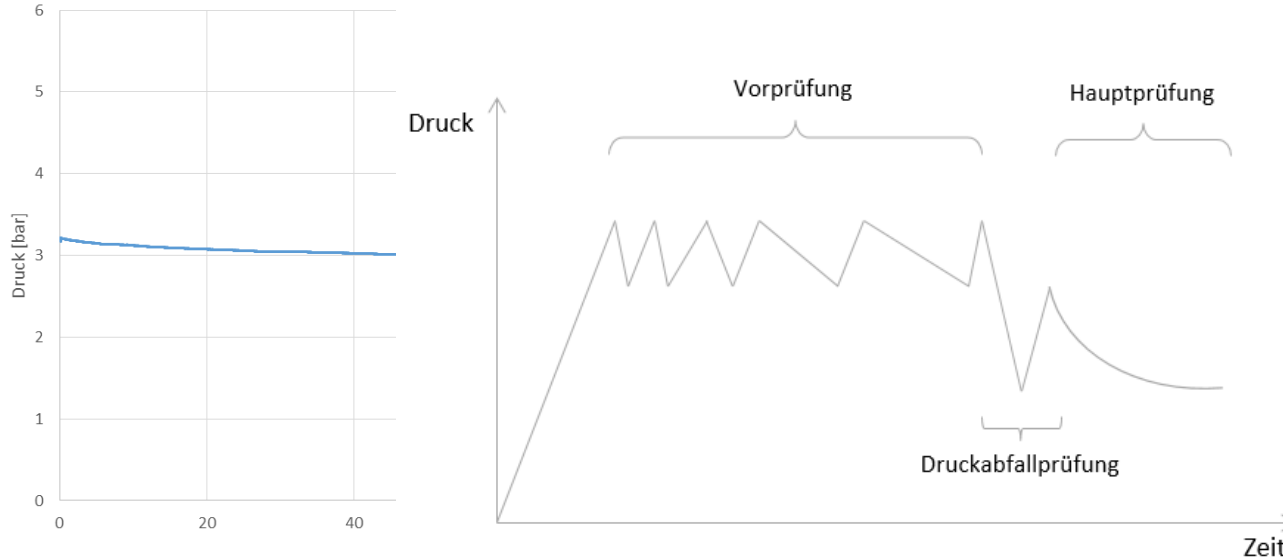
Ablauf einer realen Druckprüfung

Ablauf einer realen Druckprüfung

- Leitungsende in verschließbaren Zustand bringen
- Entlüften: Molchen / Spülen
- Leitungsende verschließen
- Prüfen
- Vorlagebehälter im Auge behalten

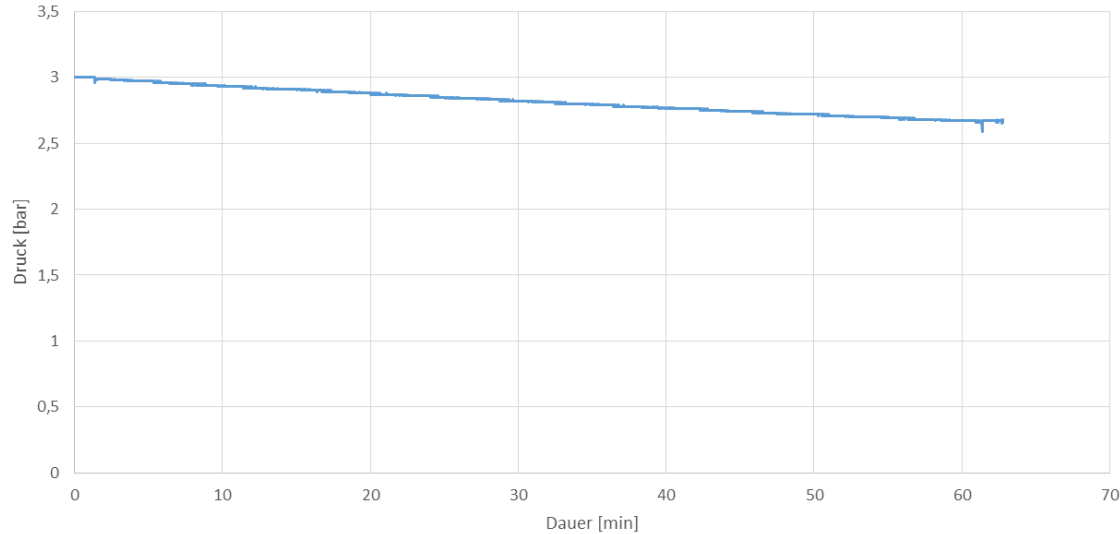


HSA-Normalverfahren **ohne** Leckage



Startdruck: 3,00 bar
Enddruck: 2,93 bar
Druckdifferenz: **0,07 bar**

HSA-Normalverfahren **mit** Leckage



Startdruck: 3,00 bar

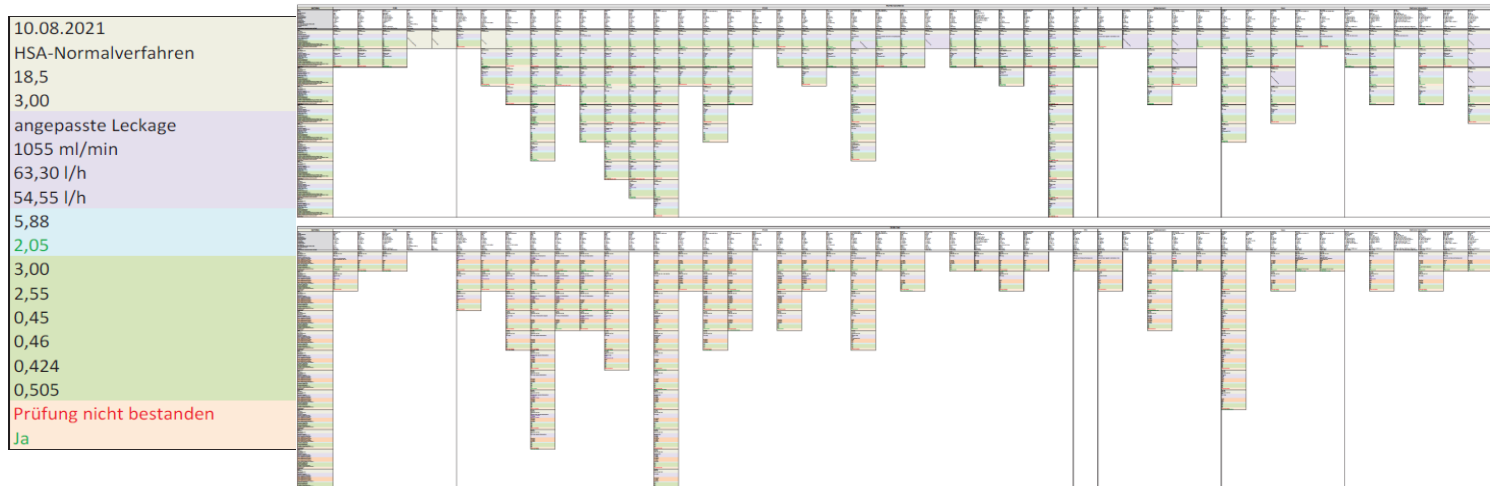
Enddruck: 2,66 bar

Druckdifferenz: **0,34 bar**

Leckagevolumen: 85l

Durchgeführte Prüfungen – reale Leitungen

- 263 Druckprüfungen, 47 Druckleitungen aller Materialien wurden überprüft und ausgewertet
- Variation von
 - 165 m bis 3039 m Leitungslänge
 - 63 mm bis 500 mm Rohrdurchmesser
 - 0,22 m³ bis 283,46 m³ Leitungsvolumen



Empfehlung und Havariekonzept

- Informationen über eigene Druckleitungen zusammenstellen (Zustand, Pläne, Schächte)
- Prüfbarkeit herstellen, ggfs. bauliche Maßnahmen erforderlich!
- Leitungen regelmäßig überprüfen!
 - Die Restlebensdauer kann nicht bestimmt werden
- Leitungsspezifischen Notfallplan erstellen
 - V.a. Alternativweg für den Abwassertransport muss bereit liegen
- Leitungsspezifische Überprüfung von Sanierungsmöglichkeiten
- Reparaturmaterial (z.B. Schellen) vorrätig lagern!



Dichtheitsprüfungen von Abwasserdruckleitungen in Betrieb

M.Eng. Johannes König
M.Eng. Benedict Montau
Prof. Dr.-Ing. Rita Hilliges

Vielen Dank für die
Förderung des Projektes:

Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz

