

Statische Berechnung von Schlauchlinern

Altrohrzustände, Anwendungsgrenzen, Materialgruppen

Dr.-Ing. Heinz Doll

TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH

Inhalt

Verfahrensbeschreibung, Materialien, Anwendungsbereiche, Produktgruppen

Normative Grundlagen der statischen Berechnung von Schlauchlinern

Bewertung des Altrohrzustandes aus statischer Sicht; Kriterien für die Einstufung in Altrohrzustände, insbesondere Unterscheidung zwischen Az. II und III

Konsequenzen aus dem Altrohrzustand für die Linerbemessung; Lastansätze, Imperfektionsansätze

Darstellung der statischen Bewertungskriterien an Beispielen (Dehnungsnachweis)

Möglichkeiten der Typisierung der statischen Berechnung

- Anforderungsprofil Schlauchlining der HSE
- Anforderungsprofil Süddeutscher Kommunen
- Merkblatt DWA-M 144-3, Entwurf

Möglichkeiten und Anwendungsgrenzen typisierter statischer Berechnungen

Schlauchverfahren

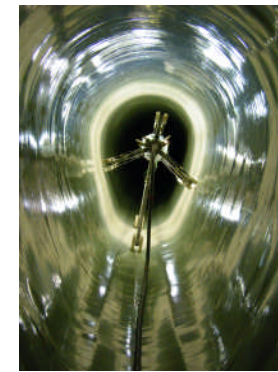
Ein vorgefertigter, kunstharzgetränkter Schlauch wird im Altrohr platziert
(Inversion durch Wasser- oder Luftdruck oder Einzug des Schlauches)
Aufweitung durch Innendruck

Nennweitenbereich: DN 100 mm bis DN 2000 mm, auch Ei- und Sonderprofile
auch bei Ei- und Sonderprofilen anwendbar

Harzträger: Synthesefaser- oder Glasfaserschläuche

Harze: UP-, EP- oder Vinylesterharz

Härtungsverfahren: Temperatur, Licht, Dampf, Kalthärtung



Materialkennwerte von Synthesefaser-Schlauchlinern gem. DIBt-Zulassung



Kurzzeit-E-Modul	$E_K = 2200 \text{ bis } 3200 \text{ N/mm}^2$	
Mittelw./Schwankungsbreite	<u>$E_{K,m} = 2700 \text{ N/mm}^2$</u>	$\Delta E_K = \pm 500 \text{ N/mm}^2$ ↗ 18,5 % von $E_{K,m}$
Kurzzeit-Biegefestigkeit	$\sigma_K = 28 \text{ bis } 36 \text{ N/mm}^2$	
Mittelw./Schwankungsbreite	<u>$\sigma_{K,m} = 32 \text{ N/mm}^2$</u>	$\Delta \sigma_K = \pm 4 \text{ N/mm}^2$ ↗ 12,5 % von $\sigma_{K,m}$
Langzeit-E-Modul	$E_L = 1100 \text{ bis } 1550 \text{ N/mm}^2$	
Mittelw./Schwankungsbreite	<u>$E_{L,m} = 1325 \text{ N/mm}^2$</u>	$\Delta E_L = \pm 225 \text{ N/mm}^2$ ↗ 17 % von $E_{L,m}$
Langzeit-Biegefestigkeit	$\sigma_L = 14 \text{ bis } 20 \text{ N/mm}^2$	
Mittelw./Schwankungsbreite	<u>$\sigma_{L,m} = 17 \text{ N/mm}^2$</u>	$\Delta \sigma_L = \pm 3 \text{ N/mm}^2$ ↗ 17,6 % von $\sigma_{L,m}$

⇒ Erfassung des gesamten Wertebereiches:

$$E_{K,L} = E_{K,L,m} \pm 0,2 \cdot E_{K,L,m}$$

$$\sigma_{K,L} = \sigma_{K,L,m} \pm 0,2 \cdot \sigma_{K,L,m}$$

Materialkennwerte von GfK-Schlauchlinern gem. DIBt-Zulassung



Kurzzeit-E-Modul	$E_K = 7000 \text{ bis } 12000 \text{ N/mm}^2$	
Mittelw./Schwankungsbreite	<u>$E_{K,m} = 9500 \text{ N/mm}^2$</u>	$\Delta E_K = \pm 2500 \text{ N/mm}^2$ ↗ 26,6 % von $E_{K,m}$
Kurzzeit-Biegefestigkeit	$\sigma_K = 150 \text{ bis } 350 \text{ N/mm}^2$	
Mittelw./Schwankungsbreite	<u>$\sigma_{K,m} = 250 \text{ N/mm}^2$</u>	$\Delta \sigma_K = \pm 100 \text{ N/mm}^2$ ↗ 40 % von $\sigma_{K,m}$
Langzeit-E-Modul	$E_L = 3800 \text{ bis } 9000 \text{ N/mm}^2$	
Mittelw./Schwankungsbreite	<u>$E_{L,m} = 6400 \text{ N/mm}^2$</u>	$\Delta E_L = \pm 2600 \text{ N/mm}^2$ ↗ 40,6 % von $E_{L,m}$
Langzeit-Biegefestigkeit	$\sigma_L = 95 \text{ bis } 255 \text{ N/mm}^2$	
Mittelw./Schwankungsbreite	<u>$\sigma_{L,m} = 175 \text{ N/mm}^2$</u>	$\Delta \sigma_K = \pm 80 \text{ N/mm}^2$ ↗ 45,7 % von $\sigma_{L,m}$

⇒ Erfassung des gesamten
Wertebereiches:

$$E_{K,L} = E_{K,L,m} \pm 0,5 \cdot E_{K,L,m}$$

$$\sigma_{K,L} = \sigma_{K,L,m} \pm 0,5 \cdot \sigma_{K,L,m}$$

Normen und Richtlinien

ATV DVWK A 127, August 2000

Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen

ATV M 127 Teil 2, Januar 2000

Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserkanälen und –leitungen mit Lining- und Montageverfahren

DIN 1045,

Beton und Stahlbeton

DIN 1053,

Mauerwerk

DIN 1054,

Baugrund, Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau

RSV-Merkblatt Nr. 1, Dez. 2006:

Renovierung von Entwässerungskanälen und –leitungen mit vor Ort härtendem Schlauchlining; Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung

Normen und Richtlinien

Anforderungen des EBA

- ⇒ Dauerschwingnachweis
- ⇒ Beschränkung der Maximaldeformation auf 2 % des mittleren Durchmessers bzw. auf 10 mm,
- ⇒ Überdeckungshöhe $\geq 1,5$ m

Ausschluss der Verfahren
bei Altrohrzustand III

DIBt-Zulassungen

Materialkennwerte,
Sicherheiten

Anforderungsprofil für Schlauchliner-Kanalrenovierungen 20.10.2008;

Arbeitsgruppe süddeutscher Kommunen; RSV

ZTV für die Materialprüfung an Probestücken vor Ort härtender Schlauchliner 29.06.2009

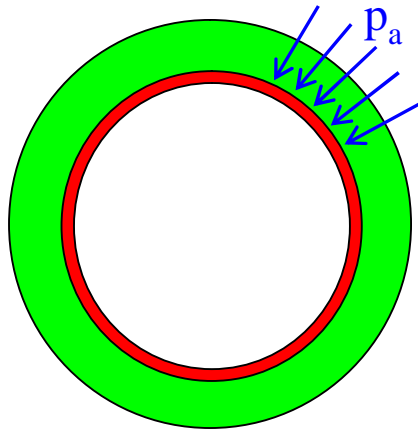
ZTV-Siele Hamburg 01.02.2009; HamburgWasser

Regelstatik

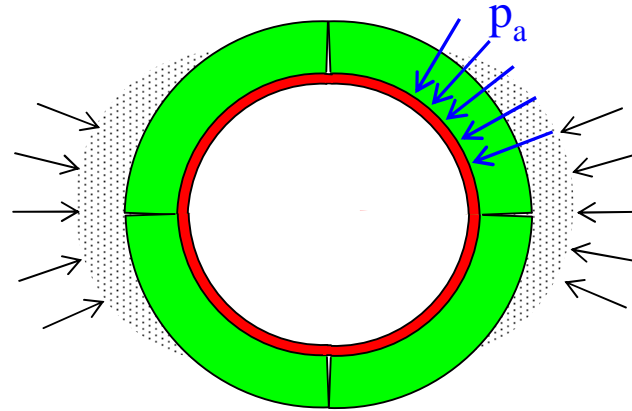
Merkblatt DWA M 144-3, Entwurf Juni 2010

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für vor Ort härtendes Schlauchlining

Altrohrklassifikation gem. ATV M127 Teil 2



Altrohrzustand I:
Das Altrohr ist voll tragfähig.



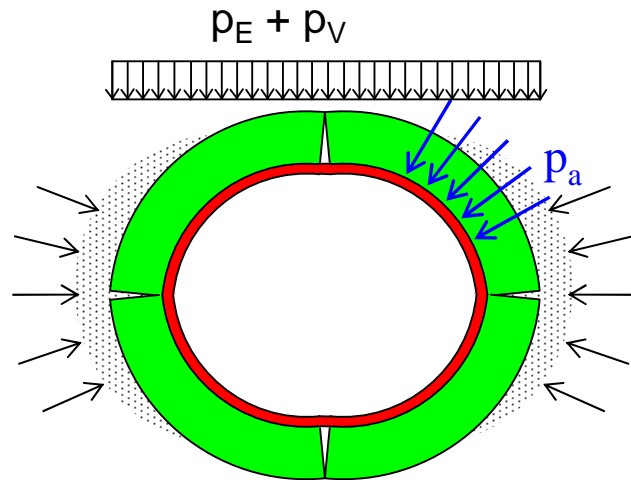
Altrohrzustand II:
Das Altrohr ist gerissen,
das Altrohr-Bodensystem
jedoch voll tragfähig.

Maßgebende Einflussgröße für die Standsicherheit ist die Ringsteifigkeit

$$S_L = \frac{E_L \cdot s_L^3}{12 \cdot r_L}$$

Positiver Einfluss von E-Modul und Wanddicke

Altrohrklassifikation gem. ATV M127 Teil 2



Altrohrzustand III:
Das Altrohr-Bodensystem weist keine ausreichende Standsicherheit auf. Es sind deutliche Deformationen eingetreten.

Dies bedeutet nicht, dass das Altrohr keine Lasten mehr abträgt

Der Unterschied zwischen den Altrohrzuständen II und III ergibt sich nicht allein durch die Deformation

Der Liner erfährt aus Erd- und Verkehrslast eine Zwangsbeanspruchung

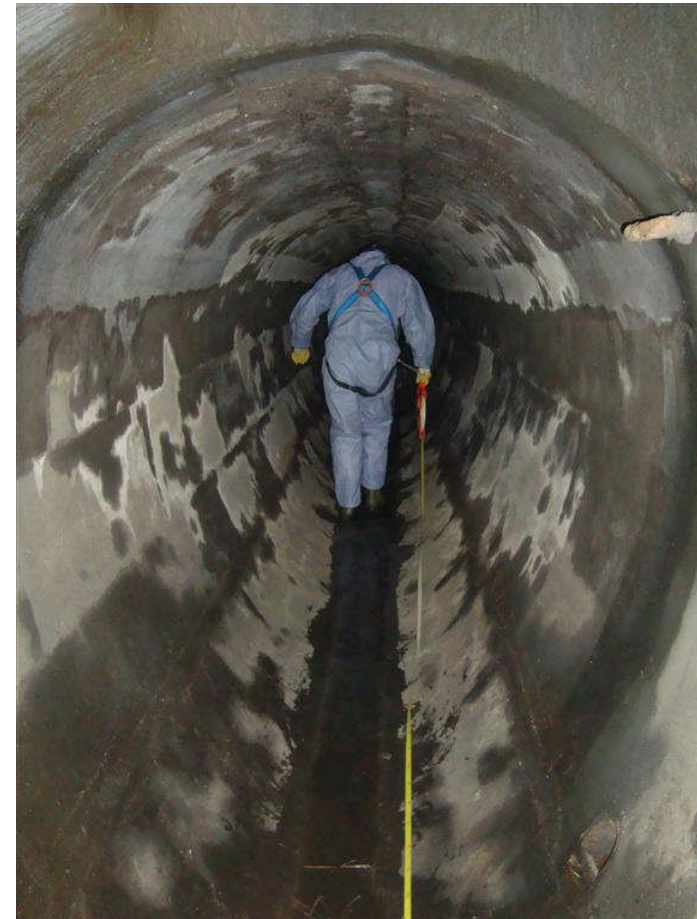
⇒ Hoher E-Modul und große Wanddicke können durchaus auch einen negativen Einfluß haben

Beispiele zur Zustandsbewertung



↗
Eiprofil (unbewehrter Beton)
mit nach innen eingedrücktem
Kämpfer

↗
Gemauertes Sondereiprofil
mit geringen Deformationen



Altrohrdruckspannung (Näherung)



$$p_v = p_E + p_V = \lambda_R \cdot \gamma_B \cdot h + p_V$$

$$\Rightarrow D_G = 0,5 \cdot p_v \cdot d_a$$

mit $s = 0,1 \text{ DN}$ (Näherung)

$$\Rightarrow D_G = 0,5 \cdot p_v \cdot 1,2 \cdot \text{DN}$$

dreieckförmige Druckspannungsverteilung

$$\Rightarrow \max.\sigma_D = \frac{2 \cdot D_G}{0,2 \cdot s}$$

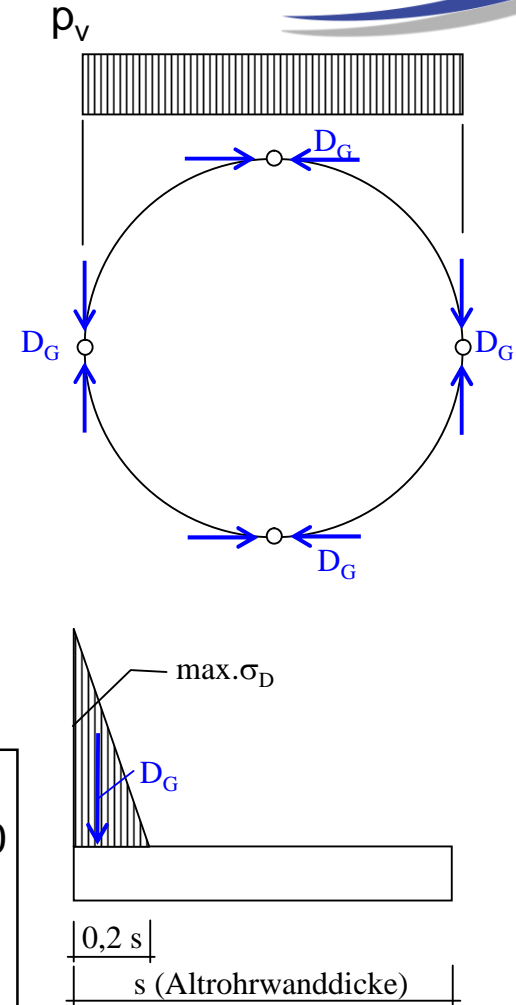
mit $s = 0,1 \text{ DN}$ (Näherung)

$$\Rightarrow \max.\sigma_D = 60 \cdot p_v$$

Beispiel: Nennweite DN 2400, Erdüberdeckung $h = 3,0 \text{ m}$,
Verkehrslast SLW 60, Kozyentrationsfaktor $\lambda_R = 1,0$

$$\Rightarrow \max.\sigma_D = 60 \cdot (\lambda_R \cdot \gamma_B \cdot h + p_v)$$

$$= 60 \cdot (1,0 \cdot 0,02 \cdot 3,0 + 1,2 \cdot 0,033) = 6,0 \text{ N/mm}^2$$



Grundwerte σ_0 der zulässigen Mauerwerksdruckspannung gem. DIN 1053-1



Steinfestigkeitsklasse	MG I MN/m ²	MG II MN/m ²	MG IIa MN/m ²	MG III MN/m ²	MG IIIa MN/m ²
2	0,3	0,5	0,5		
4	0,4	0,7	0,8	0,9	
6	0,5	0,9	1,0	1,2	
8	0,6	1,0	1,2	1,4	
12	0,8	1,2	1,6	1,8	1,9
20	1,0	1,6	1,9	2,4	3,0
28		1,8	2,3	3,0	3,5
36				3,5	4,0
48				4,0	4,5
60				4,5	5,0

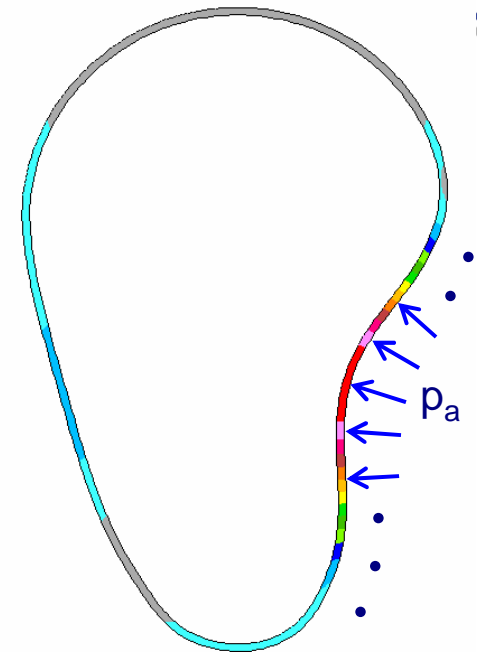
Quelle: DIN 1053-1

Schlauchlinerbemessung

Stabilitätskriterium

Der Liner muß eine ausreichende Sicherheit gegen Stabilitätsversagen aufweisen.

Beispiel: Versagen eines Schlauchliners (Regeleiprofil) unter Wasseraußendruck



krit.p = f(Geometrie, Wasserdruck, E-Modul, ggf. Festigkeit)

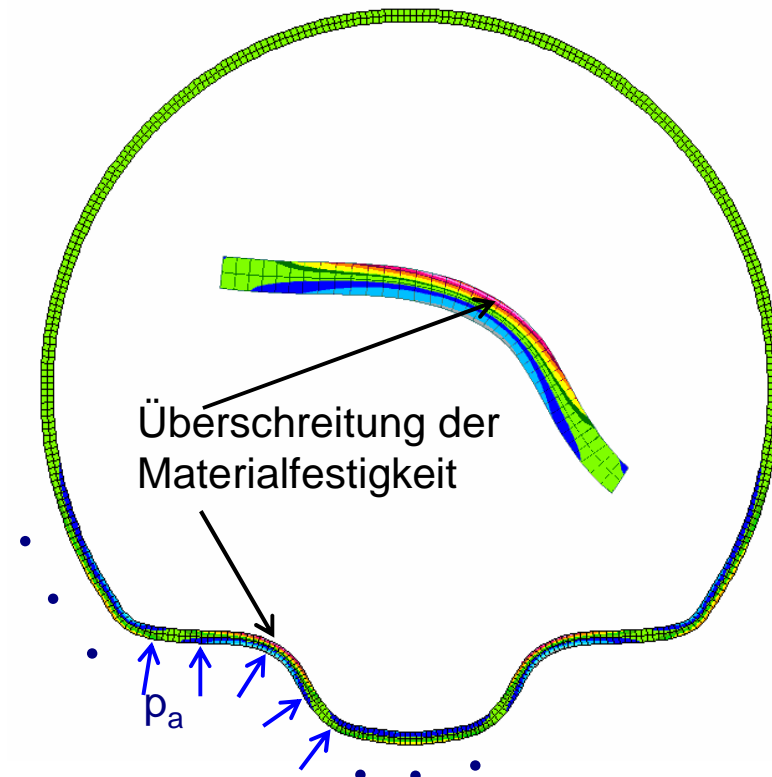
Qualitätskriterien: Wanddicke, E-Modul, σ_{Br}

Schlauchlinerbemessung

Spannungskriterium

Der Liner muß eine ausreichende Sicherheit gegen Spannungsversagen aufweisen.

Beispiel: Spannungsversagen eines Schlauchliners (Sonderprofil) unter Wasseraußendruck



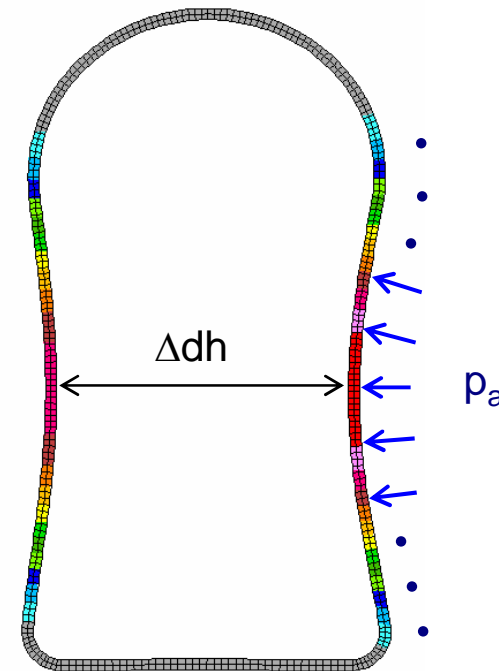
Qualitätskriterien: Wanddicke, Festigkeit

Schlauchlinerbemessung

Verformungskriterium

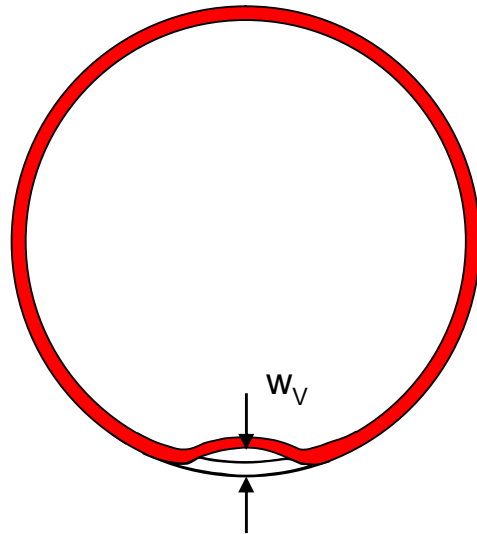
Die unter Gebrauchslast auftretenden Linerdeformationen dürfen die Gebrauchstauglichkeit nicht beeinträchtigen.

Beispiel: Verformungen eines Schlauchliners (Sonderprofil) unter Wasseraußendruck



Qualitätskriterien: Wanddicke, E-Modul

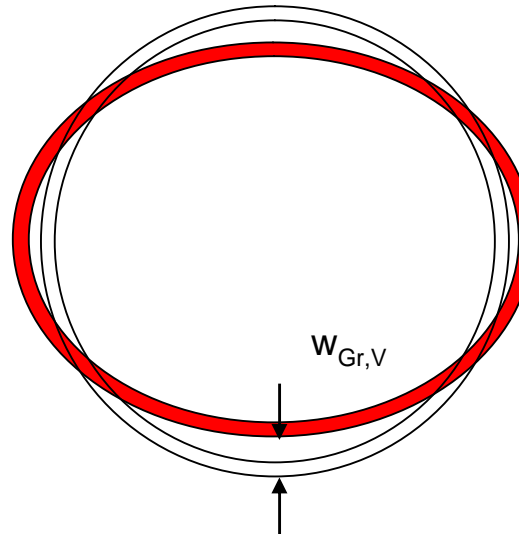
Schlauchlinerbemessung; Imperfektionsansätze bei Altrohrzustand II



Lokale Vorverformung w_V :

bei Close-Fit-Verfahren
2,0 % von r_L

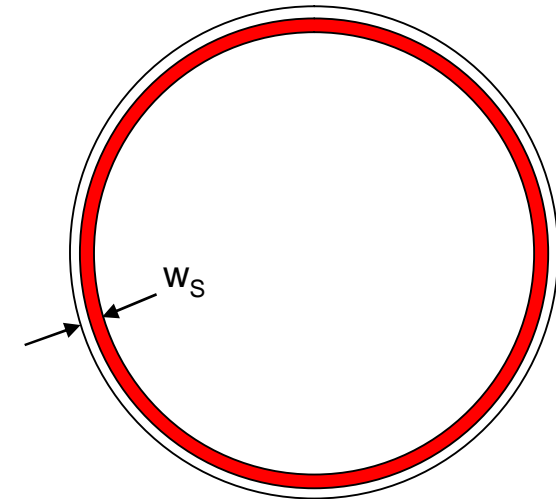
keine Angabe zu verdämmten
Verfahren



Gelenkringvorverformung $w_{Gr,V}$:

bei Close-Fit-Verfahren
3,0 % von r_L

keine Angabe zu verdämmten
Verfahren



Spaltbildung w_S :

Schlauchlinern: 0,5 % von r_L

vorverformte Liner mit späterer
Rückverformung: 2,0 % von r_L

keine Angabe zu verdämmten
Verfahren

Schlauchlinerbemessung; Beispiel

GfK- und Nadelfilzschlauchliner, Az. II



Profil: DN 400
 Grundwasserstand: $h_{w,so} = 5,0$ m über Sohle

GfK-Schlauchliner

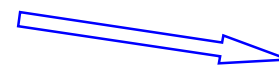
E-Modul: $E_L = 5000$ N/mm²
 Festigkeit: $\sigma_L = 120$ N/mm²
 Wanddicke: $s_L = 5,0$ mm

Nadelfilz-Schlauchliner

E-Modul: $E_L = 1400$ N/mm²
 Festigkeit: $\sigma_L = 20$ N/mm²
 Wanddicke: $s_L = 7,6$ mm

Durchschlagbeiwert: $\alpha_D = 2,62 \left(\frac{r_L}{s_L} \right)^{0,8}$

$\Rightarrow \alpha_D = 49,61$



$\alpha_D = f \left(\frac{r_L}{s_L} \right)$

$\Rightarrow \alpha_D = 35,3$

Schlauchlinerbemessung; Beispiel GfK- und Nadelfilzschlauchliner, Az. II



Ringsteifigkeit: $S_L = \frac{E_L}{12} \left(\frac{s_L}{r_L} \right)^3$ \Rightarrow $S_L = f \left(E_L, \frac{r_L}{s_L} \right)$

\Rightarrow $S_L = 6,8 \text{ kN/m}^2$

\Rightarrow $S_L = 6,8 \text{ kN/m}^2$

Abminderungsfaktoren: $\kappa_V, \kappa_{Gr,V}, \kappa_S$ aus Diagrammen

$\kappa_{V,S} = f \left(W_V, W_S, W_{Gr,V}, \frac{r_L}{s_L} \right)$

\Rightarrow $\kappa_V = 0,6$
 $\kappa_{Gr,V} = 0,76$
 $\kappa_S = 0,68$

\Rightarrow $\kappa_V = 0,69$
 $\kappa_{Gr,V} = 0,80$
 $\kappa_S = 0,76$

kritischer Beuldruck: $\text{krit.}p_a = \alpha_D \cdot S_L \cdot \kappa_V \cdot \kappa_{Gr,V} \cdot \kappa_S$

\Rightarrow $\text{krit.}p_a = 104,6 \text{ kN/m}^2$

\Rightarrow $\text{krit.}p_a = 100,7 \text{ kN/m}^2$

Beulsicherheit: $\gamma = \frac{\text{krit.}p_a}{10 \cdot h_{w,So}}$

\Rightarrow $\gamma = 2,09$

\Rightarrow $\gamma = 2,01$

Einflussparameter bei dem statischen Nachweis von Altrohrzustand II



$$\text{krit. } p_a = \kappa_{V,S} \cdot \alpha_D \cdot S_L \quad \kappa_{V,S} = f\left(w_V, w_S, w_{Gr,V}, \frac{r_L}{s_L}\right)$$

$$\alpha_D = f\left(\frac{r_L}{s_L}\right)$$

$$S_L = f\left(E_L, \frac{r_L}{s_L}\right)$$

$$\Rightarrow \text{krit. } p_a = f\left(w_V, w_S, w_{Gr,V}, E_L, \frac{r_L}{s_L}\right)$$

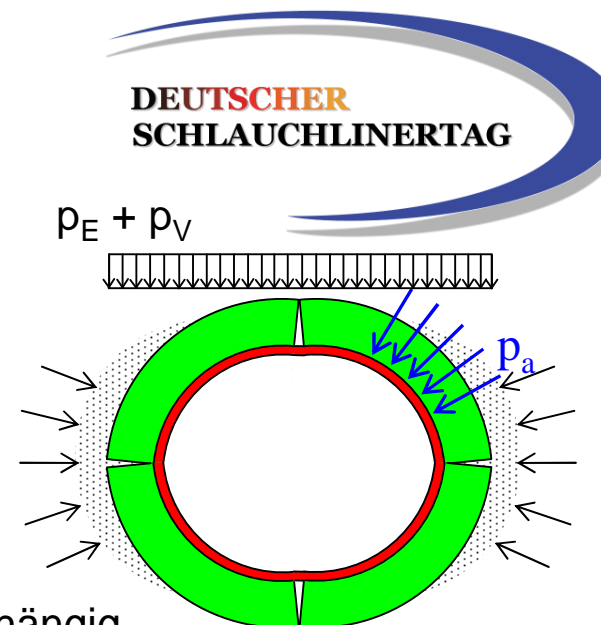
Auch bei Spannungs- und Verformungsnachweis

Mit dem Ansatz der Mindestimperfektionen

$$\Rightarrow \text{krit. } p_a = f\left(E_L, \frac{r_L}{s_L}\right)$$

Einflussparameter bei dem statischen Nachweis von Altrohrzustand III

- a) E-Modul E_L und Geometrie r_L/s_L wie bei Altrohrzustand II
- b) Grundwasserdruck p_a wie bei Altrohrzustand II
- c) Erdlasten: Überdeckungshöhen h_{max} , h_{min}
- d) Verkehrslast p_V , wiederum von der Überdeckungshöhe abhängig
- e) Horizontale Bettungssteifigkeit des Bodens neben dem Rohr E_2
- f) Interaktionsnachweis, gleichzeitige Einwirkung von Erdlasten, Verkehrslasten und Wasseraußendruck



⇒ **Typisierung der statischen Nachweisführung ist wegen der großen Parameteranzahl mit einem erheblichen Aufwand verbunden**

Statische Randbedingungen gem. Anforderungsprofil der Hamburgwasser



- Altrohrzustand: II
- Materialkennwerte: Ansatz gem. interner Liste der HSE
- Querdehnzahl: $\nu = 0$ oder Einzelnachweis
- Belastung: tatsächlicher Grundwasserdruck langfristig
falls maßgebend $\text{GW} = 3,0 \text{ m}$ über Scheitel, langfristig
bei Grundwasserdrücken von mehr als $3,0 \text{ m}$ über Scheitel oder bei tieferen Einbaulagen ist zusätzlich $\text{GW} = \text{GOK}$, kurzzeitig
- Imperfektionen bei Kreisprofilen: lokale Vorverformung = 2 % des Radius
Gelenkringvorverformung = 3 % des Radius
Spaltbildung: 0,5 % des Radius
- Eiprofilen: lokale Vorverformung = 0,5 % des Kämpferradius
lokale Vorverformung = 1,5 % des Kämpferradius (Mauerwerk)
Gelenkringvorverformung = 3 % des Scheitelradius
Spaltbildung: 0,5 % des Scheitelradius

Statische Randbedingungen gem. Anforderungsprofil der Süddt. Kommunen/RSV



Anwendungsbereich: Kreis und Regeleipprofile im Altrohrzustand II;
Mindestimperfectionen gem. ATV-M127-2

Statisch erforderliche Ringsteifigkeiten in Abhängigkeit vom Grundwasserstand über Rohrsohle $h_{W,S0}$:

$h_{W,S0} \leq 1,5 \text{ m}$:	min. $S_R = 0,0019 \text{ N/mm}^2$
$1,5 \text{ m} < h_{W,S0} \leq 2,0 \text{ m}$:	min. $S_R = 0,0025 \text{ N/mm}^2$
$2,0 \text{ m} < h_{W,S0} \leq 2,5 \text{ m}$:	min. $S_R = 0,0031 \text{ N/mm}^2$
$2,5 \text{ m} < h_{W,S0} \leq 3,0 \text{ m}$:	min. $S_R = 0,0036 \text{ N/mm}^2$
$3,0 \text{ m} < h_{W,S0} \leq 3,5 \text{ m}$:	min. $S_R = 0,0052 \text{ N/mm}^2$
$3,5 \text{ m} < h_{W,S0} \leq 4,0 \text{ m}$:	min. $S_R = 0,0064 \text{ N/mm}^2$
$4,0 \text{ m} < h_{W,S0} \leq 4,5 \text{ m}$:	min. $S_R = 0,0075 \text{ N/mm}^2$
$4,5 \text{ m} < h_{W,S0} \leq 5,0 \text{ m}$:	min. $S_R = 0,0087 \text{ N/mm}^2$

$$S_R = \frac{E_L}{12} \cdot \left(\frac{s_L}{r_L} \right)^3$$

$$\Rightarrow \text{erf. } s_L = \sqrt[3]{\frac{S_R \cdot 12 \cdot r_L^3}{E_L}}$$

Produktklassifikation in Materialgruppen gem. Merkblatt DWA-M 144-3 (Entwurf)



Material- gruppe	E-Modul	Biege- festigkeit
EP-Synthesefaserliner		
1	1000	23
2	1500	31
UP-Synthesefaserliner		
3	1400	14
4	1400	16
5	1400	18
6	1500	17
7	1500	18
8	1600	20

Material- gruppe	E-Modul	Biege- festigkeit
UP-GfK-Liner		
9	3500	75
10	4000	80
11	4500	85
12	5000	90
13	5500	95
14	6000	100
15	6500	105
16	7000	110
17	7500	115
18	8000	120
19	8500	125
20	9000	130
21	9500	135

Bei E-Modul und Biegefestigkeit handelt es sich um Langzeitkennwerte

E-Modul und Biegefestigkeit in [N/mm²]

Quelle: DWA-M 144-3 Entwurf Juni 2010

Ergebnisse einer Regelstatik, Beispiel: Materialgruppe 12



Grundwasserstand $h_{w,so}$ über Rohrsohle								
	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m	3,5 m	4,0 m	4,5 m	5,0 m
DN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 200	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 250	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
DN 300	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2
DN 350	3,0	3,0	3,0	3,2	3,3	3,5	3,6	3,8
DN 400	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,1	4,3
DN 450	3,3	3,6	3,8	4,1	4,3	4,5	4,7	4,8
...
Ei 200/300	3,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,0	4,2	4,4
Ei 250/375	3,6	3,9	4,3	4,5	4,8	5,0	5,2	5,4
...
Ei 600/900	8,0	9,1	9,9	10,6	11,2	11,8	12,3	12,8
Ei 1000/1500	12,5	14,4	15,9	17,1	18,2	19,2	20,1	20,9

**Muster, daher bisher keine Nachweis-
grundlage**

Quelle: DWA-M 144-3 Entwurf Juni 2010

Erstellung von Regelstatiken

Normung, ATV M127 Teil 2:
statische Modelle, statische
Verfahren, Sicherheiten

DIBt-Zulassungen:
Materialkenngrößen,
Sicherheiten

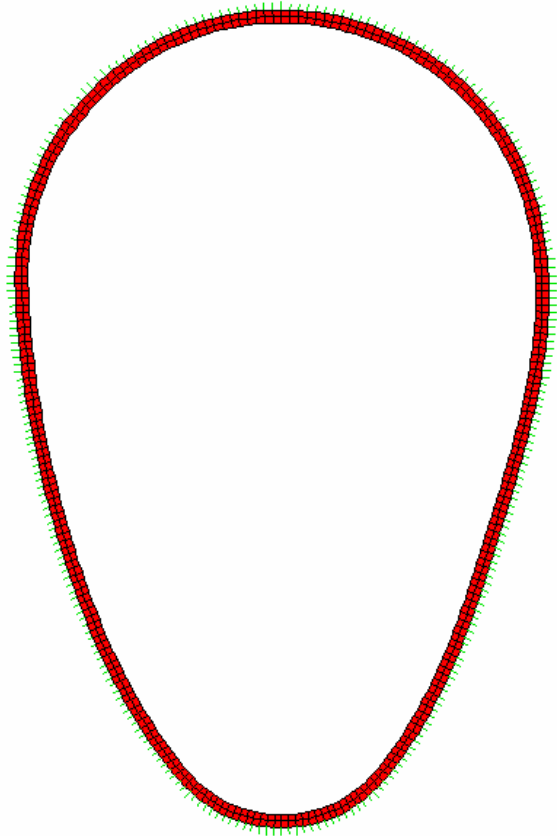
Regelstatik
erfasst typische Verhältnisse
z.B. Az. II, bestimmte Grundwas-
serstände, definierte Materialien



Die Regelstatik ist abhängig
von Änderungen in Normen und
Zulassungen

Typenstatik: 5 Jahre Gültigkeit

Beispiel Eiprofil $B_a/H_a = 1060/1630$ mm (Sonderprofil)



Eingangsparameter: Altrohrzustand II

$$E_L = 1470 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{L,Z} = 18 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{L,D} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$s_L = 25,7 \text{ mm}$$

$$h_{W,S0} = 2,5 \text{ m}$$

Berechnungsvariante a): Näherungsberechnung
als Regeleiprofil 1060/1590:

$$\Rightarrow \gamma = 2,1$$

Berechnungsvariante b): Berücksichtigung der
tatsächlichen Geometrie: 1060/1630:

$$\Rightarrow \gamma = 1,6$$

Näherungsberechnung a) liegt deutlich auf der
unsicheren Seite

Zusammenfassung

Häufig wiederkehrende Lingeometrien lassen sich durch eine Regel- oder Typenstatik erfassen (Altrohrzustand I und II bei Kreis- und Regeleiprofilen)

Vorteil: Für die erfassten Regelfälle sind keine wiederkehrenden statischen Berechnungen und statischen Prüfungen durchzuführen.

Nachteil: Die Gültigkeit einer Regelstatik ist abhängig von möglichen normativen Änderungen (z.B. Imperfektionsansätze, Ansatz der Querdehnzahl, Teilsicherheitsbeiwerte)

Das Konzept ist nicht auf Altrohrzustand III anwendbar

Sonderprofile sind durch Einzelstatik nachzuweisen.

Die Anwendungsvoraussetzungen sind einzuhalten. Geringfügige Abweichungen (z.B. überhöhtes Eiprofil) können zur deutlichen Unterschreitungen der erforderlichen Sicherheit führen.

Literatur



- [1] ATV-DVWK-M 127 Teil 2: Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserkanälen und –leitungen mit Lining- und Montageverfahren; Januar 2000
- [2] ATV-DVWK-A 127: Statische Berechnung von Abwasserkanälen und –leitungen; August 2000
- [3] DIN Fachbericht 101: Einwirkungen auf Brücken; Beuth Verlag März 2003
- [4] HamburgWasser: Anforderungsprofil Schlauchlining; Ausgabe 11.08.2010
- [5] Arbeitsgruppe süddeutscher Kommunen, RSV: Anforderungsprofil Schlauchlining-Kanalrenovierung 20.10.2008;
- [6] RSV, Arbeitsgruppe süddeutscher Kommunen: ZTV – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für die Materialprüfung an Probestücken vor Ort härtender Schlauchliner; RSV-Sonderdruck 2010
- [7] Falter, Hoch, Wagner: Hinweise und Kommentare zur Anwendung des Merkblattes ATV-DVWK-M 127-2 für die statische Berechnung von Linern; Korrespondenz Abwasser 2003, Seite 451 - 463
- [8] DWA-M 144-3: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für vor Ort härtendes Schlauchlining; Entwurf Juni 2010

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**