

Anmerkungen zur 3. Auflage des ATV-DVWK-A 127 und der statischen Berechnung von erdverlegten Druckrohren

(erschieden in der Zeitschrift **3R international**, Ausgabe 9/2001, S.575)

Die 3. Auflage des ATV-DVWK-Arbeitsblattes A 127 (statischen Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen) enthält einige offensichtliche Änderungen. In der praktischen Anwendung ergeben sich daraus zusätzliche Implikationen, die im Arbeitsblatt nicht explizit erwähnt sind: So erzwingt beispielsweise der Einsatz von Materialkennwerten, die aus im Verhältnis der Erd- zu den Verkehrslasten gewichteten Langzeit bzw. Kurzzeitwerten gewonnen werden, das Führen getrennter Spannungsnachweise für die einzelnen Lastfälle.

Für die Berechnung erdverlegter Druckrohre verweist das Arbeitsblatt A 127 auf eine Veröffentlichung von W. Netzer und O. Pattis, die in diesem Beitrag auf die 3. Auflage des Arbeitsblattes A 127 und insbesondere auf Rohre mit Nennsteifigkeit angewandt wird.

Im August 2000 wurde nach mehrjähriger Diskussion die 3. Auflage des Arbeitsblattes 127 der Abwassertechnischen Vereinigung (ATV) veröffentlicht [1], die sich seit der Fusion mit dem DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.) zum 1. Januar 2000 nunmehr ATV-DVWK nennt. Dieses Arbeitsblatt beschäftigt sich mit der "statischen Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen". Schon die zweite Auflage aus dem Jahre 1988 [2] stellte in Deutschland und anderen Ländern den Stand der Technik für die statische Berechnung dar. Im Vergleich zur zweiten Auflage haben sich in der neuen Ausgabe einige wichtige Änderungen ergeben. Schon sehr frühzeitig wurde an dieser Stelle eine Übersicht über die offensichtlichen Änderungen veröffentlicht [3]. Heute sollen einige weitere Punkte aufgegriffen werden, die erst in der praktischen Anwendung des Arbeitsblattes aufgefallen sind. Hierbei fließen die in langen Jahren der Anwendung des A 127 auf GFK-Rohre und insbesondere auf GFK-Druckrohre gewonnenen Erkenntnisse der HOBAS Rohre GmbH ebenso wie die Erfahrungen der IngSoft GmbH ein, die die dritte Auflage des A 127 in die weit verbreiteten Software-Lösung EasyPipe98 [4] umgesetzt hat.

Konsequenzen der Abminderung der Wichte des Erdreichs unter Grundwasser-Einfluss

Es ist eine bodenmechanische Grundtatsache, dass der Boden selber unter Grundwassereinfluss eine geringere Wichte aufweist, die sogenannte Wichte unter Auftrieb. Dieses Faktum hatte jedoch in der 2. Auflage des Arbeitsblattes A 127 keinen expliziten Eingang gefunden und blieb daher (auf der sicheren Seite liegend) in den meisten statischen Berechnungen unberücksichtigt. In der 3. Auflage des Arbeitsblattes A 127 wird die Wichte unter Auftrieb je nach Bodengruppe mit 10 bzw. 11 kN/m³ angegeben.

Die Konsequenzen für die statische Berechnung werden erst auf den zweiten Blick sichtbar. Da in den Verformungsnachweis das Grundwasser als normalentreue Belastung für das Rohr nicht eingeht, ist somit in aller Regel der minimale Grundwasserstand bemessungsmassgebend. Beim maximalen Grundwasserstand ergeben sich nämlich durch die Abminderung der Bodenwichte geringere Erdlasten.

Leider lässt sich aufgrund der vielfältigen Einflüsse (z.B. f_2 -Faktor gemäss Gl. 6.01 des Arbeitsblattes A 127 [1]) keine Aussage der Art treffen, dass der Verformungsnachweis stets bei minimalen Grundwasserstand ungünstiger ist. Ähnliches gilt in diesem Zusammenhang für den Spannungs- bzw. Dehnungsnachweis, so dass auch dieser Nachweis stets für den minimalen und den maximalen Grundwasserstand zu führen ist. Lediglich für den Stabilitätsnachweis lässt sich aussagen, dass dieser immer beim maximalen Grundwasserstand massgeblich ist.

Nichtlineare Effekte im Verformungsnachweis

Um im Verformungsnachweis auch den Einfluss von Normal- und Querkräften korrekt erfassen zu können, wurde eine Modifikation der c-Beiwerte eingeführt. Die Verformung berechnet sich mit Hilfe der c-Beiwerte wie folgt aus den Bodenspannungen:

$$\Delta d_v = \frac{2 \cdot r_m}{8 \cdot S_0} \cdot (c_{v,qv} \cdot q_v + c_{v,qk} \cdot q_k + c_{v,qk^*} \cdot q_k^*)$$

Nun gibt das Arbeitsblatt A 127 zwei Bedingungen an, die beide zutreffen müssen, damit die c-Beiwerte nicht modifiziert werden müssen:

$$\frac{I}{A \cdot r_m^2} < 0,001 \quad \text{bzw.} \quad \frac{I}{A \cdot r_m^2} \cdot \kappa_{\varrho} < 0,001 \quad (\text{Gl. 6.19a/b des A 127 [1]})$$

Dabei ist das Flächenverhältnis κ_{ϱ} bei allen den Autoren bekannten Rohrprofilen stets grösser 1 (für das Vollwandrohr gilt $\kappa_{\varrho} = 1,2$), somit ist die zweite Bedingung stets die strengere (mehr zum Flächenverhältnis $\kappa_{\varrho} = 1,2$ siehe in [3]).

Diese Bedingungen werden beispielsweise nicht von extremen Profilen erfüllt, bei denen das Verhältnis Trägheitsmoment zu tatsächlich vorhandenem Wandmaterial (I/A) sehr hoch ist oder von sehr dickwandigen Vollwandrohren, da für Vollwandrohre gilt:

$$\frac{I}{A \cdot r_m^2} \cdot \kappa_{\varrho} = \frac{\frac{s^3}{12}}{s \cdot r_m^2} \cdot 1,2 = \frac{s^2}{10 \cdot r_m^2} \quad \text{und somit ist die Bedingung 6.19b nicht mehr erfüllt, wenn}$$

$$s > \frac{1}{10} r_m$$

Ist eine der Bedingungen verletzt, werden die c-Beiwerte gemäß der Gleichung 6.20 modifiziert:

$$c' = c + \frac{I}{A \cdot r_m^2} \cdot [c^N + 2 \cdot (1 + \nu) \cdot \kappa_{\varrho} \cdot c^{\varrho}]$$

Die zusätzlichen Verformungsbeiwerte c^N c^{ϱ} werden in den Tabellen 10b und 10c des Arbeitsblattes A 127 angegeben. Als Ergebnis ergeben sich grössere Verformungen als ohne Modifikation.

Da dieser Modifikation "plötzlich" greift (nämlich sobald eine der Bedingungen 6.19a/b verletzt ist), kann es passieren, dass ein profiliertes Rohr mit grösserem Durchmesser bei gleichem Wand-Profil geringere Verformungen aufweist als ein Rohr mit kleinerem Durchmesser, da beim kleinerem Durchmesser der Nenner in Gl. 6.19b kleiner und das Ergebnis damit grösser als 0,001 wird.

Diese Unstetigkeit ist verwirrend, da sie jeder Vorstellung über die Zusammenhänge am Rohr widerspricht, ist aber eine logische Konsequenz der angegebenen Formeln. Für eine weitere Auflage des Arbeitsblattes A 127 wird daher vorgeschlagen, die c-Beiwert-Modifikation stets

$$\frac{I}{A \cdot r_m^2} \leq 0,001$$

greifen zu lassen, also auch für

Konsequenzen des Ansatzes des Grundwasserstandes ab Rohrsohle im Beulnachweis

Für den Beulnachweis haben sich von der zweiten zur dritten Auflage des Arbeitsblattes A 127 weitreichende Änderungen ergeben, die u.a. schon in [1] behandelt wurden, so z.B. die Berücksichtigung von Vorverformungen und die damit verbundene Reduktion der erforderlichen Sicherheit von 2,5 auf 2,0.

Eine weitere auf den ersten Blick unscheinbare Änderung hat jedoch teilweise deutliche Konsequenzen: Bei der Berechnung der Teilbeulsicherheit gegen äusseren Wasserdruck ist „der zugrunde zu legende äussere Wasserdruck [...] der auf die Rohrsohle bezogene hydrostatische Druck“ – im Gegensatz zum "auf die Rohrachse bezogenen hydrostatischen Druck", wie er in der vorherigen Ausgabe anzusetzen war. Während ein um wenige Dezimeter erhöhter Grundwasseransatz bei Rohren kleineren Durchmessers nur geringe Auswirkungen haben, so misst bei einem Grossrohr mit 3200 mm Aussendurchmesser der Unterschied von Sohle zu Kämpfer 1,6 m.

Untersuchungen und Experimente haben gezeigt, dass bei einer Belastung mit äusserem Wasserdruck tatsächlich das Durchschlagen in der Sohle geschieht; insofern ist der Ansatz von Grundwasser ab Sohle bei der Teilbeulsicherheit gegen äusseren Wasserdruck gerechtfertigt.

Das Problem, dass Rohre die nach zweiter Auflage des Arbeitsblattes A 127 ausreichende Beulsicherheiten aufweisen, den Beulnachweis nach der neuen Auflage nicht mehr erfüllen, ergibt sich jedoch primär durch eine zu geringe Gesamtbeulsicherheit nach Gl. 9.12:

$$\gamma = \frac{1}{\frac{q_{v,A}}{\text{krit } q_v} + \frac{p_a}{\text{krit } p_a}}$$

Dabei werden die Teilbeulsicherheiten unter der Annahme eines gleichen Durchschlagpunktes voll superponiert. Die Gültigkeit dieser Annahme darf in Zweifel gezogen werden und sollte bei der nächsten Überarbeitung des Arbeitsblattes Bestandteil der Diskussion sein. Dabei könnte ein Vorschlag sein, bei der Berechnung der Gesamtbeulsicherheit auf eine Teilbeulsicherheit gegen äusseren Wasserdruck ab Kämpfer zurückzugreifen; jedoch parallel dazu einen Teilbeulnachweis gegen äusseren Wasserdruck ab Sohle zu führen.

Konsequenzen der Einführung gewichteter Materialkennwerte für den Spannungs- bzw. Dehnungsnachweis von Kunststoffrohren

Bei der ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 127 werden in der 3. Auflage – wie schon in den vorangegangenen Ausgaben – die Lasten aus Überdeckung (p_E) und Strassenverkehr (p_V) als ständige, über die gesamte Lebensdauer permanent vorhandene Lasten behandelt.

Ein signifikanter Unterschied zu der 1. und 2. Auflage des Arbeitsblattes besteht zum einen in der Auswirkung der Lasten auf die Langzeitveränderung der Zeitstandsfestigkeit von Kunststoffrohren und zum anderen in den empfohlenen Langzeitwerten. Im letzteren Fall empfiehlt die Richtlinie, für den Langzeitnachweis von Kunststoffrohren über 50 Jahre das Kriechverhältnis mit Kennwerten für 2 Jahre heranzuziehen. So gilt für das Verhältnis von Kurzzeitringsteifigkeit S_{OK} zu Langzeitringsteifigkeit S_{OL} von Rohren aus ungesättigtem glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF):

$$S_{OL} = 0,5 \cdot S_{OK}$$

Die Auswirkung von Lasten auf das Kriechverhalten wird durch eine Wichtung der Materialkennwerte berücksichtigt in Abhängigkeit von der ständig wirkenden Erdlast P_E und der nicht ständig wirkenden Verkehrslast P_V . So gilt für den Elastizitätsmodul \bar{E}_R , die Langzeitringsteifigkeit \bar{S}_0 , den Rechenwert der Langzeitspannung $\bar{\sigma}_R$ und den Rechenwert der

Langzeitdehnung $\bar{\varepsilon}_R$:

$$\bar{E}_R = \frac{p_E \cdot E_L + p_V \cdot E_K}{p_E + p_V} \quad (\text{nach Gl. 6.10c des A 127 [1]})$$

$$\bar{S}_0 = \frac{p_E \cdot S_{0L} + p_V \cdot S_{0K}}{p_E + p_V} \quad (\text{Gl. 6.10d des A 127 [1]})$$

$$\bar{\sigma}_R = \frac{p_E \cdot \sigma_{RL} + p_V \cdot \sigma_{RK}}{p_E + p_V} \quad (\text{Gl. 9.01c des A 127 [1]})$$

$$\bar{\varepsilon}_R = \frac{p_E \cdot \varepsilon_{RL} + p_V \cdot \varepsilon_{RK}}{p_E + p_V} \quad (\text{Gl. 9.01d des A 127 [1]})$$

Diese gewichteten Werte kommen bei einer Berechnung nach A 127 im Langzeitnachweis zunächst bei der Berechnung der Lastverteilung am Rohrumfang zum Einsatz, d.h. z.B. die Lastkonzentrationsfaktoren zur Berechnung von q_v , q_h und q_h^* werden mit der gewichteten Rohrsteifigkeit berechnet.

Ebenso findet \bar{S}_0 Eingang im Verformungsnachweis sowie bei der Berechnung der Teilbeulsicherheit gegen Erdlasten. Hingegen weist das Arbeitsblatt A127 ausdrücklich darauf hin, dass beim Teilbeulnachweis gegen äusseren Wasserdruck die ungewichtete Rohrsteifigkeit S_0 zu verwenden ist.

Durch diese Wichtung der Rechenwerte der Biegezugfestigkeit bzw. der Randfasergrenzdehnungen werden im Langzeitspannungs- bzw. Dehnungsnachweis langzeitwirkende Lasten, wie z. B. Eigengewicht, Innen- und Aussenwasserdruck, Wasserfüllung usw., unzutreffend berücksichtigt, da auch sie mit den gewichteten Materialkennwerten verglichen werden. Es ist daher geboten, für den Spannungs- bzw. Dehnungsnachweis die Belastungen aus Erd- und Verkehrslasten von den ständig wirkenden Lasten zu trennen und den Nachweis für diese Lasten partiell mit ungewichteten Kennwerten zu führen:

$$\sigma_{qv,qh,qh^*} = \frac{\sum N_{qv,qh,qh^*}}{A} \pm \frac{\sum M_{qv,qh,qh^*}}{W} \alpha_k \quad (\text{Gl. 4.1})$$

$$\varepsilon_{qv,qh,qh^*} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^*}}{\bar{E}_R} \quad (\text{Gl. 4.2})$$

$$\sigma_{sonst} = \frac{\sum N_{sonst}}{A} \pm \frac{\sum M_{sonst}}{W} \alpha_k \quad (\text{Gl. 4.3})$$

$$\varepsilon_{sonst} = \frac{\sigma_{sonst}}{E_R} \quad (\text{Gl. 4.4})$$

$$\gamma = \frac{1}{\frac{E_{qv, qk, qk^*}}{\bar{E}_R} + \frac{E_{sonst}}{E_R}} \quad (\text{Gl. 4.5})$$

bzw. für Rohre für die ein Spannungsnachweis zu führen ist:

$$\gamma = \frac{1}{\frac{\sigma_{qv, qk, qk^*}}{\bar{\sigma}_R} + \frac{\sigma_{sonst}}{\sigma_R}} \quad (\text{Gl. 4.6})$$

Anderenfalls können Rohre, bei denen z.B. der Innendruck eine wesentliche Belastung darstellt und die keine ausreichenden Sicherheiten aufweisen ggf. durch den Ansatz einer höheren Verkehrslast ‚schöngerechnet‘ werden.

Bei Rohren mit geringer Überdeckung und gleichzeitig hoher Verkehrslast führt die Wichtung dazu, dass quasi mit Kurzzeitwerten der Langzeitnachweis geführt werden kann. In einem solchen Fall ist der Hinweis in den Vorbemerkungen: "...bei sehr kleinen Überdeckungen sind ...besondere Überlegungen erforderlich" besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Behandlung von Innendruck gemäss Fussnote 39 (Ansatz von Netzer/Pattis)

Zur Behandlung von Innendruck empfiehlt die Richtlinie [1] in Abschnitt 5.3: "Beanspruchungen aus Innendruck werden aus äusseren Lasten linear superponiert. Bei höheren Betriebsdrücken (über der Rückstauenebene) kann mit nicht linearer Superposition bemessen werden."

Lineare Superposition bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die sich gemäss Gleichungen 8.11 und 8.12 des A 127 [1] ergebenden Momente und Normalkräfte aus Innendruck zu denen aus den anderen Belastungen addiert werden. Durch die oben vorgeschlagene Trennung der Lasten im Spannungsnachweis wird dabei verhindert, dass die Spannungen aus Innendruck mit den gewichteten Materialkennwerten verglichen werden, die nur für Erd- und Verkehrslasten gelten.

Für den Fall höherer Betriebsdrücke empfiehlt ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 127 [1] den Nachweis gemäss eines 1989 in 3R international veröffentlichten Beitrages von W. Netzer und O. Pattis [5] zu führen.

Die Behandlung der Überlagerung von Innen- und Aussendruckbelastung erdverlegter Rohrleitungen nach W. Netzer und O. Pattis geht von folgenden Überlegungen aus:

Wirkt auf ein durch äussere Belastung (Erd-, Verkehrs- und sonstige Lasten) verformtes flexibles Rohr Belastung aus Innendruck ein, so entsteht durch den sogenannten Rerounding-Effekt eine Abminderung der Verformung bzw. Reduzierung der resultierenden Spannungen aus äusseren Lasten und Innendruck. Der Grad der Abminderung hängt neben der Flexibilität des Rohres von der Grösse der Innendruckbelastung und von den Bettungseigenschaften ab.

Bei biegesteifen Rohren findet keine Reduktion der Spannungen statt, d. h., eine volle Überlagerung von Innen- und Aussendruckbelastung ist zwingend notwendig.

Zur einfacheren Behandlung der Spannungsüberlagerung empfehlen W. Netzer und O. Pattis die Einteilung der Druckrohre in 3 Klassen.

Tabelle 1

Druckrohre Klasse	der Merkmal Für den Spannungsnachweis massgebende Spannung
--------------------------	---

- 1 $V > \frac{RB\sigma_a + \sigma_i}{1,0}$
- 2 $\eta < 0,1$
 $Z < 4$ σ_{res}
- 3 $Z > 4$ σ_a oder σ_i

σ_a Biegezugspannung aus Aussenbelastung (etwa nach ATV-Arbeitsblatt A 127 oder ONORM B 5012)

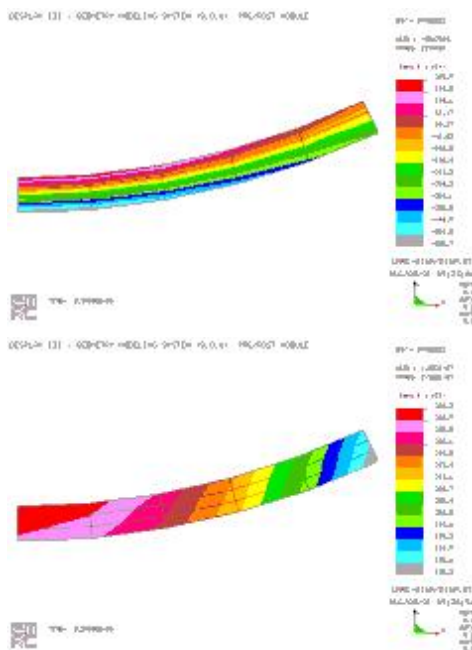
σ_i Ringzugspannung aus Innendruckrohrbelastung (Ringformel für dünn- oder dickwandiges Rohr)

σ_{res} Überlagerungsspannung aus Innen- und Aussenbelastung mit Rerounding-Effekt

$\sigma_{res} = n \cdot (\sigma_a + \sigma_i)$ (Gl. 26 in der Veröffentlichung von Netzer/Pattis [5])



Bild 1: Speziell auf die Berechnungen von drucklosen und druckführenden Hobas-GFK-Rohren ausgelegt: Hobas EasyPipe



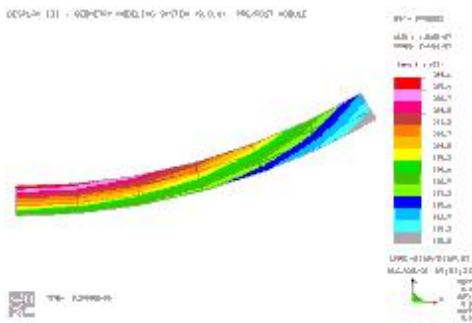


Bild 2: Um die Gültigkeit der Aussagen von W. Netzer und O. Pattis für Hobas-Rohre zu überprüfen, wurden FEM-Vergleichsberechnungen durchgeführt. (Von oben: Spannungen aus Aussenbelastung, Spannungen aus Innendruck, überlagerung; dargestellt ist jeweils ein Ausschnitt aus der Sohle.

Klasse 1

In diese Klasse sollen jene Druckrohre fallen, bei denen aufgrund ihrer geringen Verformbarkeit kein Rerounding-Effekt eintritt. Für die Bemessung dieser Rohre ist die Summe der Biegezugspannung aus der Aussenbelastung (σ_a) und der Ringzugspannung aus dem Innendruck (σ_i) massgebend.

Klasse 2

In diese Klasse sollen jene Rohre zusammengefasst sein, bei denen zwar ein Rerounding-Effekt eintritt, die resultierende Spannung (σ_{res}) jedoch noch grösser ist als jede der beiden Einzelspannungen σ_i bzw. σ_a .

Klasse 3

In diese Klasse fallen die restlichen Druckrohre. Bei diesen bewirkt der Rerounding-Effekt eine so starke Spannungsreduktion, dass die resultierende Spannung im Bemessungsquerschnitt immer kleiner bleibt als die grössere der beiden Einzelspannungen. Für die Bemessung ist daher die grössere der Spannungen σ_a oder σ_i massgebend.

Die Abgrenzung der Druckklassen erfolgt gemäss der Tabelle 1.

Der Vorwert Z berechnet sich nach Netzer/Pattis mit

$$Z = \frac{zul\sigma}{E_R} \cdot \left(\frac{r_m}{s} \right)^2 \quad (Gl. 5.1)$$

Für Rohre mit Nennsteifigkeit ist $zul\sigma$ in ATV-Arbeitsblatt A 127 nicht erwähnt. Es empfiehlt sich $\frac{zul\sigma}{E_R}$ deshalb, unter Voraussetzung des Hookschen Gesetzes $\frac{zul\sigma}{E_R}$ für den Kurzzeitnachweis durch $\bar{\epsilon}_R$ und für den Langzeitnachweis durch $\bar{\epsilon}_R$ zu ersetzen, so dass der Vorwert Z wie folgt berechnet wird:

$$Z = \varepsilon_R \cdot \left(\frac{r_m}{s} \right)^2 \quad (\text{Gl. 5.2})$$

$$\text{bzw.} \quad Z = \bar{\varepsilon}_R \cdot \left(\frac{r_m}{s} \right)^2 \quad (\text{Gl. 5.3})$$

Bezüglich der Berechnung des Vorwertes η enthält die Veröffentlichung einen Druckfehler, den Prof. Netzer wie folgt richtigstellt:

$$\eta = \frac{1 - K_2}{V_s} \quad (\text{Gl. 5.4})$$

Der Überlagerungswert n wird aus den in der Veröffentlichung aufgeführten Diagrammen bestimmt.

Für Druckrohre der Klasse 1 gilt stets $\eta = 0,1$ und $n = 1,0$, das heisst vollständige Überlagerung der Lastfälle Aussen- und Innendruck. Rohre mit $\eta = 8,0$ fallen automatisch in die Klasse 3, d.h. $n = 0$, was gleichbedeutend damit ist, dass überhaupt keine Überlagerung stattfindet.

Beim Nachweis von Rohren mit Nennsteifigkeit gegenüber Innen- und Aussendruck ist zu beachten, dass der im ATV-Arbeitsblatt A 127 aufgeführte Rechenwert der Randfasergrenzdehnung ε_R nur für Biegezug bzw. Biegedruck und nicht für reinen radialen Zug, z. B. aus Innendruck, gilt. Für den Nachweis gegenüber Ringzug aus Innendruck empfiehlt es sich, um die zumeist günstigeren Werte zu nutzen, für Rohre mit Nennsteifigkeit die Kurzzeitrechenspannung gemäss DIN 16869 wie folgt zu bestimmen:

$$F_{RZK} = 0,05 \cdot PN \cdot 4 \cdot (d_a - s) \quad (\text{Gl. 1 der DIN 16869-2 [6]})$$

$$\sigma_{RZK} = \frac{F_{RZK}}{s} \quad (\text{Gl. 5.5})$$

wobei F_{RZK} die zulässige Ringzugkraft, s die Wanddicke, PN der Nenndruck und d_a der Aussendurchmesser der Rohre ist.

Die Langzeitrechenspannung ist dann ähnlich wie die Langzeitsteifigkeiten mit dem Regressionsfaktor 0,5 zu bestimmen, so dass gilt:

$$\sigma_{RZL} = 0,5 \cdot$$

$$\sigma_{RZK} \quad (\text{Gl. 5.6})$$

Die Spannung aufgrund von Innendruck wird berechnet als:

$$\sigma_i = p_{i, \text{res}} \cdot \frac{r_i}{s} \quad (\text{Gl. 5.7})$$

$p_{i, \text{res}}$ ist die Differenz aus Innendruck abzüglich Grundwasserdruck.

Beim Spannungs- bzw. Dehnungsnachweis ist in jedem Fall zu berücksichtigen, dass der Lastfall

Innendruck ständig wirkt und daher die bedenkenlose Anwendung der gewichteten Materialkennwerte im Langzeitnachweis nicht zulässig ist. Um jedoch die Zahl der zu führenden

Spannungs- bzw. Dehnungsnachweise nicht unnötig weiter zu erhöhen, wird vorgeschlagen σ_a mit den gewichteten Materialkennwerten zu vergleichen, obwohl hier neben den Spannungsanteilen aus Erd- und Verkehrslast auch geringe Spannungsanteile aus Eigengewicht und Wasserfüllung enthalten sind, die echt langfristig wirken aber gegenüber den anderen Spannungsanteilen vernachlässigbar gering sind. Somit ergibt sich:

$$\gamma = \frac{\varepsilon_a}{\bar{\varepsilon}_R} \quad (\text{Gl. 5.8}) \quad \text{bzw.} \quad \gamma = \frac{\sigma_a}{\bar{\sigma}_R} \quad (\text{Gl. 5.9})$$

Auf jeden Fall ist jedoch σ_i mit den echt langzeitigen Grenzspannungen bzw. -dehnungen (ggf. aus der Ringzugkraft) zu vergleichen:

$$\gamma = \frac{\varepsilon_i}{\varepsilon_R} \quad (\text{Gl. 5.10}) \quad \text{bzw.} \quad \gamma = \frac{\sigma_i}{\sigma_R} \quad (\text{Gl. 5.11}) \quad \text{bzw.} \quad \gamma = \frac{\sigma_i}{\sigma_{RZ}} \quad (\text{Gl. 5.12})$$

Für den Nachweis der resultierenden Spannung σ_{res} ergibt aufgrund der unterschiedlichen Grenzspannungen folgende Formel:

$$\gamma = \frac{1}{n \frac{\varepsilon_a}{\bar{\varepsilon}_R} + n \frac{\sigma_i}{\sigma_{RZ}}} \quad (\text{Gl. 5.13}) \quad \text{bzw.} \quad \gamma = \frac{1}{n \frac{\sigma_a}{\bar{\sigma}_R} + n \frac{\sigma_i}{\sigma_{RZ}}} \quad (\text{Gl. 5.14})$$

Die Gültigkeit des Ansatzes von Netzer/Pattis wurde für die Programmierung von HOBAS EasyPipe speziell für HOBAS-Rohre durch umfangreiche FEM-Berechnungen verifiziert (Methode der finiten Elemente, siehe Bild 2).

Druckfehler in der dritten Auflage des Arbeitsblattes A 127

Leider haben sich in die gedruckte und seit August 2000 vertriebene Version des Arbeitsblatts einige Druckfehler eingeschlichen; die wichtigsten der inzwischen bekannt gewordenen Fehler sollen im folgenden richtiggestellt werden:

(S. 28) Die Formel für Δf (das im Endeffekt in die horizontale Bettungssteifigkeit S_{Bh} einfließt) hat sich im Laufe der Diskussion der neuen Auflage mehrfach geändert und wurde nicht im letztgültigen Stand abgedruckt. Die korrekte Form lautet:

$$\Delta f = \frac{\frac{b}{d_a} - 1}{0,982 + 0,283 \cdot \left(\frac{b}{d_a} - 1 \right)} \leq 1,667 \quad (\text{Gl. 6.18 (gültige Fassung) des A 127})$$

(S. 47) Die Tabelle T3 I enthält für den Scheitel einen falschen γ_{qk}^* -Wert: statt abgedruckt $-1,181$ muss es dort $-0,181$ heißen.

(S. 51ff) Die Näherungsformeln für κ_{a1} bzw. κ_{a2} , die bei den Diagrammen D12 abgedruckt sind, sind alle gleich und enthalten den gleichen Fehler (mit Ausnahme auf S. 50, wo die korrekte

Form abgedruckt ist): statt K_{21} bzw. $K_{22} = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$ soll es heißen K_{21} bzw. $K_{22} = a \cdot x^2 + b \cdot x + k_0$.

Ausblick

Die dritte Auflage des Arbeitsblattes A 127 ist im Vergleich zu ihrer Vorgängerin differenzierter und komplizierter geworden. Während einige der Änderungen offensichtlich sind, ergeben sich viele Probleme erst bei der praktischen Anwendung. Die Berechnung von Rohrleitungen nach Arbeitsblatt A 127 ‚von Hand‘ ist unpraktikabel geworden und selbst die Programmierung von Lösungen auf Tabellenkalkulationsbasis stellt ein Risiko dar, da dabei schnell wesentliche Details vergessen werden können. Es steht zu befürchten, dass das geplante ergänzende Merkblatt M 127, Teil 3 für profilierte Rohre weitere wesentliche Komplizierungen mit sich bringen wird.

[1] ATV-DVWK- Arbeitsblatt A 127 "Statische Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen", 3. Auflage (2000-08)

[2] ATV- Arbeitsblatt A 127 "Richtlinie für die statische Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen", 2. Auflage (1988-12)

[3] Hoch, A., Reese, K.: Statische Berechnung von Rohren mit dem neuen ATV Arbeitsblatt A 127. 3R internat. 37 (1998) Nr.9, S. 627 – 630

[4] <http://www.easypipe98.de>

[5] Netzer, W. und Pattis, O.: Überlagerung von Innen- und Aussendruckbelastungen erdverlegter Rohrleitungen (Rechnerische Untersuchungen bei Anwendung der Theorie II. Ordnung), 3R internat. (1989) Nr.2, S. 96 – 105

[6] DIN 18689-2 "Rohre aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF), geschleudert, gefüllt - Teil 2: Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung" (1995-12)

Autoren:

Dipl.-Ing. Karsten Reese, IngSoft GmbH – Ingenieurbüro & Software-Entwicklung, Nürnberg

Dipl.-Ing. Ulrich Wallmann, HOBAS Rohre GmbH, Neubrandenburg