

7760

im Auftrag des
**Bundesministeriums für Raumordnung,
Bauwesen und Städtebau**

97,2 %

Dimensionierung von Linern zur Sanierung geschädigter Rohrleitungen

Dipl.-Ing. H. Doll, Prof. Dr.-Ing. K. Hilmer, Dr.-Ing. A. Hoch

Kurzbericht

Einleitung

Das Gefährdungspotential von defekten Kanälen für Grundwasser und Boden sowie die damit zusammenhängenden strafrechtlichen Konsequenzen haben in der Vergangenheit maßgeblich dazu beigetragen, die systematische Instandhaltung insbesondere des öffentlichen Kanalnetzes voranzutreiben. Die experimentelle Verifizierung der Berechnungsannahmen der ATV M127 Teil 2 (Entwurf) war wesentliches Ziel des in der LGA Bayern durchgeführten Forschungsvorhabens "Dimensionierung von Linern zur Sanierung geschädigter Rohrleitungen". Untersucht wurde das auflastbedingte Verformungsverhalten von mit Schlauchlinern sanierten Betonrohren DN 800. Die Finanzierung des Vorhabens erfolgte durch das Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau sowie durch die LGA Bayern. Weitere Unterstützung erfolgte durch die Firmen Gollwitzer (Bereitstellung der Betonrohre) und Insituform (Einbau der Schlauchliner).

Versuchsaufbau

Es wurden zwei großmaßstäbliche Versuche an mit Linern bestückten unbewehrten Betonrohren DN 800 durchgeführt. Durch die Begehbarkeit der Rohre war es möglich, auch im Rohrrinnen Meßsensoren anzuordnen. Abb. 1 zeigt einen Schnitt durch die Versuchsgrube. Die Betonrohre wiesen in Scheitel, Sohle und Kämpfern Vorschädigungen (Einkerbungen) auf, um als definiertes Schadensbild den in der Literatur [1,3,4] allgemein angesetzten Viergelenkring zu erhalten.

Je Versuch wurden zwei unterschiedliche Linerwandstärken (9,0 mm bzw. 18,0 mm) untersucht, um den Einfluß der unterschiedlichen Biege- und Dehnsteifigkeit des Liners zum einen auf die Tragfähigkeit des Gesamtsystems, zum anderen auf die Beanspruchungen im Liner beurteilen zu können.

Als Bodenmaterial wurde für den ersten Versuch ein nichtbindiger Boden (Sand), für den zweiten Versuch im Bereich der Rohrleitungszone ein Ersatzmaterial zur Simulation eines bindigen Bodens gewählt.

Letzteres besteht aus einem Gemisch aus Sand und Sägespänen und ist in der Lage, das lastabhängige Verformungsverhalten eines bindigen Bodens zu simulieren, ohne die bei einem bindigen Material auftretenden Einbauschwierigkeiten aufzuweisen.

Die versuchstechnische Lastaufbringung erfolgte mit Hilfe von Druckkissen, die zwischen Oberkante Boden und Widerlagerbalken aus Stahlbeton angeordnet wurden. Es können Kissendrucke bis zu 1200 kN/m^2 realisiert werden.

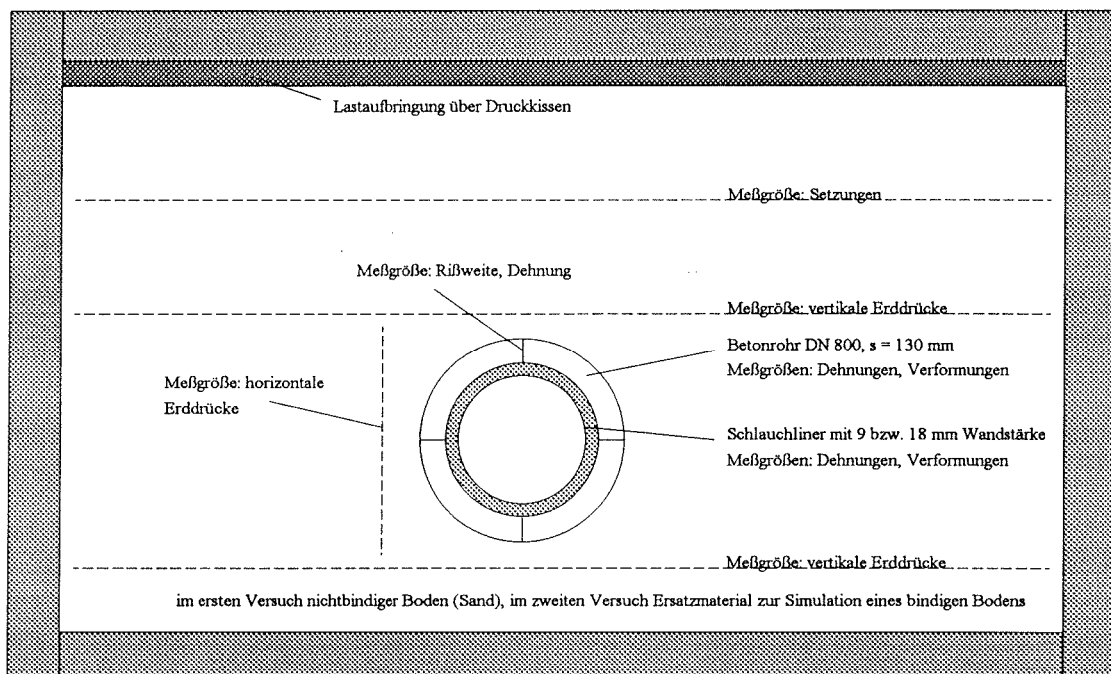


Abb. 1: Querschnitt durch die Versuchsgrube

Das Hauptaugenmerk des Vorhabens lag in der Beobachtung des Bruchvorganges sowie des anschließenden Verformungsverhaltens des gekoppelten Boden-Altrohr-Liner-Systems. Als Meßgrößen ergaben sich somit Querschnittsverformungen von Liner und Altrohr, Liner- und Altrohrdehnungen, Rißbreiten und schließlich Erddrücke und Setzungen. Im Einzelnen:

Liner- und Betonrohrverformungen wurden in zwei Querschnitten gemessen. Die Anordnung der Meßpunkte ist exemplarisch für die Linerverformungen in Abb. 2 dargestellt. Die Betonrohrverformungen wurden an entsprechenden Stellen gemessen. In Liner bzw. Betonrohr wurden Anker zur Befestigung von Stahldrähten geschraubt. Diese wurden über eine unabhängige Meßachse aus der Versuchsgrube herausgeführt und mit Potentiometern verbunden. Die Linerverformungen wurden über die Längenänderung der Drähte gemessen (Wegmessung).

Ein wesentlicher Teil des statischen Nachweises von Schlauchlinern besteht in der Führung des Spannungsnachweises. Mit Hilfe der in Scheitel, Sohle und Kämpfern gemessenen Dehnungen kann über den Elastizitätsmodul des Materials auf die Spannungen geschlossen werden.

Die Messung der Betondehnungen erfolgte in Bereichen des Altrohres, in denen mit der Gelenkausbildung zu rechnen war (jeweils in der Druckzone) mit Hilfe von DMS. Im Kämpferbereich wurden den Beton-DMS gegenüberliegend (Altrohraußenwandung) Rißweiten mit Hilfe von Potentiometern gemessen (Längenmessung eines über den Riß gespannten Drahtes).

Bei dem vorliegenden gekoppelten System bestehend aus Boden, Altrohr und Liner ist schließlich das Verhalten des Bodens von besonderem Interesse, da in bisherigen experimentellen Untersuchungen am wenigsten erforscht und numerisch am schwierigsten zu beschreiben. Bei den durchgeführten Versuchen wurden Erddrücke und Setzungen in unterschiedlichen Meßquerschnitten gemessen. Als Aufnehmer dienten Erddruckgeber der Fa. Glötzel sowie für die Beobachtung der Setzungen Schlauchwaagen.

Schließlich wurden während der Versuchsdurchführung die Hallentemperatur, die Temperatur in den Rohren sowie die Ankerkräfte registriert.

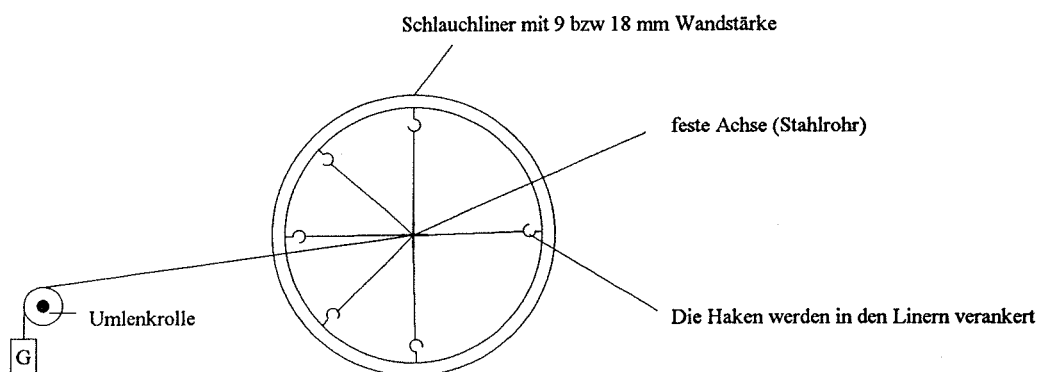


Abb. 2: Messung der Linerverformungen in den Meßquerschnitten I und II

Ergebnisse

Da insbesondere bei größeren Verformungen der Kissendruck nicht vollständig in einen vertikalen Erddruck umgesetzt wird (Setzungsmulde, Membranspannungszustand im Kissen, Reibungsverluste an den Grubenwänden), wurde als Bezugsgröße der in den jeweiligen Meßquerschnitten über die oberhalb der Rohre angeordneten Erddruckgeber gemittelte Erddruck verwendet. Er läßt sich als schlaaffe Auflast interpretieren.

Die maximalen Linerbeanspruchungen traten bei beiden Versuchen in der Sohle auf. Abb. 3 zeigt die Resultate des 1. Versuches.

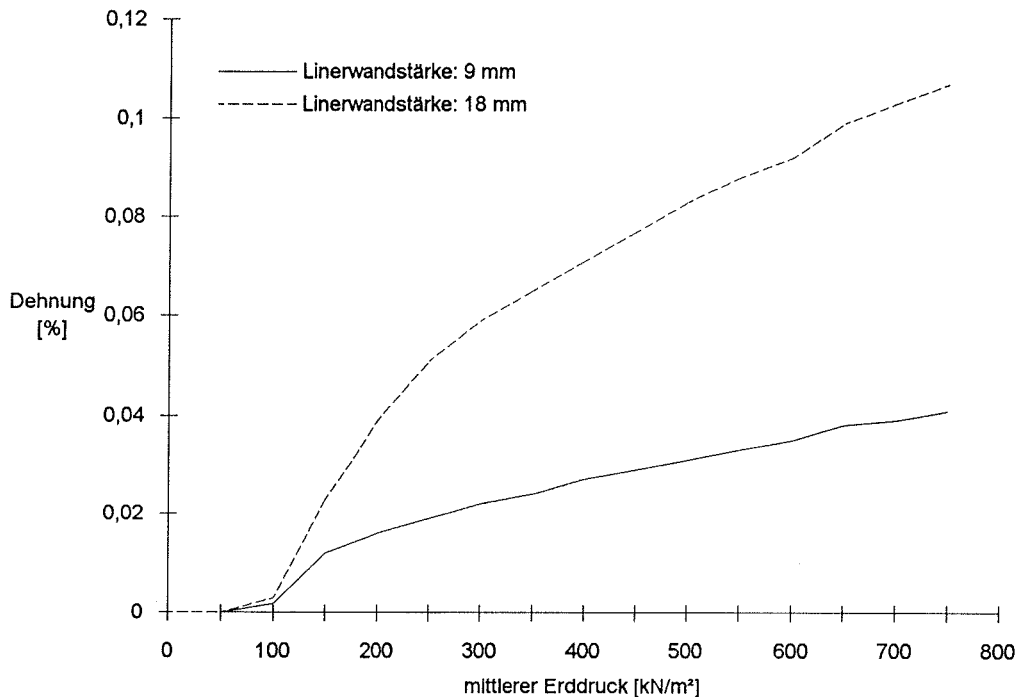


Abb. 3: In der Linersohle gemessene Dehnungen (1. Versuch)

Auf die Darstellung der im 2. Versuch erzielten Ergebnisse wird hier verzichtet, da die in den Linersohlen angeordneten DMS wegen der wesentlich größeren Verformungen bereits relativ frühzeitig ausfielen. Aus Abb. 3 wird deutlich, daß die Liner bis zu einem mittleren Erddruck von ca. 100 kN/m² fast keine Beanspruchungen erfahren. Bis zu diesem Punkt dauert offensichtlich die Ausbildung der Altrohrgelenke. Die in [1] dargestellten Rechenmodelle sind nicht in der Lage, diesen Vorgang zu beschreiben. Im zweiten Versuch gingen die Rohre bereits unter Einwirkung der schlaffen Auflast in den gelenkigen Zustand über, so daß der beschriebene Effekt nicht beobachtet werden konnte. Abb. 3 zeigt ferner, daß der dünnere Liner unabhängig von der Laststufe nur ca. 50 % der Beanspruchung des dickeren Liners erfährt. Das genannte Verhältnis wurde auch im zweiten Versuch bestätigt. Es deutet darauf hin, daß der Liner keine austeifende Wirkung auf das Gesamtsystem hat, sondern die Verformungen der Altrohre als Zwangsverformung erfährt. Die auftretenden Dehnungen verhalten sich somit im gleichen Verhältnis wie die Wandstärken zueinander.

Schließlich zeigt Abb. 4 einen anschaulichen Vergleich zwischen den im ersten Versuch erzielten Linerverformungen und Resultaten, die durch Anwendung von [1] erzielt wurden. Es zeigt sich, daß die Verdopplung der Linerwandstärke nur einen recht geringen Einfluß auf die

Durchmesseränderung (ca. 10 %) bewirkt. D. h. wie bereits bei Betrachtung der Linerdehnungen vermutet ist die aussteifende Wirkung die der Liner auf das Gesamtsystem ausübt gering. Aus Abb. 4 werden ferner einige Abweichungen zwischen Berechnungs- und Meßergebnissen deutlich, auf die hier eingegangen werden soll. Die Berechnung ergab unabhängig von der Linerwandstärke quasi die gleichen Durchmesseränderungen. Die experimentell sichtbare Auswirkung der Wandstärke auf die Verformungen war nicht zu simulieren. Im unteren Lastbereich sind die Berechnungsmodelle nach [1] nicht in der Lage, den Vorgang der Gelenkbildung zu beschreiben. Die berechneten Verformungen liegen deutlich auf der ungünstigen Seite. Ein mittlerer Belastungsbereich zeichnet sich dadurch aus, daß die gemessenen Verformungen deutlich über den Rechenergebnissen liegen. Die Berücksichtigung eines gemittelten Elastizitätsmoduls für den Boden stellt in diesem Bereich eine zu günstige Annahme dar. Schließlich zeigt sich im hohen Lastbereich wieder eine Umkehr der Verhältnisse. Die Berücksichtigung eines gemittelten Elastizitätsmoduls für den Boden stellt in diesem Bereich eine zu ungünstige Annahme dar.

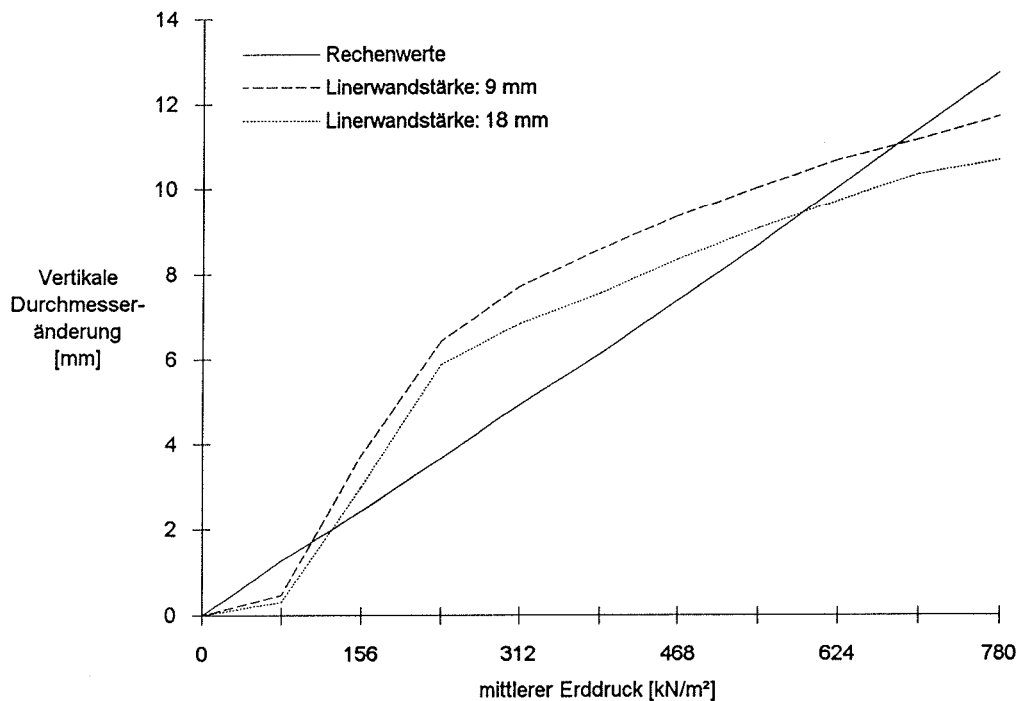


Abb. 4: Vertikale Durchmesseränderungen der Liner (1. Versuch)

Auf die Darstellung der im zweiten Versuch eingetretenen Verformungen wird hier verzichtet, es wird jedoch darauf hingewiesen, daß wegen der erheblich weicheren Bettung vertikale Durchmesseränderungen von bis zu 22,8 cm erzeugt werden konnten, ohne das System zum Einsturz zu bringen. Der Versuch mußte abgebrochen werden, da eines der Druckkissen versagte.

Zusammenfassung

Der Vergleich zwischen experimentellen und numerischen Ergebnissen ergab keine befriedigende Übereinstimmung:

Im unteren Belastungsbereich sind die Berechnungsmodelle nach [1,2,3] nicht in der Lage, den Vorgang der Gelenkbildung zu beschreiben. Die berechneten Verformungen liegen deutlich auf der ungünstigen Seite. Ein mittlerer Belastungsbereich zeichnet sich dadurch aus, daß die gemessenen Verformungen über den Rechenergebnissen liegen. Die Berücksichtigung eines gemittelten Elastizitätsmoduls für den Boden stellt in diesem Bereich eine zu günstige Annahme dar.

Schließlich zeigt sich im hohen Lastbereich wieder eine Umkehr der Verhältnisse. Die Berücksichtigung eines gemittelten Elastizitätsmoduls für den Boden stellt in diesem Bereich eine zu ungünstige Annahme dar.

Aus den durchgeführten Versuchen ergeben sich zwei wesentliche Schlußfolgerungen hinsichtlich der Planung von Sanierungsmaßnahmen:

Mit Linern sanierte biegesteife Rohre weisen ein erhebliches Verformungsvermögen auf. Im 2. Versuch wurde bei schlechter Einbettung eine vertikale Durchmesseränderung von 22,8 cm erreicht, ohne einen Einsturz zu bewirken. Es ergibt sich der Schluß, daß eine eingetretene Ribbildung (auch von mehreren mm) nicht den Verlust der ausreichenden Standsicherheit des Kanals bedeutet.

Die gemessenen Linerdehnungen zeigen ferner, daß ein dünnerer Liner geringer beansprucht wird. D. h. gegenüber einer Berechnung nach ATV A127 [2] (bisher gängige Praxis) können erhebliche Einsparungen erzielt werden.

Literatur

- [1] ATV-Merkblatt M 127-2
Statische Berechnung zu Sanierungen von Abwasserkanälen und -leitungen mit Relining-
und Montageverfahren
Entwurf Juni 1998
- [2] ATV-Arbeitsblatt A 127
Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen
1988

- [3] Falter, B.
Standsicherheit von Linern
in "Sanierung von Abwasserkanälen durch Relining
Vulkan-Verlag Essen 1994
- [4] Doll, H.; Hoch, A.
Standsicherheitsnachweis für Liner mit der Finite-Elemente-Methode
TIS 6/96