

Wasserland Steiermark Preis – Kategorie IV Forschung

„Risikobeurteilung von Trinkwasserrohrleitungsbrüchen aufgrund von Schwerverkehrsbelastung in Abhängigkeit von jahreszeitlichen klimatischen Einflüssen“

DDipl.-Ing. Franz Friedl

Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau der Technischen Universität Graz

Stremayrgasse 10/1, 8010 Graz, Austria, E-Mail: friedl@sww.tugraz.at

Schlagwörter: Trinkwasser, Trinkwasserrohrleitungsbruch Ressourcenschutz, Ressourcenoptimierung, Risikobeurteilung, Schwerverkehrsbelastung

Veranlassung

Wasserversorgungsunternehmen stellen den Kunden 24 Stunden am Tag, 365 Tage im Jahr Wasser in Trinkwasserqualität, entsprechender Menge und mit ausreichendem Druck zur Verfügung. Um diese hohe Versorgungssicherheit zu gewährleisten, sind von den Unternehmen große Anstrengungen und eine vorausschauende Planung erforderlich. Ungefähr 70% des Anlagevermögens in der Siedlungswasserwirtschaft sind als unterirdisches Rohrnetz vergraben. Im Bereich Siedlungswasserinfrastruktur wurden in den letzten Jahrzehnten über € 30 Mrd. investiert. Das durchschnittliche Alter der Versorgungsleitungen beträgt in den meisten Wasserversorgungsnetzen nun etwa 50 Jahre. In den Stadtzentren sind teilweise Leitungen mit einem Alter von über 100 Jahren in Verwendung. In den kommenden Jahren wird es in der Wasserwirtschaft mehr Erneuerung als Neubau geben. Alle Rohrleitungen unterliegen einem Alterungsprozess und werden zu einem gewissen Zeitpunkt versagen. Durch verschiedene Einflussfaktoren kann dieser Prozess beschleunigt werden. Schäden und Wasserverluste sind Indikatoren dieses Alterungsprozesses. Ziel einer vorausschauenden Instandhaltungsplanung ist es, den Wert und die Funktion des Netzes langfristig zu sichern und zukünftigen Generationen ein intaktes Versorgungsnetz zu übergeben und mit der Ressource Wasser sparsam als Kunde und zugleich wirtschaftlich optimal als Versorger umzugehen.

Die richtige Antwort auf die Frage zu finden, „Wann und welche Trinkwasserleitung im betreffenden Versorgungsnetz zu erneuern ist“, stellt daher eine zentrale Herausforderung und Aufgabe in der Siedlungswasserwirtschaft dar.

Unterschiedliche Entscheidungsfindungsmodelle für langfristige Erneuerungsplanungen von Trinkwasserversorgungsnetzen verwenden die Rohrschadensrate und Wasserverlustraten im Rohrnetz als grundlegende Entscheidungskennzahlen und vergleichen Kosten der laufenden Instandhaltung und durch Wasserverluste mit den Erneuerungskosten einer Leitung, um so den wirtschaftlich optimalen Erneuerungszeitpunkt zu ermitteln (Fuchs-Hanusch, 2010).

Bisherige Untersuchungen und Ergebnisse

Trinkwasserleitungen sind verschiedensten inneren und äußeren Belastungen im Laufe ihres betrieblichen Lebenszykluses ausgesetzt. Statische und dynamische Belastungen aufgrund von Schwerverkehr und Bodenbewegungen zählen zu den maßgebenden äußeren Belastungen. Aus diesem aktuellen Anlass ist ein Forschungsprojekt im Rahmen einer Dissertation am Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau der Technischen Universität Graz in Bearbeitung. Es gilt den Zusammenhang zwischen Schwerverkehrsbelastung, Bodenbewegungen, Rohrmaterial, Bodenart, Bodenfeuchte, Bodentemperatur und daraus resultierendem Frost-Tauwechsel auf die Rohrbruchwahrscheinlichkeit von Trinkwasserleitungen zu untersuchen.

Mit Hilfe von numerischen Finite Element Berechnungen wurden bereits erste Untersuchungen auf diesem Forschungsgebiet im Rahmen einer Diplomarbeit (Friedl, 2007) mit dem Titel „Einfluss der Verkehrslast auf die Schadenshäufigkeit von Trinkwassernetzen“ am Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau der Technischen

Universität Graz durchgeführt. **Abbildung 1** zeigt ein numerisches Modell einer Rohrgrabenkүнette im Bauzustand mit dynamischer Verdichtung des Bettungsmaterials und berechneten vertikalen Setzungen des Trinkwasserrohres. Dabei wurde der Einfluss der Verdichtungslasten auf die zulässigen Spannungen am Rohr untersucht.

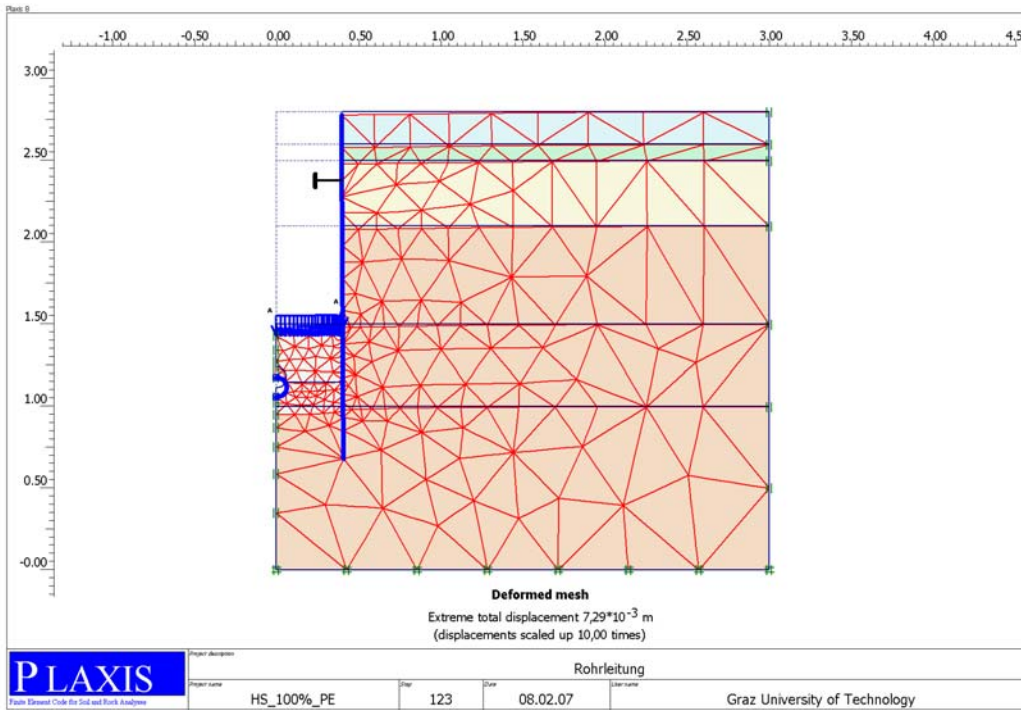


Abbildung 1: Netzgenerierung einer numerischen Modellierung mit FE-Software PLAXIS

Ein repräsentatives Beispiel einer am Stand der Technik erdverlegten Trinkwasserleitung ist in **Abbildung 2** mit einer Überdeckung von 150 cm und mit Bettungs- und Verfüllmaterialien, die in der Praxis von Versorgern eingebaut werden, abgebildet.

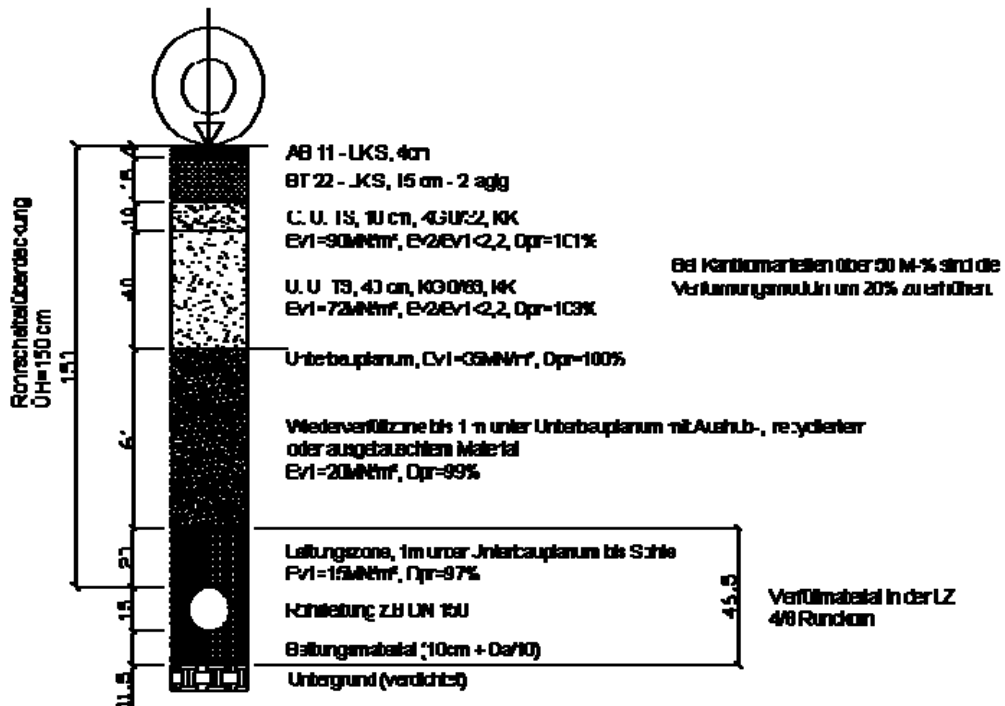


Abbildung 2: Normkүнette nach Aufgrabungsrichtlinien der Stad Graz (Entwurf 2007)

Verschiedene Variationsberechnungen wurden durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen Langzeit-Schwerverkehrsbelastung, statischen und dynamischen Baustellenlasten, Rohrmaterial, Bettungs- und Verfüllmaterial und Verlegetiefe zu ermitteln. Die Rohrmaterialien Polyethylen, Polyvinylchlorid, Duktilguß, Grauguß und Asbestzement wurden untersucht.

Die Langzeitberechnungen des Schwerverkehrs wurden lt. Kraftfahrzeuggesetz mit einer statischen Achslast von 10 to unter Berücksichtigung von verschiedenen dynamischen Beiwerten und einer Rohrscheitelüberdeckung von 150 cm durchgeführt.

Als Vergleich zu den Finite Element Berechnungen mit der Software PLAXIS wurden Berechnungen lt. ÖNORM B5012 "Statische Berechnung erdverlegter Rohrleitungen" und Berechnungen lt. Lastabtragungstheorien nach Odemark, Burmister und Jones durchgeführt.

Die Kurzzeitberechnungen von Verkehrs- und Baustellenlasten wurden unter Berücksichtigung von dynamischen Beiwerten und einer Rohrscheitelüberdeckung von 80 cm durchgeführt.

Diese Analysen zeigten, dass dynamische Schwerverkehrslasten und dynamische Verdichtungslasten im Zuge einer Erneuerung des Straßenoberbaus und einer verbleibenden Überdeckung von nur 80 cm über dem Rohrscheitel im Bauzustand zu kritischen Spannungen bzw. zur Nichteinhaltung der geforderten Sicherheitswerte lt. ÖNORM B5012 im Trinkwasserrohr führen.

Abbildung 3 zeigt die Ausbreitung verschiedener dynamischer Oberflächenverdichtungslasten in (kg/cm²) über einer Verlegetiefe von 80 cm nach der Spannungstheorie von Odemark, Burmister und Jones und dazu die zulässige Grenzspannung auf ein Asbestzementrohr im Bauzustand nach ÖNORM B5012. Daraus ersichtlich ist dass zu hohe dynamische Verdichtungslasten die erlaubte zulässige Rohrscheitelspannung überschreiten.

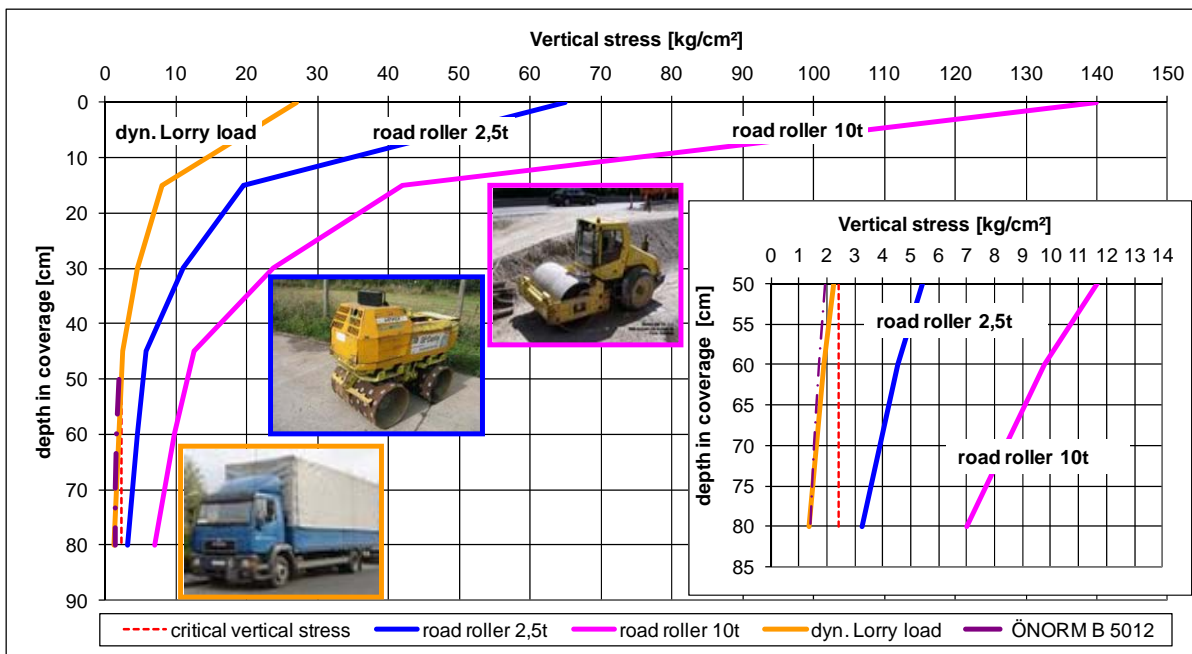


Abbildung 3: Vertikale Spannungen in Abhängigkeit dynamischer Oberflächenbelastungen und zulässige Grenzspannung für das Rohrmaterial Asbestzement mit einer Rohrscheitelüberdeckung von 80 cm und Durchmesser 125 mm (Friedl, 2007).

Für alle untersuchten Rohrmaterialien und Bettungsmaterialverdichtungsgrade unter Langzeit-Schwerverkehrsbelastung ergaben die Berechnungen mit einer Normüberdeckungshöhe von 150 cm keine kritischen Überschreitungen der statischen Rohrsicherheitsbemessung.

Ausblick des Forschungsprojektes und Ziele

Praktische Erfahrungen vieler Trinkwasserversorgungsunternehmen zeigen jedoch, dass Trinkwasserleitungen, die in Straßen mit hoher Schwerverkehrsbelastung verlegt sind, in Zusammenhang mit jahreszeitlichen Einflüssen aufgrund von Extremwetterzuständen, wie z.B. lange Kälte- oder Hitzeperioden und Frost-Tauwechsel ein erhöhtes Rohrbruchrisiko aufweisen. Welches Zusammenwirken bzw. Umstände zu dieser erhöhten Schadensauftrittswahrscheinlichkeit führen, sollen im Zuge dieses Forschungsprojektes an der TU Graz untersucht werden.

Ziel ist es unterschiedlichste Belastungszustände und Einwirkungen auf das erdverlegte Trinkwasserrohr nun auch in Zusammenhang mit jahreszeitlichen Veränderungen der Bodenparameter zu untersuchen.

Abbildung 4 zeigt die vertikalen Setzungen und den deutlichen Spannungs- bzw. Setzungseinfluss von Langzeit-Schwerverkehrsbelastungen auf das erdverlegte Trinkwasserrohr mit einer Rohrscheitelüberdeckung von 150 cm.

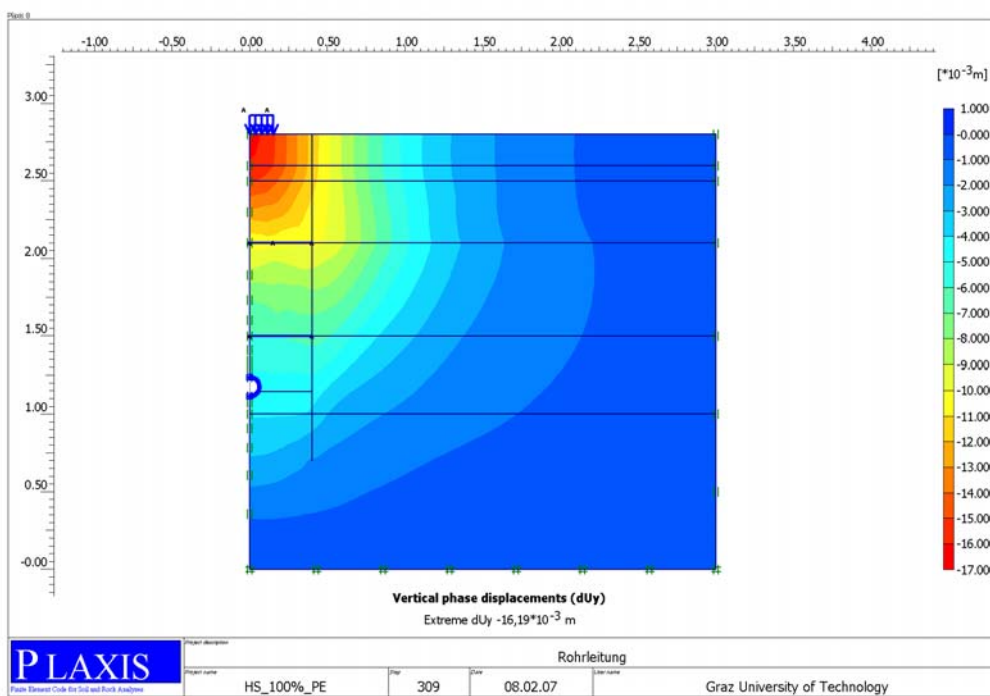


Abbildung 4: Vertikale Setzungen im Trinkwasserrohrbereich mit der FE-Software PLAXIS

Im Speziellen wird auf das Zusammenspiel Straße-Boden-Trinkwasserrohr eingegangen. Die Hauptfragestellung ist, welchen Einfluß die jährlichen klimatischen Schwankungen von Bodentemperatur, Bodenfeuchte, Bodenwasserindex und der Frost-Tauwechsel auf das Lastabtragungsmodell und System Straße-Boden-Trinkwasserrohr bewirken. Dabei soll einerseits der Zusammenhang zwischen lang anhaltenden, sehr heißen und trockenen Zeiträumen und andererseits lang anhaltenden, sehr kalten und feuchten Zeiträumen auf das Bodengefüge untersucht werden.

Zur Kalibrierung des Modells auf die sich ändernden Bodenparameter ist es notwendig, die Schwingungen aufgrund des Schwerverkehrs am Rohr direkt zu messen und weiters Sonden zur Messung von Bodenfeuchte, Bodentemperatur und Frostindex direkt vor Ort im Straßenbereich einzusetzen.

Im Anschluss an die Kalibrierung können somit in Abhängigkeit des Rohrmaterials, des Rohrdurchmessers, des Rohralters und der Verlegetiefe verschiedene zukünftige Belastungsszenarien (z.B. Erhöhung des Schwerlastverkehrsanteiles) modelliert werden, die einen kritischen bzw. überhöhten Spannungszustand im Rohr und in Folge ein höheres Schadensauftrittsrisiko verursachen können.

References

- Friedl, F. (2007) Einfluss der Verkehrslast auf die Schadenshäufigkeit von Trinkwassernetzen. Diploma thesis, Institute of Urban Water Management and Landscape Engineering, Graz University of Technology, 8010 Graz, Austria
- Fuchs-Hanusch, D. (2009) Effiziente Instandhaltung von Wasserverteilungsanlagen. DVGW Energie/ Wasser-Praxis, 1 (60), 12-17
- Fuchs-Hanusch, D. (2010) Abschlußbericht Forschungsprojekt Knet Waterpool – (IRM Infrastructure Rehabilitation Management), Institute of Urban Water Management and Landscape Engineering, Graz University of Technology, 8010 Graz, Austria
- Gangl, G., Fuchs-Hanusch, D., Friedl, F. (2009) Factors influencing midterm rehabilitation of water supply systems. Water Asset Management International, 3 (5), 9-12
- Kleiner, Y., Rajani B.B. (2000) Considering time-dependent factors in the statistical prediction of water main breaks. AWWA: Infrastructure Conference, Baltimore, Maryland, 1-12
- ÖNORM B 5012 (2005) Software zur statischen Berechnung erdverlegter Rohrleitungen gemäß ÖNORM B 5012, Lizenz TU Graz, Österreichisches Normungsinstitut, 1020 Wien