

Berücksichtigung von Straßenbahngleisen

bei der operativen Bewertung von Wassernetzen

Leitungsabschnitte, die sich in **unmittelbarer Nähe von Straßenbahngleisen** befinden, werden durch diese auf zweierlei Weise beeinflusst: Zum einen sind planbare, aber noch mehr nicht-planbare Instandsetzungsmaßnahmen (Reparaturen) mit deutlichen Mehrkosten behaftet. Bei einer Optimierung der Kosten über den Lebenszyklus der Anlagen (LCO) hat dies zur Folge, dass der Zeitpunkt, an dem eine Erneuerung sinnvoller ist als wiederholte Reparaturen, früher eintritt. **Optimale Nutzungszeiten** werden somit kürzer. Zum anderen kann bei metallischen Leitungen ein erheblicher Materialabtrag durch Streuströme auftreten. Der folgende Artikel zeigt die Ergebnisse einer von der Stadtwerke Augsburg Wasser GmbH (swa) durchgeführten Untersuchung zu den **Auswirkungen auf das Wassernetz** innerhalb der Instandhaltungsstrategie.

von: Florian Killer (Stadtwerke Augsburg Wasser GmbH) & Mike Beck (Fichtner Water & Transportation GmbH)

Die Kenntnis über das Alterungsverhalten von Anlagen ist eine wichtige Grundlage für den Aufbau eines risikobasierten Asset-Management-Systems. Nur wenn die Geschwindigkeit bekannt ist, in der Schadensraten zunehmen, lassen sich Rückschlüsse auf die Lebenszykluskosten ziehen, die wiederum Grundlage für Budgetentscheidungen sein sollten.

Im Versorgungsgebiet der swa (Abb. 1) wird seit 2004 mithilfe des Bewertungssystems OptNet eine Zustandsbewertung für das Wassernetz und seit 2005 für das Gasnetz durchge-

führt. Mit dem Ziel, die Alterungsfunktionen für jeden einzelnen Netzabschnitt zu ermitteln, werden Leitungsnetze hinsichtlich ihres Zustandes bewertet. Damit steht nicht nur eine Rangfolge der Gefährdung der Leitungen zum aktuellen Zeitpunkt zur Verfügung, sondern es ist eine exakte Darstellung des Alterungsverhaltens jedes einzelnen Netzabschnittes über die Zeit möglich.

Die Anzahl der für die Bewertung benutzten Einflussfaktoren hängt davon ab, welche Informationen zur Verfügung stehen. Um eine Bewertung durchführen zu können, müssen mindestens folgende Angaben vorhanden sein:

- Materialart, Alter, Nennweite und Länge der Leitungen
- Anzahl, Zeitpunkt und Ort der Schäden

Durch die Angabe weiterer Faktoren, wie z. B. Rohrschutz, Bodenart, Grundwasser oder Verkehrsbelastung, kann die Genauigkeit der Bewertung weiter verbessert werden.

Die für jeden Netzabschnitt individuell anhand der vorliegenden Einflussfaktoren ermittelten Vorgabefunktionen für die Alterung werden durch eine Kalibrierung auf die tatsächlich – anhand der Schäden des Vorjahres – zu erwartenden Schäden an die örtlichen Verhältnisse angepasst. Durch die Vorgabefaktoren wird somit

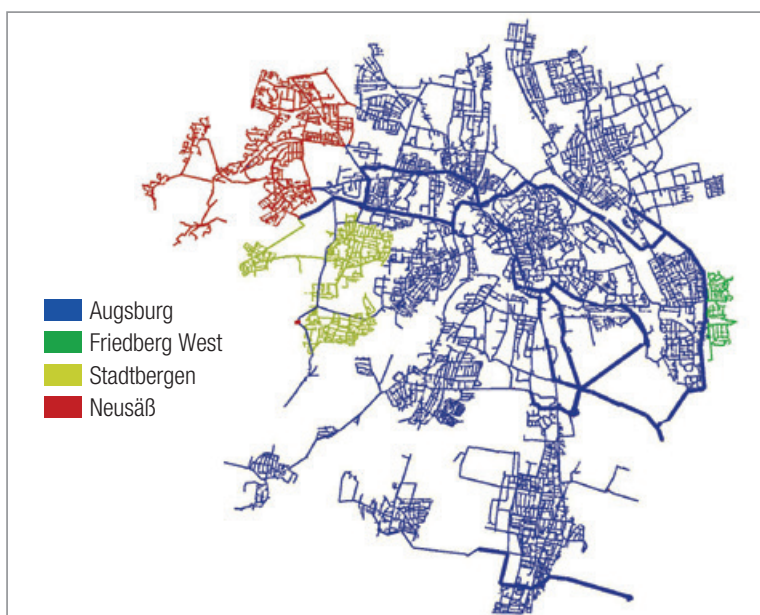


Abb. 1: Versorgungsgebiet der swa

Quelle: OptNet/swa

keine direkte, pauschale Aussage über die Alterung der Netzabschnitte getroffen, sondern nur eine Aussage darüber, welche Abschnitte gefährdeter sind als andere. Eine Ausfallwahrscheinlichkeit, die als absolute Zahl angegeben werden kann, sowie die Möglichkeit einer Schadensprognose ergeben sich erst durch die Kalibrierung. Auf Grundlage der ermittelten Schadensfunktionen kann eine Prognose der Schadenserwartung für den Prognosezeitraum durchgeführt werden.

Die technische Zustandsbewertung ermöglicht eine Einstufung der Netzabschnitte anhand ihrer Gefährdung. Eine wirtschaftliche Rehabilitationsempfehlung lässt sich jedoch noch nicht allein mithilfe dieser Information gewinnen. Hierzu ist die Berücksichtigung des Wiederbeschaffungswerts und der Reparaturkosten notwendig.

Die Kombination der Erkenntnisse aus der technischen Zustandsbewertung mit den wirtschaftlichen Anforderungen erfolgt im Bewertungssystem mit der Ermittlung der optimalen Nutzungsdauer (OND).

Bei der Ermittlung der OND werden Investitionskosten und laufende Kosten in Relation gesetzt, um den Zeitpunkt zu ermitteln, an dem die Jahreskosten in Summe ein Minimum erreichen (Abb. 2). Das vorgeschlagene Budget ergibt sich somit aus einer Optimierung der Kosten über den Lebenszyklus (LCO).

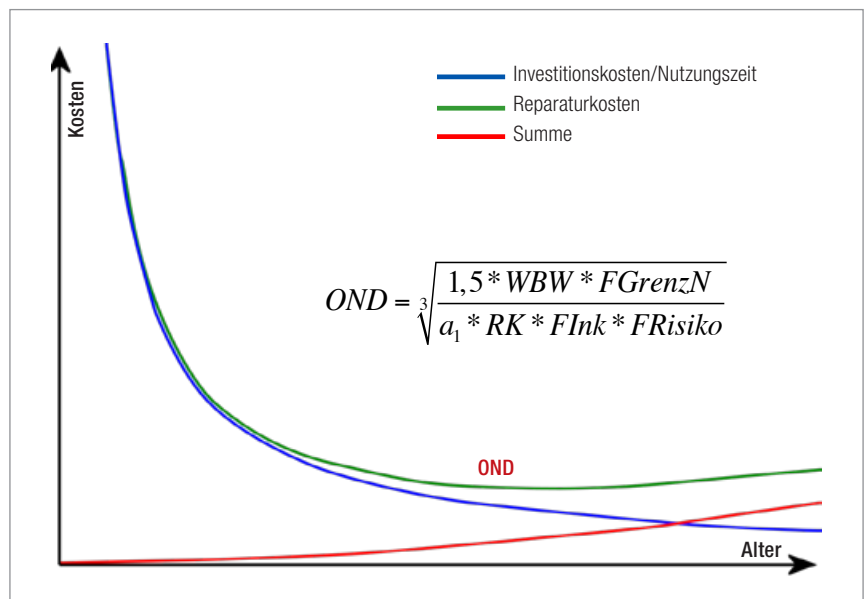


Abb. 2: Ermittlung der optimalen Nutzungsdauer

Veranlassung

2013 und 2014 traten in der Frauenstorstraße in Augsburg in unmittelbarer Nähe zu Straßenbahngleisen mehrere korrosionsbedingte Lochschäden an Duktigussleitungen der ersten Generation auf (Abb. 3). Die zeitlich und örtlich auffällige Bündelung sowie das Schadensbild waren Anlass dafür, die Beeinflussung von Versorgungsleitungen im Augsburger Netzgebiet durch Streuströme aus Straßenbahngleisen näher zu untersuchen. In einer spartenübergreifenden Projektgruppe (Nahverkehr und Versorgungssparten) wurde 2014 mit fachlicher Unterstützung durch die SWM Services GmbH ein Maßnahmenplan zur Untersuchung,

Beseitigung und zukünftigen Vermeidung von Beeinträchtigungen der Versorgungsleitungen im Straßenbahn-Einflussbereich erstellt. Gleichzeitig wurde bereits 2014 begonnen, Einzelmaßnahmen zu bearbeiten. Einen wesentlichen Baustein zur Eingrenzung und Klassifizierung der Risikobereiche stellten umfangreiche Potenzialmessungen an den Schienen entlang sämtlicher Straßenbahntrassen im Versorgungsgebiet der swa dar. Die höchste Gefährdung für Trinkwasserleitungen durch streustrombedingte Korrosion besteht dabei in Bereichen, in denen elektrisch längsleitfähige Leitungsabschnitte in der Nähe von Schienenabschnitten mit positivem Schienenpotenzial verlegt sind. ▶



Die Aprilausgabe der bbr (04-2016) enthält ein Spezial zur EnEff 2016 und Fachbeiträge u. a. zu folgenden Themen:

Wärmenetze – Relikt oder Zukunftsmodell?

Brunnensanierung mit Hindernissen

Die Rolle der Tiefen Geothermie im deutschen Wärmemarkt

Kostenloses Probeheft unter info@wvgw.de



Quelle: OptiNet/swa

Abb. 3: Schaden an der Trinkwasserleitung DN 150 GGG (duktiler Grauguss) in der Frauentorstraße im August 2013

Im Zuge der Überprüfung und Anpassung der Rehabilitationsstrategie für das Trinkwassernetz wurden die Ergebnisse der Untersuchungen zur Streustrombeeinflussung 2014 und 2015 schrittweise auch in die Zustandsbewertung eingearbeitet.

Bewertungsschema

Bewertung 2014

Für die Bewertung 2014 wurden erstmals Leitungsabschnitte, die im Bereich der Straßenbahn liegen, seitens swa gekennzeichnet.

Aufgrund der hohen Mehrkosten für die Schadensreparatur wird für die betroffenen Leitungen der Faktor Risiko (FRISIKO) auf 9 gesetzt. Betrachtet man die Formel für die OND (Abb. 2) zeigt sich, dass dieser direkt mit den Reparaturkosten multipliziert wird. Durch die individuelle Vorgabe des Risikofaktors können somit zu erwartende Folgekosten als Mehrkosten zur eigentlichen Schadensbehebung erfasst werden.

Da 2014 nicht ausreichend empirische Daten vorlagen, um das Ausmaß der Beeinflussung der Schadensrate zu quantifizieren, fand keine Berücksichtigung bei der Ermittlung der Zustandsnote statt. Die mit dem Bewertungssystem ohne Kenntnis der möglichen Beeinflussung durch Streuströme anhand der anderen bekannten Einflussfaktoren ermittelten Zustandsnoten vor Kalibrierung zeigten für die Leitungen in der Nähe der Straßenbahn sogar eine unwesentlich bessere Zustandsnote (Abb. 4).

Die tatsächlich aufgetretenen Schäden waren in der Vergangenheit nur unwesentlich höher, angezeigt durch den Hilfwert „Schadensrate Vergangenheit“ (Anzahl der Schäden geteilt durch Länge * Alter) (Abb. 5). Die Nähe zu Straßenbahnschienen allein ergibt also keine stichhaltige Aussage zur Alterungsgeschwindigkeit.

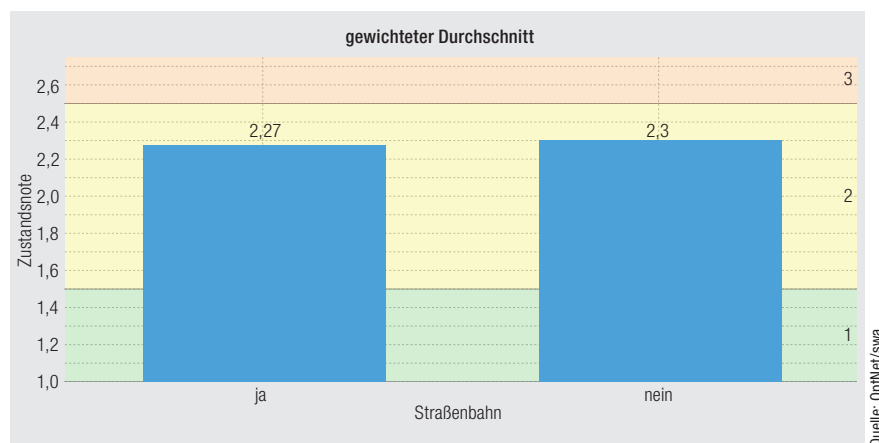
Die Ergebnisse spiegeln somit zwar die Realität ab, der erhoffte Unterschied zwischen Leitungen unter den Straßenbahnschienen und solchen außerhalb des Einflussbereichs konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Aufgrund der geringen Aussagekraft der vorhandenen Daten ist eine Berücksichtigung für die Zustandsbewertung der Einzelleitungen nicht sinnvoll. Die geringfügig höhere Schadensrate wird durch die Kalibrierung berücksichtigt. So ist zwar das Budget in Summe richtig, für die Priorisierung der Maßnahmen auf einzelnen Leitungsabschnitten ist das Ergebnis jedoch noch nicht befriedigend.

Die höheren Reparaturkosten wirken sich jedoch direkt auf die optimale Nutzungsdauer aus (Abb. 6). Aufgrund des geänderten Verhältnisses zwischen Wiederbeschaffungswert und Reparaturkosten tritt hier der Zeitpunkt, an dem eine Erneuerung wirtschaftlicher ist als eine Reparatur, deutlich früher ein. Dies basiert auf der Überlegung, dass die Straßenbahn bei einer geplanten Erneuerung bei Weitem nicht den Mehraufwand verursacht wie bei einem ungeplanten Ausfall, wo unter Umständen auch Gleisunterspülungen die Schadenskosten erhöhen.

Bewertung 2015

Für die Bewertung 2015 lagen erstmals die Ergebnisse der Potenzialmessungen aller Straßenbahnschienen vor. Bezüglich des Zustands wurde daher nur von einer möglichen Beeinflussung ausgegangen, wenn ein positives Potenzial vorlag und der Abstand der Leitung zu den Straßenbahnschienen weniger als 40 Meter beträgt.

Zum Zeitpunkt der Bewertung lagen 69 Schäden im potenziellen Einflussbereich von Streuströmen vor. Aufgrund des geringen Anteils von Schäden in einzelnen Materialgenerationen und der Überlagerung mit anderen Einflussfaktoren ergibt sich nicht für jede Materialgeneration ein klares Bild. **Abbildung 7 bis 9** zeigt den Vergleich der tatsächlichen (grün) und berechneten (rot) Schadensrate für drei Materialgenerationen. Hier



Quelle: OptiNet/swa

Abb. 4: Bewertung Zustandsnote mit und ohne Straßenbahn 2014

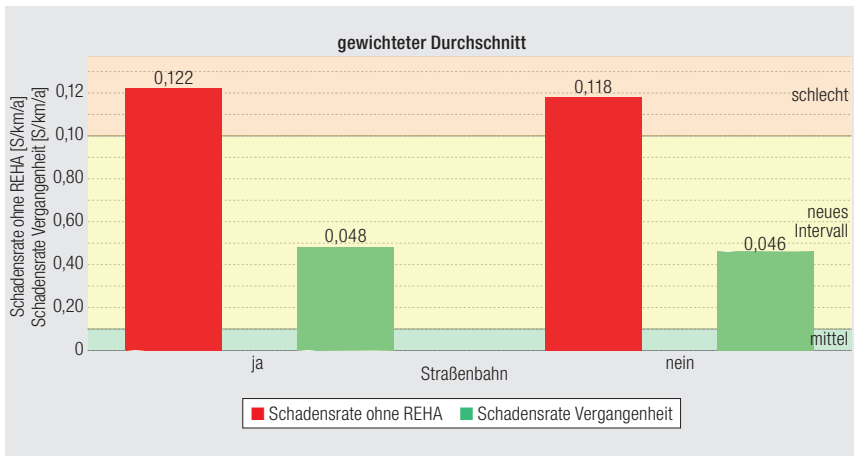


Abb. 5: Berücksichtigung unterschiedlicher Schadensraten unter der Straßenbahn 2014

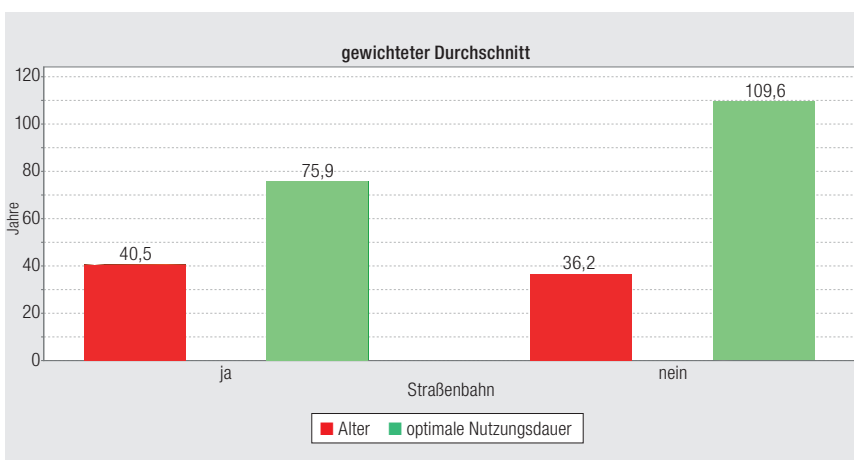


Abb. 6: Optimale Nutzungsdauer bei Leitungen unter der Straßenbahn 2014

zeigt sich, dass z. B. für Grauguss (GG) der zweiten Generation Leitungen im Einflussbereich von Streuströmen erkennbar höhere Schadenszahlen hatten. Dies wird auch als Ergebnis im Bewertungssystem ersichtlich.

Für Stahl der ersten Generation ist die tatsächliche Schadensrate im Schienenbereich mit positivem Potenzial niedriger als für Leitungen außerhalb des Einflussbereichs (Abb. 8). Dass sich dies auch aus der Bewertung in OptNet ergibt, lässt vermuten, dass hier die anderen Einflussfaktoren einen höheren Einfluss haben.

Nach wie vor ein Unterschied zwischen dem Verhältnis der Schadensraten in der Vergangenheit und den mittels des Bewertungssystems ermittelten Schadensraten ergibt sich

ausgerechnet für duktile Gussleitungen (GGG) der ersten Generation. OptNet erwartet hier aufgrund der verbleibenden Einflussfaktoren eine geringere Schadensrate für Leitungen im potenziellen Einflussbereich

von Streuströmen, tatsächlich ist die bisherige Schadensrate höher (Abb. 9). Hierfür sind drei Gründe möglich:

- Streuströme haben auf GGG-Leitungen der ersten Generation eine deutlich höhere Auswirkung als auf GGG-Leitungen anderer Generationen oder Stahlleitungen.
- Es gibt noch weitere Faktoren, die für die tatsächlich höhere Schadensrate der betroffenen Leitungen sorgen.
- Es handelt sich um statistische Ausreißer.

Für die betroffenen Bereiche hat swa zwischenzeitlich aus alten Verlegeplänen entlang sämtlicher Straßenbahntrassen mit positivem Schienenpotenzial im Versorgungsgebiet eine Vielzahl weiterer Einflussfaktoren wie Materialwechsel, undefinierte Längsleitfähigkeit durch Seitenversatz der Leitung, Betonwiderlager etc. identifiziert, die bei sonst ähnlichen Einbausituationen entlang der Frauentorstraße die Korrosion beeinflussen. Diese Detailinformationen sind noch nicht in die Bewertung eingegangen.

Bei nur fünf Kilometern, die für GGG der ersten Generation übrig sind, und nur neun bisher aufgetretenen Schäden ist ein statistischer Ausreißer selbstverständlich nicht auszuschließen.

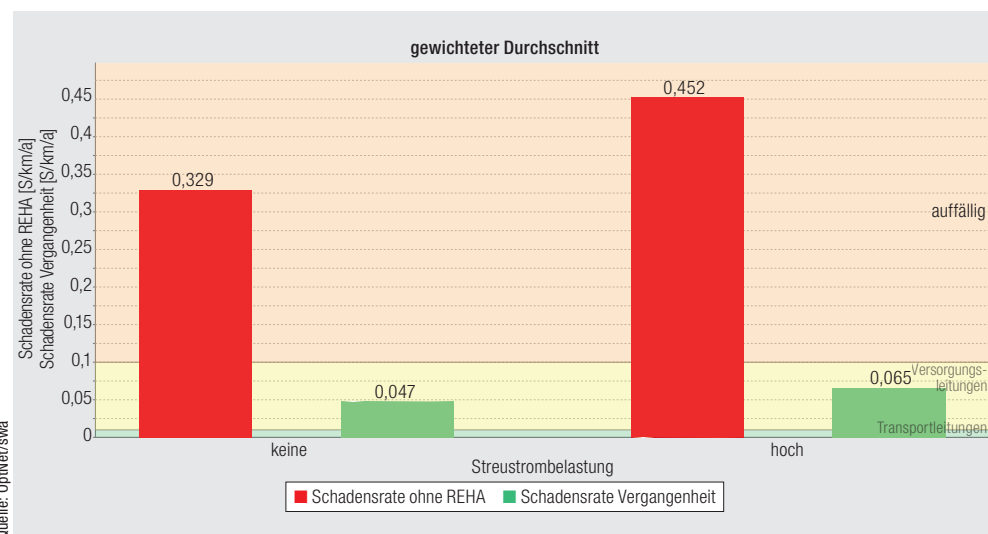


Abb. 7: Bisherige (SR Vergangenheit) und berechnete (SR ohne REHA) Schadensraten Grauguss (GG) zweite Generation

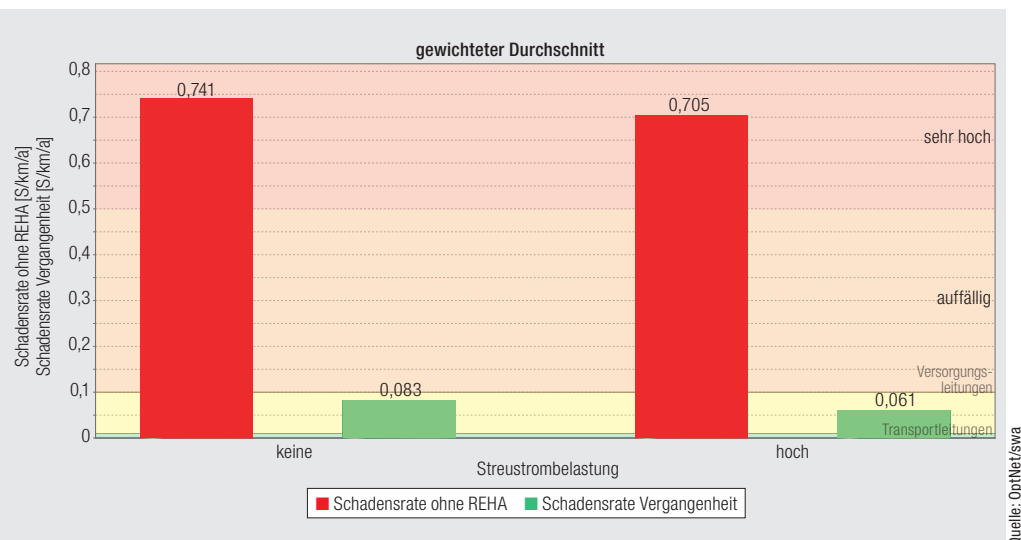


Abb. 8: Bisherige und berechnete Schadensrate Stahl, erste Generation

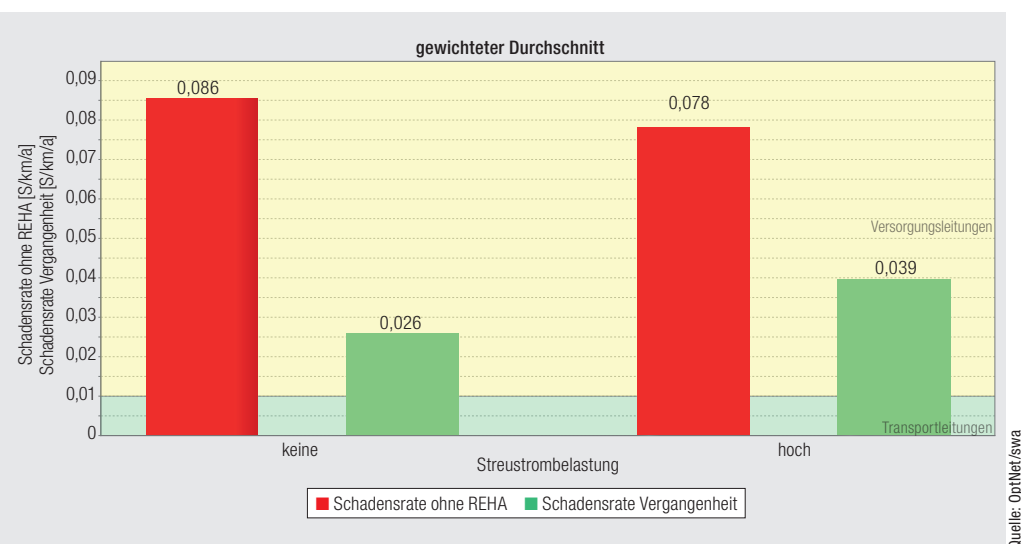


Abb. 9: Bisherige und berechnete Schadensrate duktile Gussleitung (GGG) erste Generation

ßen. Es scheint aber plausibel, dass die genannten Einflussfaktoren das Ergebnis beeinflussen.

Zusammenfassung

Die detaillierten Untersuchungen und Auswertungen der Schadensereignisse in der Frauentorstraße haben gezeigt, dass die Ursache für die Schäden bei Weitem nicht allein auf die bloße Koexistenz von Straßenbahngleis und Wasserleitung zurückzuführen ist. Vielmehr hat eine Vielzahl weiterer Einflussfaktoren in ähnlichen Einbausituationen entlang der Frauentorstraße zu den korrosionsbedingten Schäden geführt.

Die Bewertung der Leitungsabschnitte kann naturgemäß nur bereits bekannte Einflussfaktoren berücksichtigen. Sie ermöglicht es damit, Widersprüche zwischen bekannten Daten und Schadensraten zu analysieren, die Annahmen aus der Schadensuntersuchung zu verifizieren und die Auswirkungen auf Budget und Maßnahmenplanung zu berücksichtigen. Erst in Kombination mit ingenieurtechnischer Analyse der Schadensbilder und Verlegebedingungen lassen sich belastbare Modelle des Alterungsverhaltens vom Gesamtnetz erstellen.

Für die in Augsburg verbliebenen GGG-Leitungen der ersten Generation zeigt sich die Notwendigkeit ge-

nauerer Untersuchungen. Die durch swa durchgeführte Analyse der Verlegebedingungen ermöglicht es, Einflussfaktoren im Detail zu identifizieren und kritische Bereiche somit klarer zu bestimmen. Die identifizierten hochgefährdeten Bereiche werden mit GSM-übertragenen Geräuschpegelloggern dauerhaft überwacht, bis sie durch weitere Maßnahmen entschärft oder beseitigt werden können.

Die Berücksichtigung des Einflusses von Straßenbahnschienen sowohl auf den Zustand der Leitungen als auch auf das Ausmaß eines denkbaren Schadens ermöglicht eine deutliche Verbesserung der Modellierung als Grundlage für die Entscheidungsfindung im operativen Asset Management. Eine Berücksichtigung der Schienen ohne eine Potenzialmessung ist jedoch nicht zielführend. Nur bei Berücksichtigung ausschließlich positiver Potenziale können signifikante Auswirkungen bei der Instandhaltungsplanung abgebildet und berücksichtigt werden. Gleichzeitig sollten jedoch immer weitere Einflussfaktoren untersucht und beurteilt werden, da diese den Einfluss der Straßenbahnschienen überlagern können. ■

Die Autoren

Florian Killer ist Abteilungsleiter „Technisches Management“ bei der Stadtwerke Augsburg Wasser GmbH.

Mike Beck ist Leiter OptNet, Büro Berlin, der Fichtner Water & Transportation GmbH.

Kontakt:
 Mike Beck
 FICHTNER Water & Transportation GmbH
 Büro Berlin
 Uhlandstr. 7-8
 10623 Berlin
 Tel.: 030 609 765-41
 E-Mail: mike.beck@fwt.fichtner.de
 Internet: www.fwt.fichtner.de