





Risikoorientierte Rehabilitationsplanung von Fernwärmenetzen

Der nachhaltige Betrieb von Fernwärmenetzen erfordert von einem Netzbetreiber technische und wirtschaftliche Kenntnisse sowie strategische Überlegungen, um zu bestimmten Zeitpunkten Maßnahmen zur Rehabilitation zu ergreifen. Liegen detaillierte Informationen zu einem Zustand oder auch zur Versorgungsrelevanz von Bauteilen vor, kann hier auch ein risikoorientierter Rehabilitationsansatz gewählt werden.

Fernwärmeversorgungssysteme sind im Gegensatz zu anderen Versorgungsnetzen wie Wasser, Abwasser, Gas oder Strom teilweise noch „relativ junge“ Netze, da ein Großteil erst ab den 1960er- und

1970er-Jahre errichtet wurde [1]. Im Hauptbericht 2018 des AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. [2] wird die Entwicklung des Fernwärmenetzbestandes der Mitglieder in

Deutschland ausgewiesen. In Bezug auf diese Statistik liegt die Trassenlänge in Deutschland bei über 21.000 km, wobei ausgehend von der Jahrtausendwende die jährliche Wachstumsrate in den letzten

Jahren im Mittel bei rund 1 % pro Jahr lag. Der nachhaltige Betrieb von Fernwärmenetzen erfordert von einem Netzbetreiber technische und wirtschaftliche Kenntnisse sowie strategische Überlegungen, um zu bestimmten Zeitpunkten Maßnahmen zur Rehabilitation zu ergreifen.

Im AGFW-Regelwerk FW 114 „Instandhaltungsstrategien und Rehabilitationsplanung“ werden dabei sogenannte Grundstrategien der Instandhaltung beschrieben, die sich in eine ereignis-, zeit- und zustandsorientierte Instandhaltung untergliedern lassen. Durch eine risikoorientierte Instandhaltung wird versucht, die Vorteile der Grundstrategien zu kombinie-

ren. Die Auswahl der Grundstrategien für das jeweilige Instandhaltungsobjekt erfolgt unter Betrachtung des jeweiligen Risikos. Bewertungsfaktoren sind die Abschätzung von Zustand und Wichtigkeit des Instandhaltungsobjektes. Für diese Form der Instandhaltung ist zusätzlich eine Risikobewertung notwendig.

Risikoorientierte Instandhaltung

Das Risiko wird als Produkt von Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens und dessen Auswirkungen gesehen:

$$\text{Risiko} = \text{Auswirkungen} \times \text{Eintrittswahrscheinlichkeit}$$

Besonders in der aktuellen Diskussion durch die Corona-bedingten Einschränkungen im täglichen Leben gewinnt die Bewertung eines Risikos für jeden von uns an Bedeutung. So bewerten wir durchaus mehrmals am Tag, ob eine Tätigkeit ein Risiko beispielsweise für eine Infektion darstellen kann und welche Maßnahmen geeignet sind, dieses Risiko zu minimieren. Grundlage für diese Entscheidung sollte eine möglichst belastbare Information zur Auswirkung sowie zur Eintrittswahrscheinlichkeit sein. In Bezug auf Fernwärmenetze beschreibt das AGFW-Regelwerk [1] dazu die Auswirkung sowie die Eintrittswahrscheinlichkeit wie folgt:

• Auswirkungen (dargestellt durch die Wichtigkeit):

Die unterschiedlichen Auswirkungen oder Folgen eines Schadens werden in Form der Bewertung der Wichtigkeit eines Instandhaltungsobjektes erfasst. Somit gilt: Je höher die Wichtigkeit, desto weitreichender sind die negativen Auswirkungen eines Schadens an diesem Instandhaltungsobjekt auf den laufenden Betrieb.

• Eintrittswahrscheinlichkeit (bedingt durch die Zustandsänderung):

Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens ist eng mit dem aktuellen Zustand bzw. der Zustandsverschlechterung eines Instandhaltungsobjektes verknüpft. Vereinfacht kann somit der Zustand bzw. die Zustandsverschlechterung als Risiko-Indikator verwendet werden. Somit gilt: Je schlechter der Zustand eines Instandhaltungsobjektes, desto früher ist mit Schäden und damit verbundenen Ausfällen zu rechnen.

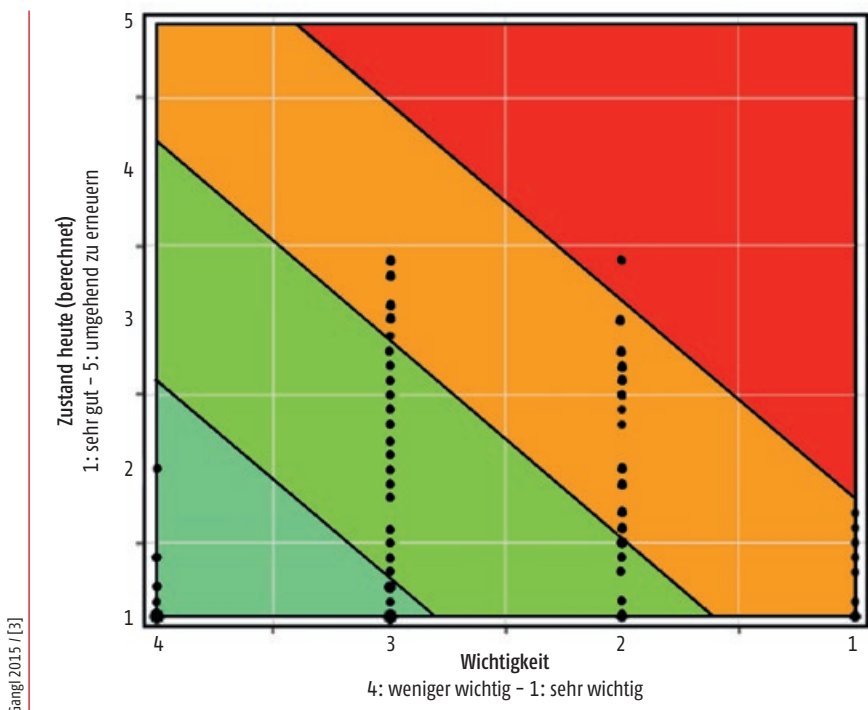


Abb. 1 – Beispiel einer Risikomatrix für ein Versorgungszet

Abbildung 1 zeigt eine Risikomatrix für ein Versorgungsnetz, in der die Wichtigkeit sowie der Zustand der Betriebsmittel in fünf Stufen eingeteilt ist. In der Regel verbleibt ein Betriebsmittel in derselben Wichtigkeit über den Lebenszyklus, aber der Zustand ändert sich mit der Zeit. Die schwarzen Punkte in der Abbildung stellen dabei die Anzahl an bewerteten Betriebsmitteln dar.

Die Instandhaltung dient dem Ziel, bestimmte Eigenschaften von Anlagen und Betriebsmitteln sicherzustellen. Diese Eigenschaften sind daher als Kenngrößen im Unternehmen zu definieren, da sie zum einen die Erfüllung des Versorgungsauftrages der Kunden garantieren sollen und zum anderen das wirtschaftliche Ergebnis des Versorgers wesentlich beeinflussen. Die Analyse von Instandhaltungsergebnissen sowie der Störungs-

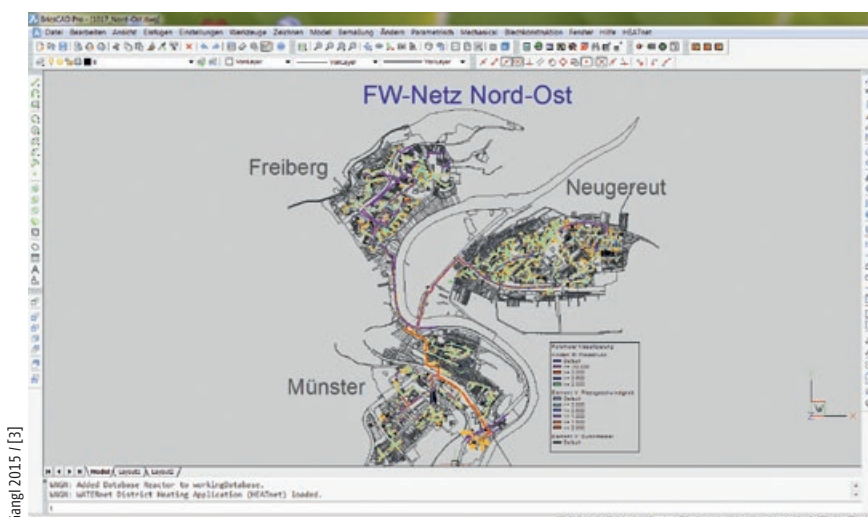


Abb. 2 – Teil des Fernwärmenetzes der EnBW in Stuttgart in der Software HEATnet

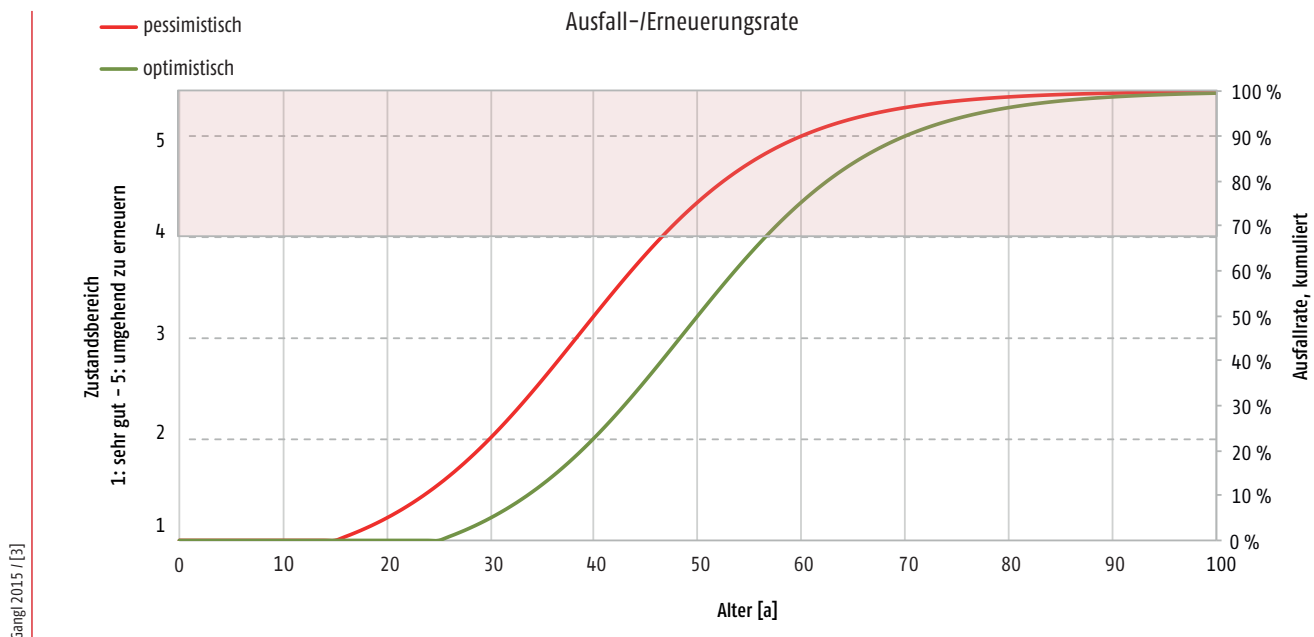


Abb. 3 – Zustandsverlauf eines Betriebsmittels über die Zeit

und Schadensstatistik kann zur Kosten-Nutzen-Kontrolle und zur Identifizierung von Einsparpotenzialen verwendet werden. Die Erkenntnisse können allerdings erst mit Zeitverzögerung in einen Optimierungsprozess einfließen, wenn z. B. das Betriebsverhalten durch zusätzliche Alterungseffekte beeinflusst wird.

Eine nachhaltige Rehabilitation von Betriebsmitteln sollte in Abhängigkeit vom betrachteten Planungszeitraum in die drei aufeinander aufbauenden Teil-

stand direkt beschrieben werden könnte. Daher bedarf es anderer Methoden zur Informationsgewinnung, um darauf eine Instandhaltungsstrategie aufzubauen.

Bewertung der Wichtigkeit

In einem vermaschten System ist es oft schwierig, für einzelne Leitungsabschnitte oder Betriebsmittel eine Wichtigkeit zu definieren, um damit auch das Ausmaß eines Schadens (Außerbetriebnahme) festzulegen. Hier bietet es sich an, über

stand mit der Zeit von einem sehr guten Zustand (Zeitpunkt der Verlegung) in einen Zustand, der das Versorgungsunternehmen veranlasst, dieses Betriebsmittel zu erneuern. Der Zustandsverlauf kann durch geeignete Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen verlangsamt werden. Wesentlich für zukünftige Investitionsentscheidungen ist daher die Beschreibung des Verlaufs der Zustandsänderung (Abb. 3). So kann eine Überlegung sein, ab einem Zustand 4 ein Bauteil zu erneu-

» Wesentlich für zukünftige Investitionsentscheidungen ist die Beschreibung des Verlaufs der Zustandsänderung von Betriebsmitteln. «

prozesse langfristige Reha-Strategie, mittelfristige Reha-Planung und Umsetzung der kurzfristig erforderlichen Reha-Maßnahmen untergliedert werden.

Datengrundlage in der Versorgungsbranche

Wie zu Beginn angeführt sind Fernwärmeleitungen größtenteils ab den 1960er- bis 1970er-Jahren verlegt worden. Teilweise sind die Systeme in Kanalbauwerken oder als Gebäudeleitung verlegt und bieten – je nach Zugänglichkeit – eine Möglichkeit, den Zustand direkt mit einer Sichtprüfung zu bewerten. Kunststoffmantelrohre können zusätzlich über ein Leckwarndrahtsystem verfügen, um Durchfeuchtungen frühzeitig zu erkennen. Ein größerer Teil an Verlegesystemen liegt aber oft über viele Jahre im Erdreich, ohne dass der Zu-

ein kalibriertes hydraulisches Rechenetzmodell Simulationen durchzuführen. So kann über die Nennweite oder die Durchflussmenge die Wichtigkeit in einem ersten Schritt bewertet werden. Über Ausfallszenarien und die Möglichkeit einer Ersatzversorgung kann sich diese Wichtigkeit aber noch verschieben.

In Abbildung 2 ist ein Teil des Fernwärmenetzes der EnBW in Stuttgart im hydraulischen Rechenetzmodell HEATnet dargestellt. Anhand des hydraulischen Rechenetzmodells können unterschiedliche Wichtigkeitsklassen einzelnen Betriebsmitteln auf der Basis durchgeführter Analysen zugewiesen werden.

Bewertung des Zustands

Betriebsmittel unterliegen einem Alterungsprozess, daher ändert sich der Zu-

ern. Daher sollte der Zeitpunkt, ab dem ein Zustand 4 erreicht wird, möglichst genau prognostiziert werden.

Bei Bauteilen, die direkt inspiziert werden können, kann ein Zustand durch geeignete Vorgaben (z. B. Inspektionsformblätter) beschrieben werden. Hier werden im AGFW FW 437 [4] Beispiele zur Beschreibung und Bewertung von Zuständen aufgelistet und beispielsweise ein Datenblatt zur Dokumentation des Zustands baulicher Anlagen angeführt. Werden die Ergebnisse in Abhängigkeit des Alters dargestellt, lässt sich daran ein mathematisches Alterungsmodell anpassen.

Eine ähnliche Möglichkeit bieten Armaturen, die, wenn sie im Schacht verlegt sind, einer direkten Inspektion durch Sichtkontrolle unterzogen werden können. Auch über die Messung der Gängig-



keit von Armaturen lassen sich Zustandsdaten erheben.

Ziel der Untersuchung war es, das Ende der Nutzungsdauer vom aktuellen Ausgangszustand (ca. 50 Jahre Nutzungsdauer im Betrieb) bis zum Versagen durch Leckage sowohl mit Bauteilversuchen als auch mit einer linear-elastischen Finite-Elemente-Berechnung zu simulieren. Die Befunde und Bewertungen aus den Ergebnissen der metallografischen Untersuchungen decken sich dabei sehr gut mit den Ergebnissen der durchgeführten Berechnungen (Abb. 4).

Asset-Management-Strategien und daraus abgeleitete Maßnahmen sollten im Zusammenspiel von operativen Erfahrungen und vorliegenden Daten erfolgen. Wie bereits ausgeführt gibt es dabei unterschiedliche Möglichkeiten, den Zustand eines Bauteiles möglichst optimal beschreiben zu können. Die gewonnenen Zustandsdaten können als Anpassung für ein Alterungsmodell verwendet werden. Es wird dabei angenommen, dass ein Betriebsmittel (Leitung, Bauteil) mit Zustand 1 (sehr gut) verlegt wird und das Ende der technischen Nutzungsdauer mit Zustand 5 (Ausfall) erreicht. Im Zusammenspiel mit der Wichtigkeit der Bauteile kann daraus eine risikoorientierte Rehabilitationsstrategie abgeleitet werden.

Um nun aus verschiedenen Lösungsvarianten das für das jeweilige Unternehmen optimale Szenario festzulegen, sollten diese Szenarien miteinander verglichen werden. Eine Vorgehensweise ist es dabei, den Kapitalwert von Szenarien mit unternehmensspezifischen Zielgrößen (z. B. Zustand) zu vergleichen, um eine



36 -bbr 07/08-2020

Basis zu erhalten, welches Ziel mit welchen Kosten in einem gewissen Zeitraum erreicht werden kann.

Mit zunehmender Alterung der Verlegesysteme und der damit verbundenen Zustandsverschlechterung steigt auch der Instandhaltungsaufwand. Mit ansteigendem Alter steigt zudem die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe und somit der Wärmeverlust. Der Anteil des Wärmeverlustes ist dabei ein nicht zu verachtender Kostenfaktor. In Deutschland kann von einem durchschnittlichen Fernwärme-Netzverlust von 13 % ausgegangen werden [2].

In Abbildung 5 ist ein Vergleich der festgelegten Szenarien zum Ende des Betrachtungszeitraums in Bezug auf den berechneten Gesamtnetzzustand und eingesetztem Kapital (Kapitalwert) dargestellt. Somit liegt dem Asset-Manager eine aussagekräftige Entscheidungsgrundlage vor, welche der berechneten Szenarien für ihn die optimale Lösung („Kosten-Nutzen“) darstellt.

Die Detailauswahl von zu erneuernden Betriebsmitteln kann in weiterer Folge über eine Prioritätenreihung auf der Grundlage unternehmensspezifischer Kriterien erfolgen. Die Festlegung einer Asset-Strategie und der Überführung in eine Prioritätenliste hat in der Regel nicht nur eine Auswirkung auf die Erneuerungen von Bauteilen. Als Ergebnis können auch Maßnahmen wie Erhöhung/Verminderung von Wartungs- oder Inspektionstätigkeiten vorliegen. Es können sich aus einer Mittelfristprognose aber auch Zeiträume für eine gezielte Inspektion ergeben, um einen bestimmten errechneten Zustand in der Realität zu verifizieren. Diese abgeleiteten

Maßnahmen sollten wieder im operativen Asset-Management Eingang finden, um den Datenkreislauf sicherzustellen.

Zusammenfassung

Eine optimale Investitionsstrategie auf der Grundlage verschiedenster Einflussfaktoren kann durch eine Vernetzung der im Unternehmen verfügbaren Daten unterstützt werden. Dabei sollte der gesamte Kreislauf – von der Datenerhebung über die Bewertung der Information, um daraus Strategien zu erarbeiten, bis hin zur Überführung der Ergebnisse der Strategie in den operativen Prozess – betrachtet werden. Mit einer Zusammenführung von spartenspezifischen Strategien auf eine unternehmensweite Mehrspartenstrategie kann ein weiterer großer Mehrwert geschaffen werden.

Ein wichtiger Aspekt in der Anwendung einer risikoorientierten Rehabilitationsplanung ist dabei die verfügbare Datengrundlage. Je belastbarer die Datengrundlage ist, desto präziser können hier Prognosen für die Zukunft durchgeführt werden.

Mithilfe von in der Regel vorliegenden Netzdaten (Schäden, Baujahr, Material, Zustand ...) können durch den Einsatz von geeigneten Softwareprodukten (wie z. B. PiReM) die unterschiedlichen Anforderungen in Szenarien übergeführt werden. Somit liegt dem Entscheidungsträger eine Bandbreite von möglichen Varianten in Bezug auf Budget und Risiko vor, aus der die für das jeweilige Unternehmen optimale Strategie abgeleitet werden kann. Die Unternehmen RBS wave (Software PiReM), VertiGIS, Bittner+Krull sowie K3V

Solutions sind dabei in einer Kooperation, um als „Union Now“ den beschriebenen Datenkreislauf von Datenerhebung, Betrieb, Strategie und Umsetzung bestmöglich abbilden zu können.

Literatur

- [1] AGFW FW 114 (2014): Instandhaltungsstrategien und Rehabilitationsplanung, Mindestanforderungen, www.agfw.de
- [2] AGFW-Hauptbericht 2018 (öffentlicher Teil), www.agfw.de
- [3] Gangl, G. (2015): Risikoorientierte Instandhaltung mit softwaregestützter Zustandserfassung und Rehabilitationsplanung, AGFW-Seminar Betrieb und Instandhaltung von Fernwärmeverteilanlagen, 13.-14.01.2015.
- [4] FW 437 (2017): Bauliche Anlagen in der Fernwärme – Überwachung und Prüfung, www.agfw.de
- [5] Nothdurft, R., Buhl, P. (2019): Experimentelle und rechnerische Ermittlung der Restlebensdauer von Kompensatoren in Fernwärmenetzen – Umsetzung und Erkenntnisse, Fachtagung TÜV Süd Predictive Maintenance in der Energie- und Anlagentechnik, 27.-28.11.2019, München.
- [6] Gangl, G., Schagowetz, G., Wonaschütz, M. (2017): Umsetzung eines Asset-Management-Systems in einem Mehrspartenunternehmen, bbr Leitungsbau | Brunnenbau | Geothermie 11/2017.

Autor

Dr. Gerald Gangl
RBS wave GmbH
Postfach 31 15 08
70475 Stuttgart
g.gangl@rbs-wave.de
Tel.: 0711 18571586
www.rbs-wave.de



Rohrnetzüberwachung



DIE Investition, um in der Zukunft Kosten zu sparen!

- Eine gut geplante Rohrnetzüberwachung sorgt für den problemlosen Betrieb von Fernwärmenetzen.
- Je früher ein Schaden an unterirdisch verlegten Rohren bemerkt wird, desto günstiger können die Reparaturkosten ausfallen.



LANCIER Monitoring GmbH Überwachungsspezialist seit über 50 Jahren
Gustav-Stresemann-Weg 11 • 48155 Münster • Tel. +49 (0) 251 674 999-0 • Fax +49 (0) 251 674 999-99 • mail@lancier-monitoring.de