

III/6 Instandhaltungsstrategien als Grundlage für das ASSET-Management von Verteilernetzen

Dipl.-Ing. Dr. techn. Gerhard Kiesselbach

1. Einleitung

Im aktuellen Umfeld der Energieversorgung hat sich das Asset-Management zu einem zentralen Bestandteil von Netzbetrieb und Netzplanung entwickelt. Im Hinblick auf die Verpflichtung und Verantwortung der Netzbetreiber für den nachhaltig sicheren und zuverlässigen Betrieb der Netze sind hinreichend genaue Informationen über den Zustand sowie die Zuverlässigkeit der im Netz vorhandenen Komponenten in Abhängigkeit relevanter Parameter erforderlich. Der zunehmende Kostendruck verlangt von den Netzbetreibern mit weniger Mitteln effizienter die bestehende Versorgungsqualität zu erhalten. Durch die Entflechtung der Versorgungsunternehmen und die Eigenverantwortung des Netzbetriebes gewinnt die Instandhaltung im Hinblick auf den Zustands- und Werterhalt der Verteilernetze zunehmend an Bedeutung, wobei jedoch als wesentlichstes Kriterium die technische Sicherheit und Zuverlässigkeit der Rohrleitungen und Anlagen anzuführen ist. In diesem Spannungsfeld sind geeignete Instandhaltungsstrategien erforderlich.

Wie die Erfahrungen zeigen, ist der Zustand einer Leitungsanlage wesentlich für den nachhaltig sicheren und zuverlässigen Netzbetrieb. Da sich in den letzten Jahrzehnten vor allem die Umgebungs- und Betriebsbedingungen für Ver- und Entsorgungsleitungen verändert haben, können Informationen über den Zustand von Leitungsabschnitten nur aus unternehmensinternen Dokumentationen im Zusammenhang mit der Überwachung und den daraus folgenden statistischen Auswertungen abgeleitet werden. Das Alter einer Leitungsanlage alleine ist nicht repräsentativ für deren Zustand.

Die verschiedenen Rohrwerkstoffe mit den unterschiedlichen Schutzhüllungen, die teils gravierenden Unterschiede in den örtlichen Umgebungs-, Belastungs-, Einbau- und Betriebsbedingungen sowie die sich mit der Zeit im System „Fahrbahn-Boden-Rohr“ ergebenden Veränderungen für erdverlegte Rohrleitungen, z. B. Änderung der Verkehrsverhältnisse, Bewuchs in der Umgebung, Änderungen der Grundwasserverhältnisse, Aufgrabungen in der Umgebung von Rohrleitungen in städtischen Verteilernetzen usw. machen es notwendig, zur Abschätzung des Zustandes von erdverlegten Rohrleitungen Leitungsgruppen festzulegen, die Nutzungsdauerreduzierende Unterschiede berücksichtigen.

Aufgrund der historischen Entwicklung der Verteilernetze sowie der Vielfalt der verwendeten Rohrwerkstoffe, Rohre, Rohrverbindungen, Korrosionsschutzmaßnahmen usw. zeigt sich, dass unterschiedliche Instandsetzungsstrategien für die Verteilernetze erforderlich sind. In dem Zusammenhang ist auch auf das unterschiedliche Verhalten der verschiedenen Rohre und Rohrwerkstoffe zufolge der mechanischen, chemischen und physikalischen Einwirkungen durch den umgebenden Boden sowie die sonstigen Belastungs- und Umgebungsverhältnisse hinzuweisen. Aus den genannten Gründen ist eine individuelle Erfassung des Zustandes und Bewertung der Netze im Hinblick auf die erforderliche Instandsetzung von Leitungsabschnitten bzw. Leitungsgruppen notwendig. Eine Methode dazu wird beispielhaft im folgenden Abschnitt vorgestellt.

2. Instandsetzungsstrategie für Verteilerleitungen

Durch die Entwicklungen der Rahmenbedingungen in den letzten Jahren werden unterschiedliche Strategien bei der Instandsetzung von Verteilerleitungen angewendet. Neben der ereignisbezogenen Instandsetzung in Form der Reparatur von Schäden wird aufgrund der Bestandsdynamik sowie der Eigenverantwortung der Netzbetreiber in Zukunft auch die zustandsorientierte vorbeugende Instandsetzung zur Sicherstellung des nachhaltig sicheren und zuverlässigen Betriebes eine wesentliche Rolle spielen. Für die vorbeugende Instandsetzung von Verteilerleitungen wird es notwendig sein, neue an die Rahmenbedingungen angepasste Strategien zu entwickeln und umzusetzen, vor allem im Hinblick auf die Planbarkeit von kurz-, mittel- und langfristigen Instandsetzungsmaßnahmen im Zusammenhang mit den Anforderungen an einen sicheren und zuverlässigen Netzbetrieb sowie den Netzkosten. Eine wesentliche Anforderung an Instandsetzungsstrategien für den Netzbetrieb ist die Schaffung nachvollziehbarer Grundlagen für die Planbarkeit des erforderlichen Personals bei den Netzbetreibern, der erforderlichen Kapazitäten und der Verfügbarkeit von qualifizierten Fachunternehmen, aber auch für die Bereitstellung der Budgetmittel, um den notwendigen Instandsetzungsaufwand transparent und nachvollziehbar darlegen zu können.

Die ereignisbezogene Instandsetzung von Leitungsabschnitten in Verteilernetzen ergibt sich einerseits aus dem Auftreten von systembedingten Schäden an den Rohren, Rohrformstücken und Rohrverbindungen und andererseits aufgrund von Fremdbeschädigungen der Rohrleitungen durch z. B. Grabungsarbeiten im Bereich der Rohrleitungen. Die Behebung dieser Schäden erfolgt vorwiegend durch lokale Reparatur bzw. im Einzelfall auch durch die Sanierung oder Erneuerung der Leitungsabschnitte. Diese Reparaturarbeiten fallen in einem Verteilernetz analog zu den Schäden zufällig an, wobei im Mittel die Anzahl derartiger Schäden pro Jahr bei den Netzbetreibern aus der Schadensstatistik bekannt ist. Es lässt sich vorweg jedoch nicht vorhersehen, wo und wann diese Schäden auftreten. Die Netzbetreiber wissen somit bereits zu Jahresbeginn mit wie vielen Schäden am Verteilernetz in einem Jahr annähernd, im Hinblick auf die Planung des Personals, der Verfügbarkeit von Fachunternehmen sowie der Budgetmittel, zu rechnen ist. Nicht planbar ist jedoch, wo und wann die entsprechenden Reparaturarbeiten durchzuführen sind, da diese Schäden als Ereignis im Einzelnen nicht vorhersehbar sind.

Aus der Schadensdokumentation der Netzbetreiber lässt sich ableiten, welche Rohrwerkstoffe bzw. Leitungsabschnitte besonders anfällig für Schäden im Netzgebiet sind. Dies ergibt sich einfach durch Auswertung der Schadensdokumentationen in Abhängigkeit vom Rohrwerkstoff, den Rohren mit dem spezifischen Korrosionsschutz und den Rohrverbindungen, den Verlege- und Einbaubedingungen, der jeweiligen Bodenaggressivität, der Lage im Netzbereich, usw. wo bevorzugt Schäden auftreten. Diese Informationen sind ein wesentlicher Indikator für den Handlungsbedarf bezüglich der planmäßigen, vorbeugenden Instandsetzung von Leitungsabschnitten in einem Verteilernetz.

Kriterien für die planmäßige, vorbeugende Instandsetzung von Leitungsabschnitten bzw. von Leitungsgruppen in einem Verteilernetz lassen sich aus einer Prognose der zukünftigen Entwicklung des Zustandes des Verteilernetzes, aufgrund der jeweiligen Bestandsdynamik sowie der Schadensdynamik, ableiten. Wesentliche Kennwerte dafür sind die sogenannte „Schadensrate“, also die Anzahl von Schäden pro Kilometer Leitungslänge und Jahr in einem bestimmten Verteilernetz sowie die „Erneuerungsrate“, also die vorbeugend zu erneuernde Leitungslänge pro Jahr bezogen auf die gesamte Leitungslänge im Verteilernetz. Im Folgenden wird der prinzipielle Weg

der Prognose der zukünftig zu erwartenden Entwicklung des Zustandes eines Verteilernetzes als Grundlage für eine Instandsetzungsstrategie beispielhaft aufgezeigt.

Betrachtet man den Bestand eines globalen Verteilernetzes bzw. dessen historische Entwicklung, wie in **Bild 1** prinzipiell dargestellt, so zeigt sich einerseits, dass dieser Bestand in den letzten Jahrzehnten wesentlich zugenommen hat. Andererseits ist die Verlegung der Rohrleitungen nicht gleich verteilt über die Jahrzehnte erfolgt, sondern, wie in **Bild 2** prinzipiell dargestellt, eher wellenartig mit teilweise maximalen Verlegeleistungen pro Jahr, weit über dem Verlegedurchschnitt, offensichtlich im Zusammenhang mit Ausbauprogrammen und Neuaufschließungen der Versorgungsunternehmen.

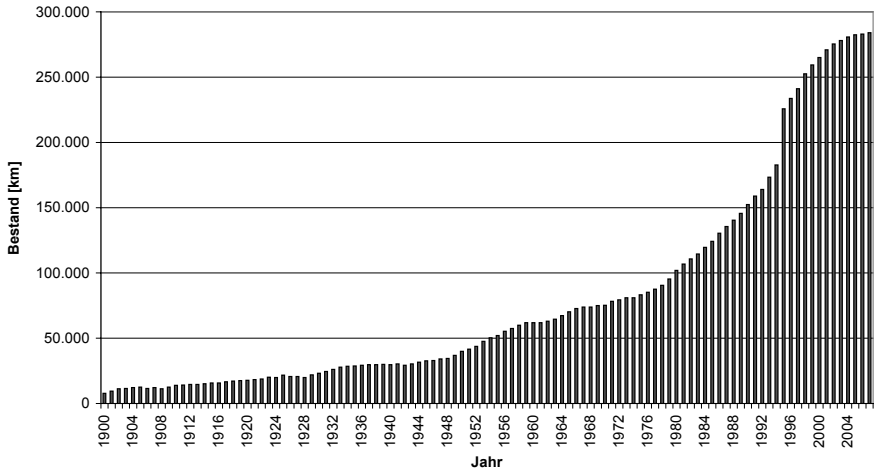


Bild 1: Entwicklung des Bestandes eines Verteilernetzes

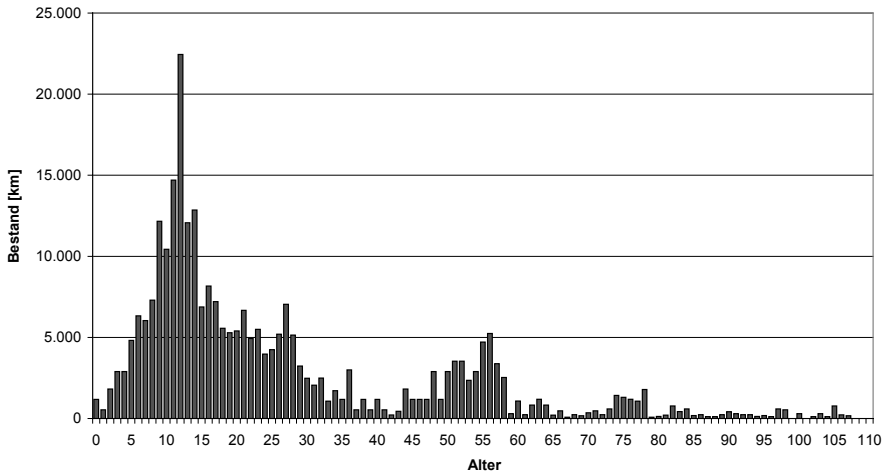


Bild 2: Altersverteilung des Bestandes des Verteilernetzes

Die Entwicklung des Bestandes sowie der Altersverteilung der Verteilernetze hat als Konsequenz, dass der Bestand jährlich älter wird und durch die derzeit eher geringen Erneuerungen sowie Netzerweiterungen nur mehr relativ wenig Leitungsabschnitte zum Bestand hinzukommen. Die Darstellungen in den Bildern 1 und 2 zeigen prinzipiell die Bestandsentwicklung eines Verteilernetzes einerseits über die letzten Jahrzehnte und andererseits die Altersverteilung des gesamten Bestandes. Deutlich ist daraus zu erkennen, dass gerade für jenes Alter, wo ein großer Bestand vorhanden ist, auch ein entsprechend hoher Instandhaltungsbedarf angenommen werden muss. Damit kann der Instandhaltungsbedarf bzw. der Instandhaltungsaufwand nicht einfach über die Altersverteilung gemittelt werden, sondern muss an die Alterstruktur des jeweiligen Bestandes angepasst sein.

In **Bild 3** ist die Entwicklung der Schäden über die Jahre seit 1980 in dem Verteilernetz prinzipiell dargestellt. Deutlich ist zu erkennen, dass die mittlere Anzahl von Schäden an den Verteilerleitungen in den letzten Jahren seit 1980 nicht wesentlich abgenommen hat und somit auch keine Verbesserung des Zustandes des Verteilernetzes abgeleitet werden kann. Dies ist auch dadurch zu erklären, dass die derzeitigen Instandsetzungsmaßnahmen sich vor allem auf Rohrleitungsabschnitte aus den Zeitbereich vor etwa 1960 beziehen und damit die starken Zuwächse im Bestand der Verteilernetze aus dem Zeitbereich von etwa 1970 bis 1990 noch gar nicht berücksichtigt sind. Legt man diese Erkenntnisse dem zukünftigen Instandsetzungsbedarf zugrunde, so erkennt man sehr einfach, dass der Instandsetzungsbedarf in Zukunft zumindest gleich wie in den letzten Jahren sein wird.

Betrachtet man Auswertungen von Schadensstatistiken der Netzbetreiber, so ist zu erkennen, dass analog zu Bild 3 die Anzahl der Schäden pro Jahr im Mittel nicht wesentlich abnimmt, wie dies zB im Rahmen von Präsentationen der DVGW-Schadensstatistik für Erdgasleitungen in Deutschland behauptet wird, sondern dass durch die Erweiterung des Netzbestandes zufolge Neuaufschließungen bzw. durch Netzerweiterungen in den letzten Jahrzehnten viele neue Leitungsabschnitte hinzugekommen sind. Diese Entwicklungen führten zu einer Vergrößerung des Netzbestandes in den letzten Jahren aber zu keiner Reduktion der Schäden am Altbestand und fallen daher im Rahmen der Instandhaltungsstrategie auch nicht ins Gewicht.

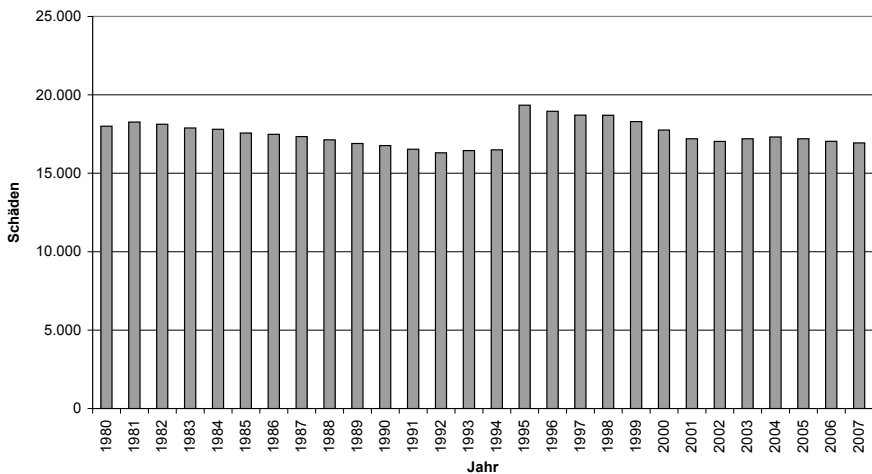


Bild 3: Entwicklung der Schäden in dem Verteilernetz über die Jahre seit 1980

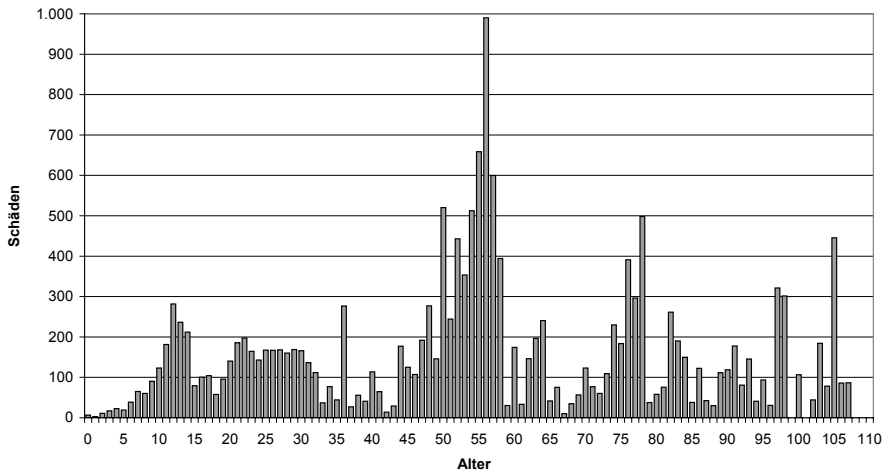


Bild 4: Altersverteilung von Schäden in dem Verteilernetz

In **Bild 4** ist die Verteilung von Schäden über dem Alter im Verteilernetz prinzipiell dargestellt. Die Analysen der Schadensstatistiken zeigen, dass bereits sehr junge Rohrleitungsabschnitte mit einem Alter von etwa 10 bis 30 Jahren zu Schäden neigen können, wobei die Häufigkeit der Schäden immer im Zusammenhang mit dem Bestand zu sehen ist. Dort wo ein sehr hoher Bestand mit einem geringen Alter vorhanden ist, sind auch entsprechende Schäden vorhanden. Die Annahme, dass alte Leitungsabschnitte zu weniger Schäden neigen als jüngere ist nicht nachvollziehbar und ergibt sich lediglich daraus, dass der Bestand an alten Leitungsabschnitten nur mehr gering ist und daher weniger Schäden auftreten können. Betrachtet man die Schadensrate älterer und alter Leitungsabschnitte, so ist deutlich zu erkennen, dass die Schadensrate dieser Leitungsabschnitte wesentlich höher ist als die Schadensrate jüngerer Leitungsabschnitte.

In **Bild 5** ist die Altersverteilung des Bestandes und der Schäden für das Verteilernetz gemäß Bild 1 dargestellt. Deutlich ist die Korrelation zwischen der Altersverteilung des Bestandes und der Altersverteilung der Schäden zu erkennen. Dort wo bei relativ jungen Leitungsabschnitten ein hoher Bestand vorhanden ist, treten trotz der geringen Schadensrate vermehrt Schäden auf. Deutlich ist dies aus Bild 5 im Altersbereich zwischen 10 und 15 Jahren zu entnehmen. In Bild 5 ist zusätzlich auch die Altersverteilung der Schadensrate prinzipiell dargestellt. Die Schadensrate ist ein repräsentativer Kennwert für die Beurteilung des Zustandes von Leitungsabschnitten und ergibt sich aus der Entwicklung des Bestandes und der Schäden. Aus Bild 5 ist deutlich die Korrelation zwischen der Altersverteilung des Bestandes, der Schäden sowie der Schadensrate zu erkennen. Dort wo ein hoher Bestand vorhanden ist, sind aufgrund der Schadensrate auch für relativ junge Leitungsabschnitte mehr Schäden vorhanden. Für ein hohes Leitungsalter ist zwar die Schadensrate relativ hoch der Bestand aber geringer als bei den jungen Leitungsabschnitten, da in diesen Baujahren entweder weniger gebaut wurde oder bereits viele dieser Leitungsabschnitte erneuert wurden.

Auswertungen für Verteilernetze zeigen, dass verschiedene Leitungsgruppen entsprechend den vorhandenen Rohrwerkstoffen, Korrosionsschutzhüllungen, Verlege- und Einbauverhältnissen, usw. unterschiedliche Verteilungen der Schadensrate über dem Alter zeigen und damit eine

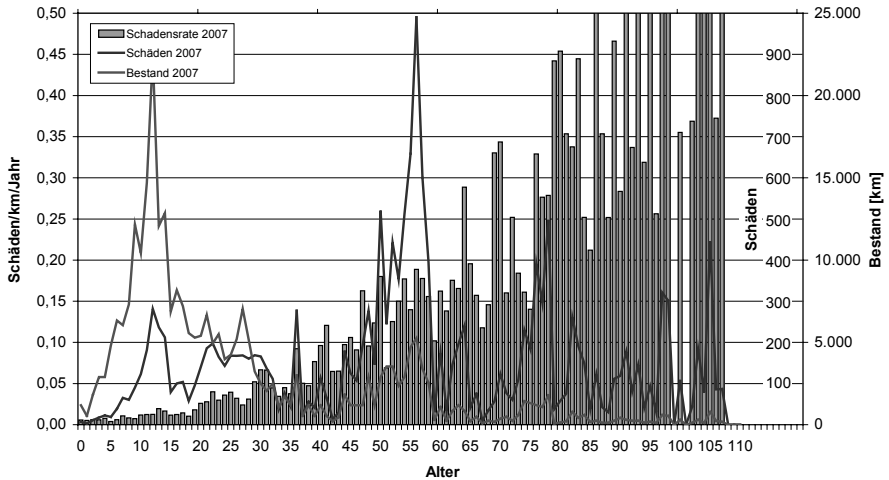


Bild 5: Altersverteilung von Bestand, Schäden und Schadensrate in dem Verteilernetz

Beurteilung des Zustandes unterschiedlicher Leitungsabschnitte in einem Netz möglich ist. Das Alter eines Leitungsabschnittes muss für die Instandsetzung nicht maßgebend sein, sondern es gibt vielfach jüngere Leitungsabschnitte, die aufgrund ihrer Gruppenzugehörigkeit bzw. ihres statistisch zu erwartenden Zustandes ein höheres Schadensrisiko zeigen als ältere Leitungsabschnitte. Die Einteilung der Rohrleitungen in Leitungsgruppen ist wichtig für die Instandsetzungsstrategie, da sich aus der Verteilung der Schadensrate für die verschiedenen Leitungsgruppen der Handlungsbedarf für die planmäßige, vorbeugende Instandsetzung von bestimmten Leitungsabschnitten ableiten lässt.

Mit Hilfe eines Prognosemodells lässt sich aufgrund der Bestandsdynamik sowie der Schadensdynamik in einem Verteilernetz die zukünftige Entwicklung der Schäden am Rohrnetzbestand gemäß **Bild 6** ableiten. Die Prognose berücksichtigt dabei einerseits, wenn im Rahmen der Instandsetzungsstrategie nur auf Schäden, also ereignisbezogen ohne zusätzliche vorbeugende Erneuerungen – Erneuerungsrate 0 % – reagiert wird und andererseits, wenn planmäßige, zustandsorientierte vorbeugende Instandsetzungen mit bestimmten Erneuerungsraten zukünftig systematisch im Netz durchgeführt werden.

In Bild 6 ist, unter der Voraussetzung eines gleich bleibendem Rohrnetzbestandes, die zukünftig zu erwartende Entwicklung der Schäden in dem Verteilernetz nach Bild 1 aufgrund der Prognose über die nächsten 50 Jahre prinzipiell dargestellt. Ausgehend von der Anzahl der Schäden im jeweiligen Bezugsjahr können sich die folgenden Entwicklungen in Abhängigkeit von der Erneuerungsrate zeigen.

Erfolgt die Instandsetzung nur außerplanmäßig, ereignisorientiert, werden also nur die auftretenden Schäden repariert, so zeigt sich, dass die Schäden pro km und Jahr von 2007 mit einer Schadensrate von etwa 0,06 Schäden pro km und Jahr mit den Jahren bei gleichbleibendem Rohrnetzbestand kontinuierlich anwachsen und etwa 2025 die doppelte Schadensrate und bis

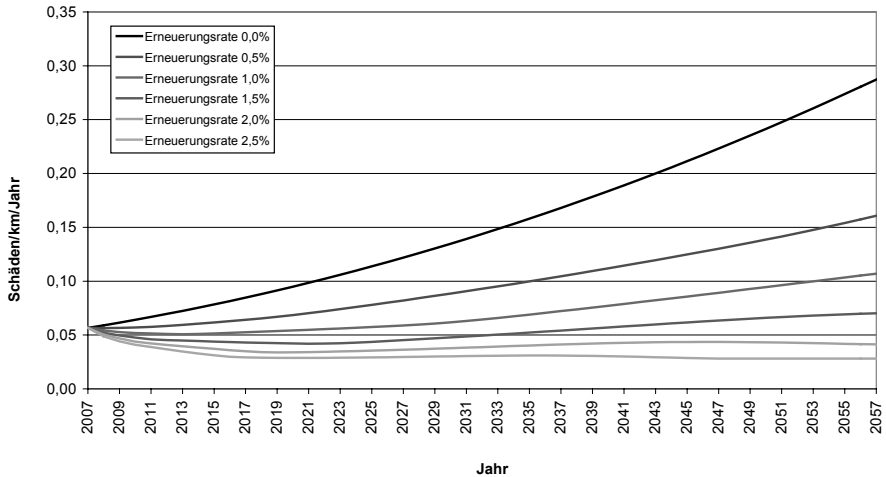


Bild 6: Prognose der zukünftigen Schadensentwicklung für das Verteilernetz gemäß Bild 1 mit gleichbleibendem Bestand bei Erneuerungsraten zwischen 0 und 2,5 %

2049 etwa die vierfache Schadensrate erreicht ist. Dies bedeutet, dass die Anzahl der Schäden von etwa 17000 pro Jahr bis 2025 auf den doppelten Wert, also auf etwa 34000 pro Jahr und bis 2049 auf den vierfachen Wert, also auf etwa 68000 Schäden pro Jahr ansteigen. Daraus leitet sich eine wesentliche Verschlechterung des zukünftigen Zustandes des betrachteten Verteilernetzes gemäß Bild 1 ab, wenn nur die Reparatur der auftretenden Schäden und keine zusätzlichen zustandsorientierten vorbeugenden Instandsetzungen durchgeführt werden. Weiters steigen die Anforderungen an das Personal der Netzbetreiber, der Fachunternehmen sowie die erforderlichen Budgetmittel wesentlich an.

In Bild 6 ist auch die Prognose der zukünftig zu erwartende Entwicklung der Schäden pro Jahr für das Verteilernetz gemäß Bild 1 angegeben, wenn zustandsorientierte vorbeugende Instandsetzungen mit verschiedenen Erneuerungsraten von 0,5 bis 2,5 % der Rohrnetzlänge pro Jahr durchgeführt werden. Bild 6 zeigt, dass erst ab einer Erneuerungsraten von etwa 1,5 bis 2,0 % der Rohrnetzlänge pro Jahr der zukünftige Zustand des Verteilernetzes über die nächsten 50 Jahre annähernd auf dem derzeitigen technischen Standard gehalten werden kann. Diese zukünftige Entwicklung sollte aufgrund der Verpflichtungen der Netzbetreiber nach den rechtlichen, technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen für den Netzbetrieb, zumindest im Hinblick auf den geforderten nachhaltig sicheren und zuverlässigen Netzbetrieb angestrebt werden, damit keine Verschlechterung des Zustandes der Leitungsabschnitte bzw. der Verteilernetze insgesamt eintritt. Eine Verbesserung des Zustandes des betrachteten Verteilernetzes ist erst ab einer Erneuerungsraten von etwa 2,0 bis 2,5 % der Rohrnetzlänge bei gleichbleibendem Rohrnetzbestand über die nächsten 50 Jahre zu erwarten, wobei hierbei die Bestandsentwicklungen in den letzten Jahrzehnten entsprechend berücksichtigt sind.

3. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Aufgrund der rechtlichen, technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen für den Betrieb von Verteilernetzen sind die Netzbetreiber verpflichtet, die Netze instandzusetzen und damit Re-Investitionen in die Verteilerleitungen zu tätigen. Diesbezüglich sind jedoch in den Regeln der Technik keine Anhaltswerte z. B. für eine zulässige Schadensrate oder eine erforderliche Erneuerungsrate zu finden. Im vorliegenden Beitrag wurde beispielhaft für ein bestimmtes globales Verteilernetz mit Hilfe eines neuen Prognosemodells die zukünftige Entwicklung der Schäden aufgrund der Bestandsdynamik sowie der Schadensdynamik der letzte Jahrzehnte bzw. die Entwicklung des zukünftig zu erwartenden Zustandes aufgezeigt.

Erfolgt in Zukunft nur die Reparatur von Schäden in dem Verteilernetz ohne planmäßige vorbeugende Instandsetzung, so steigt die Schadensrate aufgrund der Prognose in den nächsten Jahren stark an. Dies führt vorhersehbar zu einer Verschlechterung des Zustandes der Leitungsabschnitte und damit zu einem Anstieg der Schäden an den Verteilerleitungen im Netz. Diesbezüglich ist die Frage zu stellen, ob sich die Netzbetreiber im Hinblick auf den geforderten nachhaltig sicheren und zuverlässigen Netzbetrieb einen Anstieg der Schäden grundsätzlich leisten können, wobei sich daraus auch ein Wertverlust der Verteilernetze ableiten lässt. Eine entsprechende Verbesserung der Schadensrate und damit des Zustandes der Leitungsabschnitte kann nur durch vermehrte planmäßige, vorbeugende Instandsetzung von Leitungsabschnitten bzw. durch Re-Investitionen in die Verteilernetze erreicht werden.

Fällt aufgrund der Prognose die Schadensrate mit den Jahren ab, so bedeutet dies eine zukünftige Reduktion von Schäden und damit auch eine Verbesserung des Zustandes der Leitungsabschnitte sowie auch eine Reduktion des zukünftigen Instandhaltungsaufwandes bzw. des Aufwandes für den Netzbetrieb. Um diesen Zustand zu erreichen, bedarf es jedoch systematischer Investitionen bzw. Re-Investitionen in die Netze in Form von planmäßigen, zustandsorientierten vorbeugenden Instandsetzungen. Der Vorteil derartiger Maßnahmen besteht darin, dass eine kurz-, mittel- und langfristige Planbarkeit der jährlichen Instandsetzungsmaßnahmen bzw. des jährlichen Instandhaltungsaufwandes auch hinsichtlich des erforderlichen Personals bei den Netzbetreibern, der erforderlichen Fachunternehmen sowie der Budgetmittel möglich ist. Planmäßige, zustandsorientierte vorbeugende Instandsetzungsmaßnahmen sind ein wesentlicher Beitrag zur geforderten Versorgungsqualität für die Kunden und ein planbarer Anteil an den Netzkosten in der Diskussion mit der Regulierungsbehörde.

Verfasser: Dipl.-Ing. Dr. techn. Gerhard Kiesselbach
Dr. Kiesselbach Consulting GmbH
Wienerbergstraße 7
A-1100 Wien
Telefon: 0043 1 60 70 940
Telefax: 0043 1 60 70 940 20
e-mail: kiesselbach@via.at