Christian Ehlers

Nachhaltige Trinkwasserversorgungssysteme

auf Basis von Lebenszyklusanalysen und eines Instandhaltungs- und Instandsetzungsprogramms

Insbesondere in Zeiten zunehmend knapper werdender Budgets der öffentlichen Hand gilt es die Funktions- und Werterhaltung sowie den Betrieb von Trinkwasserversorgungssystemen mit möglichst geringem monetärem Aufwand nachhaltig sicherzustellen. Die Entwicklung eines Instandhaltungs- und Instandsetzungsprogramms von Trinkwasserversorgungssystemen schafft Grundlagen und Rahmenbedingungen auf deren Basis eine Koordination der laufenden Instandhaltungs- und Instandsetzungsarbeiten über die gesamte Zeit ihres Lebenszyklusses ermöglicht wird. Damit wird ein wichtiger Baustein der Entscheidungsgrundlage für eine langfristige vorausschauende Planung und entsprechend vorzuhaltende Budgetierung für den Anlagenbetreiber gelegt.
Der vorliegende Fachartikel basiert auf einer 2012 fertiggestellten Diplomarbeit des Autors an der FH JOANNEUM in Graz.

1. ZIELSETZUNG

Anlass zur Erstellung des vorliegenden Artikels ist die aktuelle und künftig an Bedeutung zunehmende Nachhaltigkeitsdiskussion in der Baubranche sowie die Berücksichtigung und Optimierung einer ganzheitlichen Lebenszykluskostenbetrachtung.

Neben der Forderung an die heimischen Trinkwasserversorger zur sicheren Wasserlieferung in hoher Qualität und zunehmenden effektiven wirtschaftlichen Betriebsführung, soll die Anregung eines Trinkwassermanagements als ganzheitlicher Ansatz in die Detailüberlegungen mit einbezogen werden.

Die zu Grunde liegenden Trinkwasserversorgungssysteme sind den kleinräumig regional strukturierten öffentlichen Versorgern zuzuordnen deren Betreiberorganisationsform sich als Wassergenossenschaft gem. dem Wasserrechtsgesetz 1959 darstellt.

Der Focus der folgenden Betrachtungsweisen wird im Sinne des Siedlungswasserbaues als Teil der Siedlungswasserwirtschaft auf bestehende in der Betriebsphase befindliche Wasserversorgungssysteme mit deren ingenieurbaulichen Anlagenteilen und infrastrukturellen Einrichtungen sowie den verwendeten Baumaterialien gelegt um eine gesicherte Gewinnung, Aufbereitung, Speicherung und Verteilung von Trinkwasser in genügender Menge, Qualität und bei genügendem Druck zu gewährleisten.

Ergebnisse
Der im Sinne eines idealisierten Systems anstehende Instandsetzungsaufwand und laufend erforderliche Instandhaltungsaufwand wird durch eine Kostengliederungszuordnung nach ÖNORM B 1801-1 und -2 transparent abgebildet. Mit der Auswertung und Analyse der gewonnenen Daten wurde der erforderliche Sanierungsaufwand und laufende Instandhaltungsaufwand erhoben und das vorliegende Programm anhand von Zeitplänen mit einer Prioritätenreihung der zu setzenden Maßnahmen entwickelt. Dies impliziert die Kenntnis der verwendeten Baumaterialien sowie deren zu erwartender Lebensdauer und den derzeitigen Bauzustand.

Das Ergebnis - auf Basis einer detaillierten Dateneingabe mit Eingabeparametern aus der Vergangenheit und der Gegenwart sowie anschließender Datenanalyse - erlaubt eine vorausschauende Prognose mit einer Formulierung von kurz-, mittel- und langfristigen Zielen und allen daraus abzuleitenden Maßnahmen.

Damit wird eine gezielte Steuerung und Koordinierung aller zur Erhaltung des Betriebes von Trinkwasserversorgungssystemen erforderlichen Aufwände über die gesamte Zeit ihres Lebenszyklusses sichergestellt.

Abb. 1: Grobelementgliederung

2. STRUKTURÜBERBLICK DER TRINKWASSERVERSORGER IN ÖSTERREICH

Die Struktur der Trinkwasserversorger in Österreich gliedert sich in private und öffentliche Betreiber. In Österreich werden ca. 90% der Bevölkerung durch zentrale Wasserversorgungsanlagen bedient. Ist keine öffentliche Wasserversorgung vorhanden, muss die Wasserversorgung zur Deckung des Eigenbedarfs durch Quellfassung oder Brunnen erfolgen.

Der Anschlussgrad an ein öffentliches Wasserversorgungsnetz ist mit ca. 90% der Bevölkerung Österreichs sehr hoch. Öffentliche Trinkwasserversorger garantieren die einwandfreie Qualität des Trinkwassers sowie die Bereitstellung dergleichen über ein weit verzweigtes unterirdisches Verteilersystem bis zur privaten Übergabestelle (dem Wasserzähler) von welcher in weiterer Folge im Inneren des Hauses dem Hauseigentümer die weitere Verantwortung für die Wasserqualität obliegt.

Außerhalb der Großstädte und Ballungszentren ist die regionale Wasserbewirtschaftung mit kleinräumig strukturierten Versorgern fest in kommunaler bzw. genossenschaftlicher Hand.

Lt. Angaben des ÖVGW wird die Versorgung mit Trinkwasser in Österreich derzeit durch rund 1.900 kommunale Anlagen, rund 165 Wasserverbände und rund 3.400 Wassergenossenschaften wahrgenommen. Somit versorgen fast 5.500 Wasserversorgungsunternehmen die österreichische Bevölkerung mit qualitativ hochwertigem Trinkwasser.

Eigenkontrolle und Fremdüberwachung
Gemäß der Informationsbroschüre „Öffentliche Wasserversorgungsanlagen – Eigenkontrolle und Fremdüberwachung im Bundesland Salzburg“ ist der Anlagenbesitzer und Betreiber, sobald das Trinkwasser in Verkehr gebracht wird (d.h., an Dritte weitergegeben wird z.B. Tourismus, Vermietung), u.a. verpflichtet sich angesichts des zur Verfügung gestellten Wassers einer wiederkehrenden aufsichtsbehördlichen Überprüfung zu unterziehen. Hinsichtlich der technischen Überwachung von öffentlichen Trinkwasserversorgungsanlagen wird auf die ÖNORM B 2539 (12/2005) verwiesen. Für die technische Fremdüberwachung ist der § 134 des Wasserrechtsgesetzes 1959 idgF. maßgebend.

Grobelementgliederung von Trinkwasserversorgungssystemen
Für die Datenerhebung sowie die Datenanalyse werden die Anlagenbestandteile der untersuchten öffentlichen Trinkwasserversorgungssysteme einer Grobelementgliederung gem. Abbildung 1 zugeführt, wobei der Individualisierungsgrad und die Komplexität mit zunehmender Systemgröße in der Regel steigen.

> *Abb. 1*

- Wassergewinnung (Brunnen und/oder Quellfassungen)
- Wasseraufbereitung (Physikalische und/oder chemische Aufbereitungsverfahren inkl. elektro/maschineller Ausrüstung)
- Wasserspeicherung (Hoch- und/oder Tiefbehälter)
- Wassertransport und –verteilung (Transport-, Versorgung- und Hausanschlussleitungen)
- Wasserförderung (Pumpanlagen und Regeleinrichtung inkl. elektro/maschineller Ausrüstung)

3. LEBENSZYKLUS-BETRACHTUNG

Zielsetzung der folgenden Betrachtung ist es, sämtliche Einflussfaktoren und Kosten während des gesamten Lebenszyklus eines Systems zu optimieren und der Erreichung einer nachgewiesenen Nachhaltigkeit hinsichtlich Wertschaffung, Werterhaltung, Funktionserhaltung und Aufwertung gerecht zu werden. Eine weiterführende Überlegung der Lebenszyklusbetrachtung liegt in der angestrebten Optimierung der Betriebsphase.

So ergeben die Investitionskosten eines Gebäudes bzw. Gesamtsystems lediglich nur einen geringen Teil der gesamten Lebenszykluskosten. [2]

Innerhalb eines Trinkwasserversorgungssystems ist bei Lebenszyklusbetrachtungen zumindest zwischen drei Elementen zu unterscheiden:

- Bauwerke
- Maschinelle Ausrüstung
- Verteilungssystem

> *Abb. 2*

In der Wasserversorgung gilt es das Medium Trinkwasser von der Gewinnungsstelle bis zum Endverbraucher (Kunden) in hygienisch einwandfreier Qualität, genügender Menge und ausreichendem Druck dauerhaft und sicher zur Verfügung zu stellen. Dabei passiert das Transportmedium verschiedene ingenieurbauliche und infrastrukturelle Einrichtungen. Somit handelt es sich in der öffentlichen Trinkwasserversorgung nie um ein einziges Anlagenelement alleine sondern immer um eine Kombination bzw. einer der Fließrichtung folgenden Aneinanderreihung mehrere Anlagenteile und Einrichtungen, welche das Wasser passieren muss.

So wird jeder Anlagenteil explizit für sich betrachtet durch die verschiedenen Abschnitte seines Lebens begleitet. Dabei absolviert jedes einzelne Grobelement eine Planungs-, Errichtungs-, Betriebs-, Folge-, Abbruch-, Entsorgungs-, Nachkalkulations- und Controllingphase, wobei stets die Systemgesamtzusammenschau aller Grobelemente insbesondere in der Entwicklungsphase auf Basis der entsprechenden Dimensionierungs-

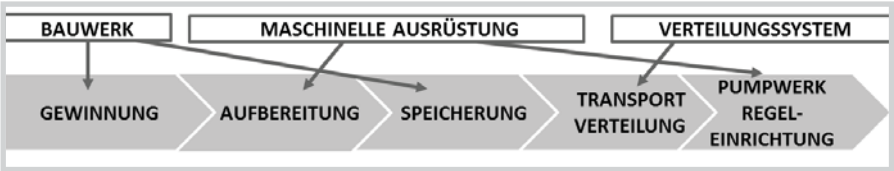

Abb. 2: Grobelementgliederung für die Lebenszyklusbetrachtung

grundlagen und Rahmenbedingungen unabdingbar ist. Eine zusammenfassende Einteilung bzw. grobe Gliederung in fünf Phasen stellt sich wie folgt dar:

> *Abb. 3*

Die Kenntnisse der Lebenszyklusphasen sowie der technischen Lebensdauer von Bau- und Werkstoffen schafft ein wichtiges Instrument für die Entscheidung der weiteren Vorgehensweise sowie eine Kostentransparenz.

Lebensdauer
Für die Berechnung der Lebenszykluskosten ist es entscheidend, folgende Frage zu beantworten: „Wie lange darf die Lebensdauer des jeweiligen betrachteten Bauteils angesetzt werden?“
Die Produktangaben über die (technische) Lebensdauer schwanken je nach Hersteller. Auch in der Fachliteratur lassen sich Angaben großer Bandbreiten feststellen. Um die Bandbreiteneingrenzung hinsichtlich der Angaben für Lebensdauern von Bauteilen in der Trinkwasserversorgung vom Detaillierungsgrad über eine Abschätzung hinaus weiter optimieren zu können und praxisgerechte Werte direkt von den Betreibern genossenschaftlich geführter Trinkwasserversorger aus erster Hand zu erhalten, wurde eine österreichweite Umfrage durchgeführt.

Zusammenfassend wird festgehalten, dass es keine technische Gesamtlebensdauer eines Trinkwasserversorgungssystems gibt sondern nur die Lebensdauer der einzelnen Bauteile bzw. Anlagenteile. Eine optimale Instandhaltung verlängert die Lebensdauer. Daraus lässt sich die Zielsetzung zur Verlängerung der wirtschaftlichen Lebensdauer für ein nachhaltiges System und einen nachhaltigen Geschäftserfolg ableiten.

In jüngster Zeit ist ein gegenläufiger Trend erkennbar. Einerseits nimmt die Lebensdauer von Bauwerken aus Stahlbeton bzw. die der Fertigteilbehälter tendenziell zu, andererseits verkürzen sich die Lebensdauern der Anlagen der elektro-/maschinellen Ausrüstung. Elektro-/maschinelle Ausrüstungsanlagenteile von Trinkwasserversorgungssystemen haben einen wesentlich geringeren Lebenszyklus als die Gewinnungs- und Speicherbauwerke und werden oftmals vor dem Erreichen des Endes der technischen Lebensdauer aufgrund von Hard- oder Softwarekompatibilitätsproblemen ausgetauscht.

Somit erhält man durch eine Zusammenführung beider Lebenszyklusverläufe eine idealisierte Darstellung des Lebenszyklusses eines Trinkwasserversorgungssystems (ausgenommen dem Rohrleitungssystem), welches durch zwei Hauptmerkmale gekennzeichnet wird. Zum einen können die Bauwerke der Gewinnung und Speicherung in Anlehnung an den Verlauf der Lebenszykluskurve von Hochbauten betrachtet werden, zum anderen erfolgen zwischen den Instandsetzungsintervallen der Bauwerke wesentlich kürzere Intervalle der Instandsetzung bzw. Erneuerung für die elektro-/maschinellen Ausrüstungselemente. Mit zunehmender Lebensdauer der Bauwerke wie der Ausrüstung wird ein steigender Instandhaltungsaufwand erforderlich.

> *Abb. 4*

In der Trinkwasserversorgung ist die (Nutzungs-)Betriebsphase eine sehr lange Phase welche auch regelmäßige Instandhaltungsmaßnahmen (Wartungen) an den Pump- und Regeleinrichtungen sowie Aufbereitungsanlagen und zudem Instandsetzungsmaßnahmen an der Baukonstruktion bedingt. Hierfür werden Instandsetzungs- und Instandhaltungsprogramme entwickelt. Eine optimierte Instandhaltung verlängert die Lebensdauer.

Abb. 3: Lebenszyklusphasenbetrachtung Bauwerke

4. STRUKTUR DER LEBENSZYKLUSKOSTEN

Für die Kostenerfassung der einzelnen Phasen kann in die ÖNORM B 1801 Teil 1 und 2 als Grundlage herangezogen werden. In der ÖN B1801-2 wird die Instandhaltung der Gruppe 2 „Technischer Gebäudebetrieb“ zugewiesen und die Instandsetzung der Gruppe 7 „Instandsetzung, Umbau“ zugeordnet. Anhand der Übersicht (Tab. 1) wird dies mit beispielhaft angeführten Kosten in der Trinkwasserversorgung verdeutlicht.

> *Tab. 1*

Neben der Definition der Kostengruppen und Kostengruppierungen anhand deren in den Tabellen zuvor dargestellten Zuordnungen muss darauf Bedacht genommen werden, dass die Kosten hinsichtlich der Terminologie in unterschiedlichen Projektphasen entstehen. Daher ist es entscheidend die einzelnen Phasen eines Projektes separat zu analysieren.
Die Kostenzuordnung (exkl. Finanzierungskosten) zur Phasengliederung stellt sich wie folgt dar:

- Projektentwicklungsphase: Kosten für Vorerhebungen, Probebohrungen, Studien, Gutachten, Untersuchungen, Varianteneingrenzungen
- Planungsphase: Kosten für Planungshonorare je Gewerke (Grundlagenermittlung, Vorentwurf, Entwurf, Einreichung, Genehmigung, Ausführung und Detail, Ausschreibung, Oberlei-

trinkwasser

	Finanzierungskosten	
	Kostengruppierung gem. ÖNORM 1801-1	
	Baugliederung	Trinnkwasserversorgung
0	Grund	z.B.: Grundkauf, Schon- und Schutzgebietserweiterung
1	Aufschließung	z.B.: Erdarbeiten für Wege, Straßen, Zufahrten
2	Bauwerk-Rohbau	z.B.: Hochbehälterrohbau, Wände, Decken
3	Bauwerk-Technik	z.B.: UV-Anlage
4	Bauwerk-Ausbau	z.B.: Verrohrungen, Armaturen
5	Einrichtung	z.B.: Objektschutzeinrichtungen
6	Außenanlagen	z.B.: Begrünungen, Bepflanzungen, Gartenanlagen
7	Planungsleistungen	z.B.: Planungshonorare, sonstige Planungskosten, Geologisches Gutachten, Studien, Untersuchungen, Erhebungen, örtliche Bauaufsicht
8	Nebenleistungen	z.B.: Förster, Probebohrungen
9	Reserven	
	Kostengruppen gem. ÖNORM 1801-2	Trinnkwasserversorgung
1	Verwaltung	z.B.: Verwaltung u. Management, Aufwandsentschädigungen, Steueren und Abgaben, Bürobedarf, Gebietskrankenkasse, Schulungen, Hilfskräfte, sonstiger Verwaltungs- u. Personalaufwand, Mitgliedsbeiträge, sonstige Betriebskosten Büro, Miete, Rechts- u. Gerichtskosten
2	Technischer Gebäudebetrieb	z.B.: Betriebskosten Werkstätte u. Lager, Werkstätte Materiel, Werkstätte Maschinen, Wasseruntersuchungen, Wasserzähler Neu/Austausch, Instandhaltung gem. Instandhaltungsplan, Inbetriebnahmen, Außerbetriebnahmen, Inspektionen, sonstige kleinere Instandhaltungsmaßnahmen
3	Ver- und Entsorgung	z.B.: Wasser, Abwasser, Strom, Heizung, Müllentsorgung
4	Reinigung	z.B.: Desinfektionsmaßnahmen, Sonderreinigungen,Winterdienste
5	Sicherheitsdienste	z.B.: Objektschutz, Brandschutz
6	Gebäudedienste	z.B.: Fernwirkanlage, Telefon, Internet
7	Instandsetzung, Umbau (es ist sinngemäß die ÖNORM B 1801-1 einzuhalten)	z.B.: Instandsetzung Bauwerk, Instandsetzung elektromaschinelle Ausrüstung, Instandsetzung Rohrleitungsnetz, Instandsetzung Hausanschlüsse, Schadensfälle, sonstige große Instandsetzung, Verbesserung
8	Sonstiges	z.B.: KFZ, KFZ Reparatur, KFZ Betriebsstoffe, Outcourcing, Vergabe
9	Objektbeseitigung, Abbruch	z.B.: Abbruch und Entsorgung, Herstellen des Vertragszustandes (Baurecht, Servitut)

Tab. 1: Übersicht Kostenbestandteile in der Trinkwasserversorgung

tung Vergabe, Oberleitung Bau, Dokumentation, Nachbetreuung), örtliche Bauaufsicht

> Bauphase: Kosten für Herstellung
> Betriebsphase: Kosten für Betrieb und Erhaltung
> Abbruchphase: Kosten für Abbruch, Beseitigung und Entsorgung

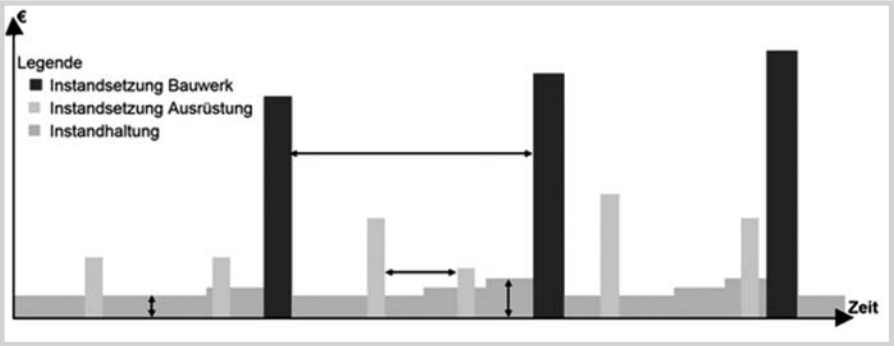

Abb. 4: Lebenszyklusbetrachtung Trinkwasserversorgungssystem (Bauwerk + Ausrüstung)

Die Kosten der ersten drei Projektphasen sind der ÖNORM B 1801-1, jene der Betriebs- und Abbruchphase der ÖNORM B 1801-2 zuzuweisen.

Zusammenfassend wird festgehalten, dass die oben angeführten Kostengliederungen als Ansatz für den Ausbau einer durch den Betreiber individuell angepassten Kostenstruktur mit einer vorzugsweisen Orientierung an den Lebenszykluskosten dienen können.

Weiters sollte die Kostenstruktur übersichtlich gestaltet und die Mitführung historischer Projektmeilensteine im Hintergrund ermöglichen. Nur durch eine ganzheitliche Systembetrachtung aller

während eines Lebenszyklusses anfallenden Kosten kann die Grundlage für die Schaffung nachhaltiger Entscheidungen sichergestellt werden.

5. INSTANDHALTUNG UND INSTANDHALTUNGSMANAGEMENT

Definitionen
Die Grundlage für die Durchführung von kleineren Instandhaltungsmaßnahmen besteht aus regelmäßig wiederkehrenden ortsaugenscheinlichen Kontrollen der technisch konstruktiven Anlagenteile sowie aus der Erfassung und Kenntnis der Betriebsparameter mit deren zugehöriger Dokumentierung. Der Begriff Instandhaltung und dessen zuzuordnenden durchzuführenden Maßnahmen werden in den ÖVGW - Richtlinien wie folgt definiert: „Alle Maßnahmen zur Inspektion, Wartung und Instandsetzung, die der Erhaltung der ordnungsgemäßen Funktionsfähigkeit der Anlage dienen."

Die DIN 31051 (Grundlagen der Instandhaltung) wiederum fasst die Begriffe Kontrollen (Inspektion), Wartung und Instandsetzung zusammen wobei mit Kontrollen Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des IST-Zustandes (z.B. Lecksuche, Zustandskontrollen), mit Wartung Maßnahmen zur Bewahrung des Sollzustandes (z.B. Reinigung, Pflege) und mit Instandsetzung Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes (z.B. Reparatur, Auswechslung) definiert sind. Dies wird in folgender Abbildung veranschaulicht.

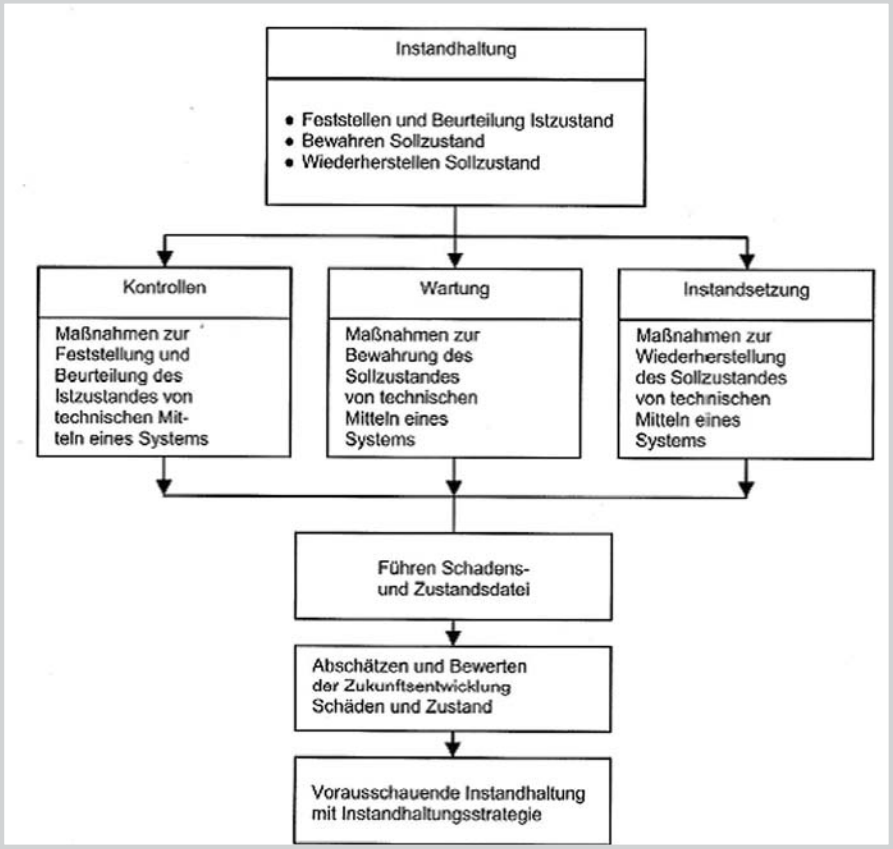

Abb. 5: Definition und Maßnahmen der Instandhaltung und der darauf aufbauenden vorausschauenden Instandhaltung (nach DIN 31051) [3, S 842]

> Abb. 5

Instandhaltungsmanagement des Rohrnetzsystems
Das Instandhaltungsmanagement versteht sich als Gesamtkonzept zur Entwicklung, Gestaltung und Lenkung der Instandhaltung.

In diesem Punkt wird insbesondere der Instandhaltung des Rohrnetzsystems ein besonderer Stellenwert eingeräumt. Das Rohrleitungssystem unterscheidet sich als infrastrukturelles Linienbauwerk erheblich von den übrigen Anlagenteilen und bedarf daher einer gesonderten Betrachtungsweise. So gilt es neben den regelmäßigen ortsaugenscheinlichen Kontrollen der oberirdisch zugänglichen Anlagenkomponenten gerade jenen Systemen deren Zugänglichkeit aufgrund der unterirdischen Verlegung nicht möglich ist mit der Entwicklung geeigneter Maßnahmen zu begegnen um Schäden, Schmutzeinträge etc. zu minimieren.

Immerhin 65% der jährlichen durchschnittlichen Gesamtinvestitionssumme österreichischer Wasserversorgungsunternehmen fließt lt. ÖVGW in die Rohrnetzwasserverteilung. Dies stellt mit Abstand den größten Anteil dar. Auf die übrigen Grobelemente entfällt lediglich ein Bruchteil. (Gewinnung 10%, Aufbereitung 5%, Speicherung 10% und Diverses 10%).

Abb. 6: Verteilung der Investitionen auf die Wasserversorgungsanlagen [4]

trinkwasser

Teilprozess	Reha-Strategie	Reha-Planung	Reha-Maßnahme
Zeitraum	langfristig	mittelfristig	kurzfristig
Ergebnis	Reha-Rate Reha-Budget	Auswahl und Reihenfolge der Reha-Maßnahmen Generelle Reha-Technologien und -Werkstoffe	Trasse, Dimension, Werkstoff und Technologie der einzelnen Reha-Maßnahme

Tab. 2: Teilprozesse der Rehabilitation [6]

> *Abb. 6*

Ziel jeder Instandhaltung von Wasserverteilungsanlagen muss es sein folgende angeführte wesentliche Szenarien zu vermeiden bzw. zu minimieren:

> Rohrbrüche
> Wasserverluste
> Druckverluste
> Versorgungsunterbrechungen

Zunehmende Rohrnetzalterungen und äußere Einflüsse wie erhöhtes Verkehrsaufkommen tragen ihren Teil dazu bei, den Betreiber von Wasserversorgungsanlagen für die Notwendigkeit einer optimierten effizienzgesteigerten Instandhaltung von Wasserverteilungsanlagen zu überzeugen. Ziele sind die Minimierung von Versorgungsunterbrechungen durch rasche Schadensbehebung, eine Optimierung der Nutzungsdauer sowie eine Minimierung der Instandhaltungskosten. Um der Vermeidung von Schadensszenarien sowie der Einhaltung der angeführten Ziele gerecht zu werden müssen, auf Basis einer IST-Bestandsaufnahme und lückenlosen Zustandsbewertung Maßnahmen überlegt und umgesetzt werden, deren Resultat nach Beendigung der Maßnahme kritisch hinterfragt und einer wiederkehrenden Kontrolle unterzogen wird.

Effiziente Instandhaltung setzt sich aus der Kombination von Instandhaltungsplanung (Asset Management) und dem Anlagenbetrieb (Asset Service) zusammen. [5]

> *Abb. 7*

Wichtige Aspekte der Instandhaltung des Rohrnetzsystems bilden die Netzüberwachung, welche sich aus der Netzinspektion und der Leckkontrolle zusammensetzt.

Die Instandhaltung von Wasserverteilungsanlagen untergliedert sich gem. ÖVGW Richtlinie W 100 – Wasserverteilungen – Betrieb und Instandhaltung (09/2007) in Wartung, Inspektion und Instandsetzung. Details dazu finden sich in [1].

Als Indikator für die Netzzustandsbewertung dient grundsätzlich die Rohrschadensrate, welche vom Verlegealter, dem Rohrmaterial, der Betriebsführung (Druckschläge) sowie äußeren und mediumsbedingten Einflüssen abhängig ist. Die Rohrschadensrate S beschreibt die Anzahl der jährlichen Schäden pro 100 km und sollte gem. ÖVGW Richtlinie W 100 Wasserverteilleitungen – Betrieb und Instandhaltung (09/2007) auf einem Wert von kleiner als 7 gehalten werden.

Eine umfassende Dokumentation, die Führung von Schadensstatistiken mit den Erfahrungswerten der Bauteillebensdauern bilden eine wichtige Grundlage für die Erstellung einer Sanierungsplanung mit Prioritätenreihung und sollten in jedem Instandhaltungsprogramm und in dem weiterführenden Instandsetzungsprogramm Einzug halten.
In Anlehnung an das DVGW Arbeitsblatt W 403 Entscheidungshilfen für die Rehabilitation von Wasserverteilungsanlagen (04/2010) lassen sich die Rehabili-

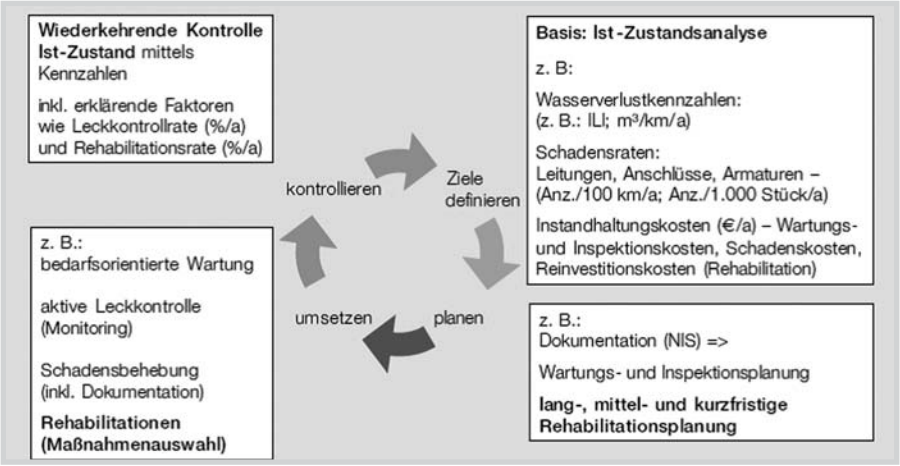

Abb. 7: Instandhaltungsmanagement – ausgewählte Prozesse und Kennzahlen [5]

tationsmaßnahmen als Prozess wie folgt abbilden:

> *Tab. 2*

Von der Grundannahme ausgehend, das Leitungsnetz bei einer Nutzungsdauer von 50 Jahren einer jährlichen Rehabilitationsrate von konstant an die 2% zu unterziehen, können auch andere Strategien gewählt werden.

Bezieht man das Rohrnetz in die Lebenszyklusbetrachtung mit ein, so gibt es hinsichtlich der Lebensdauer eine Reihe verschiedenster äußerer und innerer Einflussfaktoren zu beachten. Will man neben dem Ende der technischen Lebensdauer den optimalen Auswechslungszeitpunkt bestimmen, so empfiehlt sich auf Basis eines gut dokumentierten Netzzustandes und Führung einer Schadensstatistik die zu Hilfenahme von Softwareprogrammen.

Eine ganzheitliche vorausschauende Rehabilitationsplanung hinsichtlich des wirtschaftlich optimalen Erneuerungszeitpunktes eines Leitungsstranges ist mit einer speziell für diese Fragestellung entwickelten Software beispielsweise mit PiReM (Pipe Rehabilitation Management) möglich, welche neben den herkömmlichen IST-Zustandsbasisdaten je nach Detaillierungsgrad der Aufzeichnungen auch Aspekte unterschiedlichster Randbedingungen mitberücksichtigt.

So fließen beispielsweise auch lokale Randbedingungen wie Schadensraten, Nennweiten, Material, öffentlicher Verkehr, Stagnationszonen, Inkrustierung, Korrosion, Alter, Bruchgefährdung, Wasserverluste, Streustrom in die Berechnungen mit ein. [7]

Neben der herkömmlichen Betrachtungsweise äußerer und innerer Einflüsse, Materialeigenschaften, Betriebsverhalten (Druckverhältnisse), Verbindungstechnik, Verlegeumstände auf Rohrleitungssysteme finden hier breit angelegte gesamtzusammenschauende Ansätze ihren Eingang. Auch soziökonomische Aspekte wie Imageverlust beispielsweise hervorgerufen durch Stau bei Reparaturbehebungen können hier mitberücksichtigt werden.

Eine derartige softwaregestützte Rehabilitationsplanung ist in Betrieben kleinstrukturierter Bereiche derzeit zumeist noch nicht gegeben. Würden auch derartige Überlegungen in die Beurteilung hinsichtlich des Erneuerungszeitpunktes von Leitungssträngen Einzug halten, könnten langfristig Kosten gespart werden indem Rohrbrüche vor deren Eintreten erfolgreich verhindert werden könnten.

Instandhaltungsmaßnahmen
Für die Bewältigung der Instandhaltungsmaßnahmen bedarf es auf Basis einer entsprechenden betrieblichen Organisation und der Vorhaltung von Betriebseinrichtungen wie Werkzeuge, Geräte, etc. vor allem qualifiziertes Personal oder sachkundige Fachfirmen. Die regelmäßigen Instandhaltungsmaßnahmen werden in der Regel vom eigenen Betriebspersonal durchgeführt, hingegen Instandsetzungsarbeiten zum Teil vergeben. Instandhaltungsmaßnahmen kennzeichnen möglichst vorbeugende Tätigkeiten geringer Aufwände, deren Intervalle in Instandhaltungsplänen festgelegt werden. Dabei sind insbesondere jahreszeitliche Einflüsse wie Frostperioden, Schneeschmelze, etc. zu berücksichtigen. Die durchgeführten Begehungen sind in Wartungsbücher einzutragen. Bei der Durchführung ist auf die Verhinderung jeglichen Schmutzeintrages in das System zu achten und die Sauberkeit im Sinne des hygienischen Anspruches eines Lebensmittelbetriebs aufrecht zu erhalten.

6. INSTANDSETZUNG

Alle größeren Maßnahmen die zur Wiederherstellung einer ordnungsgemäßen Funktionsfähigkeit dienen werden der Instandsetzung zugesprochen. Vor Durchführung etwaiger Sanierungsmaßnahmen ist die Nachhaltigkeit der Sanierung auf Basis der vorhandenen Bausubstanz kritisch zu hinterfragen. Zudem bedingen Instandsetzungsarbeiten eine erhebliche Betriebseinschränkung oder gar einen möglichst kurz zu haltenden Betriebsstillstand, daher ist eine lang vorausschauende Planung notwendig um den Betrieb während der Sanierung möglichst aufrechterhalten zu können.

Insbesondere bei schwer erkennbaren Mängeln und Schäden ist vor Behebung dergleichen, der Ursachenforschung besonderes Augenmerk zu widmen. Gründe für auftretende Mängel bzw. Schäden sind grundsätzlich folgenden Ursachen zuzuordnen:

> Fehlerhafte Planung (integrale Planung durch Miteinbeziehung der Erfahrungen aus dem Betrieb wichtig)
> Fehlerhafte technische / bauliche Ausführung, ungeeigneter Materialien / Systeme, Ende der Lebensdauer
> Fehlerhafte Betriebsführung (Achtung: Gefahr der „Betriebsblindheit“)
> Besondere mediumsbedingte Eigenschaften (z.B. „aggressives“ Wasser aufgrund einer niedrigen Gesamthärte °dH)

Der Begriff Instandsetzung und dessen zuzuordnenden durchzuführenden Maßnahmen werden in den ÖVGW - Richtlinien wie folgt definiert:
„Alle Maßnahmen, wie Reparatur, Sanierung, Erneuerung und Reinigung, mit deren Hilfe die ordnungsgemäße Funktionsfähigkeit wiederhergestellt oder verbessert wird.“

Instandsetzungsmaßnahmen
Instandsetzungsmaßnahmen kennzeichnen zeit-, kosten- und materialintensivere Maßnahmen als jene in regelmäßigen Intervallen durchzuführenden Instandhaltungsmaßnahmen und werden unter anderem neben den leicht erkennbaren

trinkwasser

Mängeln, bei folgenden schwer erkennbaren Mängeln notwendig:

> Wassermangel
> Brunnenregenerierung
> Verminderung der Fördermenge der Rohrleitungen
> Rohrleitungsspülung
> Rohrreinigung
> Aufsuchen von Leitungen und Strassenkappen
> Rohrnetzverluste
> Schutz gegen Frostschäden [3. S 849]

Bei der Durchführung von Instandsetzungsarbeiten ist auf Sauberkeit und die Verwendung geeigneter Ausrüstungen, Werkzeuge und Geräte zu achten, sodass die Hygiene im Sinne des Anspruches eines Lebensmittelbetriebs sichergestellt bleibt. Alle verwendeten Materialien müssen trinkwassertauglich bzw. für den Einsatzzweck in der Trinkwasserversorgung geeignet sein. Vor der Wiederinbetriebnahme erneuerter bzw. sanierter Anlagenteile sind Spülungen durchzuführen.

Nach erfolgreicher Sanierungsmaßnahmenumsetzung in qualitativ hochwertiger Ausführung unterliegt der entsprechende Bauteil wieder nur mehr dem regelmäßigen Instandhaltungsaufwand.

Abgrenzung Erhaltung, Instandhaltung, Instandsetzung
Die Abgrenzung der Begrifflichkeiten stellt insofern eine Herausforderung dar, indem diese in der Praxis meist fließend ineinander übergehen. So bedingt ein während der Instandhaltung erkannter Mangel eine umgehende Instandsetzung. Eine Abgrenzung der Begrifflichkeiten der Instandhaltung und Instandsetzung ist insbesondere aufgrund der notwendigen eindeutigen Kostenidentifizierung und weiteren erforderlichen Zuordnung nach den entsprechenden Kostengruppierungen der ÖNORM B1801-1 und -2 wichtig.

Im weiteren Verlauf dieses Artikels wird die Erhaltung während der Betriebsphase als Summe von Instandhaltung (mit deren Kontrolle und Wartungsarbeiten sowie kleineren geringfügigen Maßnahmen) und der Instandsetzung (größere Sanierungsmaßnahmen) verstanden.

> *Abb. 8*

Instandhaltung
Der Instandhaltungsaufwand besteht in der Regel aus der Durchführung von regelmäßigen visuellen Kontrollen sowie der Durchführung kleinerer Arbeiten, welche den fortlaufenden Betrieb nicht wesentlich bzw. nur kurzfristig einschränken und nicht dem Instandsetzungsaufwand zugeordnet werden können wie zum Beispiel:

> Kontrollen, Messungen, Inspektionen
> Laufende Wartungsarbeiten
> Kleine Reparaturen bzw. Ausbesserungsarbeiten
> Reinigungen
> Nachfüllen der Betriebsmittel
> Korrosionsbefreiende Maßnahmen
> Anstriche, etc.

Ziele einer regelmäßigen Instandhaltung

> Erhaltung des SOLL-Zustandes
> Vermeidung einer Wasserqualitätsbeeinträchtigung
> Vermeidung einer Verschlechterung der hygienischen Verhältnisse
> Erhaltung der ordnungsgemäßen Funktionsfähigkeit der Anlage
> Verlängerung der Nutzungsdauer
> Werterhaltung
> Minimierung des Instandsetzungsaufwandes
> Austausch zu sehr hohen Kosten verhindern
> Minimierung der Betriebsunterbrechungen
> Instandhaltungsziele sollten auch in den Status der Unternehmensziele gehoben werden

Instandsetzung
Der Instandsetzungsaufwand geht über den regelmäßigen vorbeugenden Instandhaltungsaufwand hinaus und ist abhängig von dem jeweiligen Bauszustand sowie der zu erwartenden technischen Lebensdauer des jeweiligen betreffenden Bauteils.

Es ist die Grenze der Gebrauchstauglichkeit überschritten. Je nach Schadensbild und deren Ursache ist eine geeignete Sanierungsmethode zu wählen oder ein Komplettaustausch in Erwägung zu ziehen.

Es handelt sich hierbei um Sanierungs- oder Erneuerungsmaßnahmen mit deren Hilfe die ordnungsgemäße Funktionsfähigkeit wiederhergestellt oder verbessert und somit die Nutzungsdauer wesentlich verlängert wird. Anders ausgedrückt um eine Maßnahme zur Wiederherstellung des SOLL-Zustandes. Eine Zugehörigkeit zu dem Herstellungsaufwand ist nicht gegeben.

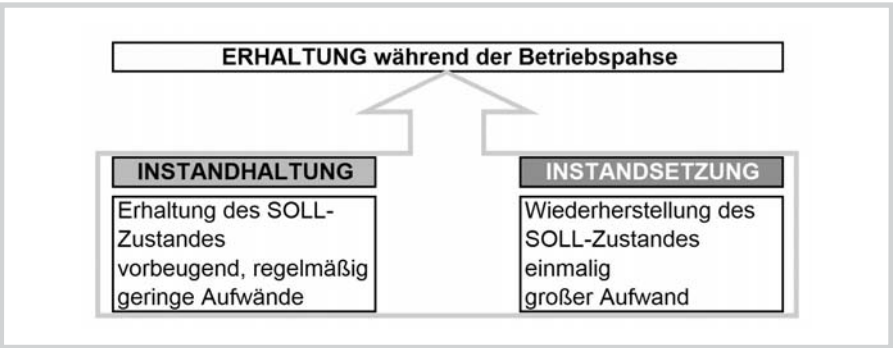

Abb. 8: Erhaltung aus Instandhaltung und Instandsetzung

7. INSTANDHALTUNG- & INSTANDSETZUNGSPROGRAMM

Vorteile des Programms

Auf Basis einer Systemanalyse der untersuchten Anlagen kann im nächsten Schritt ein Sanierungskonzept für einen akuten Verbesserungsbedarf erstellt oder die Entwicklung eines Instandhaltungs- und Instandsetzungsprogramms für den weiteren Betrieb erfolgen. Die Entwicklung eines Instandhaltungs- und Instandsetzungsprogramms beinhaltet folgende Vorteile:

> Optimierung der Ausnutzung der Lebensdauer
> Optimiert die Abläufe von Instandhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen aufgrund einer Prioritätenreihung
> Ermöglicht eine vorausschauende Kostenplanung und Berücksichtigung eigener Budgets für Instandhaltung und Instandsetzung bzw. Trennung von Budgettöpfen explizit für verwendungsgebundene Rücklagenbildung
> Ermöglicht Finanzierungsprognosen auf Basis derzeit zugrunde liegender Kostenkenndaten
> Ermöglicht Variantenvergleiche durch genaue Kostentransparenz des Erhaltungsaufwandes
> Ermöglicht langfristige Minimierung aller Folgekosten im Betrieb durch einen ganzheitlichen Betrachtungsansatz, integriert den Lebenszyklusgedanken in allen Überlegungen
> Bildet Grundlage für Varianten- und Systemvergleiche hinsichtlich der Erhaltungskosten im Betrieb
> Schafft Grundlagen für die Bedarfsanalyse
> Schafft Grundlagen für die erforderlichen Maßnahmen
> Schafft Grundlagen für Investitions- und Förderentscheidungen
> Schafft eine Bewusstseinsbildung sowie Sensibilisierung für Instandhaltungs- und Instandsetzungsaufwände (Achtung: Oftmals wird der relativ hohe Anteil der Nutzungskosten an den während des gesamten Lebenszyklus anfallenden Gesamtkosten im Vergleich zu den Errichtungskosten unterschätzt)
> Ermöglicht neben den rein kurzfristigen Zielen den Weitblick auf mittel- bzw. langfristige Ziele im Sinne einer ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit
> Ermöglich Standardisierung und Weiterentwicklung von Prozessen
> Ermöglicht Bandbreiteneingrenzung von Bauteillebensdauern
> Ermöglicht verbesserte Dokumentations- und Kommunikationskultur
> Ermöglicht Wissens- und Erfahrungsausbau
> Bildet die Grundlage für optimiertes Instandhaltungsmanagement
> Führt zur Steigerung bzw. Sicherung der Kundenzufriedenheit und Imageverbesserung für den Betreiber
> Einmal auf IST-Stand gebracht, einfach und effizient fortführbar
> Ermöglicht eine graphische Visualisierung des Investitionszeitpunktes und der Investitionshöhe
> Ermöglicht sowohl eine prozessorientierte als auch phasenorientierte Denkkultur

BAUZUSTANDSBEWERTUNG							
KATEGORIE			BEWERTUNGSKRITERIEN FÜR BAUTEILE DER WASSERVERSORGUNG				
			1	2	3	4	5
oberirdisch zugängliche Bauteile	Allgemein	ZUSTAND [VISUELLE BEURTEILUNG]	In Ordnung		verwendbar	eingeschränkt verwendbar	nicht verwendbar
	technisch / baulich	GRAD DER BEEINTRÄCHTIGUNG	geringfügig		mäßig	deutlich	sehr stark
	Hygiene	HYGIENISCHER ZUSTAND	in Ordnung		Verunreinigung erkennbar Reinigung	Verunreinigungen Desinfektion	hygienisch nicht mehr verwendbar Austausch
	Zeitfolge	MASSNAHMENEMPFEHLUNG	keine in den nächsten 5 Jahren erforderlich	derzeit kein Sanierungsbedarf	optische Sanierung empfehlenswert	technische Sanierung erforderlich	sofortige Sanierung erforderlich
	betrieblich	INSTANDHALTUNGS- /INSTANDSETZUNGSAUFWAND	verminderter Instandhaltungsaufwand		hoher Instandhaltungsaufwand	einmaliger Instandsetzungsaufwand + verminderter Instandhaltungsaufwand	
			Instandhaltung			Instandsetzung	
	Richtkosten	EINMALIGER INSTANDSETZUNGSAUFWAND IN % DER GESAMTERRICHTUNGSKOSTEN	0%		10%	> 30%	
		JÄHRLICHER REGELMÄSSIGER INSTANDHALTUNGSAUFWAND IN % der GESAMTERRICHTUNGSKOSTEN	0,5 % / J.		1,5 % / J.	> 3 % / J.	
	Übersicht	INSTANDHALTUNG/INSTANDSETZUNG	Instandhaltung			Instandsetzung	

Tab. 3: Bauzustandsbewertung oberirdisch

trinkwasser

Untersuchungsstandardisierung
Auf Basis einer standardisierten Systemdatenerhebung wird die Grundlage für die strukturierte Analyse von Trinkwasserversorgungssystemen geschaffen. Die Untersuchungstiefe wurde anhand von detaillierten Datenerhebungsblättern definiert, deren Inhalt neben technischen und betrieblichen Daten auch Kostenkennwerte umfasst:

Bauzustandsbewertung
Für die Bauzustandserhebung als Basis für die Analyse des Bauzustandes wurden fünf Bewertungskategorien entwickelt. Dabei hat sich das Schulnotensystem (Note 1 bis 5) als praxistauglichste Methode herauskristallisiert.

> *Tab. 3*

Folgende Kriterien wurden einer Bewertung unterzogen:

> Allgemein: Zustand (visuelle Beurteilung)
> Technisch / baulich: Grad der Beeinträchtigung
> Hygiene: Hygienischer Zustand

Je nach Bewertungsergebnis dieser Kriterien werden unter Berücksichtigung der Dringlichkeit entsprechende Maßnahmen zugeordnet.

Hinsichtlich des für die Maßnahme erforderlichen Aufwandes erfolgt eine weitere Zuordnung entweder zur Instandhaltung oder zur Instandsetzung. Im Richtkostenblock wird der einmalige Instandsetzungsaufwand - ausgedrückt in % der Gesamterrichtungskosten - bzw. der regelmäßige jährliche Instandhaltungsaufwand – ausgedrückt in % der Gesamterrichtungskosten – angeführt.

Hinsichtlich der Bauzustandsbewertung des Verteilungsnetzes wurde als Orientierung auf die in der ÖVGW Richtlinie W 100 dargestellten Richtwerte der durchschnittlichen Schadensraten zurückgegriffen.

> *Tab. 4*

Datenerhebung
Als Grundlage für die Datenerhebung diente die projektspezifische Abfrage des Wasserinformationssystems (WIS) bzw. des Wasserbuches.

In weiterer Folge stützt sich die Recherche auf Datenerhebungsblätter, deren Gliederung sich in allgemeine Daten und detaillierte Daten - mit teilweisen Erhebungen vor Ort inkl. Fotodokumentation und der Sichtung vorhandener Projektunterlagen - unterteilen lässt.

Als dritten und letzten wesentlichen Datenerhebungsabschnitt wurde eine breit angelegte E-Mail Befragung bzgl. der Lebensdauern von Bauteilen in der Trinkwasserversorgung durchgeführt deren Ergebnisse und Auswertungen in [1] dargestellt sind.

Untersuchte Anlagen
Die ausgewählten Anlagen stellen einen repräsentativen Querschnitt genossenschaftlich geführter Trinkwasserversorger dar, deren Grobelemente trotz untergeordneter individueller Einzellösungen eine gute Analyse ermöglichen.

Insgesamt versorgen die drei untersuchten Wassergenossenschaften in Summe (System 1 + System 2 + System 3) ca. 4.100 Mitglieder (Anschlüsse). Die Gewinnung aller drei Genossenschaften zusammen erfolgt mit Hilfe von 12 Quellfassungen, 6 Quellsammelschächten und 10 Brunnen. Die Wasserspeicherung wird mit insgesamt 11 Hochbehältern und einem Tiefbehälter bewerkstelligt. Die Gesamtlänge des Rohrnetzes (inkl. Transport- und Versorgungsleitungen, exkl. Hausanschlussleitungen) beträgt ca. 186.000 Laufmeter, wobei die Versorgungsnetze auf gewachsenen Strukturen mit einer Sammlung verschiedenster Rohrleitungsmaterialien, Verbindungs- und Verlegungssysteme sowie Sanierungen basieren.
Die Erfassung und Kenntnis aller technischen Systemdaten ist die Grundlage für die Entwicklung vorausschauender monetärer Bewertungen. Hierbei sind insbesondere aufgrund oftmaliger Netzerweiterungen und Anpassungen an den zukünftigen Bedarf nicht nur Kenntnisse einzelner Anlagenelemente, wie beispielsweise über den Hochbehälter entscheidend, sondern der zusammenschauende aktuelle Stand des Gesamtsystems. Mit Angabe des Baujahres und ev. durchgeführter Sanierungen sollen Rückschlüsse im Hinblick auf die theoretische Bauteillebensdauer getroffen werden.

NETZZUSTANDSBEWERTUNG Richtwerte für durchschnittliche Schadensraten für Haupt- und Versorgungsleitungen (ohne Anschlussleitungen) in Anlehnung an die ÖVGW Richtlinie W 100					
unterirdisch nicht zugängliches Rohrnetz, visuelle Zustandsbewertung nicht möglich	technisch / baulich	ROHRSCHADENSRATE S / 100 km / a	< 7	7 - 20	> 20
	Gliederung	BEREICHE FÜR SCHADENSRATEN	niedrige Schadensraten	mittlere Schadensrate	hohe Schadensrate
	Zeitfolge	MASSNAHMENEMPFEHLUNG	Standard halten	Standard verbessern	dringender Handlungsbedarf
	Übersicht	INSTANDHALTUNG / INSTANDSETZUNG	Instandhaltung		Instandsetzung

Tab. 4: Bauzustandsbewertung unterirdisch

Datenerhebungsblatt - Bauzustand
Neben den allgemeinen (Einwohner, Schüttungsmenge, etc.) und technischen (Materialien, Abmessungen, etc.) Daten wurden zudem der Bauzustand sowie die – auf Basis der Erfahrungen der Betreiber aus dem praktischen Betrieb – zu erwartenden Bauteillebensdauern festgehalten.

Der Aufwand für die fortlaufende Instandhaltung wird maßgeblich vom Zustand des Bauteils bestimmt. Somit sind die laufenden Instandhaltungskosten direkt vom Bauzustand abhängig. Die Bauzustandserhebung erfolgte in dieser Arbeit visuell bzw. stützte sich auf die Angaben der Betreiber bzw. auf die Ergebnisse der gem. § 134 WRG in 5 jährigen Intervallen durchzuführenden Fremdüberwachung. Für das Rohrnetzsystem konnte naturgemäß aufgrund unterirdischer Verlegung keine visuelle Beurteilung durchgeführt werden und es musste auf die von den jeweiligen Betreibern zur Verfügung gestellten Dokumentationen, Zustandsbewertungen und Schadensraten zurückgegriffen werden.

Datenerhebungsblatt - Kosten
In diesem Abfrageblock wurden die Gesamterrichtungs-, Erweiterungs- sowie Instandhaltungs- und Instandsetzungskosten erhoben. Das „Kostenblatt-Detail“ spiegelt eine praxistaugliche an der ÖNORM B 1801-1 und -2 angelehnte Kostenerfassungsstruktur inkl. einer entsprechenden Projektphasenzuteilung wider.

> *Tab. 5*

Umfrage Bauteillebensdauer
Neben der Kenntnis des Bauzustandes ist auch die zu erwartende technische Lebensdauer von zentraler Bedeutung. Bei den Bauteillebensdauerangaben ist sowohl in der einschlägigen Fachliteratur als auch seitens der Hersteller eine zum Teil große Bandbreite feststellbar, deren Eingrenzung mit der Idee einer österreichweiten Befragung von Trinkwassergenossenschaften begegnet wurde. Die Analyse der rückübermittelten Fragebö-

DATENERHEBUNGSBLATT [DATUM]

KOSTEN - DETAIL

Projektentwicklung / Planungsphase / Bauphase

		GEWINNUNG		AUFBEREITUNG		SPEICHERUNG	
		Errichtung	Erweiterung	Errichtung	Erweiterung	Errichtung	Erweiterung
1	Aufschließung	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]			[€], [Jahr]	[€], [Jahr]
2	Bauwerk-Rohbau	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]			[€], [Jahr]	[€], [Jahr]
3	Bauwerk-Technik	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]
4	Bauwerk-Ausbau	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]
5	Einrichtung	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]
6	Außenanlagen	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]			[€], [Jahr]	[€], [Jahr]
7	Planungsleistungen	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]
8	Nebenleistungen	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]			[€], [Jahr]	[€], [Jahr]
9	Reserven	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]	[€], [Jahr]

Betriebsphase

		GEWINNUNG		AUFBEREITUNG		SPEICHERUNG	
		Instandhaltung	Instandsetzung	Instandhaltung	Instandsetzung	Instandhaltung	Instandsetzung
1	Verwaltung						
2	Technischer Gebäudebetrieb	[€], [Jahr]		[€], [Jahr]		[€], [Jahr]	
3	Ver- und Entsorgung						
4	Reinigung						
5	Sicherheitsdienste						
6	Gebäudedienste						
7	Instandsetzung, Umbau		[€], [Jahr]		[€], [Jahr]		[€], [Jahr]
8	Sonstiges		[€], [Jahr]		[€], [Jahr]		[€], [Jahr]
9	Objektbeseitigung, Abbruch		[€], [Jahr]		[€], [Jahr]		[€], [Jahr]

Abbruch

ZUSAMMENSTELLUNG

Bauwerk	[€]
Elektro- /Maschinelle Ausrüstung	[€]
Verteilungssystem	[€]

BAUWERK → GEWINNUNG, AUFBEREITUNG, SPEICHERUNG, TRA VER

MASCHINELLE AUSRÜSTUNG → AUFBEREITUNG, SPEICHERUNG

Tab. 5: Datenerhebungsblatt – Kosten Detail (Auszug)

trinkwasser

gen sowie eine Zusammenstellung der aus der Umfrage resultierenden durchschnittlichen Bauteillebensdauern ist [1] zu entnehmen.

8. DATENANALYSE

Die Datenanalyse hat auf Basis der gewonnenen Datenerhebung die Aufgabe einer umfassenden quantitativen und qualitativen Bestandsdarstellung, stellt eine Gesamtzusammenschau des derzeitigen IST-Standes sicher und beinhaltet folgende Hauptpunkte:

> Sichtung vorhandener Projektunterlagen
> Teilweise Anlagenbesichtigung vor Ort (inkl. detaillierter Fotodokumentation)
> Analyse des Bestandes inkl. Analyse der Schäden und des Sanierungsbedarfes (zum Beispiel alte PVC-Leitungen, welche die Lebensdauer bereits überschritten haben)
> Analyse der tatsächlichen Erhaltungskosten aus der Summe von Instandhaltung und Instandsetzung

Nach Aufnahme der Anlagendaten erfolgt im nächsten Schritt die Durchführung der Datenanalyse gem. der im Datenblatt festgelegten Abfrageblöcke wie folgt:

> Allgemeine Analyse
> Technisch / betriebliche Analyse
> Bauzustandsanalyse
> Kostenanalyse (Allgemein und Detail)

Technische / Betriebliche Analyse
Die technische / betriebliche Analyse dient unter anderem der Potentialerkennung etwaiger Optimierungsmöglichkeiten und soll die Eckdaten für die im weiteren Verlauf der Untersuchung folgende Kostenanalyse im Sinne eines für die Vergleiche heranzuziehenden kleinsten gemeinsamen Nenners sicherstellen. So erfolgte die Ermittlung der Anlagengewinnungs- und Anlagenspeicherbauwerksanzahl, die Aufbereitungsstufen sowie die Laufmeter Rohrnetzlänge inklusiver Zuordnung des verwendeten Rohrmaterials.
Auffallend ist, dass nur vereinzelt UV-Anlagen (insgesamt 4 Stück) und eine Filteranlage zur Wasseraufbereitung eingesetzt werden müssen, ansonsten das gewonnene Wasser ohne weitere Behandlung in natürlich gewonnenem Zustand weiterverteilt werden kann.
Die durchwegs alle (bis auf einen Fertigteilbehälter aus GFK) aus Stahlbeton vor Ort errichteten Hochbehälter weisen zum Teil bereits sehr lange Lebensdauern auf, was auf eine sehr gute Bausubstanz schließen lässt.

Kostenanalyse
Durch die zum Teil unterschiedlich strukturierten Aufzeichnungen und Dokumentationen der Betreiber musste das Material so gefiltert werden, dass eine Analyse der Daten gewährleistet wird. Im folgenden Abschnitt werden die Grundproblematik einer Kostenanalyse sowie die daraus entwickelten Lösungsansätze erläutert. Die Durchführung einer Kostenanalyse bzw. die Ableitung von wirtschaftlichen Kennzahlen der zu untersuchenden Anlagen stellte sich aus folgenden Gründen schwierig dar:

> Unterschiedliche Bau-, Inbetriebnahme- und Erweiterungsjahre -> somit nur Index unangepasste Errichtungskosten ermittelbar
> Unterschiedliche Veränderungen der Materialpreise –> die Materialpreise unterliegen konjunktur- und ressourcenbedingten Schwankungen
> Unterschiedliche Bauzeiten –> Im Vergleich zu früher ist eine zunehmende Bauzeitverkürzung feststellbar (Baugeräte und Baumethoden)
> Unterschiedliche Arten der Leistungserbringungen. Nicht alle Arbeiten wurden vergeben –> insbesondere in früherer Zeit erfolgte die Erbringung eines sehr hohen Leistungsanteils in Eigenregie
> Der generelle Unterschied des Outsourcinggrades
> Unterschiedliche Inflationsrate
> Unterschiedliche Förderungssysteme
> Regionale Unterschiede hinsichtlich der generellen Markteinflüsse –> Konjunktur, Arbeitsmarkt, etc.
> Unterschiedliche geologische und hydrogeologische Verhältnisse bedingen unterschiedliche Wasserqualitäten und gegebenenfalls unterschiedliche Aufbereitungsverfahren
> Unterschiedliche Höhenlagen der jeweiligen Versorgungszonen bedingen verschiedene Dimensionierungen der Pumpen- und Drucksteigerungsanlagen, etc.

Auf die unterschiedlichen Höhenlagen der jeweiligen Versorgungszonen sowie die Unterschiede in der Leistungserbringung aufgrund der Eigenregie ist bei der Kostenermittlung bzw. bei direkten Vergleichen der untersuchten Anlagen Bedacht zu nehmen. Das Ausmaß der anderen angeführten Problematiken – sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht – wird insofern relativiert in dem jeder Anlagenbetreiber über die gesamte Anlagenhistorie betrachtet von den Auswirkungen im Verhältnis in etwa gleich stark betroffen ist.

Erhaltung Bauwerke
Die zu unterschiedlichen Zeitpunkten entstandenen Kosten können mit einer Indexanpassung zu einem definierten Stichtag auf eine vergleichbare Ebene indiziert werden. Die Aufzählung aller anderen Punkte ist im Sinne einer Sensibilisierung bzw. Bewusstseinsbildung zu verstehen, benötigt jedoch unter der Berücksichtigung einer daraus resultierenden geringen Unschärfe keiner gesonderten Problemlösungsbegegnung.

Alle im weiteren Verlauf dieser Arbeit angeführten Kosten beziehen sich auf die Angaben der jeweiligen Betreiber und verstehen sich exkl. Mehrwertsteuer. Die erhobenen Bauteilkosten sind die jeweiligen Errichtungskosten im entsprechenden zugewiesenen Errichtungs- bzw. In-

betriebnahmejahr, deren Definition und Einbindung in die ÖN 1801-1 aus dem Kapitel Kostenstruktur hervorgeht.

> *Tab. 6*

Die Angabe der Sanierungs- bzw. Erweiterungskosten bezieht sich ebenfalls auf das entsprechende Jahr der durchgeführten Sanierung bzw. Erweiterung. Die Grundstückskosten sind nicht Bestandteil der Errichtungskosten und werden in der Betrachtungsweise ausgeklammert.

Nach der erfolgten Zuweisung des Bau-, bzw. Inbetriebnahme-, bzw. Erweiterungsjahres des jeweiligen Bauteils erfolgt eine Zuordnung des aktuellen Bau- bzw. Rohrleitungsnetzzustandes, wonach eine Abminderung aufgrund schlechter Bauzustände entfallen kann.

Das Ende der Lebensdauer des jeweiligen Bauteils wird durch Addition des Baujahres mit dem aus der Bauteillebensdauertabelle erhaltenen durchschnittlichen Wertes ermittelt. Wurde bereits eine Sanierung oder Erweiterung des betrachteten Bauteils durchgeführt, so wird die Lebensdauer durch erneute Addition des Sanierungs- bzw. Erweiterungsjahres mit der durchschnittlich zu erwartenden Lebensdauer aus der Bauteillebensdauertabelle entsprechend verlängert.

> *Tab. 7*

Für die weitere Kostenanalyse ist aufgrund der unterschiedlichen Errichtungs- bzw. Inbetriebnahme bzw. Erweiterungsjahre der Einzelbauteile eine Baukostenindexanpassung erforderlich. Dazu mussten alle damaligen Bauteilerrichtungskosten mit dem entsprechenden Index auf Basis eines festgelegten Stichtages (z.B. 01.11.2011) indiziert werden.
In weiterer Folge wird in der Tabelle der prozentuelle Anteil der Kosten des Einzelbauteils an den Gesamterrichtungskosten dargestellt.

Der Zeitpunkt einer künftig anfallenden Sanierung (Instandsetzung) ergibt sich aus der Addition der Bauteillebensdauer mit dem Bau- bzw. Inbetriebnahmejahr. Sollte bei einem Bauteil bereits eine Sanierung durchgeführt worden sein, so verlängert sich die Lebensdauer insofern, als dass in der Berechnung das Sanierungsjahr als Bau- bzw. Inbetriebnahmejahr angesetzt wird. Der maximale monetäre Aufwand für die Sanierung kennzeichnet eine Neuerrichtung bzw. den Komplettaustausch des entsprechenden Bauteils und ergibt sich aus den %-Anteil an den Gesamtherstellungskosten. So erhält man die künftig anfallenden (unverzinsten) Instandsetzungskosten.

Als Option ist natürlich eine Teilsanierung oder ev. ein Teilaustausch bereits zu einem früheren Zeitpunkt als dem Ende der theoretischen Lebensdauer in Erwägung zu ziehen. Zudem sollte ein Einzelbauteil im Zuge einer Sanierung nie isoliert betrachtet werden, sondern immer im Zusammenhang mit angrenzenden Bauteilen. Somit ist dies individuell zu prüfen und zu beurteilen.

Gewonnene Erfahrungswerte aus dem fachlichen Austausch bei Seminaren sowie die Angaben seitens der Anlagenbetreiber spiegeln eine relativ große Bandbreite wider, daher sind die Aufwandswerte für die Erhaltung individuell zu überprüfen und im Einzelfall anzupassen. Zudem sind die Werte teilweise nicht eindeutig zuordenbar, da die Übergänge zwischen den Begrifflichkeiten der Instandhaltung und Instandsetzung oft fließend interpretiert werden.

Als Orientierung im Sinne eines idealisierten Projektes wurde für die laufende Erhaltung ein Richtwert von an die 2% der Gesamterrichtungskosten pro Jahr angesetzt, welcher 0,5% für die Instandhaltung und 1,5% für die Instandsetzung bereits inkludiert. Phasenweise kann der Betrieb oft über Jahre hinweg mit deutlich geringeren Kosten erhalten werden, jedoch bedarf es einzelner großer Sanierungsmaßnahmen mit einer entsprechenden Umlage langfristig

ÖN 1801-1		Grobelement	Bauteil	Bauteil Detail	Baujahr bzw. Inbetriebnahmejahr
ERRICHTUNGSKOSTEN	Aufschließung, Bauwerk-Rohbau, Bauwerk-Technik, Bauwerk-Ausbau, Einrichtung, Außenanlagen, Planungsleistungen, Nebenleistungen, Reserven	Gewinnung	Quelle (bei Brunnen WEST)	Quellfassung*	1975
			Quelle (bei Brunnen WEST)	Quellsammelschacht*	1975
			Brunnen I	Schachtbrunnen	1938
			Brunnen II OST	Schachtbrunnen*	1966
			Brunnen II WEST	Schachtbrunnen*	1975
			Brunnen III	Horizontalfilterbrunnen	1990
			Brunnen IV	Bohrbrunnen (x4)	2010
	Bauwerk-Technik, Bauwerk-Ausbau	Aufbereitung	Brunnen I	UV-Anlage	2009
			Brunnen III	UV-Anlage	2009
	Aufschließung, Bauwerk-Rohbau, Bauwerk-Technik, Bauwerk-Ausbau, Einrichtung, Außenanlagen, Planungsleistungen, Nebenleistungen, Reserven	Speicherung	Hochbehälter I	Hochbehälter	1938
			Hochbehälter II	Hochbehälter*	1971
			Hochbehälter III	Hochbehälter	1985
	Bauwerk-Technik, Bauwerk-Ausbau	Pumpwerke-, Mess- und Regeleinrichtungen	Drucksteigerung Kremsberg	Pumpe	1970

Tab. 6: Kostengruppenzuweisung (Auszug)

trinkwasser

Sanierung	Sanierungsjahr	Index	% an Gesamterrichtungskosten (inkl. San.)	Ende der Lebensdauer	Ende der technischen Lebensdauer (2015 / 2020 / 2025)
Teilsanierung Quelle	1968	1.962	1	2055	
Teilsanierung Quellschächte	1982	6.972	2	2065	
Sanierung	1968	1.962	8	2041	
Sanierung Rohrkeller	1982	6.972	2		
			18	2020	
Generalsanierung (Tiefbeh. u. Quellen)	2001	13.464	2	2072	
Teilsanierung Außenfassade	1981	6.441	2		
			22	2023	
			18	2066	
			11	2052	
Generalsanierung	2005	15.065	10	2076	
Pumperneuerung	2004	14.745	0	2022	
			0	2027	
			3	1991	Techn. Lebensdauer überschr.

Tab. 7: Ende der Lebensdauer (Auszug)

in dem angegebenen jährlichen Durchschnittswert der Instandsetzung zu berücksichtigen. Anders ausgedrückt werden über lange Zeiträume hinweg kaum Instandsetzungen getätigt, dann aber in kurzer Zeit überdurchschnittlich intensiv, wodurch große Schwankungsbreiten gegeben sind. Angemerkt werden muss auch, dass bei größeren Betrieben die Planungsleistungen erbringen und einen Großteil des anfallenden Erhaltungsaufwandes selbst bewerkstelligen, die angegebenen Werte insofern abzumindern sind, als dass das ohnehin angestellte Personal im Vergleich zu vergebenen Arbeiten keine zusätzlichen Lohnkosten verursacht und oftmals bei den Angaben nur der Materialpreis zu Buche schlägt.

Anders bei kleineren Betrieben. Hier muss darauf Bedacht genommen werden, dass die Kostenaufwände für die Erhaltung mit kaum eigenem vorhandenem Personal prozentuell in der Regel höher ausfallen als bei größeren Betreibern mit eigens beschäftigtem Personal und sich auch die Fixkostenumlage ungünstig auswirkt. Anschließend können die Erhaltungskosten aus der Summe von Instandhaltung und Instandsetzung bestimmt sowie die Zehnjahresvorausschau abgeleitet werden.

> *Tab. 8*

Erweiterung bzw. Sanierung	Erweiterungs- bzw. Sanierungsjahr	Index	% an Gesamterrichtungskosten (inkl. Erw.)	Ende der Lebensdauer	Instandhaltung 0,5%	Instandhaltung in 10 Jahren	Instandsetzung 1,5%	Instandsetzung in 10 Jahren
			4	2029	434	4.340	1.302	13.021
			4	2039	434	4.340	1.302	13.021
Brunnenhaus neu*; Zubau für Drucksteigerung*	1979	5.473	4	2052	420	4.201	1.260	12.603
Brunnenhaus neu	2010	17.981	9	2083	877	8.768	2.631	26.305
			5	2048	482	4.823	1.447	14.468
			7	2055	694	6.935	2.081	20.806
			9	2058	870	8.695	2.609	26.086
			1	2041	53	528	158	1.583
			1	2041	53	528	158	1.583
2x40m³ auf insgesamt 680 m³ erweitert (Schieberkammer wurde 1987 erweitert)	2000	13.185	13	2071	1.318	13.180	3.954	39.540
2x100m³ auf insgesamt 1.000m³ erweitert	2001	13.464	22	2072	2.199	21.991	6.597	65.973
			19	2056	1.949	19.485	5.846	58.456
			3	1988	296	2.964	889	8.891

Tab. 8: Tabelle Ermittlung der Erhaltungskosten (Auszug)

Rehabilitation Rohrnetz

Die Kosten des gesamten Rohrnetzverteilungssystems sind aufgrund zahlreicher individuell bedingter unterschiedlicher Faktoren (teilweise Neuverlegung, teilweiser Austausch mit unterschiedlicher Querschnittsgestaltung, unterschiedlichem Oberbau, unterschiedlichen Materialien, teilweise städtischer Bereich mit Asphalt, teilweise Wald- und Wiesenbereich, unterschiedliche Rohrleitungsmaterialgenerationen, etc.) schwierig ermittelbar und erscheinen im Zuge einer standardisierten Auswertung aufgrund der zuvor angeführten Bandbreite der Unterschiede wenig plausibel. Vielmehr soll hier folgender Ansatz als Anregung einer ganzheitlichen Betrachtungsweise hinsichtlich eines nachhaltigen Instandhaltungsmanagements von Rohrleitungssystemen dienen. So lassen sich aufgrund der bekannt gegebenen Werte der Rohrleitungsschadensraten und Aufwendungen für die Erhaltung des Rohrsystems Rückschlüsse auf die Erneuerungs- bzw. Rehabilitationsrate ziehen. Nachstehender Tabelle wurden die im Zuge der Umfrage ermittelten durchschnittlichen Lebensdauern den entsprechenden Erneuerungsraten zugewiesen.

> *Tab. 9*

Vergegenwärtigt man sich diese Aufstellung so ergeben sich bei einer Erneuerungsrate von weniger als 0,7% unrealistische Lebensdauern von mehr als 150 Jahren. Setzt man die durchschnittlich ermittelte technische Lebensdauer einer Rohrleitung aus dem Werkstoff PE von 77,9 Jahren an, so ergibt sich eine Erneuerungsrate von 1,28%. Beaufschlagt man diesen Wert mit einer geringfügigen Korrektur nach oben so führt die daraus ableitbare Empfehlung zu einer Erneuerungsrate von ca. 1,5%.

Rohrleitungsmaterial	Technische Lebensdauer	Rehabilitations (vorzugsweise Erneuerungs)rate
	150,0	0,67%
	140,0	0,71%
	130,0	0,77%
	120,0	0,83%
	110,0	0,91%
	100,0	1,00%
	90,0	1,11%
GG-Rohr (Grauguß)	86,3	1,16%
	80,0	1,25%
AZ-Rohr	78,6	1,27%
PE-Rohr	77,9	1,28%
GGG-Rohr (Duktiler Guß)	75,0	1,33%
	70,0	1,43%
PVC-Rohr	62,8	1,59%
	60,0	1,67%
Stahl-Rohr	50,0	2,00%

Tab. 9: Rehabilitationsrate in Abhängigkeit des Rohrleitungsmaterials

BAUZUSTANDSANALYSE

Der Bauzustand lässt sich anhand einer Zustandsbewertung zum Beispiel gem. der ÖVGW Richtlinie W 103 erheben. Eine weitere Möglichkeit einer Bauzustandsbewertung der oberirdisch zugänglichen Anlagenteile sowie einer Netzzustandsbewertung des unterirdisch nicht zugänglichen Rohrnetzes gem. ÖVGW Richtlinie W 100 wird an dieser Stelle aufgezeigt.

Aus den Prüfberichten der gem. § 134 WRG in 5 jährigen Intervallen durchzuführenden Fremdüberwachung der Gesamtanlage kann abgeleitet werden, in wie weit sich alle Anlagenteile derzeit in einem technisch und hygienisch ordnungsgemäßen Zustand befinden. Ist dieser in Ordnung, so kann für die Beurteilung aller Anlageneinheiten der Zustand 1 und 2 zu Grunde gelegt werden.

> *Tab. 10*

Der Zustand des Rohrleitungssystems ist differenziert zu betrachten und lässt keine Pauschalaussage zu. So könnten zwar die Schadensraten der untersuchten Anlagen beispielsweise durchwegs einen Wert von weniger als sieben Schäden pro 100 km pro Jahr aufweisen, jedoch könnten sich noch Rohrmaterialien im Einsatz befinden, welche nach deren Verlegungsjahr das Ende der technischen Bauteillebensdauer (laut des Untersuchungsergebnisses der Umfrage zur Bauteillebensdauer) bereits deutlich überschritten haben. In so einem Fall müsste in naher Zukunft mit umfangreichen Erneuerungsmaßnahmen gerechnet werden.

> *Tab. 11*

ANALYSE ZUR UMFRAGE DER BAUTEILLEBENSDAUER

Nachdem der aktuelle Bauzustand und das Material bekannt sind, wird jedem Bauteil die entsprechend ermittelte Bauteillebensdauer aus einer Bauteillebensdauertabelle zugewiesen.

Für die Ermittlung der Bauteillebensdauer stehen folgende Quellen zur Verfügung:

- Erfahrungswerte der Betreiber von Wasserversorgungsunternehmen
- Fachliteratur
- Herstellerangaben

Aus den Eingangsparametern der Umfrageteilnehmer wurde eine Bauteillebensdauertabelle erstellt, nach minimalen und maximalen Werten gefiltert und die durchschnittlichen Werte berechnet. Somit konnte eine plausible – mit maßgebender Berücksichtigung der Erfahrungswerte der Anlagenbetreiber direkt aus der Praxis – durchgeführte Bandbreiteneingrenzung vorgenommen werden. Für die weiterführenden Kostenanalysen und Programmgestaltungen wurden die in der folgenden Tabelle veranschaulichten Durchschnittswerte herangezogen. Die Daten wurden anonymisiert aufbereitet.

> *Tab. 12*

ERGEBNISSE DER DATENANALYSE

Die Ergebnisse der Datenanalyse sollen folgende zentrale Fragestellung beantworten:

Welche Kosten sind bei einer idealisierten Anlage für die Erhaltung aus der Summe von Instandhaltung und Instandsetzung aufzuwenden? So ist es entscheidend direkt vor Ort an der Basis möglichst zei-

trinkwasser

BAUZUSTANDSBEWERTUNG							
KATEGORIE			BEWERTUNGSKRITERIEN FÜR BAUTEILE DER WASSERVERSORGUNG				
			1	2	3	4	5
oberirdisch zugängliche Bauteile	Allgemein	ZUSTAND [VISUELLE BEURTEILUNG]	In Ordnung		verwendbar	eingeschränkt verwendbar	nicht verwendbar
	technisch / baulich	GRAD DER BEEINTRÄCHTIGUNG	geringfügig		mäßig	deutlich	sehr stark
	Hygiene	HYGIENISCHER ZUSTAND	in Ordnung		Verunreinigung erkennbar Reinigung	Verunreinigungen Desinfektion	hygienisch nicht mehr verwendbar Austausch
	Zeitfolge	MASSNAHMENEMPFEHLUNG	keine in den nächsten 5 Jahren erforderlich	derzeit kein Sanierungsbedarf	optische Sanierung empfehlenswert	technische Sanierung erforderlich	sofortige Sanierung erforderlich
	betrieblich	INSTANDHALTUNGS- /INSTANDSETZUNGSAUFWAND	verminderter Instandhaltungsaufwand		hoher Instandhaltungsaufwand	einmaliger Instandsetzungsaufwand + verminderter Instandhaltungsaufwand	
			Instandhaltung			Instandsetzung	
	Richtkosten	EINMALIGER INSTANDSETZUNGSAUFWAND IN % DER GESAMTERRICHTUNGSKOSTEN	0%		10%	> 30%	
		JÄHRLICHER REGELMÄSSIGER INSTANDHALTUNGSAUFWAND IN % der GESAMTERRICHTUNGSKOSTEN	0,5 % / J.		1,5 % / J.	> 3 % / J.	
	Übersicht	INSTANDHALTUNG/INSTANDSETZUNG	Instandhaltung			Instandsetzung	

Tab. 10: Bauzustandsbewertung oberirdisch – in Ordnung

teffizient praxisgerechte Daten zu sammeln, zu filtern, zu vergleichen, daraus Erkenntnisse zu gewinnen und hinsichtlich des Detaillierungsgrades Schritt für Schritt weiter zu vertiefen. Somit werden Analysen, Kennzahlengewinnungen und Abfragen sowohl technisch als auch wirtschaftlich aber auch übergreifend vernetzt in mehreren beliebigen Richtungen möglich.
Das ggstl. Programm spiegelt nicht nur eine IST-Stands-Analyse bzw. verschiedenste Vergleichsmöglichkeiten wider sondern lässt anhand der IST-Daten die Folgerung und den daraus abzuleitenden Blick in die Zukunft zu. Je nach gewünschter Datenschärfe können so kurz-, mittel-, und langfristige Ziele formuliert werden, deren Abgleichung mittels Nachjustierung aus jeder zusätzlich gewonnenen Erkenntnis offen steht und im Sinne einer weiteren Konkretisierung begrüßenswert ist.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass ein Instandhaltungs- und Instandsetzungsprogramm dazu beiträgt die Grundlagen für eine optimierte Ausnutzung einer langen Lebensdauer zu schaffen und somit eine nachhaltige Funktionsfähigkeit und Werterhaltung der Gesamtanlage sicherstellt.

Ein weiterer wichtiger Baustein wird durch die Integration der Lebenszyklusbetrachtung in allen Projektphasen gelegt, welche eine umfassende Kostentransparenz durch eine entsprechende Kostengliederung gewährleistet. Gleichzeitig wird eine prozessorientierte Denkkultur forciert. Der idealisierte Datenfluss wird in einer abschließenden Abbildung verdeutlicht.

> *Abb. 9*

NETZZUSTANDSBEWERTUNG Richtwerte für durchschnittliche Schadensraten für Haupt- und Versorgungsleitungen (ohne Anschlussleitungen) in Anlehnung an die ÖVGW Richtlinie W 100					
unterirdisch nicht zugängliches Rohrnetz, visuelle Zustandsbewertung nicht möglich	technisch / baulich	ROHRSCHADENSRATE S / 100 km / a	< 7	7 - 20	> 20
	Gliederung	BEREICHE FÜR SCHADENSRATEN	niedrige schadensraten	mittlere Schadensrate	hohe Schadensrate
	Zeitfolge	MASSNAHMENEMPFEHLUNG	Standard halten	Standard verbessern	dringender Handlungsbedarf
Übersicht		INSTANDHALTUNG / INSTANDSETZUNG	Instandhaltung		Instandsetzung

Tab. 11: Bauzustandsbewertung unterirdisch – Standard halten

INPUT – Vergangenheit und Gegenwart

> Eingabeparameter aus Datenerhebung auf Basis der Datensammlung und Datenfilterung
> Zustandsbewertung für Bauwerke, Ausrüstung und Rohrsystem auf Basis des Alters, Materials, Lebensdauer, Schadensraten, etc.
> Datenanalyse differenziert in allgemein, technisch, betrieblich und wirtschaftlich
> Datenanalyse der Kosten und Abbildung dergleichen in Anlehnung an die ÖNORM 1801-1, -2 im Sinne einer Lebenszyklusbetrachtung (Errichtungskosten im Errichtungsjahr, Baukostenindexanpassung auf gewünschten Stichtag)
> Analyse des derzeitigen Erhaltungsaufwandes

OUTPUT – Gegenwart

> Erfassung und Ergänzung der tatsächlichen technischen Lebensdauern im eigenen Betrieb
> Ist die technische Lebensdauer bereits überschritten?
> Durchschnittliche jährliche Erhaltungskosten aus Summe von Instandhaltung und Instandsetzung je gewünschtem Detaillierungsgrad
> Rückschlüsse durch Vergleiche von Datenaufzeichnungen aus der Vergangenheit bis in die Gegenwart bieten die Möglichkeit der Abbildung von Jahresdurchschnittswerten und Chancen zur Erkennung von Optimierungspotentialen

OUTPUT - Zukunft

> Wann ist die technische Lebensdauer überschritten?
> Schafft grundlegende Prognosen hinsichtlich der Zeitspanne wie lange ein sanierungsfreier Betrieb bis zur nächsten fälligen Sanierung möglich ist bzw. ermöglicht eine Prioritätenreihung für anstehende Sanierungen
> Schafft Grundlagen für eine dementsprechende maßnahmenbezogene Rücklagenbildung bzw. Budgetreservierung
> Schafft Grundlagen für die Formulierung kurz-, mittel-, und langfristiger Ziele und Ableitungen für entsprechende Entwicklung von beispielsweise 10 Jahresplänen und lässt eine Kostenimplementierung hinsichtlich Erweiterungen für z.B. gesteigerten Bedarf in der Zukunft zu (Bevölkerungsentwicklung)

AUSWERTUNG ZUR ANONYMEN UMFRAGE MIT DEM TITEL LEBENSDAUER VON BAUTEILEN DER TRINKWASSERVERSORGUNG IN DER PRAXIS (IM SANIERUNGSFREIEN NORMALBETRIEB)

GROBELEMENT	Nr.	BAUTEIL	Erfahrungswerte		OÖ Wasser		Betreiber 1		Betreiber 2		Betreiber 3		Teilnehmer 1		Teilnehmer 2		Teilnehmer 3		Teilnehmer 4		Teilnehmer 5		ERGEBNIS		
			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	Durchschn.
GEWINNUNG	1.0	Quellfassung	50	100			20	30							45	50	80	80	75	75	20	20	20	100	53,75
	2.0	Quellsammelschacht	50	100			70	80							50	50	100	100			15	20	15	100	63,50
	3.0	Schachtbrunnen ohne Pumpe			50	70			70	100													50	100	72,50
	4.0	Bohrbrunnen ohne Pumpe			20	50					60	60											20	60	47,50
AUFBEREITUNG	5.0	Filtration	20	40	20	30	40	40															20	40	31,67
	6.0	Desinfektion (UV)	10	25	20	30	40	40	20	30							50	50					10	50	31,50
	7.0	Enteisenung / Entmanganung			20	30																	20	30	25,00
	8.0	Entsäuerung			20	30																	20	30	25,00
	9.0	Enthärtung	10	25	20	30																	10	30	21,25
SPEICHERUNG	10.0	Ortbetonbehälter Stahlbeton	40	100	50	50	70	80	100	100	30	90			50	55	100	100	50	50	80	80	30	100	70,83
	11.0	Fertigteilbehälter Stahlbeton																							
	12.0	Fertigteilbehälter GFK					50	60															50	60	55,00
	13.0	Fertigteilbehälter aus PE / PP																							
	14.0	Fertigteilbehälter Edelstahl																							
	15.0	Rohrleitungen und Armaturen	30	50			40	50	20	50	50	60			100	100	100	100			40	100	20	100	63,57
VERTEILUNG	16.0	PVC-Rohr			50	70	50	60	40	50	50	50	40	40	100	100	100	100	75	75	40	40	40	100	62,78
	17.0	PE-Rohr			50	70	100	100	50	60	70	70	60	60	100	100	100	100					50	100	77,86
	18.0	GG-Rohr (Grauguss)			50	70					100	120	75	75							100	100	50	120	86,25
	19.0	GGG-Rohr (duktiler Guss)			50	70							50	80	100	100							50	100	75,00
	20.0	AZ-Rohr (Asbestzement)			50	70	40	120	60	60	100	120	60	60			100	100			80	80	40	120	78,57
	21.0	Stahlrohr			50	70							30	80			60	60			25	25	25	80	50,00
PUMPWERKE, MESS- UND REGELEINRICHTUNGEN	22.0	Pumpen	10	15	15	20	10	30	10	10	10	30					20	20	25	25			10	30	17,86
	23.0	Elektrische Anlagen	10	20	15	20	30	40	10	10	25	25			30	30	40	40	25	25	10	10	10	40	23,06
	24.0	Mess- und Steuerungseinrichtungen	10	15	8	12	10	20	15	15					25	25	30	30	25	25			8	30	18,93

Tab. 12: Umfrageauswertung Bauteillebensdauer

trinkwasser

9. AUSBLICK UND EMPFEHLUNGEN

Kosten

> Im Zuge einer Kostenoptimierung in den Bereichen der Instandhaltung und Instandsetzung stellt die ungehinderte Erreichbarkeit der Anlagenkomponenten sowie Begehbarkeit und die Bewegungsfreiheit innerhalb der Bauwerke für die Durchführung von Wartungsarbeiten einen nicht zu unterschätzenden Erfolgsfaktor dar. Dies betrifft insbesondere auch die Nachrüstungen bzw. Erweiterungen bestehender Anlagenkomponenten innerhalb von Bestandsobjekten. Wartungsunfreundliche Hochbehälter und Schachtbauwerke führen, aufgrund beengter Zugangs- und Platzverhältnisse, in der Regel zu einer niedrigeren Frequentierung durch das zuständige Personal. Aus diesem Grund erscheint es zielführend solchen Konstruktions- und Aufschließungsdetails im Sinne einer integralen Planung größere Bedeutung einzuräumen.

> Die Bildung von Rücklagen und deren zweckgebundene Verwendung sind für den gesicherten Betrieb von Wasserversorgungsanlagen zur Abdeckung aller Aufwände unumgänglich. Zum einen um dringend erforderliche Sanierungsmaßnahmen sofort umsetzen zu können und zum anderen um die in regelmäßigen Zeitintervallen anfallenden Instandhaltungskosten bewerkstelligen zu können. Dazu kann das Instandhaltungs- und Instandsetzungsprogramm im Sinne einer Kostentransparenz einen entscheidenden Beitrag leisten und eine systematische Heranführung an den Stand der Technik aufzeigen.

> Die Wirtschaftlichkeit spielt im Zusammenhang mit der Rehabilitationsplanung von Rohrnetzen hinsichtlich des Durchführungszeitpunktes der Leitungserneuerung eine prioritäre Rolle. So ist der tatsächliche Durchführungszeitpunkt der Leitungserneuerung oftmals dem geplanten, aufgrund von Straßensanierungsmaßnahmen bzw. Aufschließung von Wohn- und Gewerbegebiet, vorzuziehen. Darüber hinaus ist die frühzeitige Abstimmung und Einvernahme mit anderen Leitungsträgern – idealerweise über eine zentrale Koordinierungsstelle – herzustellen.

Dokumentation

> Eine konsequente Führung detaillierter Rohrschadensstatistiken, deren Einbettung und Mitführung in einem Instandhaltungs- und Instandsetzungsprogramm, ist für eine langfristige Rehabilitationsstrategie unbedingt anzuraten. Die Digitalisierung des gesamten Leitungsnetzes, Aufbau eines Netzinformationssystems inkl. durchgängiger Abbildung der gesamten Netzhistorie scheint in der heutigen Zeit unumgänglich. Zudem ist eine Erhöhung der Rohrnetzerneuerungsraten entscheidend um einer Netzüberalterung und damit einhergehenden künftigen Kostenexplosion vorzubeugen. Bei größeren Betrieben wäre eine softwaregestützte Rehabilitationspla-

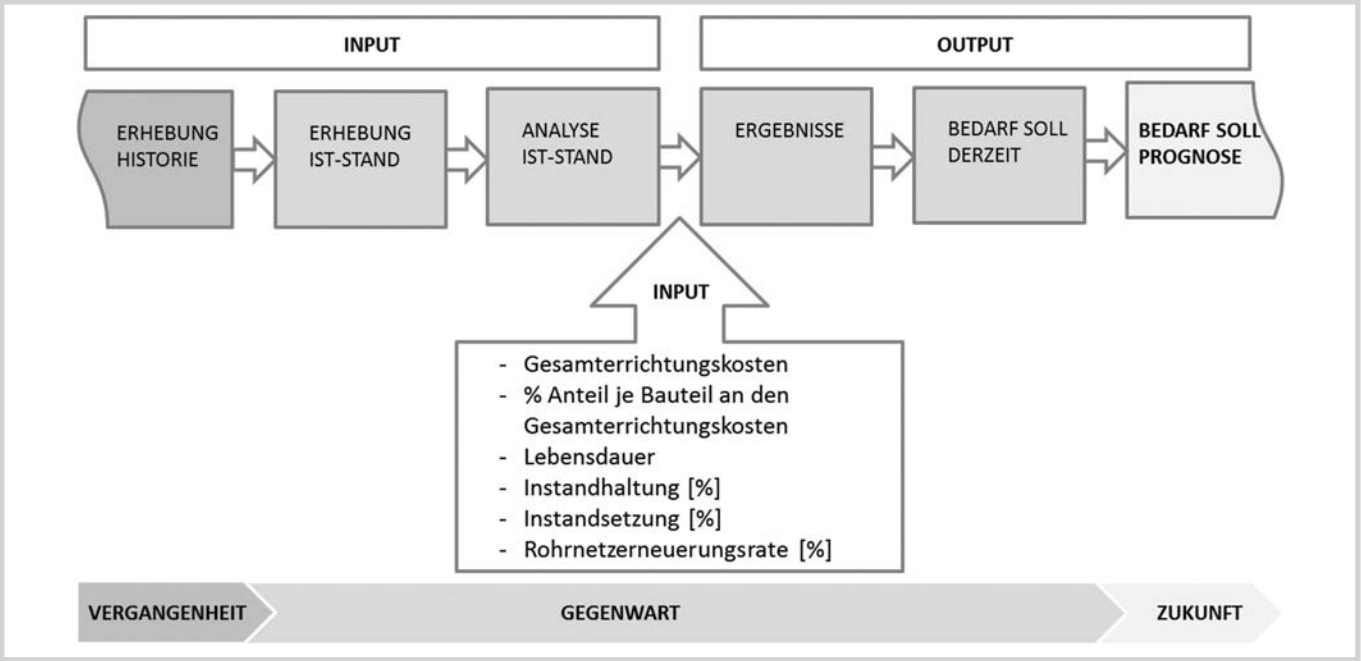

Abb. 9: Datenfluss

nung des Wasserverteilungsnetzes unter der Berücksichtigung kurz-, mittel- und langfristiger Ziele begrüßenswert. Bei Software gestützten Rehabilitationsplanungen sind möglichst lange zurückliegende – von einzelnen Ausreißern bereinigte – Datenreihen und eine entsprechende Datendichte erforderlich. Dies unterstreicht die Wichtigkeit einer detaillierten und im Idealfall mit der Software abgeglichenen Dokumentationsführung.

> Zusammenfassend wird festgehalten, dass eine umfassende Dokumentation den Nachweis einer nachhaltigen Betriebsführung untermauert. Ein gutes Planwerk und eine lückenlose Dokumentation schaffen zudem Argumentationsgrundlagen bei Streitigkeiten und erbringen eine nachweisliche Absicherung des eigenen Handelns. Damit ist auch ein sicherer Generationenwechsel bei der Wasserversorgung gewährleistet. Des weiteren ist die Notwendigkeit der Erstellung einer Schemaskizze der Wasserversorgungsanlage und die Führung einer Wasserbilanz hervorzuheben.

> Generell empfiehlt sich im Hintergrund die Mitführung der gesamten Anlagenhistorie inkl. aller getätigten Sanierungen und Erweiterungen. Versehen mit den entsprechenden Kosten und aufbauend auf einer dem Lebenszyklusgedanken Rechnung tragenden Kostenstruktur, zum Beispiel in Anlehnung an die ÖNORM B 1801-1 und -2, kann dies für eine künftige Datenauswertung aber auch Erkennung von Fehlentwicklungen dienen und einen Optimierungsbeitrag leisten.

> Konsequente Kostenaufzeichnungen des IST Standes und Ergänzungen bzw. Lückenschluss vergangener, unzureichend dokumentierter Kosten sollen an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben. Eine Kostengliederung in entsprechender Tiefe, z.B. gem. ÖN 1801-1, -2 im Sinne einer Lebenszykluskostengliederung, stellt einen konkreten Umsetzungsvorschlag dar. Die zu unterschiedlichen Zeitpunkten entstandenen Kosten können mit einer Indexanpassung zu einem definierten Stichtag auf eine vergleichbare Ebene indiziert werden. Eine direkte Vergleichbarkeit ist individuell zu prüfen und aufgrund zahlreicher, unterschiedlicher, epochenbedingter Faktoren (Material, Stand der Technik, Bauzeit, Inflation, etc.) zu relativieren.

> Ein weiterer Schritt wäre die Einführung eines Instandhaltungs- und Instandsetzungsprogramms mit definierten kurz-, mittel-, und langfristigen Vorhaben für Erweiterungen und Sanierungen. Vorzugsweise mit einer Anlagensoftware in welcher zusätzlich sämtliche betriebswirtschaftliche Aspekte wie Verwaltungs- und Personalaufwand, Mieten, Strom, Heizung, KFZ, Versicherungen, etc. impliziert und in einer Gesamtzusammenschau mit einer Gegenüberstellung von Einnahmen und Ausgaben abgebildet werden. Dies würde die Chance bieten künftig anfallende Kosten vorhersehbar abzubilden und somit die Möglichkeit zur Früherkennung von Fehlentwicklungen und deren rechtzeitiges Entgegensteuern eröffnen. Eine exakte Kostenzuordnung von Erhaltungsaufwänden und deren Unterteilung in Instandhaltung und Instandsetzung sowie Eingliederung in die Struktur der ÖNORM B 1801 erscheint zielführend.

> Des Weiteren bietet sich die Einführung einer Datenbank zur Aufzeichnung der tatsächlichen technischen Lebensdauer aller Bauteile von Trinkwasserversorgungssystemen in derartiger Aufbereitung an, dass ein Vergleich unter den Betreibern ermöglicht wird. Mit deren Hilfe kann bei bestehenden Anlagenteilen eine relativ exakte Prognose, wann das Ende der Lebensdauer des jeweiligen Bauteils erreicht wird, auf noch breiterer Basis erstellt werden.

Image & Motivation

> Der visionäre Grundgedanke besteht darin, sämtliche kanalisierte Überlegungen von einer reinen Störungsbehebung weg, hin zu einer gezielten mittelfristigen Erneuerungsplanung und langfristigen Erneuerungsstrategie zu leiten.

> Die Chancen für erfolgreiches Agieren können mit engagierten und motivierten Mitarbeitern erheblich gesteigert werden. Fortbildungen der Mitarbeiter im Sinne eines lebenslangen Lernens sowie die Forcierung eines Wissens-, Ideen- und Gedankenaustausches mit anderen Betreibern in Form von Netzwerken können dazu beitragen.

> Die Reduzierung des Outsourcinggrades und den damit Einhalt bietenden Verlust an Know-how kann zur Stärkung der eigenen unabhängigen Kompetenzen dienen.

> Die Imageverbesserung durch aktives Informationsmanagement und einer steigenden Bewusstseinsbildung bei den Mitgliedern und in der Bevölkerung (z.B. mit eigener Homepage, Tag der offenen Türen, Einladungen von Schulkassen, Kooperation mit der freiwilligen Feuerwehr, etc.) kann einen weiteren Erfolgsfaktor auf breiter Basis darstellen. Eine erhöhte Akzeptanz für zukünftige Sanierungs- und Erweiterungsmaßnahmen unseres Infrastruktursystems „Wasser“ eröffnet zugleich die Chance freiwillige Personen ehrenamtlich für die aktive Mitgestaltung „Ihres Wasserversorgungsunternehmens“ zu begeistern.

Energie

> Eine spartenübergreifende vernetzte Betrachtungsweise der Themenkomplexe Wasser und Energie ist unabdingbar. So liegt ein Aspekt der Nachhaltigkeit in der frühzeitigen Auseinandersetzung mit oftmals nicht beeinflussbaren Rahmenbedingungen wie tendenziell steigenden Strompreisen. Dieser zukünftigen Herausforderung gilt es mit der Ausschöpfung sämtlicher Energieeinsparungspotentiale zu begegnen. Effizienzsteigerungsmaßnahmen (z.B. Erhöhung des

trinkwasser

Pumpenwirkungsgrades) und eine Verringerung des Energieverbrauches (z.B. durch zusätzliche Nutzung von im freien Gefälle zufließendem Quellwasser) skizzieren die grundlegenden Optimierungsmöglichkeiten. Der Leitfaden zur Optimierung der Energienutzung bei Wasserversorgungsanlagen (des BM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Sektion VII Wasser) zeigt insbesondere für größere Wasserversorger anhand dreier Schritte (Feststellung des IST-Zustandes; Abweichungsanalyse; Beurteilung Gesamtsystem und Maßnahmen) eine strukturierte Vorgangsweise auf, welche den zuvor angeführten Aspekten Rechnung trägt und darüber hinaus die Senkung der Betriebskosten für den Betreiber ermöglicht.

Versorgungssicherheit

> Abschließend soll der Begriff der Nachhaltigkeit auch im Hinblick auf die Versorgungssicherheit nicht unbeleuchtet bleiben. Die zentrale Fragestellung lautet: Wie verletzlich ist mein Versorgungssystem? Anders ausgedrückt handelt es sich um die Vorgänge zur Risikominimierung bzw. Schwachstellenidentifizierung. Die Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit zählt zu den betrieblichen Kernaufgaben von Wasserversorgern und genießt oberste Priorität. Grundsätzlich ist zwischen der Ersatzversorgung und der Notversorgung zu unterscheiden. Die Ersatzversorgung, hervorgerufen z.B. durch einen Rohrbruch oder ein Leitungsprovisorium im Zuge einer Leitungserneuerung, bedingt die Vorhaltung von qualifiziertem Personal und notwendigen Ersatzteilen (Schieber, Rohre, etc.). Die Auslösung einer Notversorgung wird durch Unfälle (Industrie, Transport), Naturkatastrophen, Terror etc. verursacht. Diese Aspekte spiegeln die Notwendigkeit des Aufbaues mehrerer Standbeine in der Wasserversorgung wider. Zusätzliche Standbeine können sich durch die Kombination weiterer Gewinnungsstellen (Brunnen und Quellen) ergeben und dadurch verschiedene Versorgungsvarianten ermöglichen. Aber auch die Kontaktaufnahme mit benachbarten Wasserversorgern und die Ausarbeitung einer für den Notfall schlagend werdenden Einspeisungsvariante im Sinne eines Zusammenschlusses (insbesondere unter Berücksichtigung der wasserrechtlichen Bewilligungspflicht und einer Prüfung der Mischwasserverträglichkeit im Vorfeld) stellt eine mögliche Variante für die Schaffung eines weiteren Sicherheitsstandbeines dar. Jedes Krisenszenario beinhaltet die Chance die eigene Organisation zu stärken.

Zusammenfassende Empfehlung:

> Durch die Vielschichtigkeit und Komplexität der zu bewältigenden Aufgaben in der Trinkwasserversorgung sind sämtliche Tätigkeiten und Maßnahmen keinesfalls auf technische Agenden alleine beschränkt. So ist vielmehr eine gesamt zusammenschauende, vernetzte Betrachtungsweise mit einem zukunftsorientierten Ansatz erforderlich. Als zusammenfassende Empfehlung bleibt festzuhalten, dass ein einheitliches Programm, welches die gesamte Anlagenhistorie abbildet inkl. aller jemals getätigten Investitionen und Sanierungen sowie ein weiteres Tool, welches die Betriebsführung (wie Verwaltung, Personal etc.) mitberücksichtigt, fortlaufend ergänzbar, aktualisierbar und schnittstellenkompatibel ist, sodass auch Quervergleiche zu anderen Betreiben auf der Grundlage gleicher Datenaufbereitung möglich sind, wünschenswert wäre.

Die Schaffung einer modernen und leistungsfähigen Infrastruktur ist das Fundament jeglicher gesellschaftlichen Weiterentwicklung und des Fortschrittes überhaupt. Die Sicherstellung der Standortleistungsfähigkeit in Anbetracht des sich künftig weiter intensivierenden Wettbewerbes ist herausfordernd. Investitionen in die Infrastruktur, mit Lebensdauern von oftmals weit über 50 Jahren sind zu den nachhaltigsten Investitionen zu zählen. Davon profitiert jeder einzelne, die gesamte Gesellschaft und die Wirtschaft im Besonderen.

QUELLEN

[1] Ehlers Christian: Nachhaltige Trinkwasserversorgungssysteme - auf Basis von Lebenszyklusanalysen und eines Instandhaltungs- und Instandsetzungsprogramms, Diplomarbeit, FH JOANNEUM, Graz, 2012.
[2] Stempkowski, Rainer: Life Cycle Management. In: Netzwerk Bau Nr. 14, 2011.
[3] Mutschmann u.a: Taschenbuch der Wasserversorgung. 15. Auflage, Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag 2011.
[4] ÖVGW: Die Österreichische Trinkwasserwirtschaft - Branchendaten und Fakten. Wien: Ausgabe 09 / 2009.
[5] Fuchs-Hanusch: Effiziente Instandhaltung von Wasserverteilungsanlagen. In: Energie / Wasser-Praxis 1/2009, S. 12.
[6] Heyen, Bernd: Entscheidungshilfen für die Rehabilitation von Wasserverteilungsanlagen. In: Energie/Wasser-Praxis 5/2011, S. 50.
[7] PiReM-Systems, GUEP Software GmbH, Graz, S. 5 (Produktinformationsbroschüre).