

Leitfaden

zum Risikomanagement für Trinkwasserversorgungen
hinsichtlich gezielter Einträge von
chemischen, biologischen oder radioaktiven Substanzen

Ergebnis des Verbundprojektes

Schutz der Trinkwasserversorgung
im Hinblick auf CBRN-Bedrohungsszenarien

- STATuS -



gefördert durch das



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Herausgeber:

TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe

Ansprechpartner:

Marcel Riegel

Detlef Bethmann

TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser

Karlsruher Straße 84

76139 Karlsruhe

☎ 0721 9678 132 / 128

✉ marcel.riegel@tzw.de; detlef.bethmann@tzw.de

Autoren:

Detlef Bethmann (TZW, Karlsruhe)

Michael Birkle (Fraunhofer IOSB, Karlsruhe)

Wolfgang Czerni (Infraprotect, Wien)

Jochen Deuerlein (3S Consult, Karlsruhe)

Oliver Dördelmann (IWW, Mülheim)

Christian Frey (Fraunhofer IOSB, Karlsruhe)

Carsten Gandenberger (Fraunhofer ISI, Karlsruhe)

Oliver Happel (TZW, Karlsruhe)

Lisa Heck (TZW, Karlsruhe)

Camilla Jähn (TZW, Dresden)

Andreas Korth (TZW, Dresden)

Sebastian Kowal (IWW, Mülheim)

Anja Peters (Fraunhofer ISI, Karlsruhe)

Norbert Pilz (IWW, Biebesheim)

Marcel Riegel (TZW, Karlsruhe)

Gabriela Schaule (IWW, Mülheim)

Wido Schmidt (TZW, Dresden)

David Schwesig (IWW, Mülheim)

Christian Sorge (IWW, Biebesheim)

Ursula Telgheder (IWW, Mülheim)

Felix Tettenborn (Fraunhofer ISI, Karlsruhe)

Andreas Tiehm (TZW, Karlsruhe)

Martin Wagner (TZW, Dresden)

Friedrich Werres (IWW, Mülheim)

Andreas Wolters (3S Consult, München)



biological · biophysical · engineering



August 2014



Inhaltsverzeichnis

- EINLEITUNG.....6
- 1 GEFÄHRDUNGS- UND RISIKOANALYSE IM HINBLICK AUF CBRN-ANSCHLÄGE AUF DIE ZENTRALE TRINKWASSERVERSORGUNG.....7
 - 1.1 Anschlagsagenzien9
 - 1.2 Risikowahrnehmung von Akteuren der Wasserversorgung.....9
 - 1.3 Selbstevaluierung der hochbaulichen Einrichtungen11
 - 1.4 Selbstevaluierung des Wasserverteilungssystems14
- 2 MAßNAHMEN ZUR RISIKOBEHERRSCHUNG.....20
 - 2.1 Organisatorische Maßnahmen20
 - 2.1.1 Vorbereitung der Organisation20
 - 2.1.2 Risikokommunikation29
 - 2.1.3 Krisenkommunikation30
 - 2.1.4 Akzeptanz von Entscheidungsträgern31
 - 2.2 Technische Maßnahmen.....33
 - 2.2.1 Verringerung der Vulnerabilität hochbaulicher Einrichtungen.....33
 - 2.2.2 Verringerung der Vulnerabilität einzelner Netzpositionen.....36
 - 2.2.3 Analytische Überwachung des Trinkwasserverteilungsnetzes38
 - 2.2.4 Analyse von ins Wasser eingebrachten Kontaminanten.....45
 - 2.2.5 Überwachung der Netzhydraulik / Abgrenzung von Netzzonen.....47
 - 2.2.6 Erstellen von Spülplänen51
 - 2.2.7 Netzspülungen.....52
 - 2.2.8 Aufbereitungstechniken56
 - 2.2.9 Entsorgung und Dekontamination von kontaminiertem Wasser58
- 3 ANHANG.....60
 - 3.1 Glossar.....60
 - 3.2 Bewertung von Bedrohungen und Prävention66
 - 3.2.1 Quantifizierung der Kritikalität.....66
 - 3.2.2 Quantifizierung des Sicherheitsindex.....72
 - 3.2.3 Redundanzkonzepte zur Verhinderung von Fehlalarmen.....79



Einleitung

Die kontinuierliche und leitungsgebundene Bereitstellung von einwandfreiem Trinkwasser in ausreichender Menge wird in Deutschland als selbstverständlich angesehen. Eine Beeinträchtigung der Trinkwasserversorgung durch vorsätzliche Handlungen wie Anschläge jedweder Art, durch Naturkatastrophen oder Unfälle kann jedoch prinzipiell nicht ausgeschlossen werden. Mit dem Ziel, Beiträge zu einem Risikomanagement im Hinblick auf durch Anschläge in das Trinkwasser eingebrachte toxische Agenzien zu erarbeiten, wurde das vom BMBF geförderte Verbundprojekt „Schutz der Trinkwasserversorgung im Hinblick auf CBRN-Bedrohungsszenarien (STATuS)“ durchgeführt. Ein wesentliches Projektziel ist die Bereitstellung des vorliegenden Leitfadens.

Dieser Leitfaden bezieht sich ausschließlich auf die Beeinträchtigung der Trinkwasserbeschaffenheit, die gesundheitliche Schäden bzw. psychologische Auswirkungen in der Bevölkerung bedingen kann. Anschläge anderer Art, die die Zerstörung bzw. das Außerbetriebsetzen der leitungsgebundenen Trinkwasserversorgung zum Ziel haben, wie bspw. Sprengstoff- oder Cyberanschläge, werden hier nicht behandelt.

Interessierten Wasserversorgungsunternehmen soll dieser Leitfaden eine Hilfestellung bieten, das Szenario eines mutmaßlichen Eintrags toxischer Substanzen in ein bestehendes Risikomanagementsystem¹ zu integrieren. Hierdurch kann das bereits geringe Risiko bezüglich des Eintrags eines gesundheitsgefährdenden Stoffes weiter vermindert

werden. Darüber hinaus resultieren zusätzliche Kenntnisse über das Trinkwasserversorgungssystem und somit zusätzlicher Nutzen für einen sicheren Normalbetrieb.

Der Leitfaden soll Hilfestellungen bei der Durchführung von Gefährdungs- und Risikoanalysen geben, um kritische Bereiche in der Trinkwasserversorgung zu identifizieren. Diesbezüglich werden Maßnahmen aufgezeigt, die zu einer Verringerung der Risiken geeignet sind. Als weitere Maßnahmen werden Möglichkeiten der Überwachung des Trinkwasserverteilungsnetzes sowie organisatorische Vorbereitungsmöglichkeiten inklusive Grundlagen zur Risikokommunikation aufgezeigt.

Ferner werden im Leitfaden Maßnahmen zur Reaktion im Bedarfsfall, wie einer Anschlagsvermutung oder der Gewissheit eines Anschlags, gegeben. Dies bedarf i. d. R. bereits Vorarbeiten, die hier aufgezeigt werden. Denn generell gilt, dass ein wirksames Risiko- und Krisenmanagement schon vor einer Krise beginnt.

Das Risiko von Anschlägen mit toxischen Substanzen auf die zentrale Trinkwasserversorgung ist insgesamt als sehr gering einzustufen (siehe auch Kapitel 1). Daher ist bei der Planung von Maßnahmen zur Risikobeherrschung stets der zusätzliche Nutzen für den Normalbetrieb zu berücksichtigen (dual benefit). Ohne zusätzlichen Nutzen für den Normalbetrieb oder bspw. im Hinblick auf harmlosere Anschläge wie Vandalismus, wird die Umsetzung entsprechender Maßnahmen nicht die höchste Priorität erlangen. Es ist daher nicht empfehlenswert, eine Risikoanalyse ausschließlich im Hinblick auf Anschläge mit toxischen Substanzen aufzubauen, dieser Aspekt sollte vielmehr in ein (bestehendes) Risikomanagementsystem integriert werden.

¹ Gemäß DVGW-Arbeitsblätter W 1001 „Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Risikomanagement im Normalbetrieb“ und W-1..2 „Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Organisation und Management im Krisenfall“



1 Gefährdungs- und Risikoanalyse im Hinblick auf CBRN-Anschläge auf die zentrale Trinkwasserversorgung

Vorgehensweise

Die systematische Erfassung und Bewertung der Risiken für die Bürger durch die Kontamination des Trinkwassers mit toxischen Stoffen wurde mit den Werkzeugen des Risikomanagements vorgenommen^{1,2}. Hierbei wurden zunächst im Rahmen einer Gefährdungsanalyse Bedrohungen durch unterschiedliche Ereignisse bzw. Szenarien identifiziert. Diesen Bedrohungen wurden sowohl ein Schadensausmaß als auch eine Eintrittswahrscheinlichkeit zugeordnet. Die Kombination aus Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit ist ein Maß für das Risiko der jeweiligen Bedrohung. Durch den Vergleich der Risiken können Bedrohungen eingestuft und entsprechende Handlungsprioritäten abgeleitet werden.

Bei der Durchführung einer Risikoanalyse in Bezug auf CBRN-Bedrohungsszenarien erschien es nicht zielführend, eine separate Vulnerabilitätsanalyse durchzuführen, wie sie beispielsweise im Basisschutzkonzept³ oder im Risiko- und Krisenmanagement kritischer Infrastrukturen⁴ bekannt ist. Entscheidend ist, welche Stellen und welche Anlagenteile für einen potentiellen Attentäter zugänglich

sind, d. h. wo bzw. auf welchem Wege kann dieser möglichst einfach und unerkannt die Agenzien in das Wasser eintragen.

Das Schadensausmaß eines derartigen Anschlags ist im Wesentlichen in Bezug auf die gesundheitliche Auswirkung zu bewerten. Da es sich bei Trinkwasser um ein Lebensmittel handelt, führt eine vorsätzliche Beeinträchtigung der Trinkwasserqualität auch unmittelbar zu psychologischen Auswirkungen, die je nach Szenario von einer Verunsicherung der Bevölkerung bis hin zu Angst und Panik führen können. Darüber hinaus ist mit wirtschaftlichen Schäden zu rechnen, falls Unternehmen aufgrund einer unzureichenden Trinkwasserqualität Produktionseinbußen haben oder falls die leitungsgebundene Trinkwasserversorgung unterbrochen werden muss. Bei letztgenanntem sind zudem, in großem Maße abhängig von der Ausfalldauer, hygienische Beeinträchtigungen aufgrund problematischer Fäkalentsorgung durch nicht funktionierende Toilettenspülungen zu erwarten.

Dieser Leitfaden bietet eine Hilfestellung, das Risiko von Bedrohungen relativ zueinander zu bewerten. Eine Übersetzung dieser relativen Risiken in gesellschaftliche Wertekategorien leistet er nicht, wodurch auch kein direktes Ableiten von Handlungsbedarf möglich ist.

Szenarien

Für Anschläge auf die Trinkwasserversorgung mit dem Ziel einer gesundheitlichen Schädigung der Konsumenten kommen toxische chemische, biologische und radioaktive Stoffe als Anschlagssubstanzen in Betracht (CBRN-Stoffe). Gesundheitliche Schäden sind jedoch nur zu befürchten, wenn es Tätern gelingt, eine hinreichend hohe Konzentration der eingebrachten Substanz über einen ausreichenden Zeitraum im Trinkwasser aufrecht zu erhalten.

¹ DVGW-Arbeitsblatt W 1001 „Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Risikomanagement im Normalbetrieb“

² DIN prEN 15975-2:2011 „Sicherheit der Trinkwasserversorgung – Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement – Teil 2: Risikomanagement“

³ Bundesministerium des Inneren (2005) Schutz Kritischer Infrastrukturen – Basisschutzkonzept, Empfehlungen für Unternehmen

⁴ Bundesministerium des Inneren (2008) Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko- und Krisenmanagement, Leitfaden für Unternehmen und Behörden



Ein Eintrag von toxischen Substanzen in das Trinkwasserversorgungssystem kann über hochbauliche Einrichtungen (z.B. Wasserwerke, Speicherbehälter), direkt in das Trinkwasserverteilungsnetz (z.B. über Hausanschlüsse oder Hydranten) oder über Rohwasserfassungen (z.B. Brunnen, Quellen, Oberflächengewässer) erfolgen. Bei der Einbringung von Agenzien in hochbauliche Einrichtungen werden jene stark verdünnt, jedoch können in einem Anschlagfall auf solche Einrichtungen auf Grund ihrer zentralen Bedeutung innerhalb des Versorgungssystems viele Menschen betroffen sein. Bei der direkten Einbringung in das Rohrleitungsnetz wird der Stoff weniger stark verdünnt, es sind in der Regel aber auch weniger Menschen gefährdet, mit dem kontaminierten Wasser in Kontakt zu kommen. Bei einer Einbringung von toxischen Substanzen in das Rohwasser bzw. in die Rohwasserfassung findet die größte Verdünnung und möglicherweise ein Austrag der Substanz statt. Zudem ist es je nach Trinkwasseraufbereitung möglich, dass die eingebrachten Stoffe während der Aufbereitung entfernt bzw. inaktiviert werden.

Ein Einbringen von durch den Menschen nicht grobsinnlich wahrnehmbaren CBRN-Stoffen würde wahrscheinlich entweder erst durch gesundheitliche Auswirkungen in der Bevölkerung oder anhand von technischen bzw. organisatorischen Sicherungsmaßnahmen wie bspw. Überwachungskameras oder Alarmanlagen erkannt werden. Hochbauliche Einrichtungen der Trinkwasserversorgung sind mit Objektschutz ausgestattet, wodurch ein Anschlag dort leichter erkennbar ist als ein Eintrag bspw. über einen Hausanschluss direkt in das Verteilungsnetz.

Als Täter kommen Terroristen und Kriminelle mit unterschiedlich hoher krimineller Energie sowie Täter mit Insiderwissen (Innentäter) in Betracht. Bei der Durchführung von Gefähr-

dungs- und Risikoanalysen sollten Szenarien mit diesen Tätergruppen betrachtet werden.

In den vergangenen Jahrzehnten wurden in Deutschland zwei Anschlagversuche mit toxischen Substanzen auf die Trinkwasserversorgung bekannt, bei denen jedoch keinerlei gesundheitliche Beeinträchtigungen für die Bevölkerung resultierten.

Nach aktuellem Kenntnisstand ereigneten sich weltweit zwischen 1950 und 2010 weniger als zehn Anschläge auf die zentrale Trinkwasserversorgung, bei denen ein toxischer Stoff in das Trinkwasser eingebracht werden konnte. Todesfälle waren nie zu beklagen. Ein wesentlicher Grund für die geringe Anzahl von CBRN-Anschlägen auf die Trinkwasserversorgung besteht darin, dass aus Tätersicht schwerwiegende Hindernisse zu überwinden sind, um Menschen durch eine Kontamination des Trinkwassers zu schädigen. Wesentlich ist, dass nur ein sehr geringer Anteil des Trinkwassers von Menschen tatsächlich konsumiert wird (in Deutschland weniger als 2 %) und somit der größte Teil eines ins Trinkwasser eingebrachten Stoffes aus Tätersicht ungenutzt bleibt. Ferner muss die Substanz eine ausreichende Stabilität gegenüber Hydrolyse und ggf. gegenüber Aufbereitung bzw. Desinfektion und eine ausreichende Toxizität haben, um trotz der unvermeidbaren Verdünnung gesundheitliche Schädigungen bewirken zu können.

Anschläge auf die Bevölkerung durch Kontamination anderer Lebensmittel wie bspw. verpackte Getränke oder Speisen weisen eine höhere Wahrscheinlichkeit auf. Dieser Art von Anschlägen ist somit auch ein höheres Risiko zuzuordnen. Dies belegen durchgeführte Risikoanalysen sowie die in der Vergangenheit erfolgten Anschläge mit toxischen Substanzen.



Dennoch sind Anschläge auf die Trinkwasserversorgung nicht auszuschließen. Im Fall von detailliert geplanten und unter Aufwendung von erheblichen Mitteln durchgeführten Anschlägen muss mit gesundheitlichen Schäden und vor allem beträchtlichen psychologischen Reaktionen wie Angst und Panik innerhalb der Bevölkerung gerechnet werden. Sollte als Folge solch eines Anschlags die leitungsgebundene Trinkwasserversorgung unterbrochen werden müssen, werden zudem die hygienischen Auswirkungen aufgrund nicht funktionierender Toilettenspülungen als folgenreich angesehen.

1.1 Anschlagsagenzien

Als mögliche Kontaminanten für einen Anschlag auf die Trinkwasserversorgung kommen generell chemische, biologische und radioaktive Stoffe (CBRN) in Betracht. Die Bandbreite dieser Substanzen ist sehr groß und umfasst bspw. einfach erhältliche Chemikalien, Pflanzenschutzmittel, hochtoxische Kampfstoffe, Bakterien oder Viren. Um aus dieser Vielzahl an Substanzen anschlagsrelevante Stoffe zu identifizieren, wurden mögliche Agenzien auf ihre Tauglichkeit für einen Anschlag auf die Trinkwasserversorgung überprüft. Als Ergebnis wurde eine Liste mit prioritären Substanzen erarbeitet, die insgesamt 41 Chemikalien bzw. Kampfstoffe, 9 Mikroorganismen (B-Stoffe) und 4 radioaktive Stoffe umfasst.

Für diese prioritären chemischen Substanzen wurden Informationen bezüglich Detektierbarkeit, Entfernbarkeit während der Trinkwasseraufbereitung, Sorptionsverhalten an Rohrleitungen, Empfehlungen zur Netzreinigung, Abbauverhalten in kommunalen Kläranlagen sowie zur Toxizität und allgemeinen Substanzeigenschaften erarbeitet und zusammengestellt. Diese Informationen sind in einer unter Verschluss gehaltenen Datenbank

enthalten und können im Bedarfsfall angefragt werden (siehe Informationskasten „Datenbank“ auf S. 50).

1.2 Risikowahrnehmung von Akteuren der Wasserversorgung

Für den Begriff Risiko gibt es in den verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen unterschiedliche Definitionen. Im allgemeinen Sprachgebrauch ist jedoch die Möglichkeit eines Ereignisses in Kombination mit dessen negativer Auswirkung gemeint. Hierbei gibt es für ein wahrgenommenes Risiko keine objektiven Messgrößen, vielmehr stellt der Begriff ein Konstrukt dar, um mit drohenden, aber unsicheren Schadenspotenzialen umzugehen, d. h. das mögliche Auftreten von Ereignissen mit negativen Konsequenzen zu bewerten und Handlungsstrategien abzuleiten.

Die Risikowahrnehmung von Laien unterscheidet sich dabei jedoch von der Sichtweise von Risikoexperten. Während Experteneinschätzungen auf Eintrittswahrscheinlichkeiten und Schadensausmaß basieren und eine eindeutige Ursachenzuordnung sowie angemessene monetäre Bewertungen von Schäden voraussetzen, stellen Laien auf anekdotischem Wissen und Intuition basierende Mutmaßungen an und ziehen qualitative und kontextuelle Merkmale zur Risikobewertung heran. Dabei ist die Risikowahrnehmung Ergebnis eines mentalen Prozesses, der stark durch die verfügbaren Informationen, die individuelle psychische Verarbeitungskapazität und -motivation sowie frühere Erfahrungen mit Gefahren beeinflusst wird. Die Bewertung eines Laien, wie schädlich ein Ereignis ist oder ob es sogar von Nutzen ist, hängt zudem von individuellen Werten und vom jeweiligen Standort ab.



Prozesse und Faktoren, wie sie für Risikolaien aufgeführt wurden, sind teilweise auch bei Betrachtung der Risikowahrnehmung von Akteuren im Wasserbereich zu berücksichtigen. Bei den Wasserversorgungsunternehmen, die in Deutschland sehr heterogen aufgestellt bzw. organisiert sind, sowie bei den zuständigen Behörden ist eine große Spanne in der Wahrnehmung von Risiken für die Trinkwasserversorgung, insbesondere in Bezug auf CBRN-Anschläge festzustellen. Dabei spielen Einarbeitung und Erfahrungen rund um das Thema eine wesentliche Rolle. Beschäftigung sowie Erfahrungen mit dem Thema stehen wiederum mit der Größe des Wasserversorgungsunternehmens in Zusammenhang. Während bei großen und mittelgroßen Wasserversorgern das Thema „Sicherheit und Risiken der Trinkwasserversorgung“ aufgrund von Vorkommnissen unterschiedlichster Art in der Vergangenheit (zum Teil auch in benachbarten Infrastrukturbereichen wie bspw. der Energieversorgung in Mehrspartenunternehmen) i. d. R. stärker im Vordergrund steht und entsprechend behandelt wird, ist das Thema bei kleineren Wasserversorgern bzw. kommunalen Entscheidungsträgern in kleinen Versorgungsgebieten häufig nicht im Blickpunkt. Oft liegen nur wenige bis keine Erfahrungen mit entsprechenden Risiko- und Krisenfällen vor. Vor allem aber fehlen in kleinen Versorgungseinheiten häufig Kapazitäten bzw. effektive Unterstützung, um sich detaillierter mit potenziellen Risiken auseinander zu setzen und Erfahrungen aus Vorkommnissen auf andere Bereiche des Versorgungssystems zu übertragen.

Auch auf der Seite der verantwortlichen Behörden kann die Risikowahrnehmung sehr unterschiedlich ausfallen und hängt dabei zum Teil häufig vom individuellen Engage-

ment zuständiger/verantwortlicher Personen ab.

Da die Risikowahrnehmung eine wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz bzw. Umsetzung effektiver Sicherheitsmaßnahmen ist, sollte eine angemessene Risikowahrnehmung durch eine differenzierte Auseinandersetzung mit der Thematik erreicht werden. Dazu sollte zum einen eine Risikoanalyse vorgenommen werden, die jeweils individuell in den betrachteten Versorgungsgebieten durchgeführt werden muss. Neben einer intensiveren Befassung mit der Thematik und einer umfassenden Risikoanalyse ist die Risikokommunikation (d. h. eine gemeinsame Auseinandersetzung mit möglichen Krisenfällen sowie ein regelmäßiger Austausch zum Umgang mit diesen) innerhalb eines Versorgers, aber auch zwischen Versorger und der entsprechenden verantwortlichen Behörde sowie der zugehörigen Kommune ein wichtiges Instrument, eine angemessene Risikowahrnehmung bei allen verantwortlichen Akteuren der Wasserversorgung herzustellen. Das Thema Risikokommunikation wird in Abschnitt 2.1.2 behandelt.

Die eigene, d. h. interne Risikowahrnehmung sowie die Risikowahrnehmung der weiteren relevanten Akteure eines Wasserversorgungsbereiches (Kommune, Versorger und Gesundheitsbehörden) kann zusammenfassend durch eine intensive Befassung mit der Thematik sowie einen kontinuierlichen Austausch beeinflusst werden. Hierzu liefert der vorliegende Leitfaden sowie weitere Literatur (BMI-Leitfäden „Schutz kritischer Infrastrukturen“, BBK-Leitfaden „Psychosoziales Krisenmanagement in CBRN-Lagen“) einen Überblick zu wichtigen Erkenntnissen und Aspekten, welche auf die eigene Situation zu übertragen sind. Konkret bieten sich folgende drei Schritte zur Förderung einer angemessenen Risikowahrnehmung an:



- Eine umfassende Risikoanalyse (Hinweise hierzu im vorliegenden Leitfaden)
- Kommunikation zum Thema „Risiko, Prävention, Krise und Reaktion“ zwischen den verantwortlichen Akteuren der Wasserversorgung (insbesondere Wasserversorger – Gesundheitsbehörde)
- Teilnahme an regionalen und überregionalen Übungen zum Krisen- / Katastrophenmanagement, um Erfahrungen mit potentiellen Ereignissen sammeln zu können, mit anschließender Reflexion und nach Möglichkeit Austausch mit anderen Teilnehmern aus ähnlichen oder anderen Branchen sowie lokal und überregional.

Wichtig ist, durch den Einbezug aller Akteure eines Versorgungsgebietes zu einer gemeinsamen Risikowahrnehmung zu kommen.

1.3 Selbstevaluierung der hochbaulichen Einrichtungen

Ziel

Der Schutz von hochbaulichen Anlagen eines Trinkwasserverteilungssystems gegen Anschläge konzentriert sich gegenwärtig weitestgehend auf präventive Maßnahmen, d. h. auf Maßnahmen zur Erschwerung eines unbefugten Zutritts bzw. zur Abschreckung eines potenziellen Täters. Die heute oft realisierten Sicherheitskonzepte gehen von einer Motivation der Täter durch Vorsatz und Mutwillen, Spaß am Vandalismus, Trunkenheit, mehr oder weniger Spontanität und beschränkten Ressourcen bei Zeit und Mitteln zur Vorbereitung und Durchführung der „Angriffe“ aus. Durch Sicherheitsmaßnahmen und Sicherheitseinrichtungen wie z. B. Umzäunung, Schließsysteme, Sensoren zum Erkennen eines unbefugten Betretens von Gebäuden und Anlagen etc. soll verhindert werden, dass Beschädigungen an den Einrichtun-

gen zu Betriebsstörungen der Wasserversorgung führen.

Ein Angriff auf die Trinkwasserversorgung mit CBRN-Materialien stellt jedoch erweiterte Anforderungen an ein geeignetes Sicherheitskonzept hinsichtlich baulicher sowie organisatorischer Schutzmaßnahmen. Ein solcher „Angriff“ erfordert die Überwindung der baulichen und sensorischen Barrieren, die Eröffnung eines Zugangs zum Trink- oder Rohwasser und endet mit der Einschleusung des für den Angriff vorgesehenen CBRN-Materials in das Wasser.

Zur Prävention solcher Angriffe sind alle Maßnahmen zu rechnen, die dem Täter den Angriff erschweren und den Zeitbedarf für einen Angriff vergrößern (wie z. B. Einzäunungen, Schließsysteme, Stahltüren, Sicherheitsglas etc.). Die vollständige Verhinderung eines Angriffs durch präventive bauliche und sensorische Maßnahmen (z. B. sprengstofffeste Einhausungen oder Hochsicherheitsbarrieren) dürfte nach derzeitiger Einschätzung aus Kostengründen nicht realistisch sein.

Zur Aufdeckung von Schwachpunkten im Hinblick auf den Schutz von Anlagen gegen Angriffe durch Dritte wird im Folgenden ein Leitfaden zur Selbstevaluierung bezüglich des Objektschutzes von hochbaulichen Einrichtungen der Trinkwasserversorgung gegeben. Die Ergebnisse dieser Evaluierung sollen anschließend die Grundlage für möglichst effiziente Maßnahmen zur Erhöhung des Schutzes sein.

Beschreibung der Vorgehensweise

Potentielle Angriffe auf hochbauliche Anlagen mit CBRN-Materialien erfordern aus der Sicht des Täters eine detaillierte Planung hinsichtlich der einzubringenden Substanz, der baulichen Begebenheit sowie des möglichen Schadens, welcher erzielt werden kann. Da die verschiedenen Infrastrukturobjekte eines



Verteilungssysteme einer unterschiedlichen Angriffswahrscheinlichkeit unterliegen, muss das Schutzbedürfnis oder die Schutzbedürftigkeit der einzelnen Objekte im Einzelfall ermittelt bzw. abgeschätzt werden. Dazu kommt, dass die einzelnen potentiellen Angriffsziele bzw. angegriffenen Objekte auch in unterschiedlichem Ausmaß mit Sicherheitsvorkehrungen und Sicherheitseinrichtungen ausgestattet sind. Die potentiellen Angriffsziele bzw. die angreifbaren Infrastrukturobjekte der Trinkwasserversorgung (z. B. Wasserwerke, Hochbehälter, Pumpstationen, das erdverlegte Netz, die Rohwassergewinnung etc.) können durch zwei Kenngrößen beschrieben werden, nämlich durch ihre **Kritikalität** (Schutzbedürfnis, Schutzbedürftigkeit) und durch einen **Sicherheitsindex** (Sicherheitsausstattung).

Die **Kritikalität** stellt ein Maß für die Bedrohungslage bzw. für Schutzbedürftigkeit und Verwundbarkeit (Vulnerabilität) eines Wasserversorgungsunternehmens bzw. seiner verschiedenen Objekte dar. Die Kritikalität bezieht sich dabei in erster Linie auf Versorgungseinheiten (WVU oder Teile davon), die abgegrenzte Versorgungsaufgaben haben. Sie kann jedoch auch auf einzelne Objekte (z. B. Wasserwerk, Brunnen, Hochbehälter etc.) heruntergebrochen werden. Die Kritikalität ist eine komplexe Kenngröße mit einer Vielzahl von Einflussfaktoren, die von der allgemeinen Sicherheitslage über die Versorgungsstruktur bis zur subjektiven Einschätzungen eines Angreifers reichen.

Um zu einem praktikablen Ansatz für die Ermittlung der Kritikalität zu kommen, sollte in einem ersten Schritt die Kritikalität der Versorgungseinheit (WVU oder Teile davon, Verteilungssysteme für abgegrenzte Versorgungsgebiete, etc.) bestimmt werden. Darauf aufbauend kann dann die Kritikalität für einzelne Objekte der Versorgungseinheit ermit-

telt werden. Für dieses Vorgehen werden die Einflüsse auf die Kritikalität einer Versorgungseinheit in vier Hauptparametern zusammengefasst:

- Bedeutung der Versorgungseinheit (Verteilungssystem / Teilsystem)
- Zugänglichkeit technischer Unterlagen
- Allgemeine Sicherheitslage aus Sicht der zuständigen Polizeibehörde
- Lokale / temporäre Sicherheitslage

Aufbauend auf der Kritikalität der Versorgungseinheit kann mit zwei weiteren Parametern die Kritikalität für ein einzelnes bauliches Objekt in einer Versorgungseinheit / Teilnetz / Versorgungsnetz bestimmt werden:

- Bedeutung des einzelnen Objektes innerhalb des Versorgungsnetzes / Teilnetzes
- Machbarkeit eines Angriffes

Der **Sicherheitsindex** eines Objektes bewertet dessen vorhandene Sicherheitsausstattungen soweit sie geeignet sind, einen Angriff zu erschweren, zu verzögern oder zu verhindern. Neben der rein technischen Ausrüstung müssen dabei auch organisatorische Vorkehrungen, die der gleichen Zielsetzung dienen, betrachtet werden. Der Sicherheitsindex setzt sich also sowohl aus technisch / physikalischen Einrichtungen als auch aus organisatorischen Komponenten zusammen, die bei der Bestimmung des Sicherheitsindex bewertet und zusammengeführt werden müssen.

Der bauliche Sicherheitsindex eines Objektes der Trinkwasserversorgung wird primär bestimmt durch die Anzahl der baulichen Barrieren, die der Angreifer überwinden muss, und durch Zahl und Qualität der Sensoren, mit denen die Überwindung zeitnah (online) festgestellt werden kann. Dabei wird davon ausgegangen, dass die aus den Sensorsignalen abgeleitete Alarmgenerierung und Alarmgabe auch zu einer Alarmbearbeitung, d. h. zu geeigneten Maßnahmen führen.

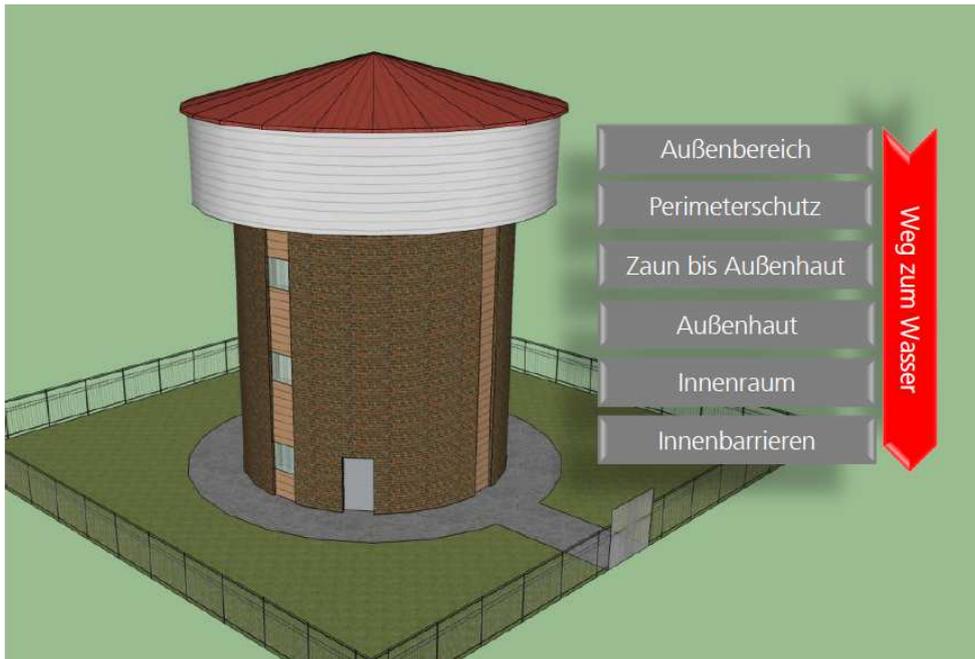


ABBILDUNG 1: VERALLGEMEINERTER „WEG ZUM WASSER“ ZUR BESTIMMUNG DES SICHERHEITSINDEX

Diese Maßnahmen können dabei sehr unterschiedlich sein und Abschreckungsmaßnahmen (z. B. Einschalten von Beleuchtung oder Sirene), Abwehrmaßnahmen (z. B. Entsenden von Betriebspersonal oder einer Polizeistreife zum angegriffenen Objekt) bis zu präventiven Schadenbegrenzungsmaßnahmen (z. B. vorsorgliche Trennung des angegriffenen Objektes vom Netz) führen.

Für die Ermittlung des Sicherheitsindex wird vom Zonierungsmodell (Zwiebelschalenmodell) entsprechend Abbildung 1 ausgegangen. Ein Angreifer muss auf seinem Weg zum „eingehausten“ Schutzgut Trinkwasser verschiedene Zugangsbarrieren überwinden. Für die Quantifizierung der unterschiedlichen Beiträge der präventiven Barrieren zum Sicherheitsindex wurde eine Vorgehensweise erarbeitet, damit man auch hier zu vergleichbaren Werten für unterschiedliche Objekte in unterschiedlichen Verteilungssystemen kommt. Ausgeglichenheit bzw. Verhältnismäßigkeit zwischen Bedrohungslage oder Schutzbedürftigkeit und der installierten Sicherheitsausstattung bei hochbaulichen Objekten innerhalb eines Wasserversorgungsun-

ternehmens liegt vor, wenn Kritikalität und Sicherheitsindex jeweils bei etwa gleichem Zahlenwert in der gleichen Klasse liegen, oder wenn der Sicherheitsindex in der nächst höheren Klasse über der Kritikalität liegt. Kritikalität und Sicherheitsindex sollten in einem ausgeglichenen Verhältnis stehen (Abbildung 2). Differenzen zwischen Kritikalität und Sicherheitsindex führen ggf. zu Handlungsbedarf, insbesondere wenn die Kritikalität einen deutlich höheren Wert einnimmt als der Sicherheitsindex des Objektes.

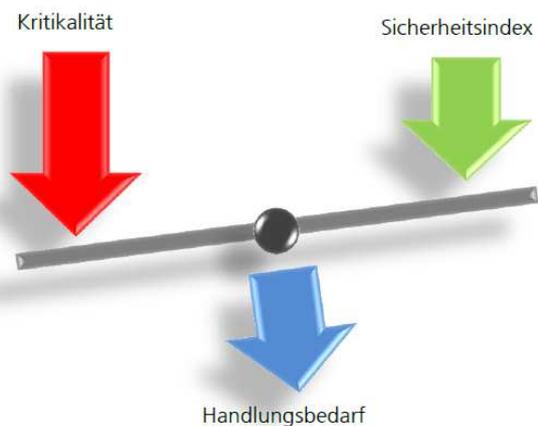


ABBILDUNG 2: KRITIKALITÄT UND SICHERHEITSINDEX



Basierend auf der Gegenüberstellung zwischen Kritikalität eines Objektes und Sicherheitsindex eines Objektes kann die Selbstevaluierung hochbaulicher Einrichtungen vorgenommen werden und gegebenenfalls Maßnahmen zur Verringerung des Risikos vorgenommen werden (vgl. Abschnitt 2.2.1)

Werkzeuge

Für die Selbstevaluierung bezüglich des Objektschutzes der hochbaulichen Einrichtungen in einem Trinkwasserverteilungssystem wurde ein Fragenkatalog entworfen. Mit diesem Fragenkatalog kann die Kritikalität bzw. der Sicherheitsindex des Verteilungssystems / Teilsystems bzw. eines einzelnen hochbaulichen Objektes bestimmt werden. Eine vertiefte Darstellung der Vorgehensweise findet sich im Anhang X in folgenden Abschnitten:

- Anhang 3.2.1: Quantifizierung der Kritikalität
- Anhang 3.2.2: Quantifizierung des Sicherheitsindex

1.4 Selbstevaluierung des Wasserverteilungssystems

Ziel

Die Identifizierung möglicher Eintragsstellen im Wasserverteilungssystem, an denen eine eingebrachte Substanz aus hydraulischen Gründen einen erhöhten Schaden anrichten könnte, basiert auf der Modellierung der Transportvorgänge im Verteilungssystem und ist sehr komplex. Diese Modellierung ist nur mit einem **kalibrierten hydraulischen Simulationsmodell** durchführbar. Die Vorgehensweise zur Erstellung eines hydraulischen Simulationsmodells ist im nächsten Abschnitt beschrieben

Vorgehensweise

1 Erstellung eines hydraulischen Simulationsmodells

Die zuverlässige Simulation von Transportvorgängen im Verteilungssystem setzt ein kalibriertes hydraulisches Simulationsmodell voraus. Die für die Erstellung eines solchen Modells mindestens erforderlichen Informationen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

TABELLE 1: DATENGRUNDLAGE ZUR ERSTELLUNG EINES HYDRAULISCHEN SIMULATIONSMODELLS

Informationen über	Datenquellen
Lage und Eigenschaften von Netzelementen wie Rohrleitungen, Schiebern, Armaturen, ... sowie Netztopologie (Verbindung der Elemente)	Geoinformationssystem (GIS), digitale CAD-Zeichnungen (z.B. dxf), Listen, analoge Zeichnungen des WVU
Lage und Eigenschaften betriebsführender Stationen (Behälter, Pumpstationen) und Fahrweisen	RI-Schemata, Leitsystemscreenshots, Unterlagen zur Automatisierungstechnik
Lage und Anbindung der Wasserkunden an das Verteilungssystem und Jahresverbrauchswerte	Verbrauchsabrechnung des WVU
Geodätische Höhen: Für betriebsführende Einrichtungen sollten exakte Höhen vorliegen, für das Verteilungssystem kann auf ein digitales Geländemodell (DGM) zurückgegriffen werden.	Planwerk der Anlagen des WVU, digitale Geländedaten können über das zuständige Landesvermessungsamt bezogen werden.



Für die Datenübernahme z. B. aus Geoinformationssystemen (GIS) werden von den Herstellern hydraulischer Simulationssoftware automatisierte Schnittstellen angeboten. Zur Kalibrierung des Modells und Einstellung eines realitätsnahen Betriebszustandes sollten, falls vorhanden, außerdem Prozesswerte (hydraulische Größen wie Druck, Durchfluss sowie Stellgrößen und Angaben über Fahrweisen des Systems) aus dem Prozessleitsystem des WVU und/oder während außerplanmäßiger Messkampagnen erhobene hydraulische Größen (Druck, Durchfluss) zur Verfügung stehen. Besondere Bedeutung ist dabei der Ermittlung von Verbrauchsganglinien beizumessen, die z. B. näherungsweise aus den gemessenen Einspeisungen ins Verteilungssystem abgeleitet werden können.

Der Aufwand für die Erstellung eines hydraulischen Simulationsmodells hängt entscheidend von der Qualität der Ausgangsdaten ab. Die Überführung von GIS-Daten in ein Simulationsmodell sollte daher immer auch die Analyse und Beseitigung von Datenfehlern beinhalten. Hierfür werden von Herstellern hydraulischer Simulationssoftware automatisierte Werkzeuge angeboten, die die Erstellung des hydraulischen Simulationsmodells erleichtern. Dazu zählen unter anderem die Topologieprüfung /-erstellung, Plausibilitätsbetrachtungen sowie Verbrauchsdatenimport und Schnittstellen zum Einlesen digitaler Geländemodelle. Durch das Zusammenführen der unterschiedlichen Informationsquellen werden die Daten in einen in sich stimmigen, widerspruchsfreien Kontext gestellt. Der zur Erstellung des Modells angestoßene Prozess führt dadurch beim WVU zu einem Mehrfachnutzen.

Da sämtliche mit Hilfe von Simulationsrechnungen getroffene Aussagen bezüglich Transport und Ausbreitung von Substanzen im Verteilungssystem auf dem berechneten

Strömungsfeld basieren, kommt der Modellgüte eine besondere Bedeutung zu. Erstellung und Kalibrierung des Simulationsmodells sollten daher von Fachfirmen in enger Zusammenarbeit mit dem Fachpersonal des WVU oder unter Anleitung von Fachfirmen durchgeführt werden. Zur Kalibrierung des Modells sind i. d. R. temporäre Messungen von Druck und Durchfluss im Verteilungssystem durchzuführen. Für weitere Details zur Erstellung und Kalibrierung eines hydraulischen Simulationsmodells wird an dieser Stelle auf das Regelwerk des DVGW verwiesen (GW 303 Berechnung von Gas- und Wasserrohrnetzen Teil 1: Hydraulische Grundlagen, Netzmodellierung und Berechnung, Teil 2: GIS-gestützte Rohrnetzberechnung).

Auf Basis eines kalibrierten Simulationsmodells kann die Ausbreitung von Wasserinhaltsstoffen im Verteilungssystem im Rahmen der Genauigkeit der Modellparameter berechnet werden. Damit ist eine Einschätzung des Schadensausmaßes einer Gefährdung, die von der Einbringung einer toxischen Substanz an bestimmten Stellen des Netzes ausgeht, auf Basis der Modellparameter möglich. Theoretisch kann auch die Konzentrationsabnahme /-zunahme der Stoffe durch Durchmischung im Netz oder chemische Abbau- /Anreicherungsprozesse berechnet werden. Da jedoch Art, Menge, Dauer der Einbringung und Toxizität der Kontaminante nicht bekannt sind, wird empfohlen, im Rahmen der Risikoabschätzung von konservativem Verhalten der Kontaminante (keine Konzentrationsabnahme durch Reaktion) im betroffenen Gebiet auszugehen.

Zu beachten ist, dass das Strömungsfeld im Wesentlichen vom Abnehmerverhalten abhängig ist und die tatsächlichen Entnahmen der Wasserkunden je nach Witterung, Jahreszeit, besonderen Ereignissen variieren können. Für eine zuverlässige Einschätzung



des Risikos sollten daher verschiedene Lastfälle untersucht und im Rahmen einer worst-case-Analyse miteinander abgeglichen werden.

Die beschriebene Vorgehensweise bezieht sich auf die Untersuchung einzelner, punktueller Eintragsorte (Kontaminationsquellen). Eine solche Risikoabschätzung sollte für die wichtigsten Stationen, an denen eine Zugangsmöglichkeit zum Trinkwasser besteht (z. B. Speicherbehälter, Pumpstationen, Wasserwerke, Brunnen), durchgeführt werden.

Da die Einbringung toxischer Substanzen durch Rückpumpen im Bereich des Verteilungsnetzes ebenso nicht ausgeschlossen werden kann, sollte eine Risikoabschätzung auch für Hydranten oder Hausanschlüsse durchgeführt werden. Auf Grund der Vielzahl solcher Zugangsmöglichkeiten ist jedoch die individuelle Untersuchung einzelner Szenarien mit erheblichem Zeitaufwand verbunden und daher praktisch kaum durchführbar. Eine Abhilfe bieten ergänzende Softwarewerkzeuge, die, basierend auf hydraulischen Simulationsrechnungen, die Erstellung von Risikolandkarten ermöglichen. Die Vorgehensweise zur Anwendung wird im Folgenden beschrieben.

2 Erstellung von Risikolandkarten.

Das Vorgehen beim Erstellen einer Risikolandkarte im Bezug auf risikoreiche Eintragsorte ist beispielsweise in Abbildung 3 aufgezeigt.

Das Risiko wird hier als das Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkung eines Ereignisses definiert. Ein Absolutwert für

die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Anschlages auf die Trinkwasserversorgung ist für die unterschiedlichen möglichen Eintragsstellen nicht bekannt. Dennoch können anhand spezifischer Kriterien, die durch das jeweilige Wasserversorgungsunternehmen festzulegen sind, mögliche Eintragsstellen in unterschiedliche Wahrscheinlichkeitsklassen unterteilt und miteinander verglichen werden. So ist z. B. die Einbringung einer Substanz über einen Hydranten, der in der Mitte einer vielbefahrenen Straßenkreuzung liegt, weniger wahrscheinlich als über einen abgelegenen Hydranten. Entsprechend kann die Eintrittswahrscheinlichkeit auch über die Zugänglichkeit in verschiedenen Gebäuden bewertet werden, welche beispielweise anhand der Gebäudestruktur (Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus, Wohnblock) abgeleitet werden kann (oberes Bild in Abbildung 3).

Die Auswirkung einer Kontamination kann näherungsweise über die Menge des Wassers, das durch Mischung mit der eingebrachten Substanz kontaminiert wird, abgeschätzt werden (mittleres Bild in Abbildung 3). Basierend auf diese hydraulischen Simulationsrechnungen lassen sich durch die Multiplikation der relativen Eintrittswahrscheinlichkeit mit der von der Eintragsstelle abfließenden Wassermenge Risikolandkarten für das gesamte Verteilungsnetz berechnen (unteres Bild in Abbildung 3). Neben dem Risiko, das von den jeweiligen Hydranten und Hausanschlüssen im Netz ausgeht, kann auch das Risiko der Verbraucher, von einer Kontamination betroffen zu sein, dargestellt werden.

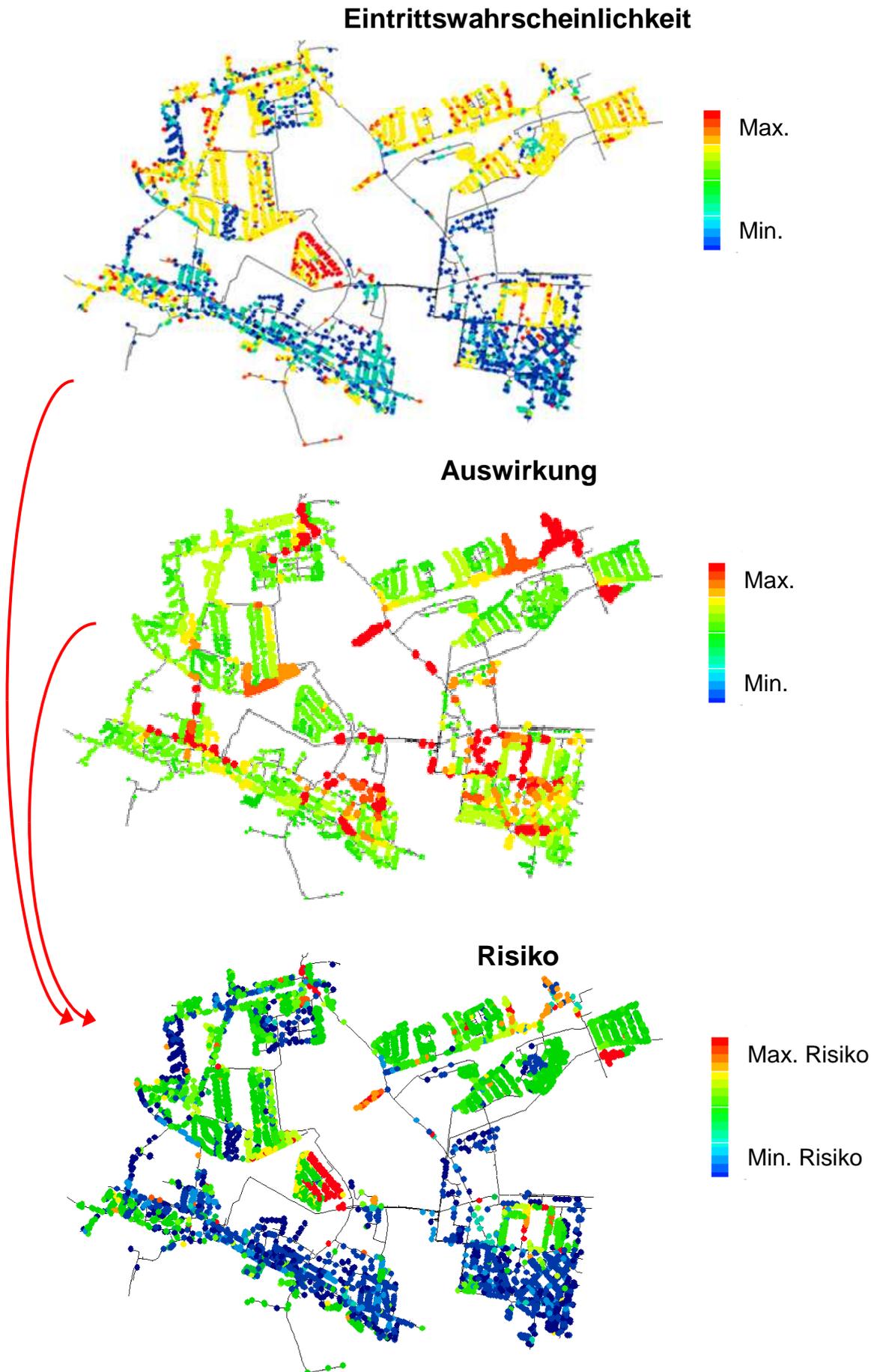


ABBILDUNG 3: VORGEHENSWEISE BEIM ERSTELLEN EINER RISIKOLANDKARTE



Für die Erstellung von Risikolandkarten sind neben einem kalibrierten Simulationsmodell folgende zusätzliche Informationen erforderlich:

- Genaue Lage der Hydranten und ihre Anbindung an das Verteilungssystem
- Genaue Lage der Hausanschlüsse und ihre Anbindung an das Verteilungssystem
- Klassifikation der Abnehmer bezüglich unterschiedlicher Kriterien wie z. B. Zugang zum Leitungsnetz, Manipulationsmöglichkeit, Attraktivität als Anschlagziel, ...

3 Hydraulische Simulation zur Netzüberwachung

Die bisher beschriebenen Einsatzmöglichkeiten hydraulischer Simulationssoftware und zugehöriger höherer Funktionen beschränken sich im Wesentlichen auf planerische Untersuchungen im offline-Einsatz, um auf etwaige Anschläge vorbereitet zu sein. Als operatives Werkzeug in einer Krisensituation sind die beschriebenen Verfahren weniger geeignet, da die Modelle auf bestimmte historische Betriebszustände eingestellt sind, die mehr oder weniger stark vom tatsächlichen, aktuellen Betriebszustand abweichen können. Um in einer Krisensituation unter großem Zeitdruck den aktuellen Zustand des Systems erfassen und z. B. die Ausbreitung einer Kontaminante im Netz vorhersagen zu können, sollte die hydraulische Simulation mit Prozessdaten aus dem Leitsystem gesteuert werden (siehe Abschnitt 2.2.5).

Werkzeuge

Zur Berechnung von hydraulischen Zustandsgrößen und Transportvorgängen im Wasserversorgungssystem stehen eine Reihe kommerzieller Softwareprodukte zur Verfügung. Darüber hinaus sind kostenlose Programme mit Basisfunktionalität erhältlich. International am weitesten verbreitet ist das Programm

Epanet, das von der US Environmental Protection Agency entwickelt wird. (<http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/dw/epanet.html>, letzter Zugriff 15.03.2013). Des Weiteren sind Ergänzungspakete z. B. zur optimalen Positionierung von Sensoren (TEVA-SPOT: <https://software.sandia.gov/trac/spot>, letzter Zugriff, 15.03.2013) und zur Simulation der Interaktion verschiedener Substanzen im Trinkwasser (Multi Species Extension: <http://epanet.de/epanet-msx/index.html.en>, letzter Zugriff 15.03.2013) erhältlich.

Die Erstellung von Risikolandkarten kann entweder manuell, auf Simulationsrechnungen basierend, erfolgen oder automatisiert mit Hilfe speziell dafür entwickelter Softwarepakete durchgeführt werden. Im Rahmen des Vorhabens STATuS wurde ein entsprechendes Modul in die hydraulische Simulationssoftware SIR 3S[®] integriert.

Möglichkeiten und Grenzen

Auf Basis der hydraulischen Simulation und Transportberechnungen lässt sich die Ausbreitung einer Kontaminante im Verteilungssystem sowohl zeitlich als auch örtlich prognostizieren. Das Resultat ist mit einer gewissen Unschärfe behaftet, die von vielen netzindividuellen Faktoren abhängt und bei der Auswahl von Gegenmaßnahmen zu berücksichtigen ist (siehe dazu Kapitel 2.2.5). Mit Hilfe der Simulation können somit einzelne Kontaminationsereignisse rechnerisch nachvollzogen und geeignete Gegenmaßnahmen erarbeitet werden. Die Analyse von Waswäre-wenn-Szenarien kann zur Untersuchung von vom Normalfall abweichenden Betriebsituationen dienen, die wesentlich zu einer besseren Einschätzung des Risikos beitragen.

Die Erstellung von Risikolandkarten dient der Identifikation von Netzabschnitten, von denen aufgrund der Netztopologie und der Zugangsmöglichkeiten zum Verteilungssystem eine besondere Gefahr ausgeht oder die von



einer Kontamination an anderer Stelle besonders betroffen sind. Dadurch lassen sich auch besonders schützenswerte Einrichtungen, wie Krankenhäuser, Schulen, etc., hinsichtlich ihrer Gefährdungslage beurteilen. Die Risikolandkarten können als Basis für eine Priorisierung von Maßnahmen dienen. Bei dem ermittelten Risiko handelt es sich stets um eine relative Größe, die sich auf das Versorgungs- bzw. Verteilungssystem des jeweiligen WVU bezieht. Die Angabe eines absoluten Risikos ist nicht möglich, da die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Anschlags durch eine Kontamination des Trinkwasserversorgungssystems mit CBRN-Substanzen nicht bekannt ist.



2 Maßnahmen zur Risikobeherrschung

Aufgrund des geringen Risikos derartiger Anschläge ist bei der Planung von Maßnahmen zur Risikobeherrschung stets der zusätzliche Nutzen für den Normalbetrieb zu berücksichtigen (dual benefit). Ohne zusätzlichen Nutzen für den Normalbetrieb oder bspw. im Hinblick auf harmlosere Anschläge wie Vandalismus, wird die Umsetzung entsprechender Maßnahmen nicht empfohlen. Es scheint daher ungeeignet, eine Gefährdungs- und Risikoanalyse ausschließlich im Hinblick auf Anschläge mit toxischen Substanzen durchzuführen. Anschläge mit CBRN-Stoffen sollten als ein Teilaspekt in ein bestehendes Risikomanagementsystem integriert werden.

2.1 Organisatorische Maßnahmen

2.1.1 Vorbereitung der Organisation

Ziel

Ziel ist es, eine resiliente Organisationsform aufzubauen und zu implementieren, die für die Abwendung bzw. Bewältigung von Notfällen und Krisen ertüchtigt ist. Der Kern des Aufbaus einer solchen Organisationsform ist das Verständnis und Bekenntnis zu definier-

ten Eskalationsstufen im Unternehmen, die anlassbezogen im Unternehmen ausgerufen werden.

Vorgehensweise

Um auf Notfälle und Krisen entsprechend vorbereitet zu sein, wird das in Abbildung 5 dargestellte und im Folgenden beschriebene 10-Stufen Programm vorgeschlagen.

1 Sachstandserhebung (status quo)

Gemäß der ISO 31.000 „Risk Management“ aber auch gemäß den einschlägigen DVGW Hinweisen W 1001, W 1002 und W 1050 wird eine Sachstandserhebung bzw. die Feststellung des status quo nach dem TOP-Prinzip (Erhebung der Technischen Umsetzungen von Objektschutz- und Notfallmanagement, Organisatorische und Personelle Maßnahmen) angeregt. Ziel dieser Sachstandserhebung ist es, die Bedrohungen, Risiken, die Stärken und Schwächen des bestehenden Objektschutzes und den IST-Stand der organisatorischen Vorbereitungen zur Bewältigung von Notfällen und Krisen aufzuzeigen.

Die Unternehmensleitung ist verpflichtet den Risikomanagementprozess zu starten bzw. den PDCA-Zyklus (plan-do-check-act, siehe Abbildung 4) des Risikomanagements regelmäßig zu überprüfen.

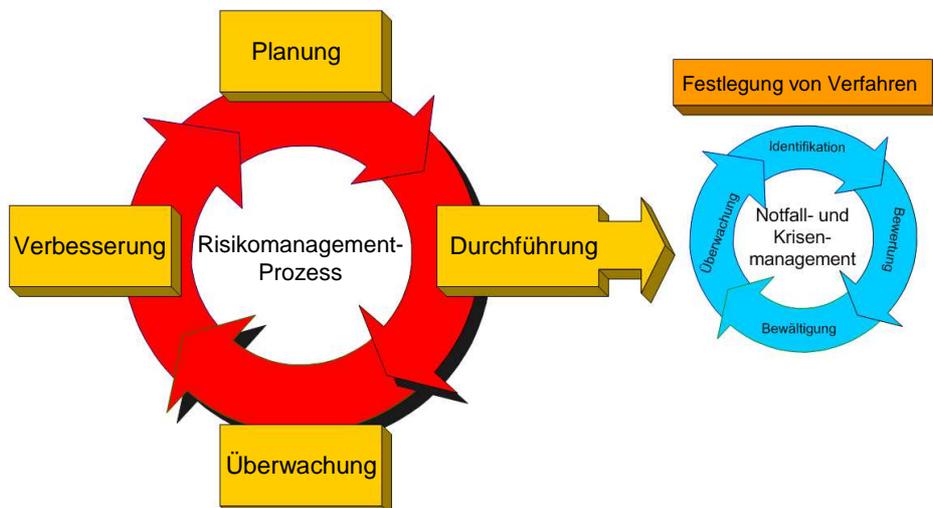


ABBILDUNG 4: GRUNDLAGEN DES RISIKOMANAGEMENTS IN ANLEHNUNG AN DIE ISO 31000: 2010, RISK MANAGEMENT

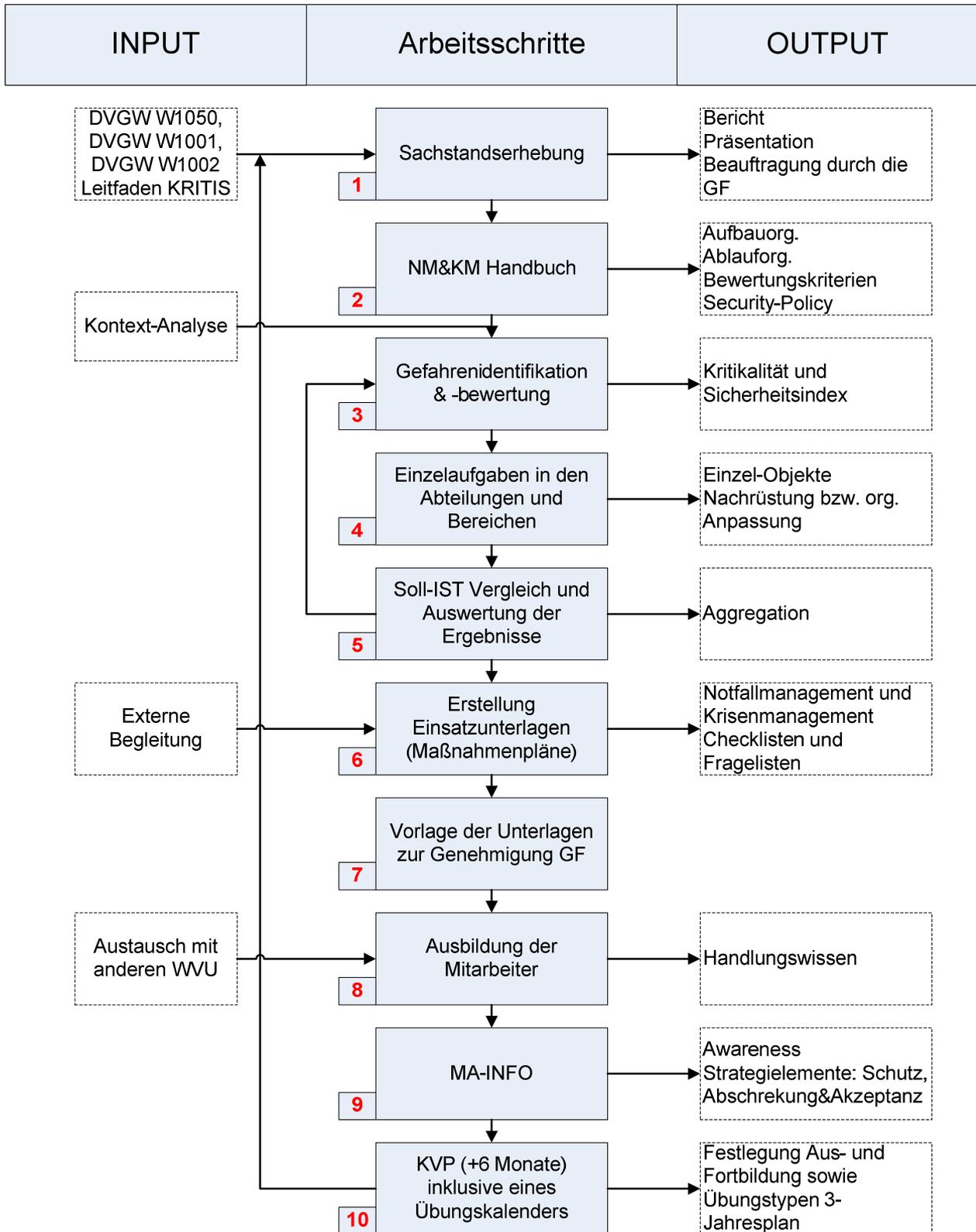


ABBILDUNG 5: 10-STUFEN PROGRAMM ZUR ORGANISATIONSERÜCHTIGUNG



2 Aufbauorganisation für Notfall- & Krisenmanagement

Das Unternehmen muss befähigt sein, auf außerordentliche Ereignisse entsprechend reagieren zu können. Dazu werden die Bedrohungen und identifizierten Risiken in die in Abbildung 6 gezeigten Eskalationsstufen eingeordnet.

Störungen in der Verteilung oder beispielsweise bei der Aufbereitung sind technische Gebrechen, die routinemäßig durch definierte Fachkräfte behoben werden. Dabei sind die Gefahren für das Trinkwasser gut bekannt. In der Regel kann dadurch ein kurzfristiger Versorgungsausfall bedingt sein. Technische Gebrechen, deren Umfang der Fehlerbehebung relativ rasch bekannt ist, werden daher der **Eskalationsstufe Störung** zugeordnet.

Ein **Notfall** wird dadurch charakterisiert, dass Einsatz- oder Fachkräfte der Regelorganisation des Unternehmens zumeist gemeinsam mit einer Einsatzorganisation (Feuerwehr, Polizei, Rettungskräfte allgemein) ein Ereignis bewerten, behandeln bzw. zusammen bewältigen. Darüber hinaus ist die zeitliche und

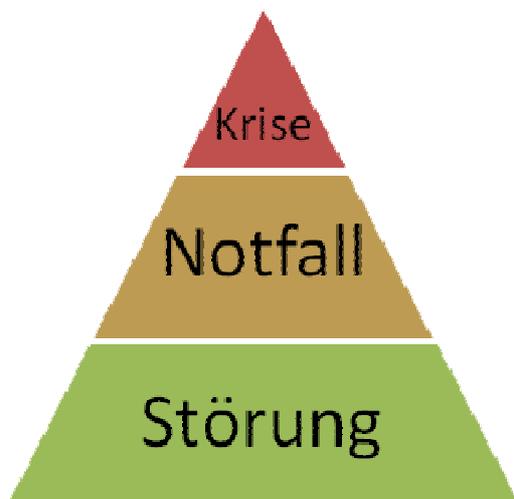


Abbildung 6: Eskalationsstufen

technisch-organisatorische Schadensdimension vorhersehbar. Im Kontext zum Objektschutz besteht auch die Gefahr, dass die Qualität des Trinkwassers gefährdet ist. In der Eskalationsstufe Notfall ist daher der Koordinationsbedarf zwischen dem WVU und einer Einsatzorganisation und/oder einer Behörde zwingend angezeigt. In der Regel konzentriert sich im Notfall der Koordinationsbedarf auf eine oder mehrere überschaubare Schadstellen und/oder Problemstellungen.

Für die Eskalationsstufen Notfall und Störung sind Routineabläufe zu initiieren, die durch Checklisten und Maßnahmenpläne festzulegen sind (siehe dazu Punkt 6 „Erstellung Einsatzunterlagen“ – Maßnahmenpläne).

Technische Gefahren sowie **Naturgefahren**, die in der Auswirkungsdimension im Risikomanagement identifiziert und berücksichtigt sind, werden mit den Mitteln des **Störungs- und Notfallmanagements** bewältigt. Der Umgang mit **intentionalen Gefahren**, also kriminellen Handlungen, die in der Risikoidentifikation erfasst sind, wird der Eskalationsstufe Notfall zugeordnet. Alle organisatorischen, technischen sowie personellen Maßnahmen zur Abwendung und Bewältigung von „intentionalen Gefahren“ stellen eine „Sonderform“ des Notfallmanagements dar. Diese Aufgaben werden im **Security-Management** zusammengefasst. Daher wird das Auslösen eines Objektschutzalarms grundsätzlich der Eskalationsstufe Notfall zugeordnet.

Sobald ein Ereignis die Fachkompetenz sowie die Ressourcen des zuvor definierten Notfallmanagements bzw. die Eskalationsstufe Notfall übersteigen kann, spricht man von einer komplexen Schadenslage für das Unternehmen mit einer unbekanntem zeitlichen-organisatorisch-technischen Schadensdimension für Menschen, Umwelt oder für das Un-



ternehmen insgesamt. Hier ist die **Eskalationsstufe Krise** auszurufen.

Das charakteristische an einer Krise für ein WVU ist, dass es vor einer komplexen und in der Auswirkungsdimension unbekanntem Situation steht. CBRN-Anschläge auf die Trinkwasserversorgung erfüllen diese Merkmale.

Krisenmanagement ist nicht Teil der Regelorganisation und zeichnet sich dadurch aus, dass ein Krisenstab des Unternehmens zusammentritt, der die Regelorganisation in der Planung künftiger Bewältigungsschritte unterstützt. Ein Krisenstab wird auch dann benötigt, wenn sich aus dem Notfallmanagement heraus ein übergeordneter Koordinationsbedarf definiert.

Ziel dieses Arbeitsschrittes ist es, die konzeptionellen Grundlagen für alle Eskalationsstufen eines WVU zu schaffen bzw. festzulegen.

Ein wesentlicher Teil der konzeptionellen Grundlagen ist auch die Erarbeitung einer Sicherheitsstrategie (Security-Policy), die von der Unternehmensleitung freigegeben werden muss, sowie die Festlegung einer einheitlichen Regelung über die verschiedenen Eskalationsstufen im Unternehmen. Parallel dazu ist die Risikokommunikationsstrategie festzulegen (vgl dazu Abschnitt 2.1.2).

3 Identifikation und Bewertung der „Schutzobjekte“

Hier werden grundsätzlich die im Kapitel 1.3 dargestellten Verfahren angewendet. Es hat sich als sehr praktikabel herausgestellt, dass die Bestandsaufnahme der zu betrachtenden Objekte, für die in weiterer Folge organisatorische Maßnahmen abgeleitet werden sollen, durch **eine** Person durchgeführt wird. Die Objekte des Wasserversorgungssystems werden dabei systematisch vom Einzugsgebiet bis hin zur Übergabe an den Kunden erfasst, wie beispielhaft in Abbildung 7 dargestellt.

Für die Bewertung von Sicherheitsindex und Kritikalität wird die Bildung einer Kleingruppe empfohlen.

Ziel dieses Arbeitsschrittes ist es, die hochbaulichen Einrichtungen strukturiert zu erfassen und eine Bewertung des Sicherheitsindex und der Kritikalität in einer Kleingruppe vorzunehmen. Die dabei gesammelten Erkenntnisse, insbesondere die der Kritikalität eines „Objektes“ für das Unternehmen, müssen für das Notfall- und Krisenmanagement aufbereitet werden und dort zur Verfügung stehen.

4 Einzelaufgaben / Nachrüstung

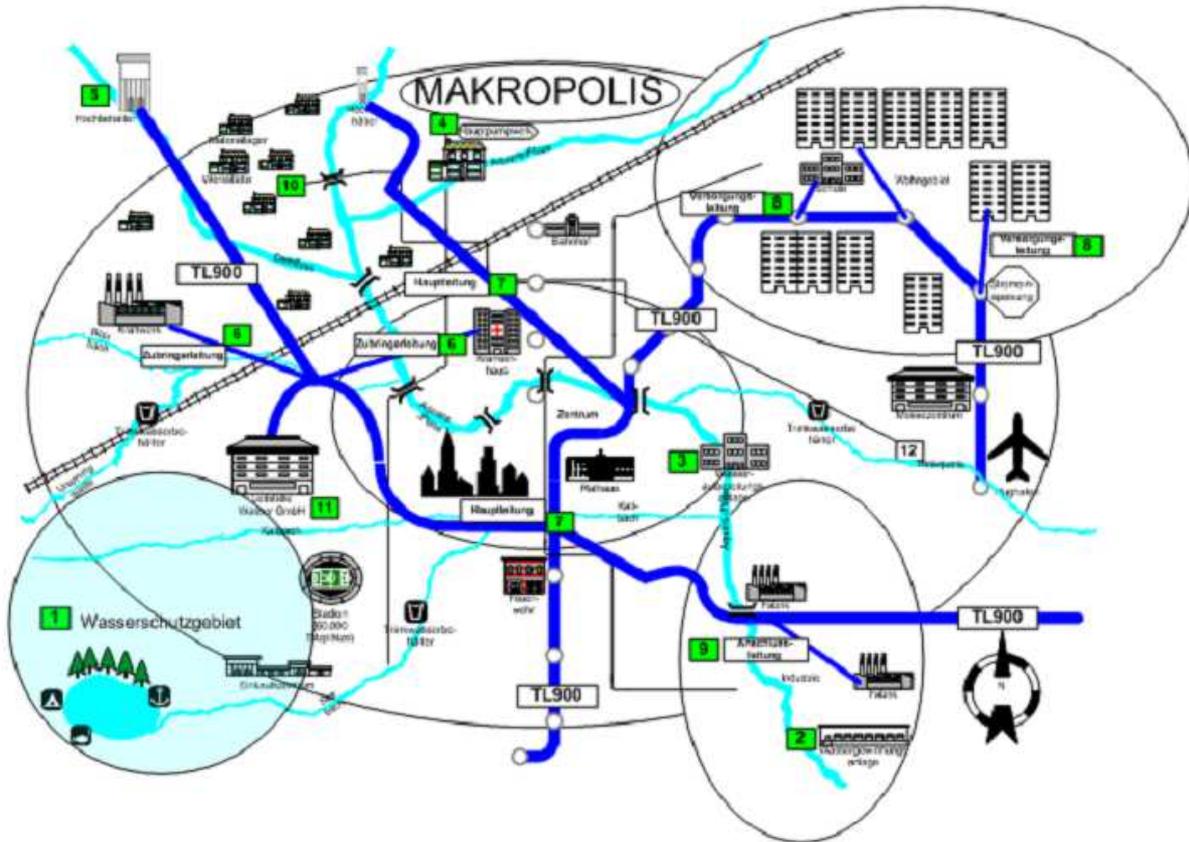
Die Gegenüberstellung von Sicherheitsindex und Kritikalität ermittelt einen Anpassungsbedarf. Dieser wird i. d. R. durch die zuständigen Abteilungen/Bereiche individuell umgesetzt.

Ziel der organisatorischen Vorbereitungen ist es, einen Zugriff auf das Schutzgut Wasser durch technische Schutzmaßnahmen in einem sinnvollen Kosten-Nutzen-Verhältnis möglichst zu erschweren. An diesem Punkt sollten Szenarien erarbeitet werden, wie und mit welchen personellen und materiellen Ressourcen ein höheres Schutzniveau erreicht werden kann, sofern dies erforderlich ist.

5 Soll-Ist-Vergleich und Aggregation

Dieser Schritt stellt in gewisser Weise einen Endpunkt bzw. den Startpunkt für den Aufbau eines effektiven Notfall- und Krisenmanagements dar. Durch Aggregation der Szenarien werden Ereignisse ausgewählt, die entweder im Notfallmanagement oder im Krisenmanagement abgearbeitet werden müssen.

Ziel dieses Arbeitsschrittes ist es, einen iterativen Prozess zur Auswahl repräsentativer (Schad-) Szenarien für das Unternehmen zu initiieren bzw. abzuschließen.



Legende:

1. Wasserschutzgebiete
2. Wassergewinnungsanlagen (Brunnen, Talsperren, Quellen, Flüsse)
3. Wasseraufbereitungsanlagen (z. B. Belüftungen, Filteranlagen, Desinfektionsanlagen)
4. Wasserförderanlagen (Hauptpumpwerke, Zwischenpumpwerke, Druckerhöhungsanlagen)
5. Wasserspeicher (Hochbehälter, Wassertürme, Trinkwasserbehälter)
6. Fern- und Zubringerleitungen
7. Hauptleitungen
8. Versorgungsleitungen
9. Anschlussleitungen
10. Betriebsgebäude (z. B. Werkstätten, Materiallager)
11. Leitstellen

ABBILDUNG 7: SCHUTZOBJEKTE IM VERTEILUNGSSYSTEM

6 Erstellung Einsatzunterlagen

Zahlreiche Wasserversorgungsunternehmen haben bereits ein bestehendes Objektschutzkonzept. Die technisch-organisatorische Sachstandserhebung wird durch die Selbstevaluation (Kapitel 1.3) unterstützt. Die organisatorische Komponente, das Notfallmanagement in der speziellen Ausprägung des „Security-Managements“, baut auf den Grundelementen der Risikobeherrschung gemäß Abbildung 4 auf.

Die Behandlung von Objektschutzalarmen sollte in einer zuvor definierten Eskalationskette, abhängig von der Kritikalität des Objektes, abgearbeitet werden. Für die Entwicklung eines durchgängigen Objektschutzkonzeptes ist es wichtig zu verstehen, dass sich die Ereignisbehandlung prozessual an den Gegebenheiten des täglichen Routinebetriebs (Störungsdienst) orientiert. **Verfahren** zur „Ereignisbewältigung“, die **stark** von den im Unternehmen gelebten „Standardprozessen“ der „Entstörung“ **abweichen, sollten mög-**



lichst vermieden werden. Im Unternehmen werden **definierte Eskalationsstufen** für die „Ereignisbewältigung“ **festgelegt.** Dazu braucht das Unternehmen:

- eine Führungsorganisation, die mit komplexen außergewöhnlichen Ereignissen umgehen kann,
- ein Führungsverfahren oder Entscheidungsfindungsprozesse, die bei Behörden in ähnlicher Weise zur Anwendung gelangen um „interoperabel“ zu handeln und
- Führungs- und Kommunikationsmittel.

Die *Führungsorganisation* legt die Aufgabengebiete, die Verantwortung und die Entscheidungsbefugnis der im Unternehmen definierten Führungsebenen fest. In der Regel sind dies die Entstörungsdienste, Dienste im Notfallmanagement und ein Krisenstab. Die Ausstattung und Verteilung von personellen und materiellen Ressourcen innerhalb und zwischen den Führungsebenen muss geregelt werden.

Das *Führungsverfahren* bei Einsatzorganisationen ist ein festgelegter und zielgerichteter,

in sich abgeschlossener Denk- und Handlungsablauf (siehe Abbildung 8). Es besteht aus den Elementen:

- Aufgabenstellung,
- Lagefeststellung inkl. Lagedarstellung,
- Planung mit
- Beurteilung der Lage und
- Planung der Durchführung,
- Durchführung
- Überwachung und Kontrolle.

Führungs- und Kommunikationsmittel sind technische Hilfsmittel und Einrichtungen, die Führungskräfte bei ihrer Führungsarbeit unterstützen sollen. Darunter fallen Betriebsfunk, Telekommunikation von und zu wichtigen Einrichtungen wie z. B. zur Polizei, Fax, Email aber auch GIS und NIS Applikationen, um Auskunft über den Netzzustand oder über Betriebszustände abfragen zu können.

Für das Security-Management sind Maßnahmenpläne zu erarbeiten, die konkrete Handlungsanweisungen für die handelnden Personen bereitstellen, siehe dazu Abbildung 9.

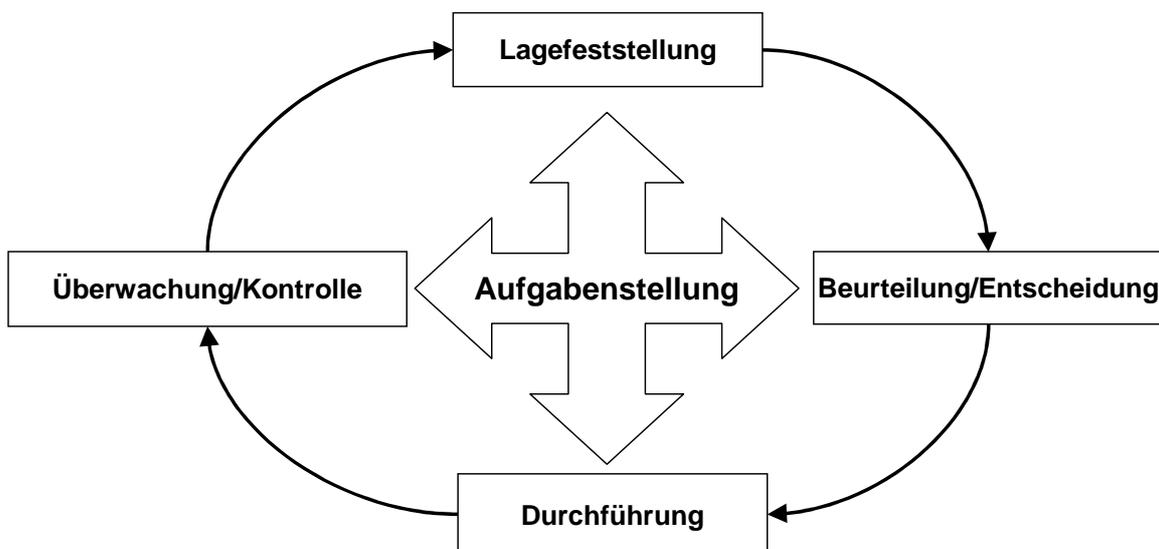
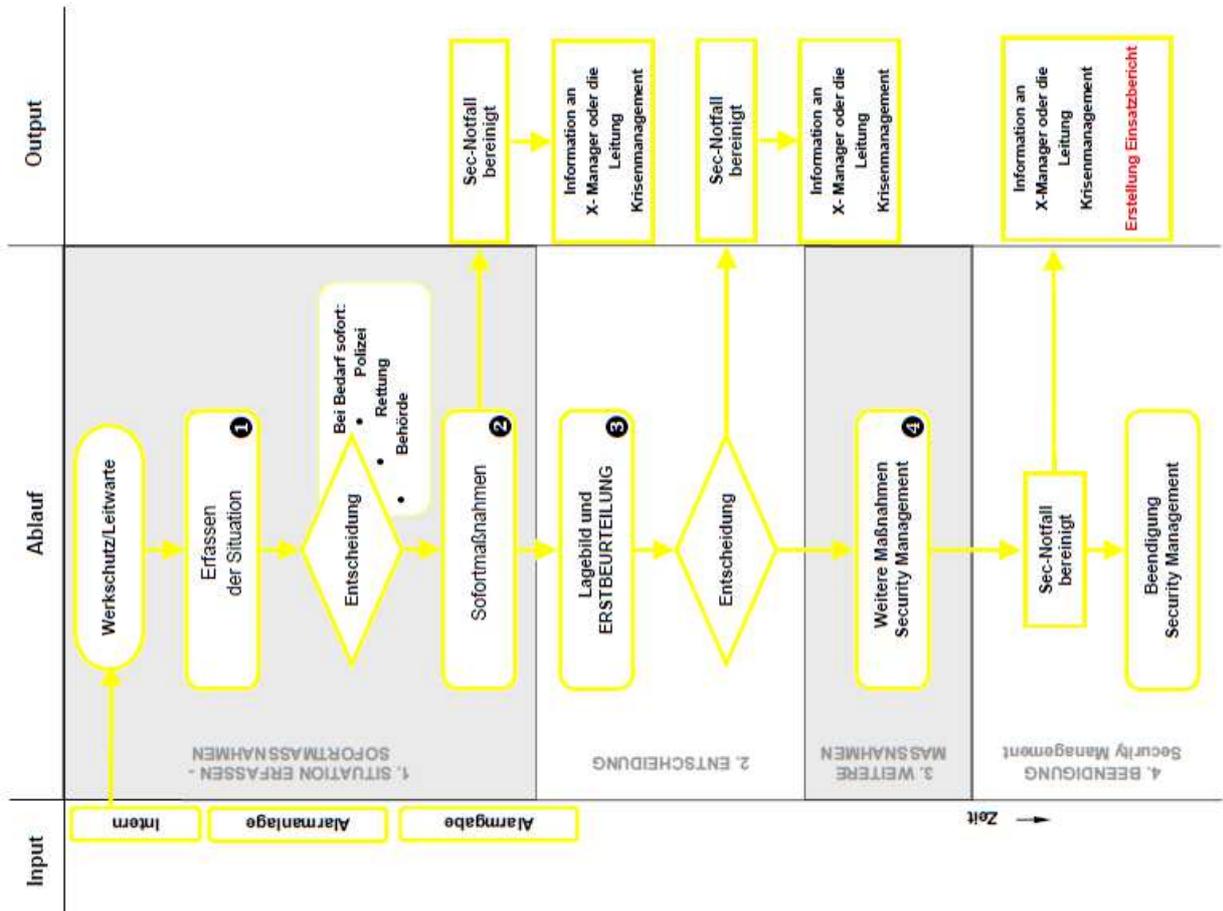


ABBILDUNG 8: ALLGEMEINES FÜHRUNGSVERFAHREN (REGELKREIS DER FÜHRUNG)



Seite 2/2

Maßnahmenpläne Security Management



Seite 1/2

Status Security Management

Maßnahmenpläne

ABBILDUNG 9: BEISPIELHAFTER MAßNAHMENPLAN



Maßnahmenpläne können in DIN A4 und/oder DIN A5 ausgearbeitet werden. Sie sollten grundsätzlich, wie in Abbildung 9 gezeigt, aus zwei Seiten bestehen:

- Linke Seite: Hier wird der gedachte routinemäßige Prozess als Ablaufdiagramm dargestellt (Security Managementprozess). Dieser muss an die Routineprozesse des Unternehmens (Störungsmanagement) angepasst werden.
- Rechte Seite: Hier werden Fragen in Form von Handlungsanweisungen an die Personen formuliert, die im Unternehmen mit der Behandlung des Objektschutzalarms beauftragt wurden.

Es ist wichtig, den Endpunkt zu definieren und die Maßnahmen nach Beendigung eines Alarmzustandes ebenfalls festzulegen.

Die Verantwortlichkeiten in den jeweiligen Abschnitten müssen eindeutig geregelt werden.

Maßnahmenpläne sollen die handelnden Personen durch den Prozess führen!

Auf eine strikte Trennung zwischen der organisatorischen Prozessbeschreibung und dem Handlungsablauf in Form eines „Kochrezepts“ sollte geachtet werden. Erklärende Beschreibungen im Ablaufplan sind zu vermeiden.

Die Fragen können bzw. sollen fachspezifisch in Abstimmung mit den örtlichen (Sicherheits-) Behörden detailliert festgelegt und ergänzt werden.

Es ist anzustreben, **einen** Ablaufplan für alle objektschutzüberwachten Objekte einzuführen. Zusätzliche Fragen wie z. B. ist das Ereignis öffentlichkeitswirksam können im Punkt 4 zusammengefasst werden (vergleiche dazu auch Abschnitt 2.1.3). Im Punkt 2 oder 3 ist eine Prüffrage Krisenmanagement einberufen ja/nein? zwingend vorzusehen.

Gegebenenfalls kann man auf weitere standardisierte Ablaufpläne verweisen. z. B. Vor-

gehen bei Evakuierung/Räumung bei Brand etc.

7 Genehmigung durch die Unternehmensleitung

Sowohl die organisatorischen Prozesse zur Behandlung von Notfällen oder Krisen als auch die konkreten Handlungsanweisungen müssen durch die Unternehmensleitung freigegeben werden. Die darin vorgesehenen Prozessketten und Verhaltensweisen sind dabei nicht nur aus organisatorisch-technischer Sicht zu bewerten sondern auch auf die Rechtskonformität zu prüfen. Abgesehen von den allgemeinen arbeitsrechtlichen Aspekten sind die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Mitarbeiter im Notfall- und Krisenmanagement bei „nichtpolizeilichen Großschadenslagen“ gesondert festzulegen. Es wird empfohlen, diese im Rahmen der in Schritt 10 vorgeschlagenen Übungen regelmäßig zu überprüfen.

8 Ausbildung der Mitarbeiter

Der Erfolgsfaktor für eine erfolgreiche „Ereignisbewältigung“ ist das Handlungswissen der Mitarbeiter in einem Unternehmen. Der Aus- und Fortbildung im Notfall- und Krisenmanagement kommt dabei erhöhte Bedeutung zu. Es wird dabei ein mehrstufiger Prozess empfohlen, der sich an den Grundlagen der erwachsenengerechten Aus- und Fortbildung orientiert. Ferner wird die Einführung eines Reifegradsystems für die Organisation empfohlen, um nicht nur die Individuen in der Organisation zu betrachten sondern auch das gesamte Zusammenwirken in der Organisation.

9 Mitarbeiterinformation

Das Gesamtsystem Störungs-, Notfall-, und Krisenmanagement wird von ausgewählten und speziell geschulten Mitarbeitern getragen. Diese Mitarbeiter haben sich im Rahmen des Entwicklungsprozesses intensiv mit den



fachlichen Aufgaben und Herausforderungen beschäftigt. Ein effektives Störungs-, Notfall- und Krisenmanagement kann aber nur unter Einbeziehung aller Mitarbeiter erfolgen. Dies gilt insbesondere für das Security-Management. Hier werden drei Strategieelemente definiert, die es gilt, in Einklang zu bringen. Die Strategieelemente Schutz, Abschreckung und Akzeptanz stellen die Grundlagen eines erfolgreichen Security-Managements dar.

Im Rahmen der Mitarbeiterinformationen müssen die Verantwortlichkeiten der verschiedenen Führungsebenen herausgearbeitet werden. Je nach Struktur eines Wasserversorgungsunternehmens bzw. die Einbettung der Sparte Wasser in ein Unternehmen lassen sich drei Hierarchieebenen gemäß Abbildung 10 definieren.

Die oberste Leitung eines Unternehmens hat die politisch-strategischen Ziele für die Bewältigung von Ereignissen vorzugeben. In der Sicherheit steht der Schutz von Mensch und Umwelt an oberster Stelle. Daraus leitet sich

auch die Security-Policy des Unternehmens ab.

Die operative Bewältigung eines Schadensereignisses in der höchsten Eskalationsstufe (Krise) wird durch eine von der obersten Leitung des WVU beauftragte Person durchgeführt. Diese führt als Leiter des Krisenstabs im Auftrag der Unternehmensleitung den gesamten Einsatz. Der Krisenstab plant und koordiniert die Führungskräfte der Regelorganisation bzw. die Leitung des Notfallmanagements.

In der Bewältigung von Störungen und Notfällen kommen Fachkräfte der Regelorganisation oder das Stör- bzw. Notfallmanagement zum Tragen. Im Anlassfall erfolgt hier eine unmittelbare Bewältigung vor Ort.

Mit Blick auf die Ereigniskommunikation (vgl. dazu Kapitel 2.1.3) müssen hier auch die Regelungen für die verschiedenen Eskalationsstufen nochmals explizit angesprochen werden. Die Umsetzung der Krisenkommunikation obliegt dem Krisenstab bzw. der Unternehmensleitung.

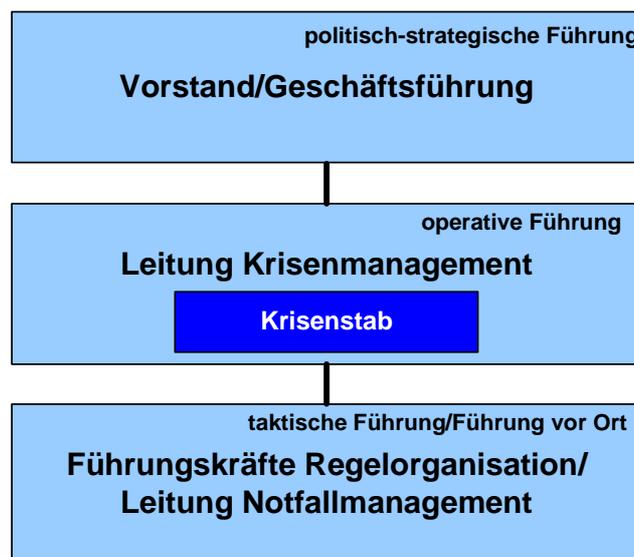


ABBILDUNG 10: AUFTEILUNG DER FÜHRUNGSEBENEN IM NOTFALL- UND KRISENMANAGEMENT



10 Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP)

Ein wesentliches Element des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses des Störungs-, Notfall- und Krisenmanagements stellen Übungen dar. Im Rahmen von Übungen können sowohl funktionale Tests von Sicherheitseinrichtungen durchgeführt als auch organisatorische Prozesse optimiert werden. Um diese Optimierung durchführen zu können, müssen auch die konzeptionellen Grundlagen kontinuierlich angepasst werden.

Es wird angeregt, folgende ausgewählte Übungstypen¹ zu planen und in verschiedenen Intensitäten regelmäßig durchzuführen:

- Funktionstest von Sicherheitseinrichtungen (mehrfach im Jahr, siehe dazu auch die Wartungsanforderungen an den Objektschutz; Einbruchmeldeanlagen)
- Plan-Besprechung (mehrfach im Jahr)
- Stabsübung und Stabsrahmenübung einmal im Jahr
- Kommunikations- und Alarmübung (mehrfach im Jahr in Verbindung mit dem Funktionstest)
- Ernstfall- oder Vollübung (einmal in drei Jahren als Vorschlag)
- Auswertung von Realeinsatzfällen (anlassbezogen)

2.1.2 Risikokommunikation

Ziel

Im Rahmen der Risikokommunikation sollen Informationen zu möglichen oder zu erwartenden Risiken sowie zum Umgang mit diesen (d. h. Entscheidungen, Maßnahmen, Pläne) vor Eintritt eines Schadensfalles vermittelt werden. Die Risikokommunikation soll damit – zusammen mit der Risikoanalyse – die Voraussetzung für die Implementierung von möglichen Maßnahmen und die Erstel-

lung von Handlungsempfehlungen für die verschiedenen Akteure bzw. Akteursgruppen wie Behörden, Versorger oder Verbraucher schaffen. Sie ist somit als Teil einer angemessenen Risikokultur anzusehen.

Vorgehensweise

Wichtig ist, dass innerhalb und zwischen verschiedenen Akteuren/Akteursgruppen unterschiedliche Informationen kommuniziert werden: Neben den für die Wasserversorgung verantwortlichen Akteuren (Kommune, Versorger und Gesundheitsbehörden) sind je nach Größe eines eintretenden Schadenfalls die Gefahrenabwehrbehörden mit einzubeziehen. Auf der anderen Seite sind Verbraucher bzw. Kunden (Bevölkerung, Unternehmen) sowie die Medien in die Kommunikationsaktivitäten mit einzubeziehen. Je nach regionalen Gegebenheiten sind darüber hinaus weitere Akteure zu berücksichtigen, insbesondere sensible Kunden wie z. B. Krankenhäuser, KiTas, Schulen, Altenheime oder Großkunden.

Eine interne Risikokommunikation (innerhalb und zwischen Versorger und Behörde) sollte im Idealfall im Zusammenhang mit den nach TrinkwV zu erstellenden Maßnahmenplänen erfolgen, in deren Rahmen definiert wird, welche Stellen im Falle einer festgestellten Abweichung zu informieren sind und wer zur Übermittlung dieser Information verpflichtet ist, und wie in den Fällen, in denen die leitungsgebundene Wasserversorgung zu unterbrechen ist, vorgegangen werden muss.

In Bezug auf die externe Risikokommunikation (Kommunikation mit Verbrauchern bzw. Kunden und Medien) sind der Aufbau und die Pflege von Vertrauen und Glaubwürdigkeit durch Öffentlichkeitsarbeit und das Herstellen einer angemessenen Transparenz wichtiges Ziel. Hierbei soll eine generelle Sensibilisierung für die Wahrscheinlichkeit und Bedeutung potenzieller Schadensereignisse

¹ In Anlehnung an BSI-Standard 100-4



hergestellt werden; das Vertrauen in die Akteure sollte gestärkt werden, indem glaubhaft vermittelt wird, dass die verantwortlichen Akteure sich intensiv mit diesen Themen auseinandersetzen und gegebenenfalls entsprechend reagieren können. Für eine langfristige Bewusstseinsbildung sollten auch Kinder und Jugendliche (bspw. im Rahmen von Aktionstagen in KiTas und Schulen, Exkursionen etc.) als Adressaten nicht außer acht gelassen werden. Bezüglich sensibler Kunden (s. o.) geht es insgesamt aber vor allem darum, einen Kontakt zu geeigneten Ansprechpersonen aufzubauen und besondere Gefährdungen und mögliche Reaktionsmaßnahmen zu diskutieren, so dass diese Kunden im Krisenfall schnell erreicht werden können und angemessenes Handeln erfolgen kann.

Insgesamt soll die Risikokommunikation einen Dialog über die entsprechenden Themen schaffen, so dass ein Meinungs- und Informationsaustausch über Risiken zwischen den Verantwortlichen der Risikobewertung, des Risikomanagements, Wissenschaftlern und anderen Beteiligten (Verbraucher, Medien, etc.) stattfindet. Aufbau und Pflege von Medienkontakten vor Eintritt eines Schadensfalles sowie die Kenntnis der Verbrauchersicht sind nicht zuletzt zur konkreten Vorbereitung der Kommunikation im Krisenfall unerlässlich.

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass eine von gegenseitiger Glaubwürdigkeit und Vertrauen geprägte Beziehung zwischen den verantwortlichen Akteuren sowie zu Medien und Bevölkerung eine notwendige Basis für eine gelingende Risiko- und Krisenkommunikation ist. Eine solche Beziehung muss zunächst hergestellt und anschließend kontinuierlich gepflegt werden, z. B. durch die Pflege persönlicher Kontakte zu Journalisten und durch kontinuierliche Öffentlichkeitsarbeit (beispielsweise durch Führungen und Info-

Broschüren). Genügend Zeit und Kapazitäten für die Kontaktpflege und Öffentlichkeitsarbeit einzuplanen, ist somit eine wichtige Investition für den Bedarfsfall.

Weitere Informationen zum Thema Risikokommunikation, zur Vorbereitung der Krisenkommunikation sowie zu Kommunikationsstrategien und generellen Handlungsempfehlungen können dem im Rahmen des STATuS-Projektes erarbeiteten, ausführlicheren Leitfaden „Risiko- und Krisenkommunikation in der Trinkwasserversorgung zur Verbesserung der Sicherheit in Hinblick auf CBRN-Bedrohungsszenarien“ entnommen werden, der sich an die verantwortlichen Akteure der Wasserversorgung richtet.

2.1.3 Krisenkommunikation

Ziel

Krisenkommunikation umfasst alle Kommunikationsanstrengungen nach Eintritt einer Krise und soll deren effektive Bewältigung ermöglichen bzw. ihre Zuspitzung sowie einen Vertrauensverlust oder Imageeinbußen verhindern.

Vorgehensweise

Ein wichtiger Faktor einer erfolgreichen Krisenkommunikation ist die Übermittlung der zum Handeln notwendigen Informationen an alle verantwortlichen Akteure. Eine weitere wesentliche Komponente besteht in der Information aller Betroffenen (Mitarbeiter, Interessensgruppen, Medien, Anrainer, Bürger, politische Gruppierungen etc.) über Bedrohungen und Auswirkungen der Krise. Die relevanten Akteure, Zielgruppen, Kommunikationswege und besondere Adressaten unterscheiden sich allerdings je nach Gegebenheiten beim Wasserversorgungsunternehmen und bei den zuständigen Behörden. Zum Beispiel kann es besondere Adressaten, d. h. Kunden geben, welche eine erhöhte Sensibili-



tät in Hinblick auf Risiken für die Trinkwasserversorgung aufweisen und gezielt informiert werden sollten. Dazu gehören z. B. Krankenhäuser, Schulen, KiTas sowie Großkunden.

Damit Krisenkommunikation im Krisenfall effektiv und ohne Zeitverzögerung funktioniert, ist eine gute Vorbereitung im Vorfeld notwendig. Wichtig ist im Vorfeld genau festzulegen, wer welche internen Kommunikationsaufgaben übernimmt, insbesondere wer welche Informationen sammelt und koordiniert, und wer Informationen nach außen geben darf. Hier ergeben sich zum Teil große Unterschiede, abhängig von der Größe eines Wasserversorgungsgebietes und der Organisationsstruktur eines Wasserversorgers, so dass jeweils eine individuelle Vorbereitung erfolgen muss.

Die Tendenz bei der Kommunikation nach außen sollte im Zweifelsfall sein, „die Gefahr lieber zu überschätzen, als sie zu unterschätzen“, da Korrekturen der Aussagen so ohne Vertrauensverlust möglich sind.

Zur Wahrung des Vertrauens von Seiten Presse und Bevölkerung ist in jedem Fall das One-Voice-Prinzip einzuhalten, d. h. ein geschlossenes Auftreten nach außen durch eine Person. Dies ist insbesondere auch bei überregionalen Störfällen von großer Bedeutung.

Der Ablauf der Krisenkommunikation sollte durch Krisentrainings regelmäßig erprobt und geübt werden. Die Praxisnähe zur Erprobung des Ernstfalls kann dabei schrittweise gesteigert werden, um die Abläufe schrittweise zu testen und zu verbessern.

Die nachgelagerte Krisenkommunikation beginnt nach Rückkehr zum betrieblichen Alltag. Neben der Kommunikation an Presse und Bevölkerung der relevanten Erkenntnisse, wie es zu der Krise kommen konnte und wie sich der Krisenverlauf gestaltete, sollte

thematisiert werden, welche Konsequenzen aus dem Vorfall gezogen werden und was getan wird, um ähnliche Vorfälle in Zukunft vermeiden zu können. Darüber hinaus erfolgen die Nachsorge und die Aufarbeitung des Gelernten. Betriebsintern sollten zur Verarbeitung der Krise breit angelegte und professionelle Debriefing-Gespräche durchgeführt werden.

Weitere bzw. detaillierte Handlungsempfehlungen inkl. Checklisten, sowie ausführlichere Informationen über die Krisenkommunikation können dem Leitfaden „Risiko- und Krisenkommunikation in der Trinkwasserversorgung zur Verbesserung der Sicherheit in Hinblick auf CBRN-Bedrohungsszenarien“ entnommen werden.

Werkzeuge

Ein wichtiger Erfolgsfaktor für die Krisenkommunikation ist dabei Vertrauen zwischen den verschiedenen verantwortlichen Akteuren. Dieses Vertrauen muss bereits in der krisenfreien Zeit durch regelmäßige formelle und vor allem auch informelle Treffen gebildet werden. Auch zu Vertretern der Medien sollte ein vertrauensvoller Kontakt im Vorfeld aufgebaut und kontinuierlich gepflegt werden.

Für den Krisenfall sollten vorgefertigte Pressemitteilungen sowie Standardformulierungen zu Verhaltensregeln für die Bevölkerung vorliegen, um im Bedarfsfall schnell reagieren zu können.

2.1.4 Akzeptanz von Entscheidungsträgern

Ziel

Über die Akzeptanz von geeigneten Maßnahmen hinsichtlich CBRN-Anschlägen kann die Umsetzung gefördert werden. Dabei sind die spezifischen Gegebenheiten der Akteure zu berücksichtigen, die im Folgenden beschrieben werden.



Vorgehensweise

Für die Akzeptanz von Maßnahmen auf Seiten von Wasserversorgungsunternehmen und Behörden spielt grundsätzlich zunächst die Art der Maßnahmen selbst eine große Rolle. Dabei beeinflussen folgende Charakteristika – neben der Verfügbarkeit bzw. technischen Machbarkeit – die Akzeptanz, wobei die jeweils subjektive Wahrnehmung eine wichtige Rolle spielt:

- Ausgereiftheit bzw. Zuverlässigkeit / Störanfälligkeit
- Aufwand
- Kosten
- Verankerung in Regelwerken / Vorgaben

Gleichzeitig gibt es große Unterschiede je nach spezifischen Gegebenheiten auf Seiten der verantwortlichen Akteure innerhalb eines Versorgungsgebietes. Zu diesen gehören folgende Faktoren:

- Risikowahrnehmung und Erfahrung mit Krisenfällen (s. Abschnitt 1.2) bzw. wahrgenommener Handlungsbedarf
- personelle und technische / organisatorische Kapazitäten (abhängig von Größe und Struktur der Wasserversorgungsunternehmen und Behörden)
- Gelegenheit zur Berücksichtigung von Maßnahmen in Neu-/Umbauphasen

Tendenziell ergibt sich folgendes Bild hinsichtlich der Akzeptanz und Umsetzung von Maßnahmen bei verschiedenen Akteuren:

- Bei mittleren und großen Wasserversorgern werden vorbereitende und präventive Maßnahmen häufig schon umfassend umgesetzt und ein versorgungsspezifischer Krisenmanagementplan, der über die entsprechend TrinkwV in den zu Maßnahmenplänen definierten Punkten hinausgeht, liegt teilweise vor.
- Bei kleineren Wasserversorgern scheint der Ablauf bei Störfällen vor allem stark vom vorhandenen Personal abhängig zu

sein. Vorhandene Maßnahmenpläne sind oftmals nicht eigenständig und den eigenen Erfordernissen entsprechend erstellt, so dass sie für den Krisenfall nicht hinreichend effektiv und zielführend scheinen. Dementsprechend bestehen bei kleineren und z. T. auch bei mittleren Wasserversorgern häufig Unsicherheiten und Unklarheiten, wer im Krisenfall zuständig ist und wie angemessen zu reagieren ist.

Aus Behördensicht erscheinen insbesondere die Aktualität und die regelmäßige Aktualisierung von Maßnahmenplänen kleinerer Wasserversorger (bspw. hinsichtlich Erreichbarkeit von Ansprechpartnern) als kritisches Thema.

Hinsichtlich der Typen von Maßnahmen, welche im Rahmen des STATuS-Projektes betrachtet wurden, sind aus Sicht sowohl kleiner als auch mittlerer und großer Wasserversorger sowie Behörden bauliche Maßnahmen und alarmgenerierende Techniken vorstellbar bzw. z. T. bereits umgesetzt. Reaktive organisatorische und heute verfügbare technische Maßnahmen sind i. d. R. vorstellbar. Derzeit kaum umsetzbar erscheinen Sensoren zur Detektion.

Um die Akzeptanz und Umsetzung geeigneter Maßnahmen zu fördern, gilt es mit den oben genannten Empfehlungen zur Steigerung der Risikowahrnehmung ein Bewusstsein als notwendige Basis zu schaffen.

Darauf aufbauend kann die Akzeptanz durch die Durchführung einer Kosten-Wirksamkeitsanalyse erhöht werden. Die Kosten der betrachteten Maßnahmen müssen jeweils individuell eingeholt werden, da diese häufig stark von umsetzungsbezogenen Randbedingungen abhängig sind. Bei der Bewertung der Wirksamkeit kommt dem „dual benefit“ (doppelten Vorteilen) eine besondere Rolle zu. Beispielsweise kann eine Maßnahme die Sicherheit in Hinblick auf ein An-



schlagsszenario erhöhen und dabei gleichzeitig die Überwachung der Wasserversorgung verbessern bzw. helfen, andere Störfälle im Alltag zu vermeiden.

Bei fehlenden personellen, technischen oder organisatorischen Kapazitäten oder fehlendem Fachwissen kann für die Umsetzung von Maßnahmen auf externe Hilfe zugegriffen werden. Die Akzeptanz, externe Hilfe einzuholen, hängt oftmals von der Wahrnehmung entsprechender Möglichkeiten und deren Charakteristika (z. B. Kosten und Aufwand) ab.

Um die Akzeptanz von Maßnahmen zu erhöhen und geeignete Maßnahmen auswählen zu können, ist also das Bereitstellen bzw. Einholen von Informationen sowie die eingehende Auseinandersetzung mit Maßnahmen und Gegebenheiten zentrale Voraussetzung. Behörden können hier unterstützend wirken und die Akzeptanz und Umsetzung von Maßnahmen fördern, indem sie Bedarf sowie Möglichkeiten im Rahmen der Risikokommunikation aufzeigen und Informationen bereitstellen.

2.2 Technische Maßnahmen

2.2.1 Verringerung der Vulnerabilität hochbaulicher Einrichtungen

Zielstellung

Einen absoluten Schutz gegen Anschläge auf hochbauliche Einrichtungen eines Wasserverteilungssystems kann es nicht geben, jedoch kann durch geeignete Maßnahmen die Vulnerabilität gegenüber Anschlägen mit CBRN-Materialien reduziert werden. Um möglichst effiziente Maßnahmen zum Schutz von hochbaulichen wasserwirtschaftlichen Anlagen gegen Angriffe durch Dritte umzusetzen,

werden im Folgenden Möglichkeiten zur Verringerung der Vulnerabilität hochbaulicher Einrichtungen von wasserwirtschaftlichen Anlagen erläutert.

Beschreibung der Vorgehensweise

Die Kritikalität einer hochbaulichen Einrichtung innerhalb eines Trinkwasserverteilungssystems stellt ein Maß für die Bedrohungslage bzw. für Schutzbedürftigkeit und Vulnerabilität eines Wasserversorgungsunternehmens bzw. seiner verschiedenen hochbaulichen Objekte dar.

Der Sicherheitsindex eines Objektes bewertet in erster Linie dessen vorhandene bauliche Sicherheitsausstattung soweit sie geeignet ist, einen Angriff mit CBRN-Materialien zu erschweren, zu verzögern oder zu verhindern. Hierfür sind alle aus dem Objektschutz bekannten Maßnahmen geeignet. In Kombination mit der in Abschnitt 1.3 vorgestellten Methodik zur Bestimmung des Sicherheitsindex basierend auf dem Zonierungsmodell kann gezielt und effizient auf die Einzelbarrieren bezogene Nachrüstung der hochbaulichen Objekte erreicht werden. Neben den rein baulichen Maßnahmen zum Schutz kann der Sicherheitsindex einer hochbaulichen Einrichtung durch gezielte organisatorische Sicherungsmaßnahmen, wie z. B. Wachdienst, erhöht werden, um die Vulnerabilität zu verringern (vgl. Abbildung 11).

Im Vordergrund bei der Verringerung der Vulnerabilität eines hochbaulichen Objektes stehen die technischen (baulichen) Maßnahmen zur Erhöhung des Sicherheitsindex. Wie bereits in Abschnitt 1.3 erläutert setzt sich der bauliche Sicherheitsindex eines Objektes zusammen aus den Teilbeiträgen der verschiedenen Barrieren, welche ein Angreifer auf dem Weg zum Wasser überwinden muss.



ABBILDUNG 11: MAßNAHMEN ZUR ERHÖHUNG DES SICHERHEITSINDEX EINER HOCHBAULICHEN EINRICHTUNG

Um möglichst effiziente Maßnahmen zur Erhöhung des baulichen Anteils am Sicherheitsindex vorzunehmen, ist es notwendig die Teilbeiträge der Einzelbarrieren zu analysieren, um die „schwächste“ Barriere zu identifizieren. Hierzu werden die Teilbeiträge der einzelnen Barrieren (Perimeterschutz, Zaun bis Außenhaut, Außenhaut, Innenraum, Innenbarrieren) in absteigender Reihenfolge sortiert.

Nach der Auswahl der schwächsten Barriere können geeignete Maßnahmen aus dem Objektschutz für diese Barriere gewählt werden, welche den Teilbeitrag der betrachteten Barriere zum Sicherheitsindex erhöhen (vgl. Abbildung 12). Prinzipiell eignen sich alle Maßnahmen aus dem klassischen Objektschutz, welche das Überwinden der Barriere durch den Angreifer erschweren bzw. diese in einer zentralen Leitstelle anzeigen. Im Vordergrund stehen dabei folgende Maßnahmen:

- Erhöhung der mechanischen Widerstandsklasse des „schwächsten“ Bauteils in einer Barriere bzw. der gesamten Barriere:
Hierzu zählen insbesondere mechanische Verstärkungen des Betrachteten Bauteils (z. B. Austausch Tür RC2 / WK2 durch Tür WK3) bzw. der gesamten Barriere (z. B. Verstärkung des Zaunes, mechanischer Schutz von Zugängen zum offenen Wasser, etc.)

- Ausrüstung der Barriere mit Alarmgenerierungssensoren und lokale bzw. zentrale Alarmgabe:
Ausrüstung der Barriere durch Sensoren, welche das unbefugte überschreiten einer Barriere anzeigen durch lokale Alarmgabe (z. B. akustisches Signal) bzw. zentrale Alarmgabe (Alarmmeldung in der Leitzentrale). Hierzu zählen insbesondere Türkontakte, Glasbruchsensoren und Bewegungsmelder sowie bildgebende Sensoren zur Überwachung von Außenbereichen.

Angemerkt sei hier, dass sich spezifische Barrieren wie z. B. der Außenbereich in der Regel nur mit erhöhtem Aufwand (z. B. Kamerasystemen) nachrüsten lassen. Oft ist es deshalb aus Kostengründen sinnvoll, diese Barrieren bei der Auswahl zurückzustellen und ggf. Barrieren wie die Außenwand bzw. den Innenraum durch geeignete Maßnahmen zu verstärken, um den erforderlichen Sicherheitsindex zu erreichen.

Hydranten oder Schachtabdeckungen stellen spezielle hochbauliche Einrichtungen innerhalb eines WVU Netzes dar. Prinzipiell können diese mit der vorgestellten Vorgehensweise bewertet werden, wobei sich die Betrachtungen i. d. R. auf die Barriere „Außenhaut“ und deren mechanische Verstärkung beschränken.

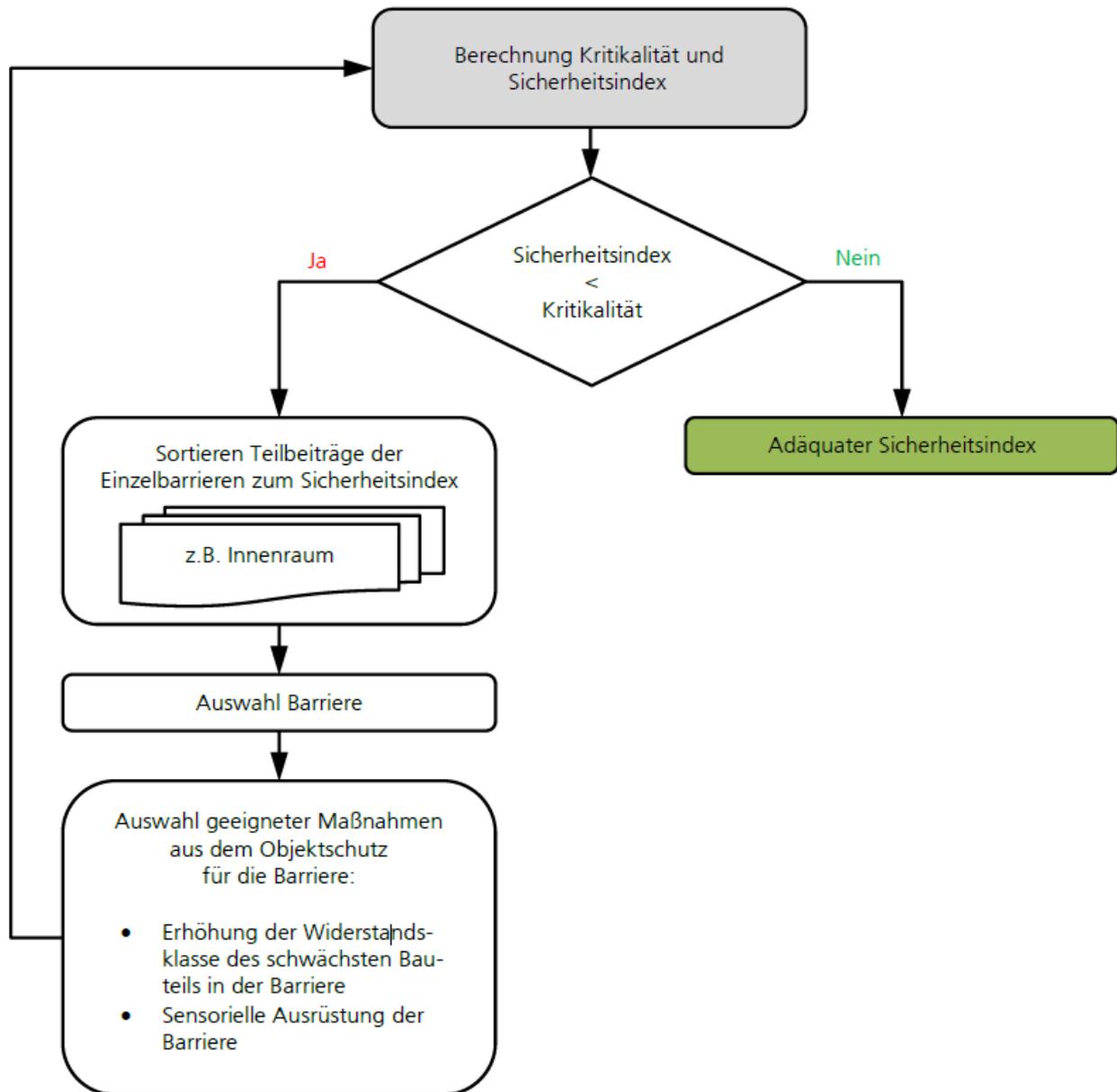


ABBILDUNG 12: PRINZIPIELLE VORGEHENSWEISE ZUR VERRINGERUNG DER VULNERABILITÄT HOCHBAULICHER EINRICHTUNGEN

Zur Vermeidung von Fehlalarmen bei der sensorielle Überwachung von Barrieren kann auf Methoden des Objektschutzes wie auch der industriellen Mess- und Prozesstechnik zurückgegriffen werden. Durch die Einführung von Redundanzkonzepten können höchste Sicherheitsanforderungen befriedigt werden. Bei der sensorielle Redundanz sind die Sensoren 3-fach bzw. 4-fach vorhanden und ein Alarmsignal wird als vertrauenswürdig gewertet, wenn mindestens 2 bzw. 3 Sensoren das gleiche Signal abgeben, d. h. nicht mehr als ein Sensor ein abweichendes Signal

abgibt. Bei der Überwachung des Weges bzw. der wahrscheinlichen Wege zum Wasser können derartige Redundanzkonzepte durch mehrere zu überwindende mechanische Barrieren mit sensorielle Überwachung oder aber durch eine mechanische Barriere mit mehrfacher sensorielle Überwachung realisiert werden. Diese zusätzlichen sensorielle Barrieren werden dann ebenfalls in die Bestimmung des Sicherheitsindex einbezogen und tragen zur Verringerung der Vulnerabilität bei.



Werkzeuge

Zur Verringerung der Vulnerabilität hochbau-licher Einrichtungen in einem Wasservertei- lungssystem wurde ein Fragenkatalog ent- worfen, auf Basis dessen die Kritikalität bzw. der Sicherheitsindex des Versorgungsnetzes / Teilnetzes bzw. eines einzelnen hochbau- lichen Objektes bestimmt werden kann. An- hand der barrierenbezogenen Bestimmung des Sicherheitsindex können gezielt Hand- lungsanweisungen zur baulich-technischen Nachrüstung bzw. zur Etablierung organisato- rischer Maßnahmen abgeleitet werden:

- Anhang 3.2.1: Quantifizierung der Kriti- kalität
- Anhang 3.2.2: Quantifizierung des Sicher- heitsindex
- Anhang 3.2.3: Redundanzkonzepte zur Verhinderung von Fehlalarmen

2.2.2 Verringerung der Vulnerabilität ein- zelner Netzpositionen

Ziel

Ziel ist es, durch gezielte Maßnahmen die Vulnerabilität des Verteilungssystems bezüg- lich Kontamination und somit Gefährdung der Gesundheit der angeschlossenen Verbraucher zu verringern. Die Maßnahmen zielen dabei sowohl auf eine mögliche Ver- meidung von Kontaminationen als auch Min- derung der Konsequenzen aus einem An- schlag ab.

Vorgehensweise

Durch die in Abschnitt 1.4 beschriebene Risi- koanalyse lassen sich besonders gefährdete Stellen im Netz identifizieren. Größere Anla- gen (Behälter, Pumpstationen, etc.) sollten mit Objektschutzmaßnahmen gesichert wer- den (siehe Abschnitt 2.2.1). Da der Zugang zum Trinkwasser im Bereich des Verteilungs- systems über Hydranten oder Hausanschluss- leitungen jedoch nicht ausgeschlossen wer-

den kann, sollten zusätzliche Maßnahmen geprüft werden.

1. Mögliche bauliche Maßnahmen zur Ver- ringerung der Auswirkungen einer Kontami- nation bestehen aus netztopologischer Sicht in einer klaren Untergliederung der Netz- struktur in Zubringerleitungen, Hauptleitun- gen, Versorgungsleitungen und Anschlusslei- tungen (Benennung nach W 400-1¹). Die Zu- gangsmöglichkeiten zum Trinkwasser (Ort möglicher Einbringung toxischer Substanzen) sollten mit zunehmender Bedeutung der Lei- tung bzw. zunehmendem Durchsatz durch die Leitung verhindert oder ihre Anzahl zu- mindest verringert werden:

Anschluss von (Haus-) Anschlussleitungen an Zubringer- und Hauptleitungen sollten ver- mieden werden.

Soweit möglich gilt dies auch für Hydranten, besonders für solche, die nicht leicht einseh- bar sind und somit von einer unbemerkten Manipulation mit höherer Wahrscheinlichkeit betroffen sind.

Die Untergliederung zielt darauf ab, dass die Ausbreitung einer eingebrachten Kontami- nante lokal auf die direkte Umgebung der Eintragsstelle begrenzt bleibt und eine über- geordnete Hauptleitung durch Rückpumpen nicht erreichbar ist.

2. Zur Eingrenzung der Ausbreitung einer Kontamination sollten ausreichend Trenn- schieber vorhanden sein, durch die sich ein- zelne Bereiche vom Rest des Verteilungs- systems isolieren lassen. Zur Identifikation der zu schließenden Schieber sollte ein hydrauli- sches Simulationsmodell mit zusätzlicher Funktionalität zur Analyse der Netztopologie zur Verfügung stehen. Die topologische Ana- lyse des Verteilungssystems ermöglicht die optimale, außerplanmäßig durchzuführende

¹ DVGW-Arbeitsblatt W 400-1 „Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRVV) – Teil 1: Planung



Untergliederung des Systems in Teilsysteme, die im Bedarfsfall vom restlichen System abzutrennen sind. Idealerweise stehen zusätzliche Informationen wie maximal kontaminiertes und auszutauschendes Wasservolumen, Anzahl der betroffenen Verbraucher, Möglichkeiten einer Notversorgung etc. zur Verfügung. Generell sollten diese Pläne nicht erst im Krisenfall sondern präventiv erarbeitet werden, in denen bereits einzelne Zonen des Netzes mit den zugehörigen, zu schließenden Schiebern ausgewiesen sind. Die einwandfreie Funktionalität der Schieber ist durch regelmäßige Wartung gemäß DVGW-Regelwerk sicherzustellen.

3. Die mutwillige Kontamination des Trinkwassers im Verteilungssystem durch Überwinden des Leitungsdruckes (über Hausanschluss oder Hydrant) könnte außerdem durch unidirektionale Trennung der Anschlussleitungen erfolgen. Solange jedoch keine wartungsfreien Bauteile mit der Funktionalität einer Rückflussverhinderung zur Verfügung stehen, kann diese Maßnahme nur an besonders gefährdeten Stellen Anwendung finden.

4. Neben den genannten Maßnahmen kann auch die kontinuierliche Online-Überwachung der Trinkwasserqualität an ausgewählten Stellen im Leitungsnetz zu einer Verringerung des Risikos beitragen. Eine schnelle Detektion einer Kontamination ermöglicht eine zügige Reaktion und somit ggf. ein Verhindern einer weiten Verbreitung der Kontamination im Verteilungssystem. Neben spezifischen Toxizitätssensoren, die jedoch mit hohen Kosten verbunden sind und nicht zur Detektion aller in Frage kommender Substanzen geeignet sind, kann auch die Messung herkömmlicher Qualitätsparameter (Leitfähigkeit, Trübung, pH-Wert, Temperatur, Chlorgehalt) zur Verbesserung der Überwachung der Wasserqualität im Netz beitragen.

Werkzeuge

- Geoinformationssystem, hydraulisches Simulationsmodell mit zusätzlicher Funktionalität zur Analyse der Netztopologie
- Qualitätssensoren

Möglichkeiten und Grenzen

Eine Verringerung des Risikos lässt sich bereits ohne bauliche Maßnahmen durch die Durchführung einer Risikoanalyse und die Erarbeitung von Notfallplänen erreichen. Zwingende Voraussetzung ist eine genaue Kenntnis der Lage, Beschaffenheit und Bedeutung aller Bestandteile des Verteilungssystems. Die Schaffung einer einheitlichen und widerspruchsfreien Dokumentation und Datengrundlage ist die Basis für weitere Maßnahmen. Auf dieser Datengrundlage sind weiterführende Untersuchungen mit überschaubarem Aufwand möglich.

Eine Untergliederung des Verteilungssystems in einzelne Zonen, auf die die Ausbreitung einer rechtzeitig erkannten Kontamination beschränkt bleibt, ist meist auch ohne zusätzlichen baulichen Aufwand möglich. Voraussetzung ist die Kenntnis der Lage der zu schließenden Schieber und deren einwandfreie Funktionalität.

Zusätzliche bauliche Maßnahmen können im Rahmen erforderlicher Rehabilitationsmaßnahmen berücksichtigt werden. Dazu gehört insbesondere die Vermeidung der direkten Verbindung von Hausanschlussleitungen mit übergeordneten Haupt- oder Zubringerleitungen.

Die flächendeckende Installation von online-Messtechnik zur Qualitätsanalytik ist mit hohen Kosten verbunden. Eine vollständige Überwachung des Verteilungssystems ist aufgrund der verzweigten Topologie praktisch nicht umsetzbar (eine vollständige Abdeckung ist theoretisch nur durch Installation eines Sensors an jedem Hausanschluss mög-



lich). Daher sollte der Einsatz von Qualitätsmessungen, wenn gewünscht, zunächst auf Ausgänge der Wasserwerke, Speicher, Pumpstationen sowie auf Hauptleitungen konzentriert werden. Für den zuverlässigen Betrieb solcher Messungen sind ein Anschluss an das Stromnetz und verkabelte Datenübertragung von Vorteil. Batteriebetriebene Sensoren mit Datenübertragung über das Mobilfunknetz sind mit hohem Wartungsaufwand und hohen Kosten bei gleichzeitig reduzierter Zuverlässigkeit verbunden. Der Mehrwert durch den Einbau von online Messtechnik sollte daher in einer Kosten-Nutzen-Analyse kritisch hinterfragt werden.

2.2.3 Analytische Überwachung des Trinkwasserverteilungsnetzes

Allgemeine Anforderungen und Empfehlungen

Zum aktuellen Zeitpunkt (2013) ist der flächendeckende Einsatz von online-Sensoren zur Überwachung des Trinkwasserverteilungsnetzes im Hinblick auf Anschläge mit CBRN-Stoffen aus Kosten- und Mehrwertgründen nicht empfehlenswert. Dies kann sich jedoch durch entsprechende Weiterentwicklungen zukünftig ändern. Beim Einsatz von online-Messtechnik im Versorgungssystem sind folgende Sachverhalte zu beachten:

- Erreichen eines zusätzlichen Mehrwertes durch die online-Gütemesstechnik im Versorgungssystem (dual benefit)
- Fehlalarme müssen nahezu ausgeschlossen werden können
- Automatisierbarkeit der Detektion und Kombination mit einer Signalauswertung, die eine Kontamination des Wassers mit hoher Zuverlässigkeit von normalen Schwankungen der Zusammensetzung unterscheidet.
- Ausreichende Empfindlichkeit: Ein Detektionsverfahren sollte so empfindlich sein, dass Kontaminanten bis zu einer Kon-

zentration detektiert werden können, bei der gesundheitliche Risiken für den Konsumenten auszuschließen sind. Die notwendigen analytischen Nachweisgrenzen lassen sich aus toxikologischen Daten (z. B. LD₅₀-Werten), Annahmen zum Verbrauchsverhalten (z. B. Wasseraufnahme von 2 L bei einem Körpergewicht von 70 kg) und unter Zugrundelegung geeigneter Sicherheitsfaktoren (i. d. R. in der Größenordnung von 10⁴) ableiten. Dieser Anspruch ist insbesondere an die offline-Verfahren zu stellen, die nicht nur zur Bestimmung akut auftretender Konzentrationen sondern auch zur Überprüfung einer erfolgten Reinigung des Leitungsnetzes nach einer Kontamination geeignet sein müssen. Hierbei handelt es sich i. d. R. auch um spezifische Messverfahren, die für die Detektion definierter Einzelsubstanzen geeignet sind. Für viele anfallsrelevante CBRN-Stoffe sind entsprechend empfindliche offline-Verfahren verfügbar.

Anders stellt sich die Situation bezüglich von online-Verfahren für die kontinuierliche Netzüberwachung dar. Hier handelt es sich meist um unspezifische Messverfahren für die Detektion von Veränderungen in der Wasserzusammensetzung, ohne Identifikation der verursachenden Substanz(en). Eine Empfindlichkeit wie bei spezifischen offline-Verfahren wäre zwar prinzipiell wünschenswert, ist aber derzeit nicht realistisch. Als Mindestanforderung an die Empfindlichkeit dieser Methoden wäre aber zu stellen, dass Kontaminanten bei einer Konzentration detektiert werden können, bei der keine Todesfälle auftreten. Die aus dieser Anforderung ableitbaren erforderlichen analytischen Nachweisgrenzen liegen i. d. R. um ca. 2 Zehnerpotenzen über den für offline-Verfahren erforderlichen.



Nachfolgend wird eine Übersicht über den aktuellen Stand der sensorischen Überwachung gegeben.

MULTIPARAMETERSONDEN:

Im Bereich der online-Sensorik sind in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht worden. Es existieren derzeit diverse automatisierte Multiparameter-Messsysteme für die online-Überwachung der Wasserqualität, die z. T. bereits in Wasserwerken eingesetzt werden. Diese Systeme erfassen simultan verschiedene Indikatormessgrößen (bspw. pH-Wert, Trübung, Temperatur, Chlorgehalt) und ermöglichen über eine Kombination der Messsignale die Differenzierung zwischen normalen (betriebsbedingten) Veränderungen der Trinkwasserbeschaffenheit und außergewöhnlichen Veränderungen. Prinzipiell sind derartige Systeme zur unspezifischen Detektion von Stoffeinträgen im höheren Konzentrationsbereich geeignet. Für viele anschlagsrelevante (hochtoxische) CBRN-Stoffe sind die derzeit verfügbaren Systeme jedoch zu unempfindlich.

Von einem geeigneten Universalsensor zur Detektion toxischer Stoffe, der kostengünstig an einer Vielzahl von Stellen im Verteilungsnetz eines Wasserversorgers einsetzbar wäre, sind alle bisher verfügbaren Techniken weit entfernt. Umso wichtiger ist daher die Bereithaltung validierter offline-Methoden, die schnell und sicher die Detektion, Identifikation und Bestimmung anschlagsrelevanter CBRN-Stoffe ermöglichen.

Optimale Sensorplatzierung

Die Platzierung von online-Sensoren muss die Aspekte Kosten/Nutzen sowie die technische Machbarkeit berücksichtigen. Zu Beginn des Abschnittes wurde festgestellt, dass derzeit an eine flächendeckende Sensorplatzierung nicht zu denken ist. Derzeit besteht bei online-Sensoren häufig noch die Anforderung ei-

ner regelmäßigen Wartung bzw. Kontrolle der Messsysteme. Diese Systeme können daher nur innerhalb von Gebäuden wie bspw. Ausgang Wasserwerk oder Ausgang Speicherbehälter oder Druckerhöhungsanlagen eingesetzt werden. An diesen Stellen hat das Betriebspersonal des Wasserversorgers leichten und ungehinderten Zugang. In Einzelfällen könnten solche Systeme auch in besonders schützenswerten Gebäuden wie bspw. Regierungs- oder Parlamentsgebäuden verwendet werden.

Weniger wartungsintensive online-Sensoren können dagegen in Schächten innerhalb des Verteilungsnetzes installiert werden. Die Auswahl dieser Stellen sollte sich an den Ergebnissen der Selbstevaluierung des Leitungsnetzes orientieren.

Nachfolgend werden die Einsatzmöglichkeiten und Grenzen von drei im Rahmen des STATuS-Projektes untersuchten bzw. weiterentwickelten Techniken beschrieben.

IONENMOBILITÄTS-SPEKTROMETRIE

Ziel

Ziel und Hauptanwendungsgebiet der Ionenmobilitäts-Spektrometrie ist die spezifische Detektion von leichtflüchtigen organischen Substanzen.

Vorgehensweise

Hauptanwendungsgebiet der Ionenmobilitäts-Spektrometrie (IMS) ist die Analyse gasförmiger Substanzen. Eine Variante der IMS, die die Abhängigkeit der Ionenmobilität von hohen Feldstärken zur Trennung von Ionen nutzt, wird in der Literatur als „High-field asymmetric waveform ion mobility spectrometry (FAIMS)“ bezeichnet. Die Untersuchung von wässrigen Proben wird aufgrund der zwingenden Abtrennung des Wassers vor Eingabe in das Spektrometer erschwert. Zur



Wasserabtrennung wird daher eine Elektro-sprayquelle (ES) mit dem FAIMS gekoppelt. Die Anwendbarkeit dieser Kopplung für die online-Überwachung von Trinkwasser auf anschlagsrelevante C-Stoffe konnte erfolgreich demonstriert werden, kommerziell erhältliche FAIMS-Systeme sind allerdings derzeit noch in der Entwicklung. Hierbei handelt es sich um eine spezifische Messtechnik, d. h. es können „nur“ diejenigen Stoffe erfasst werden, nach denen explizit gesucht wird.

Für ein Tischgerät inkl. Probeneinlasssystem reichen eine Fläche von 1 m² und eine Höhe von 50 cm aus. Für das FAIMS sind 1 bis 2 Wartungen pro Jahr nötig und beschränken sich im Wesentlichen auf einen Aktivkohlefilterwechsel. Der gesamte Ablauf innerhalb der ES-FAIMS Einheit wird mit Mikrocontroller gesteuert. Durch die Integration einer Steuerungs- und Analyse-Software wird eine Charakterisierung und Quantifizierung niedermolekularer organischer C-Stoffe in Wasser schnell und unkompliziert gewährleistet.

INFORMATIONSKASTEN 1: ES-FAIMS SENSOR

Arbeitsweise des ES-FAIMS Sensors:

Der Sensor erfasst niedermolekulare organische Substanzen, wie z. B. 50 % der im Rahmen des STATuS-Projektes als potenziell anschlagsrelevant identifizierten C-Stoffe

Funktionsweise des Sensors:

Die Ionen werden getrennt, indem sie mit Hilfe eines Gasstroms zwischen Elektroden, die nur einen geringen Abstand haben, geführt werden. Im Spektrometer werden die Ionen abwechselnd asymmetrischen starken und schwachen elektrischen Feldern ausgesetzt. Durch eine zusätzliche variable Kompensationsgleichspannung kann die Bewegung selektiver Ionen so beeinflusst werden, dass sie ungehindert auf einer als Detektor fungierenden Elektrometerplatte auftreffen.

Möglichkeiten der Software:

- automatische Aufbereitung der gemessenen Spektren
- mathematische Entmischung der gemessenen Spektren zur Identifikation der einzelnen prioritären niedermolekularen organischen C-Stoffen

Möglichkeiten und Grenzen

Der Probeneinlass aus wässriger Matrix kann über die Headspace- oder Elektrospraytechnik erfolgen. Für volatile und semivolatile organische Stoffe sind Nachweisgrenzen im oberen ng/l- bis unteren µg/l-Bereich erzielbar. Aus bisherigen Erfahrungen kann geschlossen werden, dass viele anschlagsrelevante, niedermolekulare organische C-Stoffe in Wasser ausreichend empfindlich detektiert werden können. Die Selektivität der Technik ist im Vergleich zu anderen online-Verfahren außerordentlich hoch, eine Unterscheidung

zwischen Kontaminanten und normalen Wasserinhaltsstoffen kann daher auf einem hohen Sicherheitsniveau erfolgen.

Aufgrund des Platz- und Raumbedarfs sowie der Notwendigkeit einer kontinuierlichen Stromversorgung ist ein Einsatz dieser (im Bypass betreibbaren) online-Messtechnik derzeit nur an ausgewählten Stellen wie Wasserwerken, Wasserspeichern, Pumpwerken, Übergabestationen denkbar. Die Anschaffungskosten für ein ES-FAIMS System liegen (2013) in der Größenordnung von ca. 30.000 €.



3D-FLUORESZENZSPEKTROSKOPIE

Ziel

Die unspezifische Online-Überwachung von (Trink-) Wasser in Bezug auf eine abweichende Wasserbeschaffenheit und Detektion von unerwünschten Substanzen im Wasser.

Mit der verwendeten Technik sind Stoffe unspezifisch detektierbar, die im UV-VIS-Bereich optisch aktiv sind und daher ein Absorptions- und/oder ein Fluoreszenzsignal liefern.

Beschreibung der Vorgehensweise

Die online-Gütemesstechnik ist nach einer kurzen Installation vor Ort direkt einsatzbereit. Der Betrieb erfolgt kontinuierlich im Durchfluss und in einem frei definierbaren Messintervall.

Vor der eigentlichen Betriebsphase wird empfohlen, einen Vorlauf aufzuzeichnen. Dieser dient dazu, die Zusammensetzung des vorliegenden Wassers und deren natürliche Veränderungen über einen bestimmten Zeitraum hinweg zu erfassen. Dabei sollen möglichst viele Schwankungen in der Konzentration, beispielsweise der Komponenten des TOC und durch jahreszeitlich bedingte Ereignisse (Schneesmelze, Starkregenereignisse, Trockenperioden, etc.) erfasst werden. Abhängig von der Dynamik des Wassers kann dieser Vorlauf bis zu einem halben Jahr dauern. Parallel können bereits Identifikation und Quantifizierung verschiedener Wasserinhaltsstoffe wie Huminstoffe oder Algen auf Basis einer umfassenden Kalibrierung mittels verschiedenster Standards erfolgen. Diese umfassenden Kalibrierungen sind an einem online-3D-Fluoreszenzspektrometer im Laborbetrieb erstellt worden und können auf die anderen (baugleichen) Messgeräte übertragen werden.

Das Messgerät ist wartungsarm aber nicht wartungsfrei. Aufgrund der Alterung der Anregungs-LED sind diese nach ca. einem Jahr (von LED zu LED unterschiedlich) auszutauschen. Die Alterung äußert sich durch einen Helligkeitsverlust, der durch einen Abgleich mit der Zielhelligkeit der LED erkannt werden kann. Der Austausch der LEDs sollte vom Hersteller durchgeführt werden.

Einen höheren Wartungsbedarf haben die Pumpenschläuche, welche regelmäßig alle drei bis vier Monate auszutauschen sind. Diese Arbeit ist mit geringem Aufwand und sehr geringen Kosten verbunden und kann vom Betreiber selbst durchgeführt werden.

Die Durchflussküvette ist mit einem Reinigungsmechanismus versehen, um mögliche Ablagerungen an der Küvettenwand zu entfernen. Sie bedarf daher keiner speziellen Wartung.

Durch die Auswerte-Software soll der reibungslose Betrieb des Messgerätes sowie eine Charakterisierung und Quantifizierung der gewünschten Wasserinhaltsstoffe schnell und unkompliziert erfolgen können.

Die Auswerte-Software führt die spektrale und mathematische Aufarbeitung der Messungen durch. Mittels eines mathematischen Algorithmus können einzelne Komponenten einer natürlichen Wassermatrix ermittelt werden. Durch Kalibrierungen, welche im Laborbetrieb erstellt wurden, können sogenannte Fingerprints dieser Komponenten ermittelt und zur Quantifizierung der Wasserkomponenten herangezogen werden. Eine weitere, zu empfehlende Methode zur Ermittlung dieser Fingerprints kann die vor-Ort-Kalibrierung des Sensors sein. Beide Methoden liefern eine gute Grundlage für den mathematischen Algorithmus.



INFORMATIONSKASTEN 2: ONLINE-SENSOR (FA. BBE MOLDAENKE)

Im Rahmen des STATuS-Projektes wurde ein online-fähiger Sensor entwickelt und getestet. Der Sensor erfasst parallel die Absorption und Fluoreszenz verschiedener natürlicher Wasserinhaltsstoffe sowie möglicher Verunreinigungen.

Funktionsweise des Sensors:

- Fluoreszenzmessung mittels bestimmter Anregungs- und Emissionswellenlängenkombinationen, Absorptionsmessung bei den Anregungswellenlängen
- Verwendung von 7 Anregungs-LEDs und 4 gekühlter Fluoreszenzdetektoren
- Arbeit sowohl im Durchfluss-Betrieb als auch im Stop-and-flow-Modus möglich
→ Stop-and-flow-Modus wird empfohlen, um die Störung der Messungen durch das Auftreten von Luftblasen auszuschließen
- hohe Reproduzierbarkeit der Messwerte
- Temperaturerfassung im Probenraum und im Gerät

Möglichkeiten der Software:

- automatische Aufbereitung der gemessenen Spektren
- mathematische Entmischung der gemessenen Spektren zur Identifikation der einzelnen Komponenten der Wassermatrix wie Huminstoffe, Proteine, etc.
- Quantifizierung der Komponenten auf Basis der vor-Ort-Kalibrierung bzw. der im Labor erstellten Kalibrierung der Einzelkomponenten

Bewertung:

- Betriebskosten beschränken sich auf den Stromverbrauch während der Messungen
- Wartungsarm durch automatische Reinigung der Küvette und Abschalten der Anregungs-LEDs zwischen den Messungen
- Vergleichbarkeit zwischen baugleichen Sensoren, daher Übertragung von Kalibrierungen und Messdaten auf zweites Gerät oder nach Wartung möglich
- breiter Einsatz durch geringe Abmessungen des Sensors und ausreichende Empfindlichkeit der Detektoren möglich
- Erfassung natürlicher Wasserinhaltsstoffe wie z. B. Huminstoffe, Proteine und Algenpigmente
- Erfassung von STATuS-relevanten Substanzklassen (keine Einzelstoffe), damit schnelles Erkennen von Abweichung von der natürlichen Wasserzusammensetzung

Mögliche Einsatzorte sind Wasserwerke (zur Überwachung des Rohwassers, des Trinkwassers oder der Wässer nach verschiedenen Aufbereitungsstufen wie bspw. Filterstufen), Hochbehälter oder bei Verbrauchern, bei denen das Trinkwasser speziell überwacht werden soll (wie bspw. Krankenhäusern oder Lebensmittelproduktionen). Für den Betrieb des Sensors vor Ort ist nur ein Stromanschluss nötig.

Möglichkeiten und Grenzen

Die Erfassung der natürlichen Wassermatrix mittels Absorption und Fluoreszenz ist mit dem online-Messgerät der Firma bbe Moldaenke möglich. Der Huminstoff- und Proteingehalt des Wassers können charakterisiert und mit Hilfe eines Referenz-Messverfahrens quantifiziert werden. Hierzu sollte die vor-Ort-Kalibrierung des Sensors mit Gesamt-TOC oder LC-OCD-Messungen



begleitet werden, um einen Bezug der Sensormesswerte zum tatsächlichen Gehalt herzustellen.

Mittels der Fluoreszenzspektroskopie lassen sich neben Huminstoffen auch Algen und Bakterien erfassen. Diese weisen im Proteinbereich gute Fluoreszenzsignale auf. Algen können aber auch über die Fluoreszenz ihrer Pigmente erfasst werden.

Zusätzlich lassen sich ca. 30 % der 41 im Rahmen des STATuS-Projektes ausgewählten, prioritären C-Stoffe mittels der Absorptionsspektroskopie detektieren. Diese Substanzen können in Konzentrationen von 100 µg/L bis wenigen mg/L in einer realen Wassermatrix nachgewiesen werden. Durch die spektrale Ähnlichkeit der verschiedenen Substanzen können diese in Substanzklassen unterteilt werden. Außerdem sind 10 % der prioritären Stoffe ausreichend fluoreszenzfähig, um eine direkte Identifizierung bzw. Erkennung in einer realen Wassermatrix zu ermöglichen.

Die Fluoreszenzanregungs- und Emissionsspektren sowie das Absorptionsverhalten der C-Stoffe sind in der STATuS-Datenbank (siehe Informationskasten auf S. 50) hinterlegt.

BIOTOXMONITORE

Ziel

Biotestverfahren werden schon seit einiger Zeit in der Gewässerüberwachung eingesetzt. Durch diese Frühwarnsysteme wird die Wirkung toxikologisch relevanter Stoffe auf ausgewählte Testorganismen dazu genutzt, um Gefahren für die Umwelt frühzeitig zu erkennen.

Bei den dynamischen Biotestverfahren werden die Testorganismen kontinuierlich oder semikontinuierlich mit frischen Wasserproben in Kontakt gebracht. Nach der Einleitung einer toxischen Substanz oder einem Störfall werden spontane Verhaltensänderungen gegenüber dem Normalverhalten oder ggf. sofortige Mortalität der Organismen von den kontinuierlichen Biomonitoren bewertet und ein Alarm generiert.

Beschreibung der Vorgehensweise

Als Frühwarnsystem kann ein Biomonitor an verschiedenen Stellen der Wasserversorgung eingebracht werden.

Mögliche Standorte:

- Ausgang Wasserwerk:
Dadurch kann das illegale Einbringen einer toxischen Substanz z. B. in einen Trinkwasser-Hochbehälter oder anderen Speicherbehälter frühzeitig detektiert werden.
- Im Trinkwasserverteilungsnetz:
Z.B. in Prüfgebäuden, die in Hauptzonen des Trinkwassernetzes liegen.
Vor Eingängen besonders sensibler Trinkwasserabnehmer, wie z. B. Botschaften, Militärbauwerke, Kliniken usw.
- Rohwassererfassung:
Brunnen, Quellen, Oberflächenwasser



INFORMATIONSKASTEN 3: BBE-DAPHNIENTOXIMETER

Aufbau und Betrieb

Der getestete Daphnientoximeter wird im Durchfluss betrieben, d. h. das Wasser wird direkt aus der Leitung in den Biomonitor geleitet. Dort gelangt es über einen Ultraschallfilter und eine Temperier- und Entgasungseinheit in die Messkammer. Durch die Ultraschallbehandlung wird das Wasser entgast, damit keine Luftblasen in den Monitor gelangen. Zusätzlich kann durch eine Algen-Injektionspritze regelmäßig Futter für die Daphnien zugeführt werden. 12 Daphnien werden in die Messkammer eingesetzt. Die natürlichen Schwimmbewegungen der Daphnien werden mittels einer Kamera erfasst und anschließend statistisch ausgewertet. Am Monitor kann der Betrachter das aktuelle Verhalten der Daphnien in Echtzeit beobachten. Zusätzlich können die Schwimmbahnen jeder einzelnen Daphnie sowie die aktuellen Statusinformationen entnommen werden.

Für die Alarmgebung ist der Tox-Index verantwortlich, er wird aus der Summe der aktuellen Ereignisgewichtung zusammengestellt und mit den eingestellten Alarmgrenzen verglichen. Für jede Messgröße wird ein bestimmter Punktwert vergeben. Die Summe der Punktwerte wird als Tox-Index zusammengefasst. Bei Unregelmäßigkeiten werden die Informationen online direkt an den Betreiber übermittelt

Um einen Daphnien-Biomonitor betreiben zu können, benötigt man in regelmäßigen Abständen ca. 4 Tage alte Daphnien. Es ist daher der Aufbau einer eigenen Daphnienzucht nötig. Im Folgenden sind die wichtigsten Informationen zur Etablierung einer Daphnienzucht zusammengefasst:

Zuchtbedingungen

- Zuchtmedium: Leitungswasser, (Kupfergehalt < 0,01 mg/L), alternativ synthetisches Medium
- Temperatur: 20 °C ± 2 °C
- Tag-/Nachtzyklus: 16h/8h
- Futter: Grünalge Chlorella vulgaris
- weitere wichtigen Informationen:
 - Vermeidung von Dauereiern (schwarze Einlagerung im Brutraum der Daphnien),
 - Vermeidung von Pilzbefall,
 - Handschuhe tragen beim Umgang mit den Daphnien

Wartungen am bbe-Daphnientoximeter

Wöchentliche Wartungen:

- Austausch der Daphnien
- Säubern der Messkammer
- Säubern der Temperatureinheit
- Überprüfung Zu-/Ablauf
- Dichtheit prüfen

Monatliche Wartungen:

- Austausch der Pumpenschläuche
- Säubern der Ultraschallreinigungseinheit
- Austausch des Filters
- Säubern des Durchströmungsfilters

Halbjährliche Wartungen:

- Austausch aller Schläuche
- Austausch der Filter (Lüftungsöffnungen)

Jährliche Wartungen:

- Wechseln des Ultraschallgenerators
- Wechseln des Heizelements



Möglichkeiten und Grenzen¹

Prinzipiell reagiert der Daphnientoximeter sensitiv auf 80 % der getesteten Substanzen. Je nach Substanzklasse bewegt sich die Alarmgebung des Monitors in µg/L- bis zu mg/L-Konzentrationsbereichen. Der Vorteil von Biomonitoring im Vergleich zu chemisch-analytischen Methoden liegt im Nachweis toxischer Stoffe ohne Kenntnis der chemischen Struktur.

Im Alarmfall können Proben entnommen werden, um über spezifische Analyseverfahren genauere Informationen oder Konzentrationsangaben über die toxisch wirkende Substanz zu erlangen. In dieser Zeitspanne kann der biologische Test mit frischen Daphnien mehrfach wiederholt werden, um das Volumen des kontaminierten Wassers einzugrenzen.

Das Gerät besitzt drei voreingestellte Parametereinstellungen, welche laut Hersteller folgendermaßen definiert sind:

- low sensitivity: Für schwierige Wässer, um Fehlalarme zu vermeiden.
- normal sensitivity: Für normale Wässer
- high sensitivity: Für optimale Wässer

Zusätzlich gibt es die Funktion user-defined settings. Hier können vom Benutzer selbst Parametereinstellungen eingestellt werden. Dieser Modus wird nur für erfahrene Benutzer empfohlen.

Damit die Biomonitoring sinnvoll in das Alarmsystem eines Trinkwasserversorgers integriert werden können, sollten Sensitivitätslevel genauestens abgestimmt sein, die nach Absprache mit dem Hersteller eigenständig

am Gerät eingestellt werden können. Ist die Einstellung zu sensitiv gewählt, kommt es zu Fehlalarmen. Ist die Auswertung nicht empfindlich genug eingestellt, können Verunreinigungen des Trinkwassers nicht aufgedeckt werden. Die Weitergabe eines Alarmes sollte zuvor mit anderen vorliegenden Parametern abgeglichen werden. Es wird daher empfohlen, Biomonitoring in Kombination mit weiteren Detektoren zu betreiben, damit eine Plausibilitätsprüfung möglich ist und Fehlalarme minimiert werden.

2.2.4 Analyse von ins Wasser eingebrachten Kontaminanten

Sicherheitsaspekte, Informationsquellen und Ansprechpartner

Sowohl bei der Probenahme als auch bei der Analyse von Wasserproben sind im Anschlags- oder Verdachtsfall geeignete Sicherheitsmaßnahmen zu treffen, um eine Personengefährdung auszuschließen. Routine-Laboratorien sind i. d. R. für den Umgang mit hochtoxischen Substanzen (wie z. B. Kampfstoffe und Toxine) weder zugelassen noch adäquat ausgestattet. Es empfiehlt sich daher im (Verdachts-)Fall eines Anschlags mit CBRN-Substanzen eine unverzügliche Kontaktaufnahme mit den Einsatzkräften der Feuerwehr, um die Probenahme durch deren speziell geschulte Einsatzkräfte durchführen zu lassen oder zumindest die Sicherheitsvorkehrungen bei der Probenahme mit ihnen abzustimmen.

Informationen über geeignete Analyseverfahren für anschlagsrelevante C-Stoffe können durch den im Anschlagsfall zu bildenden Krisenstab aus der STATuS-Datenbank abgerufen werden, die beim Gemeinsamen Melde- und Lagezentrum (GMLZ) am Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) geführt wird (siehe Informationskasten 4, Seite 50). Für eine Reihe von als poten-

¹ Hilfreiche Literatur zum Thema Biotestverfahren: Sagner A., Zawadsky C., Tiehm A.: Toxizitätstests zur Überwachung von Trinkwasser – Literaturstudie, Veröffentlichungen aus dem Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (ISSN 1434-5765), Band 35: 50 Seiten (2008)



ziell anschlagsrelevant eingestuften C-Stoffen werden dort substanzspezifische Informationen zur Toxikologie, Analytik, Aufbereitungs- und Netzreinigungsverfahren bereitgestellt.

Für Kampfstoffe und andere hochtoxische Verbindungen (z. B. Nervengifte) hält das Zentrale Institut des Sanitätsdienstes der Bundeswehr München, Außenstelle Munster, geeignete Analysenverfahren und Schnelltests bereit und steht auch für die Durchführung von Probenahmen zur Verfügung. Die Laborgruppe Chemie der Gifte / Kampfstoffanalytik ist unter folgenden Kontaktdaten erreichbar:

- Tel. 05192 / 136-481, Fax: -482. E-Mail: martin1weber@bundeswehr.org

Probenahme

Die Probenahme ist Bestandteil des Analysenverfahrens und daher sind Ort, Zeit und Technik der Probenahme sowie die Probenmengen und Probenahmegefäße abhängig von den eingesetzten analytischen Verfahren auszuwählen. Als Orientierungsrahmen können folgende Empfehlungen dienen:

Für anorganische C-Stoffe Kunststoffgefäße (PP oder PE) und ein Probenvolumen von 2 x 1 L.

Für organische C-Stoffe Gefäße aus Borosilikatglas und ein Probenvolumen von 2 x 2 L.

Für RN Stoffe Gefäße aus Kunststoff (PE oder PP) und ein Probenvolumen von 1 L.

Ist die Art der Kontamination nicht bekannt, sollten Proben für die Analytik auf alle vorstehend genannten Substanzarten entnommen werden.

Die Probengefäße sollten aussagekräftig beschriftet und bis zum Eintreffen im Labor kühl, ohne Sonneneinstrahlung und luftdicht abgeschlossen transportiert werden.

Geeignete offline-Analyseverfahren

Substanzspezifische Angaben zu geeigneten Analysenverfahren sind für eine Reihe von potenziell anschlagsrelevanten Substanzen in der oben genannten STATuS-Datenbank enthalten und im Anschlagsfall beim GMLZ abrufbar. Folgende allgemeine Empfehlungen können als Orientierungsrahmen gelten:

- Anorganische Substanzen: für Metall- bzw. Metalloxidverbindungen sind etablierte Verfahren der Elementanalytik geeignet (z. B. ICP-MS, ICP-OES, AAS); für andere anorganische Substanzen photometrische oder ionenchromatographische Verfahren. Für die meisten Substanzen existieren Normverfahren mit ausreichender Empfindlichkeit für den toxikologisch relevanten Konzentrationsbereich.
- Organische Substanzen: chromatographische Trennmethode gekoppelt mit massenspektrometrischer Detektion, z. B. GC-MS oder HPLC-MS. Die Verwendung der Tandemmassenspektrometern (MS/MS) erhöht die Selektivität.
- Kampfstoffe: Analysenverfahren (Schnelltests) sind beim Zentralen Institut des Sanitätsdienstes der Bundeswehr verfügbar (Kontaktdaten s. Abschnitt „Sicherheitsaspekte, Informationsquellen, Ansprechpartner“, Seite 45).
- Toxine sind i. d. R. über ELISA (Enzyme-linked immunosorbent assay) oder LFA (Lateral Flow Assay) analysierbar¹.
- Untersuchung zu Entsorgungsaspekten akut toxisch wirkender Substanzen: Zur Abschätzung der Wirkung von kontaminiertem Wasser auf biologische Systeme (z. B. in Kläranlagen, Oberflächengewässern) eignet sich der auf in Kapitel 2.2.9 beschriebene Schnelltest mit Betriebschlamm (für Kläranlagen) sowie die

¹ US-EPA (2009): Standardised Analytical Methods for Environmental Restoration Following Homeland Security Events. Revision 5.0. www.epa.gov/sam



Anwendung von daphnienbasierten Systemen (sog. Biotoximeter). Die Leistungsfähigkeit von Daphnien-Biotoximetern in Bezug auf einzelne Substanzen sind in einer Datenbank hinterlegt (siehe Seite 50) und können im Bedarfsfall abgefragt werden.

Über Analysemethoden für die im Rahmen des STATuS-Projekts als prioritär eingestuften chemischen Substanzen verfügen die beiden Einrichtungen:

- IWW, Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH, Mülheim an der Ruhr (Tel. 0208 / 40303-0) und
- TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe (Tel. 0721 / 9678-0).

Eine Auflistung weiterer fachkundiger Laboratorien für die Durchführung analytischer Untersuchungen ist in dem BBK-Leitfaden „Empfehlungen für die Probenahme zur Gefahrenabwehr im Bevölkerungsschutz“¹ gegeben.

2.2.5 Überwachung der Netzhydraulik / Abgrenzung von Netzzonen

Ausgangssituation

Es besteht aktuell der begründete Verdacht, dass Teilbereiche des Verteilungssystems qualitativ beeinträchtigtes oder kontaminiertes Trinkwasser enthalten. Die Ursachen hierfür – insbesondere Ort, Zeitpunkt und Dauer des Eintrags – sind unbekannt.

Ziel

Ziel ist die Eingrenzung bzw. der Ausschluss von Kontaminationsquellen im Verteilungssystem. Damit soll anschließend eine unmittelbare Abtrennung eines oder mehrerer

Teilsysteme vom gesamten Wasserverteilungssystem ermöglicht werden.

Es soll für jeden Kunden im gesamten Netz bestimmt werden, aus welchen Quellen (Wasserwerke, Speicherbehälter, Übernahmestellen Vorlieferant) sein Hausanschluss versorgt wird.

Das Ergebnis soll abgeglichen werden mit den Stellen, an denen die Qualitätsprobleme auftreten.

Ergebnis dieses Abgleichs:

Quellbereiche, die an der Versorgung von Netzbereichen mit mangelhaftem oder gar kontaminiertem Trinkwasser lt. Rechnung gar nicht beteiligt sind fallen als Eintragsstelle ganz aus bzw. haben in den zurückliegenden Stunden vermutlich kein belastetes Trinkwasser eingespeist. Die weitere Ursachensuche und die Gegenmaßnahmen können sich auf die verdächtigen Quellbereiche konzentrieren.

Hausanschlüsse in Versorgungsbereichen, die nur aus den im 1. Schritt ausgeschlossenen Quellbereichen versorgt werden, sind deutlich weniger gefährdet als alle anderen. Gegenmaßnahmen wie Abtrennung sowie Informationen, Warnungen und Dekontamination durch gezielte Netzspülungen können sich auf die höher gefährdeten Teilsysteme (Versorgungsbereiche) konzentrieren.

Vorgehensweise

Die Einleitung effizienter und wirkungsvoller operativer Maßnahmen im Anschlagfall bedarf zwingend der Kenntnis des aktuellen Fließzustandes im Netz.

- Durchführen einer Rekonstruktionsrechnung – rückblickend in die Vergangenheit bis zum aktuellen Zeitpunkt. Danach steht für jeden Punkt im gesamten Verteilungssystem fest, aus welchen Quellen er jetzt versorgt wird. Bei Bedarf

¹http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/CBRN-Schutz/BBK_FIB5_Probenahme.pdf?__blob=publicationFile



können weitere Rekonstruktionsrechnungen durchgeführt werden, z. B. für Zeitpunkte in der Vergangenheit (wenn es vor einigen Stunden Qualitätsprobleme gab aber aktuell an denselben Stellen keine mehr detektiert werden).

- Durchführen des o. g. Abgleichs.
- Transparente, objektive und in sich widerspruchsfreie Bewertung des Sachstandes auf der Basis der Rekonstruktionsergebnisse.
- Erörterung von Gegenmaßnahmen auf der Basis von Szenarienrechnungen in die Zukunft.

Werkzeuge

Die nachstehend skizzierte Werkzeuglandschaft muss vor einem möglichen Ernstfall eingerichtet, getestet und validiert sein.

Die Grundlage ist eine vorhandene, in ihren Sachdaten aktuelle und DVGW-Regelwerk konform kalibrierte Rohrnetzberechnung.

Um eine Rekonstruktionsrechnung schnell und sicher genug durchführen zu können, muss das Rechenmodell über eine etablierte Schnittstelle zu Prozessdaten verfügen. Prozessdaten sind Messwerte (für Drücke und Durchflüsse) und Meldungen (für Ein/Aus von Pumpen und Auf/Zu von Armaturen und Schiebern). Für Szenarienrechnungen in die Zukunft werden auch Sollwerte und Betriebsartvorgaben sowie Verbrauchsprognosen benötigt.

Nur mit einer etablierten Prozessdatenschnittstelle kann ein Rohrnetzrechnungsmodell effizient reale Betriebszustände im Tagesgang nachstellen. Da die Quelle von Prozessdaten i. d. R. das Leitsystem ist, handelt es sich häufig um eine Leitsystemschnittstelle. Entweder stellt das Leitsystem ein sich permanent fortschreibendes Messwertarchiv zur Verfügung, welches von der Rohrnetzrechnung bei Bedarf „angezapft“ werden kann, oder das Leitsystem stellt die aktuellen

Messwerte und ggf. auch historische Werte über den Industriestandard OPC zur Verfügung.

Netzschieberstellungen „Auf/Zu“ sind ebenfalls Prozessdaten - und keine Sachdaten. Wenn die Netzschieberstellungen im Leitsystem nachgeführt werden, können sie über dessen Schnittstelle der Tagesgangsimulation zugeführt werden. Wenn sie nur im GIS nachgeführt werden, dann ist eine weitere Schnittstelle zu errichten.

Nachdem die Rohrnetzberechnung jederzeit bei Bedarf mit Prozessdaten „gefüttert“ werden kann, muss sichergestellt werden, dass die Berechnung ganze Tagesgänge auch ausreichend realitätsnah nachstellen kann. Bezogen auf den möglichen Ernstfall genau genommen nicht nur für einen explizit geprüften Tag sondern für 8760 Betriebsstunden im Jahr.

In den allermeisten Fällen sind auch DVGW-regelkonform für einen Volllastzustand kalibrierte Rohrnetzrechnungsmodelle aus dem Stand heraus nicht in der Lage ganze Tagesgänge in ausreichender Güte nachzustellen. Grund hierfür ist nicht eine mangelnde k-Wert Kalibrierung und/oder Justage der wirklichen Innendurchmesser bei inkrustierten Leitungen - sondern klassische Rohrnetzrechnungsmodelle sind nicht auf Tagesgangsimulationen ausgelegt: Es muss hierfür noch Modellierungsarbeit geleistet werden: Wenn alle relevanten Prozessdaten „richtig“ mit dem Rohrnetzrechnungsmodell verknüpft sind, dann rechnet dieses den Tagesgang auch „richtig“.

Es bedarf keiner Online-Simulation, um eine Rohrnetzrechnung vorzuhalten, mit der Tagesgänge simulieren werden können. Wenn eine Prozessdatenschnittstelle permanent vorgehalten wird und die Rohrnetzrechnung Tagesgänge abbilden kann, dann



kann man sie natürlich ohne weitere Kosten auch permanent Online laufen lassen und die Messung / Rechnung-Ergebnisse sporadisch beobachten. Auf diese Weise erfährt man wenigstens, ob sie im Bedarfsfall verfügbar wäre. Ein großer Vorteil für den Normalbetrieb resultiert für die Ursachenforschung in den Fällen, in denen an einer oder mehreren Probeentnahmestellen auffällige Analysenbefunde im Rahmen von Trinkwasseruntersuchungen resultieren.

Eine Tagesgangsimulation kann ohne zusätzliche Qualitätsmessungen im Verteilungssystem bzw. ohne zusätzliche zu diesem Zweck durchgeführte temporäre Messkampagnen verifiziert, kalibriert und validiert werden. Eine solche Simulation liefert auch bezüglich einer sich zeitlich und örtlich ändernden Qualitätsverteilung im Verteilungssystem im Bedarfsfall wertvolle Aussagen. Die Aussagen des Modells sind jedoch genauer, wenn es durch Qualitätsmessungen im Netz – permanente und/oder sporadische – untermauert und ggf. abgeglichen werden kann.

Zusätzliche Qualitätsmessungen im Netz sind folglich für Gütebestimmungen sinnvoll. Sie zielen jedoch eher auf einen Nachweis von Unschärfen (oder einen Nachweis über deren Verringerung) denn auf die Verringerung selbst. Der Aufwand für die Errichtung von auch nur wenigen Geräten für Qualitätsmessungen im Netz ist um mindestens eine Zehnerpotenz höher als der Aufwand, eine vorhandene Rohrnetzberechnung Online zu setzen und von dieser die Qualitätsverteilung berechnen zu lassen.

Zusätzliche Druckmessungen im Netz sind für Wasserqualitätsberechnungen nahezu irrelevant.

Möglichkeiten und Grenzen

Die Genauigkeit, mit der eine Tagessimulation örtlich und zeitlich Wasserqualität bestimmen kann, wird zunächst überschätzt. Es ist die Aufgabe einer Validierung, einen undefinierten – und i. d. R. überschätzten – Vertrauensbereich in einen definierten, belegten und nutzbaren zu transformieren.

Die Hauptgründe für Unschärfen, die durch Modellierung und Software nicht beeinflussbar sind:

- Abweichungen zwischen Modell und Realität bei nachgeführten (also fernwirktechnisch nicht angebundenen) Schieberstellungen und
- Abweichungen zwischen Modell und Realität beim Abnahmeverhalten der Kunden (Verbrauch).

Der erste Punkt kann durch systematisches Überprüfen von Netzschiebern und konsequentes Nachführen in einem Referenzdatensystem (Leitsystem oder GIS) behoben werden. Modellierungsaufwand fällt dabei praktisch nicht an, weil die Netzschieber der Realität per GIS-ID quasi in einem Arbeitsgang den Netzschiebern des Modells zugeordnet werden können. Von der eingesetzten Software ist der Punkt auch nicht abhängig, weil jedes Rohrnetzrechnungsprogramm einen geschlossenen oder offenen oder teilgeöffneten Schieber korrekt berechnet, wenn DN (Sachdatum) und Schieberstellung (Prozessdatum) korrekt beigelegt werden.

Der zweite Punkt wäre in einem idealen Smart-Grid, welches alle Verbräuche (alle Kunden also) kontinuierlich bestimmt und diese Verbrauchsdaten als Prozessdaten beistellt, gelöst. Modellierungsaufwand fällt dann praktisch nicht an, weil die Verbrauchsstellen/Zähler der Realität per ID quasi in einem Arbeitsgang den Abnahmeknoten des Modells zugeordnet werden können. Von der



eingesetzten Software ist der Punkt dann auch nicht mehr abhängig, denn jedes Rohrnetzrechnungsprogramm kann das Strömungsfeld auf dem die Ausbreitung einer Qualitätsfront stattfindet nahezu exakt berechnen, wenn jede Entnahme aus dem Netz als gemessene Randbedingung zugeführt wird.

Um diesen Unschärfegrund ohne Smart-Grid abzumildern, sollte das Verbrauchsverhalten realitätsnäher abgebildet werden können, z. B. durch Messungen ausgewählter Verbrauchertypen. Entweder per Messkam-

pagne zur Erstellung von netzindividuellen Lastprofilen oder kontinuierlich, um Veränderungen im Lastverhalten bei den Profilen nachführen zu können sowie um Sondersituationen neben Sonn- und Feiertagen besser erfassen zu können (z. B. Halbzeitpause, besonders heiß/kalt, trocken/nass).

Aktuell ist im Verteilnetz mit Unschärfen von zeitlich im 1 h-Bereich und örtlich im 1 km-Bereich zu rechnen. Im Transportnetz sind Genauigkeiten von zeitlich 10 Minuten und örtlich 50 Meter möglich.

INFORMATIONSKASTEN 4: DATENBANK

Ort der Datenbank:

Gemeinsames Melde- und Lagezentrum von Bund und Ländern (GMLZ) beim Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK).

Ziel und Zweck der Datenbank

Bereitstellung von spezifischen Informationen zu Substanzeigenschaften und zur Eignung von Nachweis- und Gegenmaßnahmen.

Inhalt

Datenblätter zu potenziell anslagsrelevanten C-Stoffen mit jeweils detaillierten Angaben zu:

- allgemeinen Substanzeigenschaften (Verwendung, Substanzklasse, Synonyme, physikochemische Eigenschaften)
- Toxikologie (Wirkmechanismus, Symptome, LD-Werte)
- Analytik (geeignete Nachweisverfahren und ihre Kenndaten)
- Aufbereitung (Eignung gängiger Aufbereitungsverfahren zur Entfernung der Substanz)
- Sorption und Netzreinigung (Einstufung der Sorptionsneigung an typischen Materialien und Oberflächen im Verteilungsnetz, Empfehlungen zu Reinigungsverfahren).
- Entsorgung (Toxizität und Abbaubarkeit in Kläranlagen)

Zielgruppe und Abfragemöglichkeit

Primäre Nutzergruppe ist der jeweils im Ereignisfall einzurichtende Krisenstab. Eine Abfrage ist auf etablierten Meldewegen zwischen GMLZ und dessen primären Ansprechpartnern (Lagezentren) auf Ebene der Länder vorgesehen. Letztere müssen im Falle eines Anschlags auf die Trinkwasserversorgung in jedem Fall über die zuständige Kommune bzw. das zuständige Gesundheitsamt involviert werden. Die Datenübertragung zu und von den Lagezentren (d. h. Anfrage bzw. Lieferung der Datensätze) erfolgt über hinreichend sichere Kommunikationswege. Die Etablierung dieser Melde- und Informationswege ist 2013 in Vorbereitung.



2.2.6 Erstellen von Spülplänen

Ziel

Im Falle einer Kontamination des Trinkwassers kann die Ausbreitung der Kontamination im Netz berechnet werden, sofern Eintragsort und -beginn bekannt sind. Unter Berücksichtigung eines Sicherheitszugschlags, der wegen der Unschärfe der Modellparameter erforderlich ist (siehe Abschnitt 2.2.5), sind die zur Isolation des kontaminierten Bereichs erforderlichen Schieber zu identifizieren und Maßnahmen zur Wiedererlangung der Versorgungsfähigkeit durch systematische Netzspülungen zu erarbeiten.

Vorgehensweise

Auf Basis von Simulationsrechnungen werden maximale und momentane Ausbreitung der Kontaminante im Versorgungsnetz ermittelt. Je nach Lage des Eintragsortes (Wasserwerk, Speicher, Hauptleitung usw.) und der Art der Einbringung (Pumpen gegen Netzdruck oder Einbringen in einen Behälter) kann sich die Kontamination rasch über weite Bereiche des Versorgungsgebietes ausbreiten oder lokal begrenzt bleiben.

Mit Hilfe des Simulationsmodells lassen sich die Schieber, die zur Eingrenzung der Ausbreitung zu schließen sind, ermitteln. Es sind Simulationswerkzeuge verfügbar, die darüber hinaus auch die ad-hoc Analyse von auszutauschendem Leitungsvolumen und die automatisierte Ermittlung von Spülplänen ermöglichen.

Die effiziente Dekontamination durch Austausch des betroffenen Wasservolumens durch Netzspülung setzt eine systematische Vorgehensweise mit klarer Wasserfront voraus (unidirectional flushing). Das unkontrollierte Öffnen von Hydranten kann zu einer Verlagerung der Kontaminante im Leitungs-

netz führen. Eine effiziente Dekontamination wird dadurch verhindert.

Die Vorgehensweise mit klarer Wasserfront setzt die Isolation der entsprechenden Spülstrecke voraus. Hierfür sind im Allgemeinen Umschieberungen erforderlich. Eine Spülung schließt immer an eine vorher dekontaminierte Leitung an (klare Wasserfront). Die Isolation des kontaminierten Teilgebiets bleibt während der gesamten Spülung bestehen mit Ausnahme der Leitungen, die für die Versorgung des Gebiets mit dem für die Spülung notwendigen Wassers erforderlich ist.

Die Ermittlung der Spülstrecken, Spülhydranten und Schiebermanipulationen ist mit hohem Zeitaufwand verbunden und im Krisenfall als ad-hoc Maßnahme nicht durchführbar. Die Ermittlung von Spülplänen sollte daher für einzelne Netzbereiche bereits im Rahmen der Erarbeitung eines Maßnahmenplans durchgeführt werden. Zur Durchführung der Spülungen und unterschiedlichen Spülverfahren siehe folgender Abschnitt 2.2.7.

Werkzeuge

Zur automatisierten Spülplanermittlung können am Markt erhältliche Softwarewerkzeuge eingesetzt werden, die einen unterschiedlichen Funktionsumfang anbieten und meist auf einem hydraulischen Simulationsmodell (mit Einschränkungen auch Geoinformationssystem) aufbauen. Zusätzlich zu den hydraulischen Modelldaten wird die genaue Lage der Netztrennschieber und der Hydranten benötigt. Diese Information kann z. B. auch aus GIS-Datenbeständen nachträglich in ein bestehendes Simulationsmodell eingepflegt werden.

Bei der Auswahl des Softwarewerkzeuges ist darauf zu achten, dass Netzschieber und Hydranten, die im Regelfall nicht topologisch im Sinne eines Knoten und Kantenmodells ein-



gebunden sind, temporär für die Spülplanermittlung mit ihrer korrekten Lage in die Netzstruktur übernommen werden können.

Möglichkeiten und Grenzen

Die Durchführung strukturierter Netzspülungen stellt nicht nur ein wirkungsvolles Verfahren zur Dekontamination dar, sondern ist häufig auch zur turnusmäßigen Entfernung von Partikeln, die durch Korrosion der Leitungen entstehen können oder durch das Wasserwerk eingebracht werden und sich in Rohren mit niedriger Fließgeschwindigkeit ablagern, aus den Trinkwasserversorgungsleitungen notwendig. Die softwaregestützte Ermittlung von systematischen Spülplänen stellt damit einen wichtigen Beitrag zur Aufrechterhaltung einer einwandfreien Trinkwasserqualität und der Vermeidung von Braunwasserereignissen auch unter regulären Betriebsbedingungen dar.

Im Falle einer Kontamination ist je nach Art der Kontaminante zu untersuchen, ob die Voraussetzungen für eine Wiederaufnahme der Versorgung im betroffenen Netzbereich durch Netzspülung erreichbar sind. Dies gilt insbesondere bei einer Kontamination mit radioaktiven Stoffen.

2.2.7 Netzspülungen

Ziel

Lösen und Austragen von durch CBRN-Stoffe verursachten Kontaminationen aus den betroffenen Rohrleitungen inkl. Einbauten (z. B. Armaturen) sowie anschließender Nachweis einer ausreichenden Dekontamination.

Ausgangslage

Dem Versorgungsunternehmen ist bekannt, welche Wasserverteilungsanlagen (Netz- bzw. Rohrleitungsabschnitte) von einem relevanten CBRN-Stoff kontaminiert wurden. Des Weiteren sind Art des Rohrwerkstoffs und die

Nennweiten der betroffenen Abschnitte bekannt. Im besten Fall liegen gemäß Kapitel 2.2.5 Informationen über mögliche Zonenabgrenzungen im Verteilungsnetz vor. Notwendige Absperrarmaturen und Ein- bzw. Auslassbauwerke (z. B. Unterflurhydranten) sind lokalisierbar, zugänglich und funktionstüchtig.

Für eine zweckmäßige Vorgehensweise wurden folgende Rohrwerkstoffe definiert und hier zu sog. Klassen zusammengefasst:

Klasse 1:

Rohrleitungen und Bauteile aus Grauguss, Duktiguss oder Stahl mit bekannter Zementmörtelauskleidung sowie Rohrleitungen aus Asbest- bzw. Faserzement, Spann- und Stahlbetonleitungen.

Klasse 2:

Rohrleitungen und Bauteile aus Grauguss, Duktiguss oder Stahl ohne Zementmörtelauskleidung oder unbekannter Auskleidung.

Klasse 3:

Rohrleitungen aus PE oder PVC.

Es wird davon ausgegangen, dass Dichtwerkstoffe aus EPDM sowie eine Besiedlung von Rohrrinnenoberflächen mit Biofilmen in jedem der 3 genannten Klassen vorkommen können. Bei der Auswahl des passenden Spül- bzw. Reinigungsverfahrens wurde dies bereits berücksichtigt.

Ein Sonderfall besteht, wenn keine Angaben zum verlegten Rohrwerkstoff vorliegen. In diesem Fall sollten entweder mittels Aufgrabungen vor Ort unter Beachtung des Gesundheits- und Arbeitsschutzes fehlende Informationen beschafft oder Reinigungsverfahren E gewählt werden.

Vorgehensweise

Die Auswahl des geeigneten Spül- bzw. Reinigungsverfahrens ist von drei Kriterien abhängig:



- 1 dem verlegten Rohrwerkstoff,
- 2 dem detektierten CBRN-Stoff und
- 3 der Leitungsdimension (Nennweite).

Anhand dieser drei Kriterien kann mit Hilfe von Stoffdaten aus der Datenbank (siehe Informationskasten 4 auf Seite 50) fallabhängig das geeignete Verfahren ausgewählt werden.

Für kleinere Leitungsdimensionen (< DN 400) ergeben sich folgende Spül- oder Reinigungsverfahren.

1 Spül- und Reinigungsverfahren A

- Spülung mit klarer Wasserfront (unidirektional, Erläuterung s. u.)
- Austausch des 1,5 – 2-fachen Leitungsvolumens an Wasser
- Spülgeschwindigkeit größer als Fließgeschwindigkeit v_{max} eines Durchschnittstages (siehe auch DVGW Arbeitsblatt W 291, Abschnitt 8.1.1)

2 Spül- und Reinigungsverfahren B

- Leitung mit Trinkwasser füllen und für 24 Stunden stehen lassen
- anschließend Spülung mit klarer Wasserfront (siehe Verfahren A)
- Leitung mit Trinkwasser füllen und für 24 Stunden stehen lassen
- anschließend Messung auf Kontamination

3 Spül- und Reinigungsverfahren C

- Leitung mit Trinkwasser füllen und für 48 Stunden stehen lassen
- anschließend Spülung mit klarer Wasserfront (siehe Verfahren A)
- Leitung mit Trinkwasser füllen und für 24 Stunden stehen lassen
- anschließend Messung auf Kontamination

4 Spül- und Reinigungsverfahren D

- Leitung mit Trinkwasser füllen sowie 7 mg Chlor pro Liter Leitungsvolumen zu dosieren und für 24 Stunden stehen lassen
- anschließend Impulsspülung oder sog. Ice-Pigging durchführen (1 Durchgang)
- Leitung mit Trinkwasser füllen und für 24 Stunden stehen lassen
- anschließend Messung auf Kontamination

5 Spül- und Reinigungsverfahren E

- Leitung molchen (mechanische Rohrreinigung mit Kratzern/Gummischieben nach DVGW Arbeitsblatt W 291)
- anschließend Leitung sanieren (siehe DVGW Arbeitsblatt W 343, DVGW Arbeitsblatt GW 320-2 oder DVGW Arbeitsblatt GW 327; DVGW Hinweis W 409 beachten)

6 Maßnahme F

- sollte es sich um Leitungen der Klasse 1 und um Kontaminationen mit CBRN-Stoffen handeln, welche nur an EPDM-Dichtungen ein relevantes Sorptionsverhalten zeigen, kann der separate Austausch betroffener Dichtungen bei größeren (begehbaren) Rohrleitungen unter Beachtung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes eine Alternative zu Reinigungsverfahren oder einer kompletten Erneuerung darstellen. Dies trifft insbesondere für Dichtungen an Armaturen zu.

Erläuterungen zu Spülung- und Reinigungsverfahren

Bei der unidirektionalen Spülung (systematisch mit klarer Wasserfront) ist nach einem Spülplan vorzugehen, um eine unkontrollierte Ausbreitung der Kontamination zu unterbinden. Für die Ausarbeitung des leitungs-konkreten Spülplans ist ein Zeitbedarf von ca. 0,5 h/km Netz zu kalkulieren. Der Zeitbedarf für die Planungsarbeiten kann mit Program-



men wie etwa dem Spülplaner FlushPlan verringert werden. Der Zeitbedarf für die Umsetzung der systematischen Spülungen beläuft sich inkl. der erforderlichen Arbeiten (z. B. Auf- und Abbau Standrohr, Anpassung der Schieberstellungen) auf ca. 15 – 30 Minuten pro Kilometer Rohrleitung. Die notwendige Wassermenge ist mit 1,5 – 2 Volumen der Leitung anzusetzen.

Nach Möglichkeit ist der maximal zulässige Abschlag an Wasser unter Beachtung des erforderlichen Mindestdruckes zu realisieren. Anzustreben sind Spülgeschwindigkeiten von $> 0,5$ m/s. Mit üblichem Systemdruck sind Leitungsdurchmesser bis DN 200 über einen Hydranten spülbar. Bei größeren Durchmessern sind weitere, hintereinander angeordnete Hydranten zu nutzen. Alternativ kann hierfür auch das sog. Saugspülverfahren eingesetzt werden.

Messungen/Nachweise des relevanten CBRN-Stoffes sind immer in Proben durchzuführen, welche aus dem nach 24 Stunden Stagnationszeit abgeschlagenem Wasser genommen wurden. Falls ein negativer Befund besteht (keine Kontamination mit einem CBRN-Stoff in relevanten Grenzwerten nachgewiesen), kann die Leitung freigegeben werden. Falls ein positiver Befund besteht (CBRN-Stoff in relevanten Grenzwerten nachgewiesen), sollte das zugehörige Reinigungsverfahren wiederholt werden.

Sofern die Leitungen freigegeben wurden, sind diese entsprechend DVGW Arbeitsblatt W 400-3, Abschnitte 7.6.2 und 7.6.3 außer bzw. wieder in Betrieb zu nehmen.

Spül- und Reinigungswasser sollte gemäß den Empfehlungen aus Kapitel 2.2.9 entsorgt werden.

Für größere Leitungsdimensionen (\geq DN 400) ergeben sich nachfolgende Spül- oder Reinigungsverfahren (bei größeren Leitungsdi-

mensionen kann grundsätzlich wie bei kleineren Leitungsdimensionen verfahren werden).

Zur Eindämmung des Wasserverbrauchs bei der Spülung mit klarer Wasserfront könnte generell das Ice-Pigging-Verfahren verwendet werden, da hier der Wasserverbrauch auf ca. 0,7 – 1 Leitungsvolumen reduziert werden kann.

Sofern Reinigungsverfahren B oder C angewandt werden müsste, könnte der erste Schritt (Leitung mit Trinkwasser befüllen und 24 Stunden bzw. 48 Stunden stehen lassen) entfallen, wenn dafür das Impuls-Spülverfahren in Kombination mit dem Ice-Pigging-Verfahren angewandt wird. Dadurch steigt jedoch u. U. das Risiko eines positiven Befundes beim abschließenden Nachweis des CBRN-Stoffes bzw. zugehöriger Grenzwertunterschreitung, so dass die empfohlene Reinigung wiederholt werden muss.

Reinigungsverfahren B sollte gewählt werden, um EPDM in Rohrleitungen zu dekontaminieren, sofern die Substanz gegenüber der Rohrleitung selbst kein relevantes Sorptionsverhalten zeigt

Möglichkeiten und Grenzen

Typischerweise zeigen städtische Netze eine inhomogene Werkstoffstruktur auf. Das bedeutet, dass u. U. in einem mit CBRN-Stoffen kontaminierten Netzabschnitt/Netzbezirk mehrere der genannten Spül- bzw. Reinigungsverfahren gleichzeitig durchgeführt werden müssen. Bei begrenzten Ressourcen (z. B. Mitarbeiter, Trinkwasser zu Spül- und Reinigungszwecken), sollte zunächst mit den zeitintensiveren Reinigungsverfahren (z. B. Reinigungsverfahren C gegenüber Reinigungsverfahren B oder D) begonnen werden. Bei Auswahl von Reinigungsverfahren E sind die Möglichkeiten einer Ersatzversorgung nach DVGW Arbeitsblatt W 400-3, Abschnitt



7.6.5 zu prüfen und in den meisten Fällen mit einzuplanen.

Ab einem Leitungsdurchmesser DN 800 sollten unter Berücksichtigung des Gesundheits- und Arbeitsschutzes alternativ händische Reinigungsmöglichkeiten, etwa mit Hochdruckreinigern, in Erwägung gezogen und geprüft werden.

Sollten die genannten Reinigungsverfahren B bis D auch bei wiederholten Durchläufen nicht erfolgreich oder technisch nicht machbar sein, so sollten die betroffenen Leitungen u. U. aufgegeben bzw. erneuert werden.

Erläuterungen zum Stofftransport

Rohrleitungen, Einbauten und die darin gebildeten Inkrustationen sowie Biofilme und Ablagerungen treten bei einer Kontamination in Interaktion mit der kontaminierenden Substanz, was als Stofftransport an und in das Material bezeichnet wird.

Bei metallischen Materialien ist in Hinblick auf organische Substanzen von keiner Sorption auszugehen.

Zementgebundene Werkstoffe (z. B. Auskleidungen aus Zementmörtel oder Asbestzementrohre) bestehen neben ihren Zuschlagstoffen (etwa der Gesteinskörnung) vorwiegend aus dem Bindemittel (erhärteter Zement), d. h. im Wesentlichen aus Calciumsilikaten und Calciumhydroxid. Bei der Sorption können hiervon ausgehend elektrostatische bzw. ionische Wechselwirkungen mit anderen ionischen Verbindungen (Substanzen) eingegangen werden. Asbestfasern bzw. Zuschlagstoffe sind umhüllt von Zementmörtel und tragen nicht zur Sorption bei. Die Sorption zeigt tendenziell keine Relation zum sog. log-K_{ow}-Wert. Dominant sind die ionischen Wechselwirkungen. Eine Desorption erfolgt i. d. R. innerhalb von 24 Stunden vollständig.

Die im Leitungsbau verwendeten Kunststoffe weisen glatte und geschlossene Oberflächen auf. Sie unterscheiden sich aber deutlich in ihrer Chemie und ihrer inneren Struktur. Für die Interaktion mit organischen Stoffen sind die chemisch-physikalischen Eigenschaften der Kunststoff-Oberfläche entscheidend. Insgesamt haben alle Kunststoffe eine niedrige Oberflächenspannung. Ihre Oberflächen verhalten sich also unpolare und hydrophob. Substanzen werden an Kunststoffoberflächen adsorbiert, wenn sie ebenfalls unpolare Verhalten zeigen. Adsorbierte Stoffe können durch Diffusion tiefer in den Kunststoff eindringen. Des Weiteren ist die Dichtigkeit des Kunststoff-Gefüges wichtig. Dieses Gefüge ist bei dem weicheren, weitvernetzten EPDM voraussichtlich am niedrigsten und führt zu tendenziell höherer Sorption.

Biofilme sind auf allen wasserbenetzten Oberflächen in Trinkwasser-Systemen vorhanden - meist aber nur in sehr geringer Dicke (2 – 10 µm). Eine Wechselwirkung kann vor allem über elektrostatische bzw. ionische Wechselwirkungen zu Substanzen eingegangen werden. Generell gilt, dass Moleküle mit großer Masse (z. B. Proteine) deutlich langsamer in Biofilme eindringen als kleine.

Inkrustationen bestehen zu einem hohen Anteil aus Eisen-Oxiden bzw. -Oxidhydraten und geringen Mengen an weiteren anorganischen Ablagerungen, welche alle geringe Wechselwirkung mit organischen Substanzen (vor allem unpolare organischen Substanzen) aufweisen, so dass von keiner Relation zum log-K_{ow}-Wert auszugehen ist. Organische Bestandteile sind mit 1 bis 5 Massen-% anzusetzen. Sie tragen zur Sorption unpolarer organischer Stoffe bei. Eine Vorhersage über das Ausmaß der Sorption ist jedoch nicht möglich, da die Inkrustationen große und nicht vorherbestimmbare Unterschiede in



ihrer Zusammensetzung und somit auch in ihrem Sorptionsverhalten aufweisen.

2.2.8 Aufbereitungstechniken

Ziel

Ziel ist die Bereitstellung von Informationen, wie sich Kontaminationen des Rohwassers durch gängige Aufbereitungstechniken im Wasserwerk verhalten. Prioritär werden chemische Stoffe betrachtet, teilweise erfolgen Angaben zu B- bzw. RN-Stoffen.

Einleitung

Gemäß TrinkwV § 9 ist die Wasserversorgung sofort zu unterbrechen, sobald Trinkwasser durch C- oder B-Stoffe in Konzentrationen verunreinigt ist, die eine akute Schädigung der menschlichen Gesundheit erwarten lassen.

Die ermittelten Ergebnisse dienen daher in erster Linie der Information und stellen keine Handlungsanleitung dar, wie mit Toxinen kontaminiertes Rohwasser zu Trinkwasser aufbereitet werden soll. Wenn eine Kontamination erst sehr spät erkannt wird, kann es jedoch von Bedeutung sein, rückblickend abschätzen zu können, welche Substanzen in welchem Ausmaß im Aufbereitungsprozess entfernt worden sind. Ferner sind Verdachtsfälle denkbar, in denen diese Informationen wertvoll sein können.

Inwiefern ein signifikanter Rückhalt erreicht werden kann, hängt von den vorhandenen Aufbereitungsverfahren, den spezifischen Stoffeigenschaften der Substanz und ihrer eingetragenen Menge ab. Grundsätzlich bestehen seitens Wasserversorger nur in den Fällen Handlungsspielräume im Rahmen der Aufbereitungstechnik, in denen keine akute Schädigung der menschlichen Gesundheit zu erwarten ist.

Bei erkannter Rohwasserkontamination ist ferner denkbar, die Wasserversorgung sofort zu unterbrechen, aber dennoch die Aufbereitung fortzuführen und das produzierte Wasser abzuschlagen. Dadurch könnten Kontaminationen aus dem Wasser entfernt und anschließend resultierende Rückstände ggf. leichter „entsorgt“ werden.

Adsorption

(Kornaktivkohle / Pulverkohle)

Über adsorptive Aufbereitungsstufen (Aktivkohlefiltration, Pulverkohledosierung) ist eine tatsächliche Entfernung der toxischen Substanzen aus der Wasserphase möglich. Der Wirkungsgrad der Entfernung variiert jedoch stark (keine Adsorption bis sehr gute Adsorption). Im Falle einer erkannten Kontamination, sollte die technisch realisierbare Pulverkohledosierung eingesetzt bzw. eine möglichst lange Kontaktzeit im Aktivkohlefilter realisiert werden.

Membranfiltration (UO, NF, UF, MF) sowie Flockung/Filtration

Verfahren mit dichten Membranen – insbesondere die Umkehrosiose (UO) sowie mit Einschränkungen auch die Nanofiltration (NF) – können in vielen Fällen zu einer starken Verringerung der Konzentration von C-Stoffen führen.

Für viele der priorisierten C-Stoffe wurden Rückhaltedaten verschiedener UO- und NF-Membranen experimentell ermittelt. Detailergebnisse hierzu befinden sich in der Datenbank (siehe unten). Tendenziell werden C-Stoffe mit hohem Molekulargewicht (> 300 g/mol) bzw. relativ große Moleküle besser durch UO/NF-Membranen zurückgehalten als kleinere Moleküle. Eine sichere Prognose bzw. genaue Berechnung der Membran-Rückhaltung z. B. auf Grundlage der Molekül- und Membraneigenschaften ist jedoch derzeit nicht möglich.



Es sollte beachtet werden, dass in vielen Wasserwerken mit UO- bzw. NF-Technologie diese Verfahren nicht im Vollstrom sondern mit einem Bypass betrieben werden. In diesen Fällen ist die Konzentration des C-Stoffes im Trinkwasser entsprechend höher als im UO/NF-Permeat. Im Falle einer Kontamination des Wassers mit chemischen Stoffen sollte eine möglichst weitgehende Verringerung des Bypass-Anteils in Betracht gezogen werden.

Die allermeisten der priorisierten C-Stoffe sind mit den Verfahren Mikrofiltration (MF), Ultrafiltration (UF) sowie der Flockung und Filtration nicht bzw. nur unzureichend zu entfernen.

Je nach Wassermatrix und Rahmenbedingungen der Flockung und der nachfolgenden Filtration kann die Rückhaltung von B-Stoffen stark variieren, so dass hierzu keine allgemein gültigen Hinweise abgegeben werden können.

Alle als prioritär erkannten B-Stoffe können durch enge Membranen (UO/NF) und "echte" UF-Membranen mit mindestens 4 log-Stufen zurückgehalten werden.

Alle priorisierten RN-Stoffe sind nicht ausreichend mit Flockung und Filtration oder MF, UF jedoch mit engen Membranen (UO / NF) mit mindestens 90 % zurückzuhalten.

Chlorung, Ozonung, UV-Desinfektion

Die Verfahren der Chlorung, Ozonung und UV-Desinfektion können den Gehalt der toxischen Substanz reduzieren, sofern eine Reaktion erfolgt und eine ausreichende Dosis (Chlor, Ozon, UV-Strahlung) eingesetzt werden kann. Es ist zu beachten, dass bei diesen Verfahren Transformationsprodukte entstehen, über die oft keine toxikologischen Informationen verfügbar sind. Dennoch wird z. B. eine Dekontamination mittels Hypochlorit in vielen Gebieten erfolgreich eingesetzt,

da über eine Reaktion die chemische Struktur verändert wird und spezifische Wirkungen anschließend nicht mehr vorliegen. Um toxische Stoffgehalte umzusetzen, sollte die eingesetzte Chlor- bzw. Ozondosis dem technisch realisierbaren Maximalwert entsprechen. Gesetzlich ist eine Ozondosis bis 10 mg/L bzw. eine Chlordosis bis 6 mg/L zulässig (nach § 11 der TrinkwV, Stand 2013). Für die Wasseraufbereitung im besonderen Fall ist nach § 12 der TrinkwV eine Chlordosis bis 200 mg/L zulässig (Stand 2013).

Sofern eine UV-Desinfektion in der Aufbereitung vorhanden ist, kann die online-Detektion der Bestrahlungsstärke für einige der toxischen Stoffe auch als Frühwarnsystem fungieren. Akut toxische Stoffgehalte liegen im Milligramm-pro-Liter-Bereich und absorbieren teilweise Licht bei 254 nm so stark, dass die Mindestbestrahlungsstärke unterschritten wird und es somit zu einer Alarmierung und Abschaltung kommt.

Als vorbereitende Maßnahmen ist zu empfehlen, Informationen zur maximalen Dosierung von Aufbereitungsmitteln (Pulverkohle, Ozon, Chlor, ...) bereitzuhalten. Weiterhin kann ein Spektralphotometer erste schnelle Hinweise auf das Vorliegen einer Kontamination im mg/L-Bereich liefern.

Informationen aus Datenbank

Informationen zur Entfernungsleistung der Aufbereitungsstufen einer Auswahl an toxischen Verbindungen werden in der beim Gemeinsamen Melde- und Lagezentrum (GMLZ) des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) hinterlegten Datenbank bereitgehalten (siehe Infokasten S. 50).



2.2.9 Entsorgung und Dekontamination von kontaminiertem Wasser

Ziel

Bei einer Kontamination des Trinkwassers sollte das kontaminierte Wasser – sofern möglich – zunächst abgeleitet und aufgefangen werden, um Dekontaminations- und Entsorgungsmaßnahmen prüfen zu können. Hierbei ist der Zeitfaktor besonders kritisch, da das Trinkwassernetz möglichst schnell wieder frei von Toxinen sein muss.

Ein möglicher Weg der Ableitung kontaminierten Wassers ist die Nutzung des Kanalnetzes und Einleitung in eine Kläranlage. Bei Einbringung von humantoxischen Stoffen, die gleichzeitig auch auf Bakterien toxisch wirken, wäre aber mit negativen Effekten auf die Reinigungsleistung der Kläranlage zu rechnen. Dies hätte einen Austrag der toxischen Verbindungen und der organischen Fracht ins Oberflächengewässer zur Folge. Im Oberflächenwasser werden dann weitere natürliche Reinigungsprozesse wie z. B. die Uferfiltration gestört. In diesem Fall könnte ein Kaskadeneffekt eintreten, in dessen Folge sich die Toxine und weitere Substanzen erheblich ausbreiten.

Beschreibung der Vorgehensweise bei einem Schadenfall

- Kontaminiertes Wasser möglichst in Regenrückhaltebecken von Kläranlagen auffangen bzw. kontrolliert im Trinkwasserverteilungsnetz ohne Zu- und möglichen Ablauf belassen, um eine unkontrollierte Einleitung in die Kläranlage zu verhindern.
- Eigenschaften der eingeleiteten Substanz ermitteln.

Wirken die Kontaminationen toxisch auf die Bakterien im Belebtschlamm der Kläranlage?

Konnten bereits weitere Eigenschaften der Kontamination ermittelt werden, bei-

spielsweise anhand analytischer Messungen gemäß Kapitel 2.2.3?

- Bewertung der Toxizität des kontaminierten Wassers

Um eine Beeinträchtigung der Reinigungsprozesse der Kläranlage zu vermeiden, soll eine Einschätzung der Toxizität auf Belebtschlamm getroffen werden. Grundsätzlich ist zwischen der Toxizität auf höhere Organismen und der Toxizität gegenüber Belebtschlamm zu unterscheiden, da Bakterien sich durch einen anderen Zellaufbau und Stoffwechsel auszeichnen.

Werkzeuge

Test auf Toxizität gegenüber Belebtschlamm

Zur Abschätzung der Wirkung auf die biologischen Reinigungsprozesse ist eine schnelle Beurteilung der Toxizität gegenüber den Bakterien im Belebtschlamm nötig. In einem Schnellversuch zum Sauerstoffverbrauch kann getestet werden, ob die enthaltene Substanz im Wasser auf die Bakterien toxisch wirkt.

Testverfahren:

- 1 Etwas Belebtschlamm aus dem Becken entnehmen und gut belüften.
- 2 Gleiche Menge an kontaminierter Probe hinzufügen und gut mischen.
- 3 Acetat-Zugabe (1 Mikrospatel).
- 4 Mit einer Sauerstoffelektrode über mehrere Minuten den Sauerstoffgehalt messen.
Sauerstoff nimmt ab = Substanz ist nicht toxisch
Sauerstoff nimmt nicht ab = Substanz ist toxisch

Erläuterung:

Die Bakterien verstoffwechseln das beigegefügte Acetat oder andere bereits vorhandene abbaubare Stoffe, was durch eine Abnahme



des gemessenen Sauerstoffwertes erkennbar wird. Wirkt die Kontamination im Trinkwasser auch toxisch auf die Bakterien im Belebtschlamm der Kläranlage, so kann kein Sauerstoffverbrauch stattfinden und der Wert bleibt konstant.

Möglichkeiten und Grenzen

Die beschriebene Methode kann zur schnellen Bewertung der Toxizität einer Kontamination/Substanz auf Belebtschlamm eingesetzt werden. Es wird die Entscheidung möglich, ob die Einleitung in die Kläranlage erfolgen kann. Es können aber keine Aussagen über die Abbaubarkeit der Kontamination selbst getroffen werden. Dafür sind zeitaufwändigere Tests erforderlich. Für einige Substanzen sind orientierende Ergebnisse zur Toxizität auf Belebtschlamm und zur Abbaubarkeit der Datenbank zu entnehmen (siehe hierzu Informationskasten „Datenbank“ auf S. 50). Diese Ergebnisse müssen aber im Einzelfall überprüft werden, da sich die Organismenzusammensetzung einzelner Kläranlagen unterscheidet.



3 Anhang

3.1 Glossar

Alarmierung

Information der Mitarbeiter, Einsatzkräfte und der Bevölkerung über eine akute Gefahr [4].

Alarmstufe

Einstufung einer Lage beziehungsweise einer Situation im Hinblick auf die zu ergreifenden Maßnahmen [4].

Auslöser

Ein Ereignis, das direkt oder indirekt zum Eintreten einer Gefährdung des Versorgungssystems führt [2].

B-Stoffe

Mikroorganismen wie Bakterien, Viren oder Sporen, die bei Menschen Krankheiten auslösen können.

CBRN-Stoffe

Chemische, biologische, radioaktive und nukleare Substanzen.

C-Stoffe

Substanzen, die auf Grund ihrer chemischen Struktur toxisch wirken bzw. die Beschaffenheit des Trinkwassers verändern. Hierunter fallen Kampfstoffe, Toxine, Pflanzenschutzmittel, Industriechemikalien und Farb- oder Geruchsstoffe. Toxine, d. h. giftig wirkende Stoffwechselprodukte von Mikroorganismen oder Pilzen werden hier wegen ihrer chemotoxischen Wirkung ebenfalls als C-Stoffe definiert.

Entstörung

Gesamtheit aller Maßnahmen zur Rückkehr in den ordnungsgemäßen Betriebszustand [2].

Ereignis

Auslöser, der direkt oder indirekt zum Eintreten einer Gefährdung im Versorgungssystem führt [1].

Gefährdung / Gefahr

Mögliche biologische, chemische, physikalische oder radiologische Beeinträchtigung im Versorgungssystem [1,2] oder Zustand, Umstand oder Vorgang, durch dessen Einwirkung ein Schaden an einer Wasserversorgungsanlagen entstehen kann [Anlehnung an 4].

Gefährdungsanalyse

Systematische Ermittlung von Gefährdungen und Ereignissen in den Prozessen der Wasserversorgung [1].



Großschadensereignis

Notfall besonders großen Ausmaßes. Der Begriff ist bundesweit nicht einheitlich definiert und beschreibt – im Gegensatz zur Krise – objektiv das Schadensbild, nicht die subjektive Wirkung auf ein Unternehmen.

ANMERKUNG: Der Begriff wird umgangssprachlich häufig synonym zu „Katastrophe“ gebraucht [2].

Hauptleitung

Wasserleitung mit Hauptverteilerfunktion innerhalb eines Versorgungsgebietes, üblicherweise ohne direkte Verbindung zum Verbraucher [6].

Hochbauliche Einrichtungen

Sämtliche Wasserversorgungsanlagen ausgenommen des Trinkwasserverteilungsnetzes.

Intentionale Gefahr

Die Gefahr ein Opfer einer (vorsätzlichen) „Tathandlung“ (gemäß dem Strafgesetzbuch) zu werden. Die Tat richtet sich gegen das WVU/oder gegen Personen im WVU, verübt durch (kriminelle) Einzeltäter oder Gruppen, durch Personen innerhalb oder von außerhalb der Organisation oder einer Mischform.

Katastrophe

Notfall besonders großen Ausmaßes. Der Begriff ist bundesweit nicht einheitlich definiert und beschreibt – im Gegensatz zur Krise – objektiv das Schadensbild, nicht die subjektive Wirkung auf ein Unternehmen.

Das Eintreten einer Katastrophe wird ordnungsbehördlich festgestellt („Ausrufen des Katastrophenfalles“), wodurch besondere Maßnahmen des Katastrophenschutzes ausgelöst werden.

ANMERKUNG: Der Begriff wird umgangssprachlich häufig synonym zu „Großschadensereignis“ gebraucht [2].

Krise

Höchste Eskalationsstufe eines Wasserversorgers, in der zur Bewältigung der Situation die Einberufung eines Krisenstabes in der Organisation zwingend notwendig ist. Das Ereignis kann mit betriebsgewöhnlichen Mitteln und/oder Organisationsstrukturen (= Mittel des Normalbetriebes sowie Störungs- oder Notfallmanagements) nicht mehr ausreichend bewältigt werden.

ANMERKUNG: Das Einstufen einer Störung als Krise liegt beim Wasserversorger [2].

Krisenkommunikation

Austausch von Informationen und Meinungen während einer Krise zur Verhinderung oder Begrenzung von Schäden in einer Einrichtung.

Krisenmanagement

Sonderform von Projektmanagement zur Führung eines Wasserversorgers während einer Krise, abseits der Organisation des Normalbetriebes.



ANMERKUNG: Eingeschlossen in dieses Projektmanagement sind die vorbereitenden und nachbereitenden aufbau- und ablauforganisatorischen Arbeiten [2].

Krisenstab

Struktur/Institution, die die Voraussetzungen zur Koordination aller krisenbezogenen Tätigkeiten schafft und die Krisenbewältigung leitet [4].

Kritikalität

Maß für die Bedrohungslage bzw. für Schutzbedürftigkeit und Verwundbarkeit (Vulnerabilität) eines Wasserversorgungsunternehmens bzw. seiner verschiedenen Objekte. Die Kritikalität bezieht sich auf Versorgungseinheiten (z. B. Netzabschnitte) oder einzelne Objekte (z. B. Wasserwerk, Brunnen, Hochbehälter etc.) innerhalb des WVU [4].

Kritische Punkte

Siehe neuralgische Punkte [4].

Maßnahmen zur Risikobeherrschung

Handlungen und Prozesse, die die Versorgungssicherheit in der Wasserversorgung gewährleisten. Diese können auch vorbeugenden Charakter haben [1].

Neuralgische Punkte

Bereiche von Wasserversorgungsanlagen, deren Beeinträchtigung zu weitreichenden Schäden führen.

Normal- oder Regelbetrieb

Sammelbegriff für alle Betriebszustände und -prozesse (inkl. Störungen) in der Wasserversorgung, die durch die vom Versorger gewählten betriebsgewöhnlichen Mittel und/oder Organisationsstrukturen beherrschbar sind [1]. Darunter fallen auch die Bewältigung von Störungen und Notfällen.

Notfall

Zweite Eskalationsstufe in einem WVU nach der Störung. Er bedingt eine Koordination mit Einsatzorganisationen und/oder Behörden, um eine oder mehrere örtlich oder in der Schadensdimension begrenzte „Störereignisse“ zu bewältigen. Das oder die Störereignisse wurden im Risikomanagement bereits identifiziert und können mit den Mitteln der Regelorganisation bewältigt werden.

Prävention

Maßnahmen zur Vermeidung von Schadensereignissen und Beeinträchtigungen [4].

Resilienz

Maß für die Widerstandsfähigkeit einer Wasserversorgungsanlage hinsichtlich eines anzunehmenden Schadens auf ein bestimmtes Ereignis bzw. Szenario.

**Risiko**

Kombination von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß einer Gefährdung im Versorgungssystem [1].

Risikoabschätzung

Einsatz verfügbarer Informationen zur Analyse und Bewertung von Risiken [1].

Risikoanalyse

Systematisches Verfahren zur Bestimmung des Risikos [Anlehnung an 4].

Risikobewertung

Die Risikobewertung enthält als wesentliche Komponenten die Schlussfolgerungen der Risikoabschätzung und die Übersetzung des Risikos in gesellschaftliche Wertekategorien. Die Risikobewertung ist der maßgebliche Beitrag zur Feststellung von Handlungsbedarf [5].

Risikokommunikation

- 1 Austausch von Informationen und Meinungen über Risiken zur Risikovermeidung, -minimierung und -akzeptanz.
- 2 Verfahren für eine Einrichtung im Rahmen des Risikomanagements zum Erhalt und zur Herausgabe von Informationen über ein Risiko: Risikokommunikation betrifft dabei alle Kommunikationsprozesse, die sich auf die Identifizierung, Analyse, Bewertung sowie das Management von Risiken und die dafür notwendigen Interaktionen zwischen den Beteiligten beziehen [4].

Risikomanagement

Kontinuierlich ablaufendes, systematisches Verfahren zum zielgerichteten Umgang mit Risiken, das die Analyse und Bewertung von Risiken sowie die Planung und Umsetzung von Maßnahmen, insbesondere zur Risikovermeidung/-minimierung und -akzeptanz, beinhaltet [4].

Risikowahrnehmung

Prozess der subjektiven Aufnahme, Verarbeitung und Bewertung von risikobezogenen Informationen, die aus der eigenen Erfahrung, der direkten Beobachtung, der Rezeption von vermittelten Botschaften (etwa durch Medien) sowie der direkten Kommunikation mit Individuen stammen [4].

R-Stoffe

Radioaktive Stoffe, die ionisierende Strahlung (wie α -, β -, γ - oder Röntgenstrahlung) abgeben und dadurch schädlich auf den Menschen einwirken können.

Sicherheitsindex

Der Sicherheitsindex eines Objektes bewertet dessen vorhandene Sicherheitsausstattungen soweit sie geeignet sind, einen Angriff zu erschweren, zu verzögern oder zu verhindern. Neben der rein technischen Ausrüstung werden dabei auch organisatorische Vorkehrungen, die der gleichen Zielsetzung dienen, betrachtet.



Security-Management

Eine Sonderform des Notfalls bzw. Notfall-Managements zur Behandlung von Objektschutzalarmen und/oder „Security“-relevanten Ereignissen wie z. B. die Androhung einer Wasservergiftung oder der Einsatz von USBVs (Unkonventionelle Spreng- und Brandvorrichtungen) oder Drohanrufe.

Störung

Abweichung vom ordnungsgemäßen Betriebszustand. Charakterisierend sind die Ursache einer Störung sowie der Grad der Abweichung. Eine Störung wird von der normalen Aufbau- und Ablauforganisation bewältigt [1, 4]. Die erste Eskalationsstufe in einem WVU.

Szenario

Annahme von möglichen Ereignissen und deren möglicher Auswirkungen.

Toxine

Giftig wirkende Stoffwechselprodukte von Mikroorganismen oder Pilzen.

ANMERKUNG: Toxine werden hier wegen ihrer chemotoxischen Wirkung zu den C-Stoffen gruppiert.

Validierung

Prüfung, Bewertung und Bestätigung der Eignung gewählter Maßnahmen [1].

Verifizierung

Nachweisführung, dass das Trinkwasser am Ende der Prozesskette in der Wasserversorgung den gesundheitsbezogenen, versorgungstechnischen und ästhetischen Zielen entspricht [1].

Verwundbarkeit

Maß für die anzunehmende Schadensanfälligkeit einer Wasserversorgungsanlage in Bezug auf ein bestimmtes Ereignis bzw. Szenario [Anlehnung an 4].

Versorgungsleitung

Wasserleitung, die die Hauptleitung mit der Wasseranschlussleitung verbindet [6].

Vulnerabilität

Siehe Verwundbarkeit.

Vulnerabilitätsanalyse

Systematisches Verfahren zur Bestimmung neuralgischer Punkte verschiedener Wasserversorgungsanlagen.

Wasseranschlussleitung

Die Wasseranschlussleitung verbindet das Verteilungsnetz (Rohrnetz) mit der Kundenanlage. Die Wasseranschlussleitung beginnt an der Abzweigstelle des Verteilungsnetzes und endet mit der Hauptabsperrereinrichtung (entspricht Hauptabsperrvorrichtung nach AVBWasserV) [6].



Wasserversorgungsanlagen

Alle Anlagen, die einzeln oder in ihrer Gesamtheit der Gewinnung, Aufbereitung, Förderung, Speicherung, dem Transport und der Verteilung von Wasser dienen (gemäß DIN 4046)

ANMERKUNG: Wasserversorgungsanlagen umfassen u. a. Rohrnetze, Gebäude, Schächte und Bauwerke [3].

Zubringerleitung

Wasserleitung, welche Wassergewinnung(en), Wasseraufbereitungsanlage(n), Wasserbehälter und / oder Versorgungsgebiet(e) verbindet, üblicherweise ohne direkte Verbindung zum Verbraucher [6].

Definition aus:

- [1] DVGW-Arbeitsblatt W 1001 „Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Risikomanagement im Normalbetrieb“
- [2] DVGW-Arbeitsblatt W 1002 „Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Organisation und Management im Krisenfall“
- [3] DVGW-Arbeitsblatt W 1050 „Objektschutz von Wasserversorgungsanlagen“
- [4] BMI (2008) Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko- und Krisenmanagement, Leitfaden für Unternehmen und Behörden
- [5] Risikokommission, ad hoc-Kommission "Neuordnung der Verfahren und Strukturen zur Risikobewertung und Standardsetzung im gesundheitlichen Umweltschutz der Bundesrepublik Deutschland" (2003) Abschlussbericht der Risikokommission
- [6] DVGW-Arbeitsblatt W 400-1 „Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV), Teil 1: Planung



3.2 Bewertung von Bedrohungen und Prävention

3.2.1 Quantifizierung der Kritikalität

Die Kritikalität stellt ein Maß für die Bedrohungslage bzw. für Schutzbedürftigkeit und Vulnerabilität eines Wasserversorgungsunternehmens bzw. seiner verschiedenen Objekte dar. **Die Kritikalität bezieht sich dabei in erster Linie auf Versorgungseinheiten (WVU oder Teile davon), die abgegrenzte Versorgungsaufgaben haben.** Sie kann jedoch auch auf einzelne Objekte (z. B. Wasserwerk, Brunnen, Hochbehälter etc.) heruntergebrochen werden. Die Kritikalität ist eine komplexe Kenngröße mit einer Vielzahl von Einflussfaktoren, die von der allgemeinen Sicherheitslage über die Versorgungsstruktur bis zu subjektiven Einschätzungen eines Angreifers reichen. **Um zu einem handhabbaren Ansatz für die Ermittlung der Kritikalität zu kommen,** wird in einem ersten Schritt die Kritikalität der Versorgungseinheit (WVU oder Teile davon, Versorgungsnetze für abgegrenzte Versorgungsgebiete, etc.) bestimmt. Darauf aufbauend kann dann die Kritikalität für einzelne Objekte der Versorgungseinheit ermittelt werden. Für dieses Vorgehen wurden die Einflüsse auf die Kritikalität in sechs Hauptparameter zusammengefasst. Vier davon betreffen die Kritikalität der Versorgungseinheit (Abbildung 13).



ABBILDUNG 13: HAUPTPARAMETER ZUR BESTIMMUNG DER KRITIKALITÄT EINER VERSORGUNGSEINHEIT

Aufbauend auf der Kritikalität der Versorgungseinheit kann mit 2 weiteren Hauptparametern dann die Kritikalität für ein Objekt der Versorgungseinheit bestimmt werden (Abbildung 14).



ABBILDUNG 14: HAUPTPARAMETER ZUR BESTIMMUNG DER OBJEKTKRITIKALITÄT



Bedeutung einer Versorgungseinheit (eines Versorgungsnetzes)

Die Bedeutung einer Versorgungseinheit (Versorgungsnetz) als Angriffsziel ergibt sich aus seiner Versorgungsaufgabe (Versorgungsgebiet, Kundenanforderungen und Bedeutung der Kunden). Der Versorger kennt seine Versorgungsaufgabe und die dazu vorhandene technische Ausstattung. Er kann daher die Vulnerabilität bzgl. der Aufgabenerfüllung am besten beurteilen. In Abbildung 15 sind die bei der Berechnung des Parameterwertes K_B zu prüfenden Merkmale und anzuwendenden Regeln dargestellt und in Tabelle 2 die zu berücksichtigenden besonderen Verbrauchergruppen aufgeführt.

Bedeutung der Versorgungseinheit / des Netzes		
K_B_E	Merkmale	Ergebnis
K_B_E_1	Anzahl versorgter Personen > 10000	ja / nein
K_B_E_2	Besondere Verbrauchergruppen Einrichtungen nach Tabelle 1	ja / nein
K_B_E_3	Mehr als 3 besondere Verbrauchergruppen nach Tabelle 1	ja / nein

K_B	Regelbasis
1	K_B_E_1 = nein und K_B_E_2 = nein
2	K_B_E_1 = ja und K_B_E_2 = nein
3	K_B_E_1 = nein und K_B_E_2 = ja und K_B_E_3 = nein
4	K_B_E_1 = nein und K_B_E_2 = ja und K_B_E_3 = ja
5	K_B_E_1 = ja und K_B_E_2 = ja und K_B_E_3 = nein
6	K_B_E_1 = ja und K_B_E_2 = ja und K_B_E_3 = ja

ABBILDUNG 15: QUANTIFIZIERUNG DER BEDEUTUNG EINER VERSORGUNGSEINHEIT

TABELLE 2: LISTE DER BESONDEREN VERBRAUCHERGRUPPEN / EINHEITEN

Besondere Verbrauchergruppen / Einrichtungen
Militärische Liegenschaften mit Versorgung / Anschlusswert von mehr als 3.500 Personen
Lokal übergreifende Einsatzzentralen für Katastrophenschutz, innere Sicherheit und/oder öffentliche Ordnung (von Polizei, Grenzschutz, Feuerwehr, BBK, THW, BKA, LKA etc.)
Staatstragende Einrichtungen (Bundes- oder Landesparlamente, Bundes- oder Landesministerien, Bundes- oder Oberlandesgerichtsbarkeit etc.)
Bedeutende Einrichtungen für Gesundheit, Bildung und Forschung mit insgesamt mehr als 3.500 Personen oder attraktive Gegebenheiten für Tourismus / Freizeit, Kurorte
Größere Einrichtungen der industriellen Produktion mit mehr als 3.500 Beschäftigten
Gefährliche Anlagen, die einer besonderen Sicherheitsüberwachung unterliegen (z. B. KKW, Chemie-Anlagen mit toxischen Substanzen, biotechnologische Anlagen etc.)
Wohnort oder Aufenthaltsort einer besonders gefährdeten Person nach Einschätzung der zuständigen Polizeibehörde (z. B. Bundeskanzler, Bundespräsident, etc.)



Zugänglichkeit technischer Unterlagen

Die Sicht des Angreifers bzgl. Attraktivität und Machbarkeit eines Angriffs wird, wie bereits erwähnt, in hohem Maße durch die verfügbaren Informationen bestimmt. Eine besondere Rolle spielen dabei die beim Versorger vorhandenen technischen Informationen. Der Schutz und die Geheimhaltung dieser Informationen und Unterlagen wurden daher als weiterer Parameter bei der Sicht des Angreifers hinzugenommen. Abbildung 16 enthält die Kriterien für die Ermittlung der KG-Werte.

Zugänglichkeit technischer Unterlagen

K_G	Zugänglichkeit technischer Unterlagen
0	Sehr hoher Schutz nach VSNFD implementiert s. Seite 14 oder anhängende Tabelle
1	Hoher Schutz implementiert, Zugänglichkeit nur für eingeschränkten Personenkreis innerhalb des WVU implementiert s. Seite 15
2	Mittlerer Schutz implementiert, Zugänglichkeit nur für Mitarbeiter des WVU / Planungsbüros / Auftragnehmer (z.B. Baufirmen)
3	Kein besonderer Schutz implementiert

ABBILDUNG 16: ERMITTLUNG DER KG-WERTE FÜR DEN PARAMETER „GEHEIMHALTUNG TECHNISCHER UNTERLAGEN“

Allgemeine und temporäre Sicherheitslage aus Sicht der zuständigen Polizeibehörde

Bei der unabhängigen Lagebeurteilung wird unterschieden zwischen einer allgemeinen Lagebeurteilung einerseits, die auch für die politischen Entscheidungsträger gilt und in die geheimdienstliche Erkenntnisse eingehen und temporäre Besonderheiten oder Ereignisse andererseits. Die allgemeine Sicherheitslage wird i. d. R. von den Landeskriminalämtern beurteilt. Die temporäre Sicherheitslage berücksichtigt Besonderheiten (soweit sie bei der allgemeinen Lagebeurteilung nicht eingeschlossen sind).

Temporäre Ereignisse wie z. B. Fußballspiele der Bundesliga, Volksfeste oder Karnevalsveranstaltungen erhöhen temporär die Zahl der Menschen im Versorgungsgebiet. Darüber hinausgehend verändern sie aber die Gefährdungslage der Versorgungseinheit (des Versorgungsnetzes) nicht, trotzdem tragen sie zur Kritikalität der Versorgungseinheit bei.

Daneben gibt es aber auch temporäre Ereignisse wie z. B. Staatsbesuche, Sicherheitskonferenzen, Weltwirtschaftsforum, Wirtschafts- und Finanzministertreffen etc., die aufgrund ihrer politischen Bedeutung der Teilnehmer die Sicherheitslage im Versorgungsgebiet deutlich verschärfen und damit temporär zu einer Veränderung der allgemeinen Sicherheitslage führen.

In Abbildung 17 sind für die beiden Parameter der Lagebeurteilung die Kriterien für die Quantifizierung zusammengestellt.



Allgemeine Sicherheitslage aus Sicht der zuständigen Polizeibehörde

K_SL	Allgemeine Sicherheitslage des Objektes / Gebietes
0	Aus Sicht der Polizeibehörde liegt keine Gefährdungstufe für das Objekt / Gebiet vor
1	Es wurde eine Gefährdungstufe 3 für das Objekt / Gebiet eingestellt
2	Es wurde eine Gefährdungstufe 2 oder 1 für das Objekt / Gebiet eingestellt

Temporäre Sicherheitslage

K_ST	Temporäre Sicherheitslage
0	Keine temporären oder lokalen Besonderheiten / Ereignisse
1	Temporäre Ereignisse finden regelmäßig statt, verändern aber die Einschätzung der Gefährdungstufe nicht (z. B. Fußballspiele, Volksfeste, etc.)
2	Temporäre Ereignisse finden statt und verändern die Einschätzung der Gefährdungstufe (z. B. Staatsbesuche, Veranstaltungen mit gefährdeten Personen)

ABBILDUNG 17: QUANTIFIZIERUNG DER ALLGEMEINEN UND DER TEMPORÄREN SICHERHEITSLAGE

Bedeutung eines Objektes im Netz

Bei einem Angriff auf Wasserversorgungseinrichtungen mit CBRN-Material ist es das Ziel, über eine Schädigung der Wasserversorgung einen möglichst großen Schaden im Versorgungsgebiet hervorzurufen. Angegriffen wird dabei in aller Regel ein Objekt des Versorgungsnetzes bzw. der Versorgungseinheit, also z. B. ein Hochbehälter, ein Wasserwerk, eine Rohwassergewinnung oder auch ein Hydrant. Über dieses Objekt wird dann das CBRN Material in das Netz eingeschleust. Es interessiert daher vor allem die Kritikalität der einzelnen Objekte der Versorgungseinheit. Sicher trägt zur Objektkritikalität die Kritikalität der Versorgungseinheit (als „Grundlast“) bei, sie muss aber durch die objektspezifischen Parameter „Bedeutung des Objektes im Netz“ und „Machbarkeit“ eines Angriffes auf das Objekt ergänzt werden. In Abbildung 18 sind die Kriterien zur Berechnung der Parameterwerte KO für die „Bedeutung des Objektes im Netz“ zusammengestellt.



Bedeutung des Objekts im Netz

K_O_E	Merkmale	Ergebnis
K_O_E_1	Anzahl versorgter Personen > 5000	ja / nein *)
K_O_E_2	Besondere Verbrauchergruppen Einrichtungen nach Tabelle	ja / nein
K_O_E_3	Ersatzversorgung zu mindestens 75% durch das Netz möglich	ja / nein

*) Wenn das betrachtete Objekt nur Teilbeiträge zu einem übergeordneten Versorgungsknoten des Netzes liefert (Z. B. der Brunne eines Brunnenfeldes zur Versorgung eines Wasserwerkes), wird die Anzahl der versorgten Personen des betrachteten Objekts aus der Anzahl der versorgten Personen des übergeordneten Knotens geteilt durch die Anzahl der Beitraggeber berechnet. KOE1 wird in diesem Fall mit „ja“ beantwortet, wenn die so berechnete Anzahl für das betrachtete Objekt > 5000 ist und wenn der Beitrag des Objekts mehr als 10 % (Jahresmittelwert) zur Versorgung des übergeordneten Knotens beiträgt.

K_B_O	Regelbasis
0	K_O_E_1 = nein und K_O_E_2 = nein und K_O_E_3 = ja
1	K_O_E_1 = nein und K_O_E_2 = nein und K_O_E_3 = nein
2	(K_O_E_1 oder K_O_E_2) = ja und K_O_E_3 = ja
3	(K_O_E_1 oder K_O_E_2) = ja und K_O_E_3 = nein
4	K_O_E_1 = ja und K_O_E_2 = ja und K_O_E_3 = ja
5	K_O_E_1 = ja und K_O_E_2 = ja und K_O_E_3 = nein

ABBILDUNG 18: QUANTIFIZIERUNG DER BEDEUTUNG EINES OBJEKTS IM NETZ

Machbarkeit

Die Machbarkeit beschreibt die vermutete Einschätzung der Angreifer bzgl. Angriffsaufwand und Angriffsrisiko aber auch bzgl. der von außen sichtbaren Einrichtungen für Prävention und Abwehr. Von daher ist die Machbarkeit auf Angriffspunkte (Objekte) im Versorgungsnetz oder Teilnetz gerichtet. In einer Versorgungseinheit (Netz- oder Teilnetz) sind i. d. R. Objekte mit unterschiedlich einzuschätzender Machbarkeit eines Angriffs vorhanden. Sie ist daher nicht nur ein subjektiver sondern auch ein relativer Parameter, der in Bezug auf die anderen Objekte im Versorgungsnetz oder Teilnetz gesehen werden muss. Um hier eine bei verschiedenen Netzen vergleichbare Quantifizierung der Machbarkeit eines Angriffs zu bekommen, sollte das sicherste Objekt (oder die sichersten Objekte) die Zuordnung „sehr schwierige Machbarkeit“ bekommen. Abbildung 19 enthält die Kriterien für die Quantifizierung des zugehörigen K_M-Wertes.



Machbarkeit

K_M	Machbarkeit
1	Sehr schwierig, extrem hoher Aufwand
3	Schwierig, mittlerer Aufwand
5	Leicht, geringer Aufwand
Als Grundlage für die Machbarkeit wird von einer standardisierten Fragestellung ausgegangen, z.B.: <i>„Die Machbarkeit eines Angriffes mit dem Ergebnis mindestens 100 Personen gesundheitlichen Schaden zuzufügen ist bei diesem Objekt sehr schwierig / schwierig / leicht“</i> Die Machbarkeit ist ein relatives Maß d.h. es muss mindestens einmal „Sehr schwierig“ für ein Netz vergeben werden	

ABBILDUNG 19: BESTIMMUNG DER WERTE FÜR K_M ZUR QUANTISIERUNG DER MACHBARKEIT

Im Zweifelsfall können bei der Bestimmung der Zahlenwerte für K_M auch Zwischenwerte zwischen 1 und 3 bzw. 3 und 5 eingesetzt werden.

Berechnung der Kritikalität

Aus den oben ermittelten Werten für die Einflussparameter der Kritikalität wird die auf fünf Klassen normierte Kenngröße „Kritikalität“ entsprechend folgender Berechnungsvorschrift berechnet:

Bestimmung der Kritikalität der Versorgungseinheit

$$K(V) = \frac{5}{13} \cdot (K_B + K_G + K_{SL} + K_{ST})$$

Bestimmung der Kritikalität eines Objekts der Versorgungseinheit

$$K(O) = \frac{1}{3} \cdot (K(V) + K_O + K_M)$$

Bestimmung der Kritikalitätsklasse

Sowohl die Kritikalität der Versorgungseinheit K(V) als auch die Kritikalität eines Objektes K(O) dieser Versorgungseinheit können Werte zwischen 0 und 5 annehmen. Die Zuordnung der jeweils berechneten Werte für K(V) und K(O) zur Kritikalitätsklasse erfolgt entsprechend Abbildung 20.

Kritikalität

K-Wertebereich	Kritikalitätsklasse
4 < K	5 sehr kritisch
3 < K ≤ 4	4 kritisch
2 < K ≤ 3	3 mittel kritisch
1 < K ≤ 2	2 leicht kritisch
K ≤ 1	1 unkritisch

ABBILDUNG 20: BERECHNUNG UND KLASSIFIZIERUNG DER KRITIKALITÄT

3.2.2 Quantifizierung des Sicherheitsindex

Der Sicherheitsindex eines Objektes bewertet dessen vorhandene Sicherheitsausstattungen soweit sie geeignet sind, einen Angriff zu erschweren, zu verzögern oder zu verhindern. Neben der rein technischen Ausrüstung müssen dabei aber auch organisatorische Vorkehrungen, die der gleichen Zielsetzung dienen, betrachtet werden. Der Sicherheitsindex setzt sich also, entsprechend Abbildung 21, sowohl aus technisch / physikalischen Einrichtungen als auch aus organisatorischen Komponenten zusammen, die bei der Bestimmung des Sicherheitsindex bewertet und zusammengeführt werden müssen.

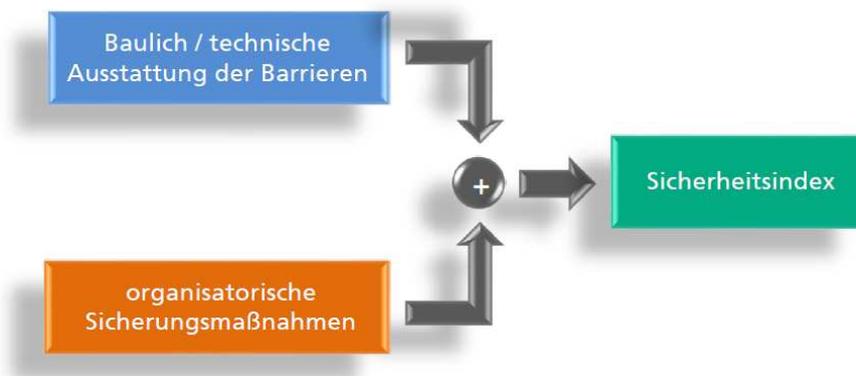


ABBILDUNG 21 ANSATZ ZUR BESTIMMUNG DES SICHERHEITSINDEX

Die Ermittlung des technischen Anteils des Sicherheitsindex geht vom Zonierungsmodell (Zwiebelschalenmodell) aus, nachdem ein Angreifer auf seinem Weg zum „eingehausten“ Schutzgut Trinkwasser verschiedene Zugangsbarrieren überwinden muss. In Abbildung 22 ist dieser Weg schematisch dargestellt, wobei hier der öffentlich zugängliche Außenbereich vom privaten Bereich durch einen Zaun an der Objektgrenze getrennt ist.

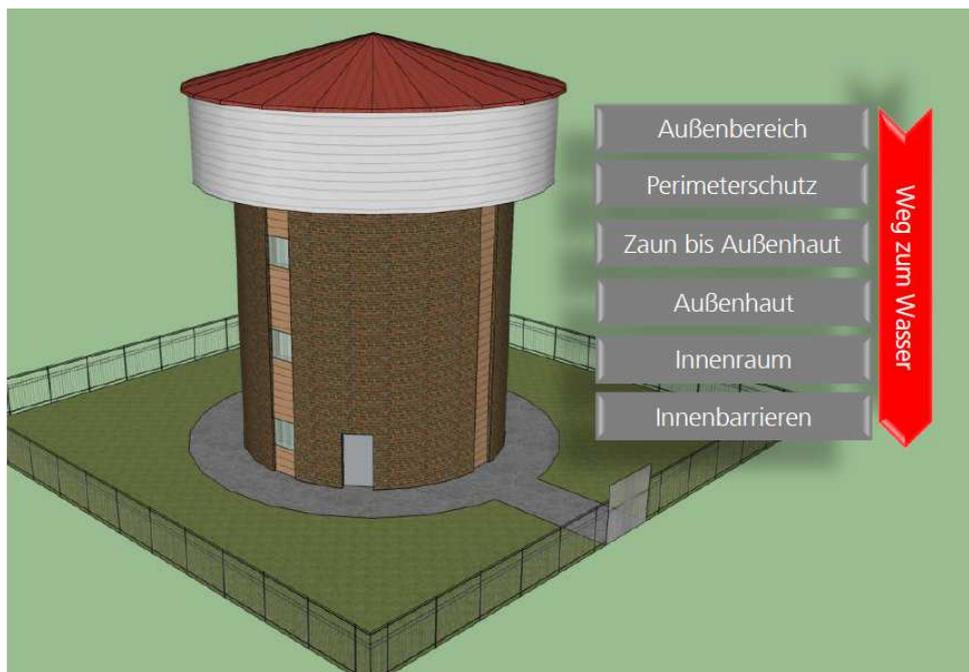


ABBILDUNG 22: VERALLGEMEINERTER „WEG ZUM WASSER“ ZUR BESTIMMUNG DES TECHNISCHEN ANTEILS DES SICHERHEITSINDEX



Die Einhausung im engeren Sinne ist in diesem Fall ein Gebäude, dessen Wand (z. B. durch Tür oder Fenster) und möglicherweise nachfolgende Innenbarrieren überwunden werden müssen, um zum Trinkwasser zu kommen. Wie bereits erwähnt, ist hierbei der einfachste Weg (minimaler Aufwand) zum Wasser zu betrachten.

Sicherheitsindex Sonderbarriere Außenbereich

Die erste zu betrachtende Barriere ist der Außenbereich, der in suburbanen Gebieten unter die freie Betretbarkeit der Landschaft fällt und im urbanen Bereich als Grünfläche, Verkehrsfläche, Erholungs- oder Sportplatz einer öffentlichen Nutzung unterliegt und von jedermann betreten werden kann.

Der Außenbereich endet an der Grenze des dem angegriffenen Objektes zugeordneten privaten Grundstücks (Objektgrenze). Diese Objektgrenze ist häufig durch eine Einzäunung als „Perimeterschutz“ gekennzeichnet. Der Perimeterschutz stellt i. d. R. die erste technisch- / physikalische Barriere für den Angreifer dar. Ein Angriff auf den Perimeterschutz bzw. auf das privatrechtliche Objekt wird durch Nutzung und/oder Einsehbarkeit des zugehörigen Außenbereichs mehr oder weniger beeinträchtigt. Insofern wird der Außenbereich als „Sonderbarriere“ behandelt.

Prinzipiell stellt der Perimeterschutz (Zaun) die erste physikalische Barriere mit Widerstandszeit hinsichtlich des Zuganges zu einem Objekt dar. Der Außenbereich eines Objektes kann dahingehend als Barriere aufgefasst werden, in dem die „Einsehbarkeit“ durch die Öffentlichkeit berücksichtigt wird. Objekte, welche durch die Öffentlichkeit einsehbar sind, bieten eine zusätzliche Barriere gegen Eindringen durch Angreifer, gegenüber Objekte welche schlecht einsehbar sind (z. B. im Wald gelegene bauliche Einrichtungen). Die Quantifizierung des Parameters S_T_A für die Sonderbarriere Außenbereich wird wie in Abbildung 23 gezeigt vorgenommen.

S_T_A	Sonderbarriere Außenbereich
0	Objektgrenze nicht frei einsehbar
1	Objektgrenze (alle Seiten) frei einsehbar
2	Objektgrenze nur zugänglich durch Eingriff in öffentliche Abläufe (Straßen-, Schienenverkehr)
Prinzipiell stellt der Perimeterschutz (Zaun) die erste physikalische Barriere mit Widerstandszeit hinsichtlich des Zuganges zu einem Objekt dar. Der Außenbereich eines Objektes kann dahingehend als Barriere aufgefasst werden, in dem die „Einsehbarkeit“ durch die Öffentlichkeit berücksichtigt wird. Objekte, welche durch die Öffentlichkeit einsehbar sind, bieten eine zusätzliche Barriere gegen Eindringen durch Angreifer, gegenüber Objekte welche schlecht einsehbar sind (z.B. im Wald gelegene bauliche Einrichtungen)	

ABBILDUNG 23: ERMITTLUNG DER S_T_A-WERTE FÜR DIE SONDERBARRIERE AUßENBEREICH

Sicherheitsindex mechanische Barrieren

Für die Beurteilung von mechanischen Zutrittsbarrieren (z. B. Zaun, Außenhaut, Innenraum etc.) wird für jede Barriere i ($1 < i \leq n$) der Sicherheitsindex der Einzelbarriere $S_{T_B}(i)$ bestimmt. Sein Wert setzt sich zusammen aus einem Wert $S_{T_P}(i)$ für die physikalischen Eigenschaften der Barriere i , einem Wert $S_{T_S}(i)$ für die sensorische Ausstattung der Barriere i und einem Wert $S_{T_O}(i)$ für die organisatorische Bearbeitung (Auswertung) der Sensorsignale der Barriere i . Eine sensorische Überwachung einer Barriere ergibt nur dann Mehrwert zum Sicherheitsindex der Barriere, wenn die Sensorsignale ausgewertet werden und zu irgendwelchen Aktionen führen. Der Sicherheitsindex $S_{T_B}(i)$ des in einer Einzelbarriere i installierten Gewerks g wird berechnet nach der Formel:

$$S_{TB(i,g)} = \frac{5}{6} \cdot (S_{TP(i,g)} + S_{TS(i,g)} \cdot S_{TO(i,g)})$$

Zur Bestimmung des Parameterwertes $S_{T_P}(i)$ für die physikalische Ausgestaltung der Barriere i wird nach DIN 1627 / EN 1627 die Widerstandszeit als Maß herangezogen. Die Widerstandszeit ist die Zeit, die eine Zutrittsbarriere einem Eindringling standhält. Auf Basis dieser Widerstandszeiten sind Widerstandsklassen definiert, die z. B. bei Türen und Fenstern (und auch bei Zäunen) als Produkteigenschaften ausgewiesen sind. In der Tabelle 3 sind die Widerstandsklassen und die zugehörigen Widerstandszeiten sowie die zugrunde gelegten Täterszenarien kurz zusammengestellt. Aus Abbildung 24 können die Werte für den Parameter S_{T_P} und aus Abbildung 25 und Abbildung 26 die Werte für die Parameter S_{T_S} und S_{T_O} abgeleitet werden.

Mechanische Ausführung Barriere	
S_T_P	Ausführung der mechanischen Barriere und / oder Einbauten
0	Kein Einbruchschutz
1	Widerstandsklassen WK1 / WK2 / WK3
2	Widerstandsklassen WK4 / WK5 / WK6

ABBILDUNG 24: BESTIMMUNG DER STP WERTE AUS WIDERSTANDSKLASSEN BZW. WIDERSTANDSZEITEN



TABELLE 3: DEFINITION DER WIDERSTANDSKLASSEN

S_T_P	WK	Widerstandszeit	Tätertyp / Vorgehensweise (Modus operandi)
1	WK 1 RC 1	keine manuelle Prüfung	Bauteile der Widerstandsklasse 1 weisen einen Grundschutz gegen Aufbruchversuche mit körperlicher Gewalt wie Gegentreten, Gegenspringen, Schulterwurf, Hochschieben und Herausreißen (vorwiegend Vandalismus) auf.
1	WK 2 RC 2	3 Minuten	Der Gelegenheitstäter versucht, zusätzlich mit einfachen Werkzeugen, wie Schraubendreher, Zange und Keil, das verschlossene und verriegelte Bauteil aufzubrechen.
1	WK 3 RC 3	5 Minuten	Der gewohnt vorgehende Täter versucht zusätzlich mit einem zweiten Schraubendreher und einem Kuhfuß, das verschlossene und verriegelte Bauteil aufzubrechen.
2	WK 4 RC 4	10 Minuten	Der erfahrene Täter setzt zusätzlich Sägewerkzeuge und Schlagwerkzeuge, wie Schlagaxt, Stemmeisen, Hammer und Meißel, sowie eine Akku-Bohrmaschine ein.
2	WK 5 RC 5	15 Minuten	Der erfahrene Täter setzt zusätzlich Elektrowerkzeuge, wie z. B. Bohrmaschine, Stich- oder Säbelsäge und Winkelschleifer mit einem max. Scheibendurchmesser von 125 mm ein.
2	WK 6 RC 6	20 Minuten	Der erfahrene Täter setzt zusätzlich leistungsfähige Elektrowerkzeuge, wie z. B. Bohrmaschine, Stich- oder Säbelsäge und Winkelschleifer mit einem max. Scheibendurchmesser von 250 mm ein.

Sensorielle Überwachung mechanische Barriere

S_T_S	Sensorielle Überwachung der mechanischen Barriere und / oder Einbauten
0	Keine sensorielle Überwachung
1	Binär (Türkontakt, Glasbruchsensor, Bewegungsmelder, etc.)
2	Mehrdimensionale Sensoren (Kameras, Thermokameras, etc.)



Türkontakt
Alarmgabe Zentrale

Beispiel:
S_T_S = 1

ABBILDUNG 25: BESTIMMUNG DER S_T_S WERTE



Jeder Sensor kann dabei nur einer Barriere zugeordnet werden. Soweit diese Zuordnung nicht offensichtlich ist (wie z. B. von Türkontakt zu Tür), wird die Zuordnung von WVU festgelegt. Beispielsweise kann bei einer Kameraüberwachung des Zwischenraums zwischen Einzäunung und Gebäude bei nach außen gerichteten Kameras die Überwachung entweder der Barriere „Zwischenraum“ oder der Barriere „Einzäunung“ zugeordnet werden. Bei nach innen gerichteten Kameras kann die Zuordnung entweder zur Barriere „Zwischenraum“ oder zur Barriere „Außenhaut“ des Gebäudes erfolgen. Die Zuordnung wird sich im Einzelfall an der technischen Ausgestaltung und der Signalverarbeitung orientieren.

Organisatorische Auswertung der sensorischen Überwachung

S_T_O	Organisatorische Auswertung der sensorischen Überwachung
0	Keine Auswertung der Sensorsignale
1	Lokale Alarmwirkung (z.B. optisch / akustische Maßnahmen vor Ort)
2	Organisatorische Maßnahmen stellen sicher, dass eine Abwehr unmittelbar eingeleitet wird (Polizei, oder z.B. vorsorgliches Abschalten des betroffenen Objektes)



Türkontakt
Alarmgabe Zentrale

Beispiel:
S_T_O = 1

ABBILDUNG 26: BESTIMMUNG DER S_T_O WERTE

Mit dem hier gemachten Ansatz können nicht nur Barrieren mit oder ohne sensorische Überwachung, sondern auch Barrieren ohne mechanische Zutrittschwellen und nur einer sensorisch / organisatorischen Überwachung in die Quantifizierung des Sicherheitsindex einbezogen werden. Ein Beispiel für die letztgenannte Barriere ist der Zwischenraum zwischen einer Außenumzäunung (Perimeterschutz) und der Außenhaut eines Gebäudes entsprechend Abbildung 22. Bei diesem Zwischenraum ist $S_{T_P} = 0$ aber S_{T_S} und S_{T_O} können jeweils gleich 2 sein, so dass diese Barriere einen Sicherheitsindex von $S_{T_B} (i) = 5/6 \cdot 4 = 3,33$ erreichen kann, während die Außenhaut des Gebäudes mit einer Tür (oder Fenster) der höchsten Sicherheitsklasse WK4 ohne sensorische Überwachung nur einen Sicherheitsindex von $S_{T_B} (i) = 5/6 \cdot 2 = 1,66$ erreicht.



Bei dem schematischen Objekt nach Abbildung 22 kann die mechanische Barriere Außenhaut durch mehrere Möglichkeiten überwunden werden, z. B. durch Aufbrechen von Tür, Fenster, Mauerwerk oder Dach. Bei vielen Barrieren ist offenkundig, welche Möglichkeit den „einfachsten“ Weg darstellt. Im Beispiel von Abbildung 24 ist es die Tür mit WK 2. Ist der einfachste Weg jedoch nicht direkt erkennbar, muss für jede der g Überwindungsmöglichkeiten der Barriere i der Parameter $S_{T_B}(i, g)$ für die Möglichkeit ($g = 1, 2, \dots, q$) bestimmt werden. Das Minimum

$$S_{TB(i)} = \min \{ S_{TB(i,1)}, S_{TB(i,2)}, \dots, S_{TB(i,q)} \}$$

stellt dabei den Sicherheitsindex der „Einzelbarriere“ für den anzusetzenden „einfachsten Weg“ dar. Die Sicherheitsindizes $S_{T_B}(i)$ des einfachsten Weges bei der jeweiligen Barriere stellen die Grundlage zur Berechnung des technischen Sicherheitsindex für das Objekt S_T (Objekt) dar. Die Sicherheitsindizes sind normiert auf einen Wertebereich 0 bis 5. Sie stellen den einfachsten Weg zum Wasser dar. Zur Berechnung von S_T (Objekt) wurden folgende Vorgaben gemacht:

- Der technische Sicherheitsindex eines Objektes berechnet sich aus den Einzelindizes aller vorhandenen Barrieren des einfachsten Weges bei diesem Objekt
- Eine Mittelwertbildung über die Sicherheitsindizes $S_{T_B}(i)$ der Einzelbarrieren scheidet aus, da das Hinzufügen einer „schwachen“ Barriere den Sicherheitsindex verringern würde
- Der Aufwand (Zeit, Material, Werkzeug, Arbeitskraft) des Angreifers wird im Wesentlichen von den stärksten Barrieren bestimmt. Barrieren mit hohem Sicherheitsindex müssen daher bei der Berechnung des Objektindex S_T (Objekt) überproportional d.h. stärker berücksichtigt werden als Barrieren mit niedrigem Index.

Daraus wird folgende Berechnungsvorschrift abgeleitet:

Sortieren der STB (i) nach ihrer Größe

$$S_{TB(i) \text{ SORT}} = \{ S_{TB(i,1) \text{ MAX}} \dots S_{TB(i,j)} \dots S_{TB(i,n) \text{ MIN}} \}$$

mit $j = 1$ (MAX), 2, ..., n (MIN)

Berechnung des technischen Sicherheitsindex des Objektes

$$S_{T \text{ Objekt}} = \sum_{j=1}^n \frac{S_{TB \text{ SORT}(i,j)}}{j+1}$$

Mit dem Skalierungsfaktor $(n-1)/n$ als Sockelbetrag zu der Summenbildung über die sortierten und gewichteten Barrieren wird der Einschätzung Rechnung getragen, dass aus Redundanzgründen mehrere Barrieren günstiger sind als eine einzige Barriere ggf. „hochgerüstete“ Barriere (siehe auch Abschnitt 3.2.3 „Redundanzkonzepte zur Verhinderung von Fehlalarmen“).

Organisatorischer Sicherheitsindex Wachdienst / Zugangskontrolle

Neben dem technischen Sicherheitsindex (d. h. der technischen Ausrüstung) eines Objektes gibt es aber auch Beiträge zum gesamten Sicherheitsindex der jeweiligen Objekte auf rein organisatorischer Ebene. Diese über die technische Ausstattung und deren Nutzung hinausgehenden organisatorischen Beiträge sind die Bestellung von Wachdiensten und Durchführung von Zugangskontrollen anhand biometrischer Merkmale oder über Code-Worte.



Eine besondere Aufgabe der organisatorischen Maßnahmen ist auch die Vereinbarung von Regeln bzw. Maßnahmen gegen Angriffe von „innen“, d. h. bei Geiselnahme oder Sabotage. Hier kann anstelle des Wachdienstes z. B. die „Betretbarkeit nur zu zweit“ stehen, d. h. das Objekt kann und darf nicht von einer einzelnen Person betreten werden. Die Betretbarkeit ist an mindestens zwei Bekannte und angemeldete Personen (z. B. für Kontroll- und Wartungsarbeiten etc.) gebunden.

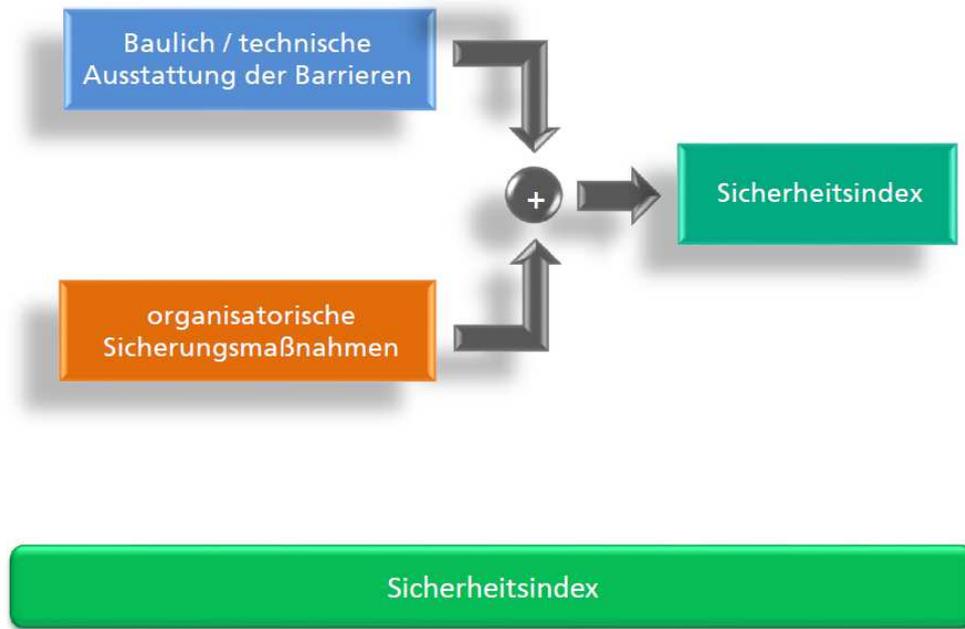
Die Quantifizierung der Beiträge S_O_W und S_O_G ist Abbildung 27 und Abbildung 28 zu entnehmen. Sie sind unabhängig von der technischen Ausstattung des Objektes mit Zutrittsbarrieren und deren sensorischer Überwachung und kommen somit additiv zum technischen Sicherheitsindex hinzu. Tabelle 4 zeigt die Berechnung des auf fünf Klassen normierten Sicherheitsindex eines Objektes S (Objekt) und die sich daraus ergebende Einteilung der Zahlenwerte in Sicherheitsindexklassen.

Wachdienst / organisatorische Zugangskontrolle	
S_O_W	Wachdienst
0	Keine organisatorischen Maßnahmen
1	Zyklische organisatorische Sicherungsmaßnahmen (Patrouillenfahrten zum Objekt durch Wachdienst, Polizei, etc.)
2	Kontinuierliche organisatorische Sicherungsmaßnahmen (Vor-Ort Wachdienst) mit Zugangskontrolle
3	Zugangskontrolle über z.B. wechselnde Code-Worte oder biometrische Daten (Bild)
<p>Organisatorische Sicherungsmaßnahmen, wie z.B. ein Wachdienst, sind nicht eindeutig einer physikalischen Barriere zuordenbar.</p> <p>Der Wachdienst ist in der Regel mit einer Alarmzentrale verbunden und deshalb in der Lage sofortige Abwehrmaßnahmen einzuleiten.</p> <p>Ein Wachdienst führt dienstgemäß Rundgänge im zeitlichen Abstand durch. Unterschieden wird zwischen Wachdiensten die ganztägig vor Ort sind und Wachdiensten welche in zyklischen Abständen Patrouillenfahrten zum Objekt / Liegenschaft durchführen</p>	

ABBILDUNG 27: ERMITTLUNG DER S_O_W WERTE FÜR WACHDIENSTE BZW. ORGANISATORISCHE ZUGANGSKONTROLLE

Berechnung des Sicherheitsindex eines Objektes

Der Sicherheitsindex eines Objektes berechnet sich unter Einbezug des technischen Sicherheitsindex S_T und den Organisatorischen Sicherheitsindizes S_O_W und S_O_G nach der in Abbildung 28 dargestellter Vorschrift.



$$S_{\text{Objekt}} = S_{T(\text{Objekt})} + S_{OW(\text{Objekt})}$$

ABBILDUNG 28: BERECHNUNG DES SICHERHEITSINDEX FÜR OBJEKTE

TABELLE 4: SICHERHEITSINDEX EINES OBJEKTS

S-Wertebereich	Sicherheitsklasse
$4 < S$	5 sehr hoher Sicherheitsaufwand
$3 < S \leq 4$	4 hoher Sicherheitsaufwand
$2 < S \leq 3$	3 mittlere Sicherheitsvorkehrungen
$1 < S \leq 2$	2 geringe Sicherheitsvorkehrungen
$S \leq 1$	1 kein nennenswerter Sicherheitsaufwand

Dabei ist anzumerken, dass in einem relativ hohen Wertebereich organisatorische Maßnahmen durch technische Maßnahmen oder technische Barrieren durch organisatorische Maßnahmen ersetzt werden können. Die höchste Sicherheitsindexklasse kann bei entsprechender Ausstattung allein mit technischen Barrieren erreicht werden. Dagegen kann mit ausschließlich organisatorischen Maßnahmen höchstens die Klasse 3, mittlerer Sicherheitsaufwand realisiert werden.

3.2.3 Redundanzkonzepte zur Verhinderung von Fehlalarmen

Eine Besonderheit der Angriffe mit CBRN-Material auf Trinkwasserversorgungen ist, wie bereits erwähnt, dass der Angriff verdeckt bzw. heimlich durchgeführt werden kann und dass auch ein erfolgreich abgeschlossener Angriff nicht direkt nach dem Abschluss offenkundig wird, im Gegensatz zu Naturkatastrophen, Unfällen, Sprengstoffanschlägen oder Brandstiftung. Selbst wenn ein



Einbruch in eine Einrichtung der Wasserversorgung zeitnah erkannt wird, bleibt i. d. R. offen, ob und wie viel CBRN-Material in das Trinkwasser eingeschleust wurde. Ein erfolgreich abgeschlossener Angriff, kann von Ausnahmen abgesehen, nur durch eine analytische Untersuchung oder an den Folgen (Erkrankungen, Todesfälle) erkannt werden. Die vollständige Erkenntnis eines erfolgreichen Angriffs (100 % Angriffsgewissheit in Abbildung 29) liegt damit u. U. erst Tage oder gar Wochen nach dem erfolgreichen Abschluss des Angriffs vor. Maßnahmen zur Abwehr und auch zur Schadensbegrenzung müssen also noch im Stadium eines mehr oder weniger begründeten Verdachts anlaufen. Dazu kommt, dass von entsprechend vorbereiteten und ausgerüsteten Terroristen für die Durchführung eines Angriffs nach heutigem Stand der Technik und nach derzeitigem Erkenntnisstand vermutlich nicht mehr als 30 min. benötigt werden.

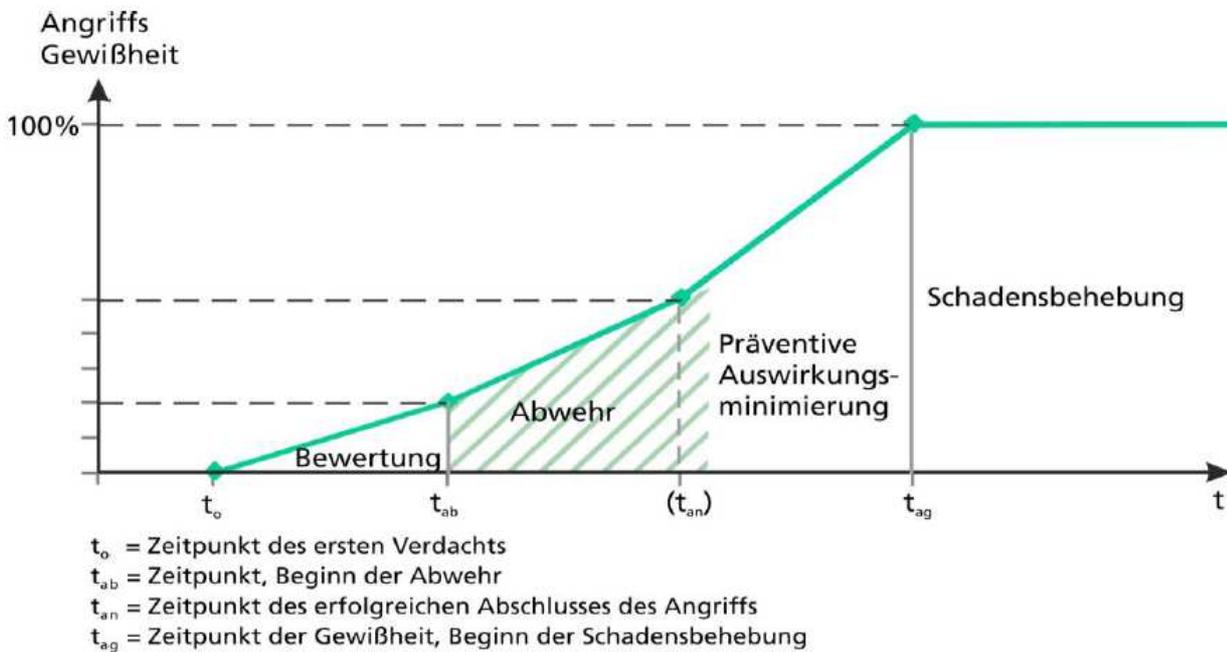


ABBILDUNG 29: VERLAUF DER ANGRIFFSGEWISSHEIT AUS SICHT DES BETROFFENEN (CBRN-ANGRIFFE)

Für Prävention und Abwehr folgt daraus, dass vor allem auch die Verzögerung des Angriffs, d. h. die Verlängerung der Angriffszeit ($t_{an}-t_0$) ein wichtiges Ziel der Prävention ist und dass Abwehrmaßnahmen bereits bei einer relativ niedrigen Angriffsgewissheit eingeleitet werden müssen. Bereits nach dem ersten vagen sensorischen Hinweis aus einer Einrichtung muss für dieses Objekt die Kette der Abwehrbearbeitungsprozesse

- Sensorsignalverarbeitung
- Situationsermittlung
- Situationsbewertung (nach Angriffsgewissheit)
- Alarmgabe (Auslösung der jeweiligen Alarmstufe und Einstieg in die Alarmbearbeitung)
- Alarmbearbeitung (Einleitung der dem Stand der Angriffsgewissheit zugeordneten zur Abwehr und zur Begrenzung der Angriffsfolgen)

gestartet werden. Erreicht die Bewertung der Situation eine (für jedes Objekt vorzugebende) Schwelle für die Alarmauslösung, wird zum Zeitpunkt t_{ab} Alarm ausgelöst und die der erreichten Angriffsgewissheit zugeordneten Maßnahmen eingeleitet, u. U. lange bevor 100 % Angriffsgewiss-



heit erreicht wird. Dies bedeutet, dass bei geringer Zahl von Sensoren im Grunde genommen jeder Fehlalarm (z. B. defekter Türkontakt, Fliege auf einem Bewegungsmelder, defekte Lichtquelle bei einer Lichtschranke etc.) die Kette der Abwehrbearbeitungsprozesse initiieren muss und gegebenenfalls auch erste Abwehrmaßnahmen auslöst. Eine wichtige Aufgabe ist es also, mit einer geeigneten Sensorausstattung im Rahmen der Signal- und Alarmbearbeitung Fehlsignale zu erkennen und Fehlalarme zu vermeiden.

Die Erfahrungen, die bisher mit der sensorischen Überwachung mechanischer Zutrittsbarrieren zum Schutz der Trinkwasserinfrastrukturobjekte gewonnen wurden, zeigen, dass die dabei eingesetzten Sensoren relativ störanfällig sind. Das gilt insbesondere für einfache und kostengünstige Sensoren. Nach den bisherigen Erfahrungen ist das Auftreten eines Fehlsignals um ein Vielfaches (häufig mehr als eine Größenordnung) häufiger als eine Signalauslösung aufgrund eines wie auch immer gearteten Eindringversuchs.

Zur Lösung des Problems einer sicheren sensorischen Überwachung kann man auf Technik und Methoden der industriellen Mess- und Prozesstechnik zurückgreifen, wo durch Einführung von Redundanzkonzepten auch hohe Sicherheitsanforderungen befriedigt werden können. Bewährte Redundanzkonzepte sind z. B. „2 von 3“ oder „3 von 4“ Ansätze. Dabei sind die Sensoren 3-fach bzw. 4-fach vorhanden und ein Signal wird als richtig gewertet, wenn mindestens 2 bzw. 3 Sensoren das gleiche Signal abgeben, d. h. nicht mehr als ein Sensor ein abweichendes Signal abgibt. Bei der Überwachung des Weges bzw. der wahrscheinlichen Wege zum Wasser können derartige Redundanzkonzepte durch mehrere zu überwindende mechanische Barrieren mit sensorischer Überwachung oder aber durch eine mechanische Barriere mit mehrfacher sensorischer Überwachung realisiert werden. In einem Fall hat man Redundanz der sensorisch überwachten, mechanischen Barrieren (**Barrierenredundanz**) und im anderen Fall die Redundanz der Sensorik bei einer mechanischen Barriere (**Sensorredundanz**). Natürlich sind auch Kombinationen dieser beiden Redundanzkonzepte möglich.

Bei größeren Objekten, wie z. B. Hochbehälter oder Wasserwerke, liegen i. d. R. mehrere mechanische Barrieren (Perimeterschutz, Außenhaut und eine oder zwei innere Barrieren wie Türen oder Verglasungen) vor. Ist jede dieser Barrieren sensorisch auf Überwindung überwacht, kann man ein Eindringen, das mit der Überwindung von 3 oder 4 mechanischen Barrieren signalisiert wird, mit hoher Wahrscheinlichkeit erkennen, auch wenn es zu sporadischen Ausfällen oder Fehlsignalen einzelner Sensoren kommt. Bei Barrierenredundanz entlang hypothetischer Wege zu Wasser kommt noch hinzu, dass die Sensorsignale der einzelnen Barrieren in einer zeitlichen Reihenfolge auftreten müssen, was als zusätzliche Absicherung für einen Alarm genutzt werden kann. Aufbauend auf dem Zonierungsmodell ist die Berechnung des Sicherheitsindex für ein Objekt so angelegt, dass die Barrierenredundanz implizit berücksichtigt ist. Sie führt dazu, dass schon mit drei gut ausgebauten ($> WK 3$) und mit anspruchsvoller Sensorik bestückten, mechanischen Barrieren die höchste Sicherheitsklasse erreicht werden kann.

Neben der Redundanz bei den überwachten Barrieren besteht, wie erwähnt, auch bei jeder Barriere die Möglichkeit der Sensorredundanz. Sie ist vor allem dann von Vorteil, wenn man nur eine oder zwei mechanische Barrieren realisiert hat oder realisieren kann. Jede Barriere i ($i = 1 \dots n$) kann mit r Sensoren ($r = 1 \dots p$) auf Überwindung überwacht werden, wobei $r > 1$ Sensorredundanz bedeutet. Zur Berechnung des Sicherheitsindex (und auch zur Berechnung der Angriffsgewissheit) bei



sensorisch redundanten Barrieren wird die jeweilige Barriere in eine vollständige Barriere mit mechanischem und sensorischem ($r = 1$) Anteil entsprechend Abschnitt 3.2.2

$$S_{TB(i,r)} = \frac{5}{6} \cdot (S_{TP(i,r)} + S_{TS(i,r)} \cdot S_{TO(i,r)}) \text{ für } r = 1$$

und in Barrieren ohne mechanische Komponente

$$S_{TB(i,r)} = \frac{5}{6} \cdot (0 + S_{TS(i,r)} \cdot S_{TO(i,r)}) \text{ für } r > 1$$

aufgeteilt.

Die Sensorredundanz erhöht damit ebenso wie Redundanz der überwachten Barrieren die Zahl der zur Berechnung von S_{T_B} (i , $sort$) und S_T (Objekt) heranzuziehender Barrieren. Eine mechanische Barriere mit p (redundanten aber nicht notwendigerweise gleichen) Sensoren wird also durch p Barrieren dargestellt, wobei nur eine dieser Barrieren mit einem mechanischen Hindernis ausgestattet ist. Für $r = 1$ wählt man sinnvollerweise die Sensorik, für die der Term ($S_{T_S}(i, r) \cdot S_{T_O}(i, r)$) am größten ist. Die Sensorredundanz einer Barriere kann somit bei der Berechnung des Sicherheitsindex (und der Angriffsgewissheit) gleich behandelt werden wie Barrierenredundanz und entsprechend Abbildung 25 und Abbildung 26 quantifiziert werden. Je nach dem Grad der Redundanzen können damit redundanzlose, einfach redundante, „2 von 3“ sowie „3 von 4“ oder noch höher redundante Konzepte realisiert werden. Unterstellt ist dabei allerdings, dass bei den Sensoren der „Gut-Zustand“ (es liegt kein Signal für eine Überwindung der Barriere vor) nicht identisch ist mit dem „Sensorial“ bei ausgefallener Stromversorgung des Sensors.

Je höher die Redundanz ist, umso gesicherter kann ein Angriff festgestellt werden, d. h. eine umso höhere Angriffsgewissheit kann erreicht werden. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass die realisierte Redundanz bei der Überwachung der präventiven mechanischen Barrieren bestimmt, bei welcher Angriffsgewissheit bereits die Alarmauslösung und die Einleitung von Abwehrmaßnahmen erfolgen muss. Bei Objekten ohne Redundanz, also bei Objekten mit nur einer mechanischen Barriere mit einem Sensor zur Detektion der Überwindung, muss der Alarm ausgelöst werden, wenn dieser Sensor anspricht. Bei einer einfachen Redundanz, also bei Objekten mit einer mechanischen Barriere mit 2 Sensoren oder bei zwei Barrieren mit je einem Sensor zur Erkennung der Überwindung, muss der Alarm ausgelöst werden, wenn auch nur einer der beiden Sensoren anspricht. Erst bei einer zweifachen Redundanz, also insgesamt 3 Sensoren, kann ein Fehlsignal erkannt und unterdrückt werden, indem man die Auslöseschwelle an zwei ansprechende Sensoren der 3 installierten Sensoren bindet.

Entsprechendes gilt für höhere Redundanzausstattungen. Je höher die Redundanz, umso höher kann die Angriffsgewissheit an der Schwelle der Alarmauslösung sein.