



Bundesamt  
für Bevölkerungsschutz  
und Katastrophenhilfe

NOWATER

# Risikoanalysemethode für den Anwendungs- kontext NOWATER

Leitfaden für Einrichtungen des Gesundheitswesens



Stand 10-2023



**BBK.** Gemeinsam handeln. Sicher leben.



# Risikoanalysemethode für den Anwendungskontext NOWATER

Leitfaden für Einrichtungen des Gesundheitswesens

## **Herausgeber**

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe  
Provinzialstraße 93  
53127 Bonn  
Postfach 18 67  
53008 Bonn  
Telefon: +49 (0) 228 99550-0  
Telefax: +49 (0) 228 99550-1620  
E-Mail: [info@bbk.bund.de](mailto:info@bbk.bund.de)  
Internet: [www.bbk.bund.de](http://www.bbk.bund.de)

## **Redaktion**

Autoren

Jan Bäumer, Nadine Rücker

Mitautoren

Ina Wienand, Ariane Thur, Ferdinand Hörmann

Ausgabe: 1

Stand: Oktober 2023

Bildnachweis: Pixabay, Feuerwehr Mülheim, Jan Bäumer

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	5
Tabellenverzeichnis.....	6
Abkürzungsverzeichnis.....	7
1. Einleitung.....	8
2. Grundlagen.....	9
2.1. Problemstellung sowie Bedeutung der Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung in Krankenhäusern.....	9
2.2. Vorbereitende Schritte zur Durchführung der NOWATER-Risikoanalysemethodik.....	11
3. Beschreibung und Anwendung der NOWATER-Risikoanalysemethodik.....	12
3.1. Überblick über die Gesamtmethodik.....	12
3.2. Teil 1: Risikoanalyse des Krankenhauses.....	13
3.2.1. Gefährdungsanalyse und Schutzzieldefinition.....	14
3.2.2. Standortanalyse.....	15
3.2.3. Kritikalitätsanalyse.....	25
3.2.4. Szenarioentwicklung.....	33
3.2.5. Plausibilität der Szenarien.....	37
3.2.6. Vulnerabilitätsanalyse.....	39
3.2.7. Ermittlung des Schadensausmaßes.....	45
3.2.8. Risikoermittlung und -darstellung.....	47
3.2.9. Erhebung geplanter, organisatorischer und technischer Notfallvorsorgemaßnahmen.....	48
3.2.10. Bewertung des Risikos der Krankenhausfunktionseinheiten.....	50
3.3. Teil 2: Risikoanalyse Wasser- und Abwassernetz.....	52
3.3.1. Kritikalitätsanalyse.....	53
3.3.2. Analyse der Einwirkungen und technischen Konsequenzen.....	61
3.3.3. Vulnerabilitäts- und Resilienzanalyse des Wasser- und Abwassernetzes.....	65
3.3.4. Plausibilitätsprüfung des Einwirkungseintritts.....	69
3.3.5. Risikoermittlung und -darstellung.....	70
3.3.6. Risikovergleich und -bewertung der Wassernetzkomponenten.....	70
3.4. Qualitative Abschätzung der Kritikalität bei Ringleitungen und geringer Datenlage.....	71
4. Literaturverzeichnis.....	76
Anhang.....	79
I. Zugehörigkeitsfunktionen.....	79
II. Zuordnung der Plausibilitätsstufen inkl. Regelsets aus Eintrittswahrscheinlichkeit, Argumentation und Überzeugtheit.....	80
III. Regelsets der Vulnerabilität der Wassernetzkomponenten.....	81
IV. Darstellung eines vereinfachten Wassernetzplans als Grundlage für die qualitative Abschätzung.....	88

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zielstellungen der NOWATER-Risikoanalyse mit Unterzielen der Krankenhaus- und Wassernetzanalyse.....	9
Abbildung 2: Übersicht über den Gesamtablauf der Risikoanalyse mit allen erforderlichen Teilanalyseschritten .....	12
Abbildung 3: Zielstellungen der Basisanalyse der Krankenhausprozesse.....	13
Abbildung 4: Vorgehen und zu erhebende Daten der Standortanalyse.....	16
Abbildung 5: Vorgehen und zu erhebende Daten der Kritikalitätsanalyse.....	26
Abbildung 6: Methodischer Ansatz bei der Entwicklung von Szenarien angelehnt an BBK (2008, S. 41–48).....	36
Abbildung 7: Vorgehen Vulnerabilitätsanalyse.....	40
Abbildung 8: Schritte zur Prüfung der Funktionsanfälligkeit.....	41
Abbildung 9: Bestimmung der Vulnerabilität der Funktionseinheiten .....	43
Abbildung 10: Zielstellungen der Detailanalyse der Netzkomponenten.....	52
Abbildung 11: Ablauf der Detailanalyse der Wasser- und Abwassernetze mit den erforderlichen Teilanalyseschritten.....	53
Abbildung 12: Ablauf Kritikalitätsanalyse der Wasser- und Abwassernetze.....	53
Abbildung 13: Erweiterte Event-Tree-Analysis .....	61
Abbildung 14: Ablauf der Vulnerabilitätsanalyse des Wasser- und Abwassernetzes .....	66
Abbildung 15. Ermittlung der Vulnerabilitätsklasse.....	68
Abbildung 16: Priorisierung des Handlungsbedarfs.....	71
Abbildung 17: Zugehörigkeitsfunktion Eintrittswahrscheinlichkeit (Quelle: angelehnt an Society of Actuaries (2015, S. 24) .....	79
Abbildung 18: Zugehörigkeitsfunktion Argumentation (angelehnt an Tchórzewska-Cieślak (2011, S. 143)).....	79
Abbildung 19: Zugehörigkeitsfunktion Argumentation (angelehnt an Tchórzewska-Cieślak (2011, S. 143)).....	79
Abbildung 20: Zugehörigkeitsfunktion Plausibilität .....	79
Abbildung 21: Qualitative Abschätzung-Gesamtüberblick des vereinfachten Wassernetzplans über alle Funktionseinheiten der Einrichtung entsprechend Kritikalität.....	88
Abbildung 22: Qualitative Auswertung-Überblick über die kritischen, wasserabhängigen, nicht entbehrlichen Funktionseinheiten der Einrichtung .....	89
Abbildung 23: Qualitative Auswertung-Übersicht über die kritischen Funktionseinheiten des Wassernetzes und die gefilterten (kritischen, wasserabhängigen, nicht entbehrlichen) Funktionseinheiten des Krankenhauses .....	90

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kategorisierung der Quantität.....	28
Tabelle 2: Kategorisierung Maximal Tolerierbare Ausfallzeit.....	30
Tabelle 3: Einschätzung der getroffenen Annahmen und Vereinfachungen.....	31
Tabelle 4: Anzahl und Relevanz/Zuverlässigkeit der verfügbaren Daten und Informationen.....	31
Tabelle 5: Grad des Einvernehmens in der Arbeitsgruppe und/oder unter Experten.....	31
Tabelle 6: Einschätzung des Verständnisses des Ereignisses und Vorliegen von Modellen .....	31
Tabelle 7: Kategorisierung der Stärke des Wissens bzw. Unsicherheit.....	31
Tabelle 8: Wertebereich der Kritikalität.....	32
Tabelle 9: Definition des Szenarios „Verunreinigung mit E.Coli-Bakterien“ .....	34
Tabelle 10: Definition des Szenarios "Kontamination mit unbekannter Chemikalie" .....	34
Tabelle 11: Definition des Szenarios "Wasserrohrbruch" .....	35
Tabelle 12: Definition des Szenarios "Lokaler Starkregen mit Abwasserentsorgungsausfall" .....	35
Tabelle 13: Definition des Szenarios "Großflächiger Stromausfall".....	36
Tabelle 14: Parameter zur Szenarienmodellierung.....	37
Tabelle 15: Klassifizierung der Argumentation .....	38
Tabelle 16: Klassifizierung der Überzeugtheit .....	38
Tabelle 17: Klassifizierung der Eintrittswahrscheinlichkeit.....	39
Tabelle 18: Plausibilitäten der in NOWATER definierten Szenarien.....	39
Tabelle 19: Vulnerabilitätsklassen und zugehörige Regelsets.....	44
Tabelle 20: Risikoklassifikation.....	47
Tabelle 21: Einschätzung der getroffenen Vereinfachungen der Netzdarstellung .....	60
Tabelle 22: Anzahl und Relevanz/Zuverlässigkeit der verfügbaren Daten und Informationen .....	60
Tabelle 23: Wertebereich der Kritikalität der Wassernetzkomponenten .....	60
Tabelle 24: Einwirkungen I. bis III. Ordnung für das Szenario „Kontamination mit unbekannter Chemikalie“.....	62
Tabelle 25: Einwirkungen I. bis III. Ordnung für das Szenario „Wasserrohrbruch“.....	62
Tabelle 26: Einwirkungen I. bis III. Ordnung für das Szenario „Lokaler Starkregen mit Abwasserentsorgungsausfall“ .....	62
Tabelle 27: Einwirkungen I. bis III. Ordnung für das Szenario „Großflächiger Stromausfall“ .....	62
Tabelle 28: Einwirkungen durch Maßnahmen für das Szenario „Verunreinigung mit E.Coli-Bakterien“.....	63
Tabelle 29: Einwirkungen durch Maßnahmen für das Szenario „Kontamination mit unbekannter Chemikalie“ .....	63
Tabelle 30: Einwirkungen durch Maßnahmen für das Szenario „Wasserrohrbruch“.....	63
Tabelle 31: Einwirkungen durch Maßnahmen für das Szenario „Lokaler Starkregen mit Abwasserentsorgungsausfall“.....	63
Tabelle 32: Einwirkungen durch Maßnahmen für das Szenario „Stromausfall“.....	63
Tabelle 33: Schadenskategorien und Wertezuweisung (Adaption nach U.S. Army Public Health Center (2020, S. 13).....	64
Tabelle 34: Kategorisierung der Robustheit.....	67
Tabelle 35: Kategorisierung der Wiederherstellungsdauer.....	67
Tabelle 36: Kategorisierung der Unsicherheit.....	67
Tabelle 37: Klassifizierung der subjektiven Wahrscheinlichkeit der Einwirkung.....	69
Tabelle 38: Klassifizierung der Argumentation .....	69
Tabelle 39: Klassifizierung der Überzeugtheit .....	70
Tabelle 40: Plausibilitätsstufen.....	70
Tabelle 41: Risikoklassifikation der Wasser- und Abwassernetzkomponenten.....	70
Tabelle 42: Regelsets der Vulnerabilitäts- und Resilienzanalyse der Wassernetzkomponenten .....	81

## Abkürzungsverzeichnis

BKG Bundesamt für Kartographie und Geodäsie

FE Funktionseinheiten des Krankenhauses

FEW Funktionseinheiten Wasser

MTA Maximal tolerierbare Ausfallzeit

NOWATER Notfallvorsorgeplanung der Wasserver- und -entsorgung von Einrichtungen des Gesundheitswesens -  
Organisatorische und Technische Lösungsstrategien zur Erhöhung der Resilienz

SOK *Stärke des Wissens*

TrinkwV *Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung)*

WDN *Water Distribution Network*

WVU Wasserversorgungsunternehmen

## 1. Einleitung

Einrichtungen des Gesundheitswesens, insbesondere Krankenhäuser, sind eine für die Gesellschaft unverzichtbare Kritische Infrastruktur (KRITIS). Als hoch sensible und komplexe Systeme sind Krankenhäuser von einer dauerhaften und zuverlässigen Verfügbarkeit anderer Infrastrukturen abhängig. Dabei ist die Erhaltung der Funktionsfähigkeit von Krankenhäusern auch bzw. gerade in Krisensituationen zum Schutz der zu versorgenden bzw. dort arbeitenden Personen notwendig.

Eine notfall- und intensivmedizinische Behandlung ist ohne medizinische Geräte und Sicherstellung der Hygiene nicht möglich. Grundvoraussetzung zur Einhaltung der Hygiene ist eine funktionstüchtige Wasserversorgung sowie die anschließende Entsorgung der anfallenden Abwässer. Während Krankenhäuser in der Regel Stromausfälle durch den Einsatz von Notstromgeneratoren - zumindest zeitweise - bewältigen können (Vorgabe gemäß den Krankenhausbauverordnungen der Länder), ist die uneingeschränkte Versorgung mit Wasser in geforderter Qualität und ausreichender Menge als Teil der Notfallversorgung ohne Vorplanung geeigneter Maßnahmen in der Regel nicht ohne Betriebseinschränkungen zu bewerkstelligen. Risikoanalysen unterstützen maßgeblich die Bedarfsabschätzung und Ableitung zielgerichteter Maßnahmen. Im Rahmen des Projektes NOWATER wurde daher ein Risikoanalyseverfahren für den Spezialanwendungsfall „Ausfall der Wasserver- und Abwasserentsorgung in Krankenhäusern“ entwickelt.

Der vorliegende methodische Leitfaden ist eine Ergänzung der projektpartnerübergreifenden NOWATER-Veröffentlichung „Notfallvorsorgeplanung der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung für Krankenhäuser“. Es wird empfohlen, dieses Dokument vor Nutzung des vorliegenden Leitfadens zu beachten. Des Weiteren wird auf die wissenschaftliche Ausarbeitung zur Methodik im Projektabschlussbericht hingewiesen, welche die Entwicklung, Validierung und Ergebnisse einer Realanalyse, beinhaltet. Zudem finden sich dort weiterführende Erläuterungen und Belege zur Problemstellung und dem geltenden Rechtsrahmen.

Um die Durchführung der Risikoanalyse zu vereinfachen und eine möglichst breite Anwendung in der Praxis zu gewährleisten, wurde das Verfahren in einem Excel-basierten Toolset (NOWATER-Toolset) umgesetzt. Der vorliegende Leitfaden ist als anwendungsorientierte Erläuterung des Verfahrens und - neben der Bedienungsanleitung - im Sinne einer Handlungsempfehlung als Grundlage zur Umsetzung des NOWATER-Risikoanalyseverfahrens zu verstehen.

Um eine bessere Nachvollziehbarkeit in der Anwendung der Risikoanalysemethodik zu ermöglichen, verfügen die hier beschriebenen Schritte über Verweise zu den entsprechenden Abschnitten in der Bedienungsanleitung des NOWATER-Toolsets.

Bedienungsanleitung  
1. Einführung

### Hinweis

Das NOWATER-Toolset und die zugehörige Bedienungsanleitung sowie der Leitfaden „Eignungsprüfung Ersatzwasserversorgung“ sind abrufbar unter:

[https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Kritische-Infrastrukturen/KRITIS-Projekte/NOWATER/nowater\\_node.html](https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Kritische-Infrastrukturen/KRITIS-Projekte/NOWATER/nowater_node.html)

Mit der NOWATER-Risikoanalysemethodik sollen folgende Ziele erreicht werden:

- Identifizierung und Bewertung des Risikos einer Beeinträchtigung der Wasserver- und -entsorgung in einem Krankenhaus und dessen Folgen
- Identifizierung der besonders kritischen und verwundbaren Bereiche
- Ableitung von Handlungsoptionen der Notfallvorsorgeplanung und Definition der Anforderungen an die Haustechnik

Die Analyse besteht dabei aus zwei Hauptteilen mit separaten Unterzielen (Abbildung 1):



Abbildung 1: Zielstellungen der NOWATER-Risikoanalyse mit Unterzielen der Krankenhaus- und Wassernetzanalyse

## 2. Grundlagen

### 2.1. Problemstellung sowie Bedeutung der Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung in Krankenhäusern

Krankenhäuser zählen zu den Kritischen Infrastrukturen (Gesundheitssektor, medizinische Versorgung), da ein Ausfall oder eine Beeinträchtigung potentiell erhebliche Folgen für die gesamte Gesellschaft mit sich bringen kann (OECD 2019; UNISDR 2017) Aufgrund der vielfältigen Abhängigkeiten zu anderen Sektoren können Kaskadeneffekte entstehen, die über eine lokale Ebene hinaus gehen. Unter den Kritischen Infrastrukturen nehmen Krankenhäuser eine besondere Stellung ein, da diese - insbesondere bei Großschadenslagen - die Versorgung und Behandlung einer Vielzahl verletzter oder erkrankter Personen übernehmen müssen und die Funktionsfähigkeit eines Krankenhauses bei allen Gefahrenlagen (intern oder extern) rund um die Uhr erhalten bleiben muss (BBK 2008, S. 5; UNDP 2008, S. 8; Spence et al. 2010, S. 36; Nukavarapu und Durbha 2016, S. 223).

Die öffentliche Trinkwasserversorgung ist Pflichtaufgabe der kommunalen Daseinsvorsorge und muss in ausreichender Quantität und Qualität bereitgestellt werden, um die Gesundheit der Menschen und den Wohlstand bzw. die Entwicklung der Gesellschaft zu erhalten und zu fördern. Daher ist eine funktionierende Trinkwasserversorgung unverzichtbar und lebensnotwendig und muss hygienischen Vorgaben entsprechen, die in Deutschland durch die Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TrinkwV) geregelt sind.

Kritische Infrastrukturen sind verschiedensten Gefahren ausgesetzt, die in den folgenden drei Kategorien zusammengefasst werden können (BMI 2009, S. 7; Giovanazzi et al. 2016, S. 333; Tomek und Piwowarski 2017, S. 751–752; European Commission 2017, S. 12):

- Naturereignisse (z.B. Hochwasser oder Erdbeben)
- Gewaltszenarien/ Kriminalität/Krieg/Terrorismus

- technisches bzw. menschliches Versagen (z.B. Softwarefehler, Systemversagen, Unfälle oder Fahrlässigkeit)

Diese Gefahren können extern oder intern auf eine Kritische Infrastruktur einwirken (Fekete 2011, S. 17).

Zwischen Kritischen Infrastrukturen bestehen mitunter starke, oft wechselseitige Abhängigkeiten (Chang et al. 2007, S. 351–352; Giovinazzi et al. 2016, S. 331; European Commission 2017, S. 33; Bross und Krause 2017, S. 432; European Commission 2020, S. 163). So kann die Beeinträchtigung der Wasserversorgung ebenfalls zu einer Gefährdung der Gesundheitsversorgung führen (Bross und Krause 2017, S. 432), da eine große Bandbreite an Krankenhausbereichen, direkt oder indirekt von einer funktionierenden Trinkwasserversorgung abhängig ist. Schon innerhalb kürzester Zeit kann bei einer Beeinträchtigung der Trinkwasserversorgung eines Krankenhauses die Funktionsfähigkeit eingeschränkt oder nicht mehr sichergestellt werden. Hauptanwendungszwecke von Trinkwasser (ggf. nach weiterer Aufbereitung) in Krankenhäusern können wie folgt zusammengefasst werden:

- Ernährung
- Hygiene
- Instrumentenaufbereitung
- Klimaanlage/Lüftung/Kühlung
- Reinigung
- Dialyse
- Laborservice

Anhand der obigen Auflistung wird deutlich, dass eine potentiell erforderliche Ersatzversorgung eines Krankenhauses nicht nur durch eine Verteilung von Trinkwasser, z.B. in Form von Wasserflaschen gewährleistet werden kann, sondern Wasser in das Krankenhausnetz eingespeist werden muss, damit die Nutzbarkeit in allen kritischen Bereichen sichergestellt wird (vgl. u.a. Bäumer (2018), Geiger (2019), Department of Health (2016)).

### **Hinweis**

Krankenhäuser dürfen ohne Sicherstellung des Brandschutzes lt. Bauordnungen der Länder und geltenden Normen, nicht betrieben werden. Die Einschränkung des Brandschutzes kann für einen kurzen Zeitraum jedoch durch organisatorische Maßnahmen sichergestellt werden (z.B. Meldung an die zuständige Leitstelle und Stationierung von Löscheinheiten vor Ort). Aus diesen Gründen findet in diesem Zuge keine Betrachtung der Löschwasserversorgung statt, wenngleich sie im Rahmen der anschließenden Notfallvorsorgeplanung einzubeziehen ist.

### **Definitionen**

#### Gefahrenabwehr:

Sammelbegriff für die nichtpolizeiliche allgemeine und besondere Gefahrenabwehr. Somit die Summe aus „[...]notwendigen staatlichen Maßnahmen, um eine bestehende, konkrete Gefahr für die öffentliche Sicherheit oder Ordnung abzuwehren“ (BBK 2019, S. 22) und „[...] staatlicher Maßnahmen im Katastrophen- und Zivilschutz zum Schutz der Bevölkerung“ (BBK 2019, S. 23)

#### Krisenmanagement:

„Alle Maßnahmen zur Vorbereitung auf Erkennung und Bewältigung, Vermeidung weiterer Eskalation sowie Nachbereitung von Krisen.“ (BBK 2019, S. 33)

#### Notfallvorsorge(planung):

Die Notfallvorsorgeplanung ist Bestandteil des Risiko- und Krisenmanagements und umfasst im Sinne dieses Leitfadens die alle präventiven, vorbereitenden Schritte inkl. der Risikoanalyse. Entsprechend vorgeplante Maßnahmen dienen der Risikobeherrschung und Ereignisbewältigung

## 2.2. Vorbereitende Schritte zur Durchführung der NOWATER-Risikoanalysemethodik

Für eine effiziente Bearbeitung der Problematik „Beeinträchtigung der Wasserver- und -entsorgung in Krankenhäusern“, insbesondere zur Vorbereitung und Durchführung der Risikoanalyse, sind verschiedene Funktionsbereiche der betrachteten Einrichtung einzubeziehen. Die regelmäßige Abstimmung folgender Bereiche hat sich dabei in der Praxis bewährt:

- Kaufmännisches Controlling
- Medizinisches Controlling
- Ärztliche Leitung und Leitung Notaufnahme
- Pflegerischer Leitung
- Katastrophenschutzbeauftragte der Einrichtung
- Technische Abteilung
- Medizintechnik
- Hygienefachkraft
- Ggf. weitere Fachbereiche, die z.B. im Rahmen der Begehung sensibler Bereiche identifiziert werden.

Diese Abstimmung kann beispielsweise durch die Einrichtung eines Arbeitskreises erfolgen. Dieser kann nach Bedarf um weitere Fachkräfte aus den ereignisrelevanten Abteilungen des Krankenhauses, sowie externe Beteiligte, wie Ansprechpersonen der Wasserversorgungsunternehmen (WVU) und zuständigen Ämtern bzw. Fachbereichen (Gesundheit, Gefahrenabwehr/Katastrophenschutz etc.) erweitert werden. Der Arbeitskreis dient vor allem dem fachlichen Austausch, der Koordinierung der gemeinsamen Arbeit und der Abstimmung von Maßnahmen.

### Hinweis

Für die effiziente Prozessgestaltung wird die Durchführung der Risikoanalyse durch einen kleinen Personenkreis (max. 3 Personen) unter bedarfsgerechtem Einbezug von Personen mit Fachexpertise empfohlen. Diese sollten idealerweise aus dem Bereich Technik oder Notfall-/Katastrophenschutz der Einrichtung stammen und neben der Koordination der Datenerhebung und -zusammenführung, die Bedienung der Tools übernehmen.

Im Rahmen der Standortanalyse ist die Auswertung interner Daten, wie Buchhaltungsdokumente, technische Pläne, Raumbuch, Einsatzpläne, Auswertungen vergangener Ereignisse, hausinterne Statistiken, Herstellerangaben der Medizintechnik, Qualitätsmanagementauswertungen, Prozessmanagementdaten, Handlungsalgorithmen und Workflow-Charts, ebenso erforderlich wie auch externe Dokumente in Form von Statistiken, Kartenmaterialien usw. (Albers et al. 2009, S. 50; Baur und Blasius 2014, S. 813). Falls keine Daten zur Verfügung stehen, sind Informationen von Personen mit Fachexpertise einzuholen (Kaiser 2014, S. 6).

Es hat sich zudem bewährt, die für die Risikoanalyse erforderlichen Daten gemäß den jeweiligen Fachgebieten zu sortieren und gezielt zu verteilen. Eine Erleichterung der Datenzusammenführung kann u.a. über die Bereitstellung auf einem zentralen Server der Einrichtung erzielt werden. Inwieweit diese Lösung auch für die Erhebung von Daten bei externen Beteiligten möglich ist, sollte über die IT-Abteilung und die Prüfung entsprechender Zugriffsberechtigungen geprüft werden.

Für die Datenerhebung sind zudem erforderlich:

- Hard- und Software zur Datenerfassung und -verarbeitung,
- allgemeine Messwerkzeuge,
- Schlüssel für Revisionsklappen und Technikzentralen mit zugehöriger Schließberechtigung,
- tragbare Durchflussmessgeräte, sofern keine Durchflusswerte vorliegen,
- ggf. Massiv- und Trockenbauwerkzeuge/-baustoffe für die Einsehbarkeit von Leitungsverläufen.

**Hinweis**

Als zielführend hat sich die Sammlung der erforderlichen Daten in einer separaten Datei erwiesen (bspw. in der bereitgestellten Liste „Daten\_NOWATER\_Toolset“). Auf diese Weise kann die Datenerhebung fachbereichsspezifisch durch Personen erfolgen, die nicht mit der Durchführung der Risikoanalyse betraut sind und der Beschaffungsprozess beschleunigt werden. Zudem liegen die Daten separat vor und können gesammelt in die Einzeltools überführt werden

**3. Beschreibung und Anwendung der NOWATER-Risikoanalysemethodik**

**3.1. Überblick über die Gesamtmethodik**

Die Risikoanalyse ist ein systematischer Prozess zum Verstehen und Bewerten von Risiken und damit integraler Bestandteil des Risikomanagements. Sie bildet die zentrale Grundlage für die Notfallplanungen und -maßnahmen. Die hier vorgestellte Risikoanalyse umfasst zwei Teile:

- a) Die Basisanalyse der Krankenhausprozesse
- b) Die optionale Detailanalyse der Wassernetze (aufbauend auf den Ergebnissen der Basisanalyse der Krankenhausprozesse)

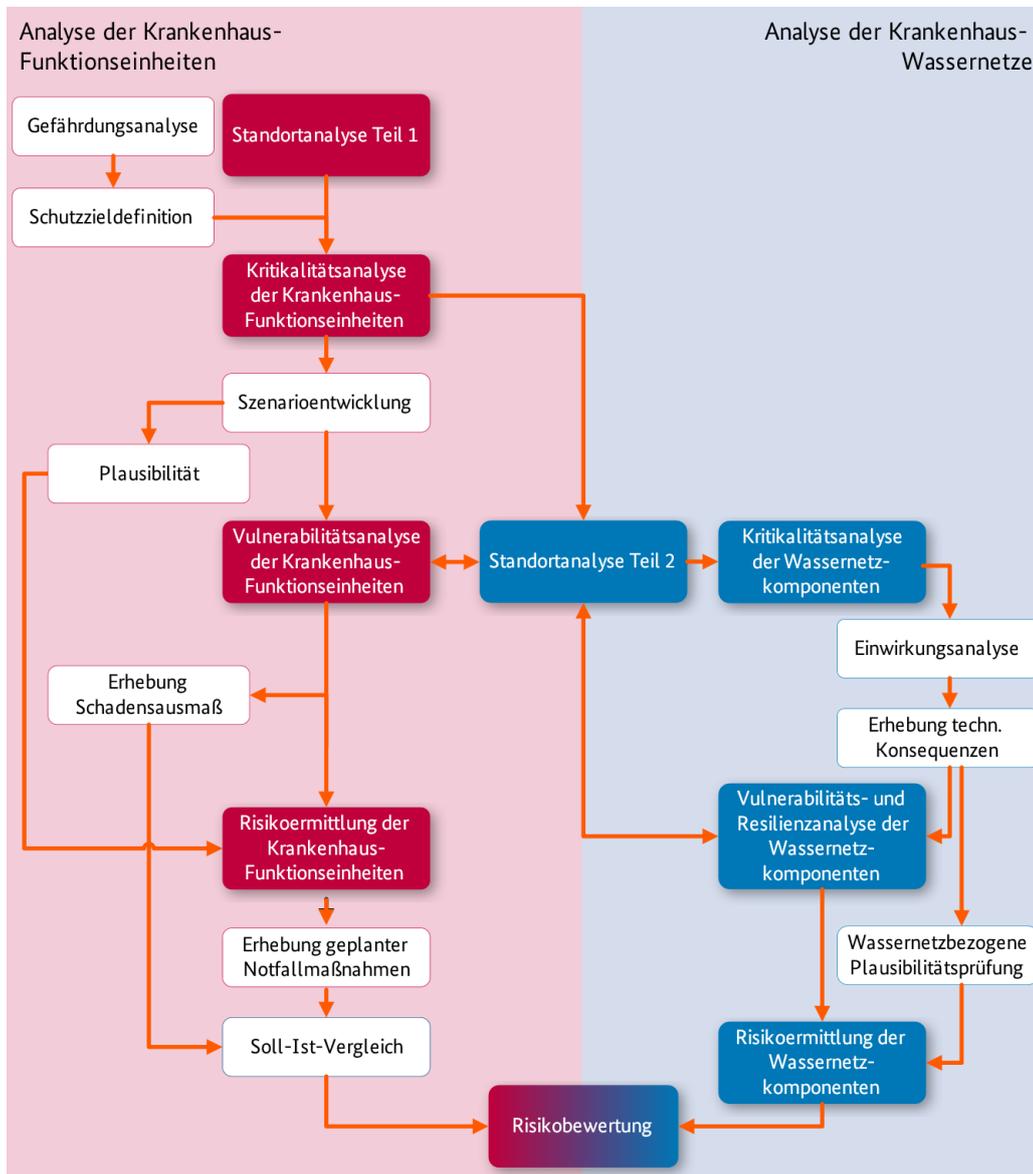


Abbildung 2: Übersicht über den Gesamtablauf der Risikoanalyse mit allen erforderlichen Teilanalyseschritten

Die Analysen beinhalten die in Abbildung 2 dargestellten Schritte, die als ein kontinuierlicher Prozess zu verstehen und in die Fortschreibung, z.B. bei Aktualisierung von Daten, baulichen Veränderungen oder Anpassung von Leistungsbeschreibungen, in den alltäglichen Geschäftsablauf zu integrieren sind.

Eine prinzipielle Ableitung von Erkenntnissen und Maßnahmen wird bereits mit Durchführung der Analyse der Krankenhausprozesse möglich. Die Analyse der Wassernetze dient als Feinanalyse, wodurch insbesondere Härtungsmaßnahmen und zum Bedarfsmanagement abgeleitet werden können. Eine grundlegende Betrachtung der vorhandenen Wassernetze ist jedoch in jedem Fall notwendig.

#### Hinweis

Für die Durchführung der Risikoanalyse stehen ein Excel-basiertes Toolset mit Bedienungsanleitung sowie Listen zur Datenerhebung und zur qualitativen Abschätzung (siehe auch 3.4) bereit.

#### Verweis Praxisbeispiel:

Eine vollständige Beispielbewertung für ein Klinikum kann im Projektabschlussbericht eingesehen werden.

### 3.2. Teil 1: Risikoanalyse des Krankenhauses

Die Risikoanalyse der Krankenhausprozesse dient der Identifizierung von Risiken bei Beeinträchtigung der Wasserver- und -entsorgung, der Ermittlung besonders kritischer bzw. dem Szenario gegenüber verwundbare Funktionsbereiche, Maßnahmenansätzen zur Risikobewältigung bzw. -beherrschung und als Grundlage für die Detailanalyse der Wassernetze (siehe auch Abbildung 3).



Abbildung 3: Zielstellungen der Basisanalyse der Krankenhausprozesse

Der Ablauf der Analyse der Krankenhausprozesse erfolgt gemäß Abbildung 2 (links).

#### Hinweis

Nachfolgend wird der Prozess der Risikoanalyse für die Krankenhausfunktionseinheiten beschrieben. Alle Schritte nach der Standortanalyse sind pro Schutzziel und nach der Kritikalitätsanalyse zusätzlich pro Szenario, durchzuführen!

#### Hinweis

Die hier dargestellte Methodik kann in verschiedenen Detailgraden durchgeführt werden. Je detaillierter bzw. kleinteiliger die zu betrachtenden Prozesse, desto höher der Erkenntnisgewinn. Zur Verringerung des Bearbeitungsaufwandes hat sich die Zusammenfassung von Prozessen bewährt.

Bei großen Einrichtungen ist ggf. die überblicksartige Analyse der verschiedenen Gebäude als Funktionseinheiten (FE) und die Beschränkung der Detailanalyse auf Gebäude mit hohem Risiko durch Bildung von kleinteiligeren Funktionseinheiten, notwendig.

Es ist zu beachten, dass nur detaillierte Analysen unbekannte Risiken gezielt identifizieren.

**Hinweis**

Unter den Funktionseinheiten im NOWATER-Projekt werden folgende Elemente verstanden:

- Fachabteilungen/Fachbereiche
- Medizinische Großgeräte (ungefähr ab Größe eines Dialysegerätes)
- Gesonderte Behandlungsbereiche/Prozesse (z.B. Endoskopie)
- Relevante Versorgungsbereiche/Prozesse (z.B. Medikamentenversorgung, Trinkwasserversorgung)
- Unterstützungsprozesse (z.B. IT)

Geräte und Fachabteilungen, die als ein Fachbereich zusammengefasst werden (z.B. MRT und Radiologie) können separat aufgenommen werden.

Die Auswahl der Funktionseinheiten zur weiteren Betrachtung, obliegt dem Krankenhaus und bestimmt den angestrebten Detailgrad der Untersuchung.

**3.2.1. Gefährdungsanalyse und Schutzzieldefinition**

Die Beschreibung potentieller Gefährdungen und des angestrebten Schutzniveaus bilden die Basis der Risikoanalyse. Die zugrunde liegende Gefährdung war für das Projekt NOWATER bereits vorgegeben als „Beeinträchtigung der Wasserver- und -entsorgung bzw. Stromversorgung vor dem Hintergrund kaskadierender Effekte“. Es ist daher im Rahmen der NOWATER-Risikoanalyse keine weitere Gefährdungsanalyse erforderlich.

Bedienungsanleitung  
4.4

Schutzziele beschreiben den Sollzustand eines Schutzgutes, der durch effektives Risiko- und Krisenmanagement herbeigeführt oder erhalten werden soll (BMI 2005, S. 53, 2011, S. 13; BBK 2010, S. 60). Bei einem unzureichenden Schutzniveau sind Maßnahmen umzusetzen, die zur Erfüllung des Schutzzieles führen (Lauwe und Mayer 2017, S. 136). Die Schutzziele dienen als Grundlage für die Kritikalitätsanalyse und weitestgehenden Analyseschritte und sind so zu definieren, dass das gewünschte Schutzniveau widerspiegelt wird. Beispielsweise kann ein Schutzziel darin bestehen, dass alle Bereiche des Krankenhauses auch bei einem Trinkwasserausfall auf Niveau des Regelbetriebes erhalten bleiben. Eine andere Schutzzielformulierung zielt beispielsweise auf die Verhinderung von Todesfällen durch das ausfallbedingte Unterlassen von Behandlungsmaßnahmen ab. Je höher die Schutzziele und das geforderte Schutzniveau gesetzt werden, umso mehr Bereiche werden voraussichtlich im Rahmen der Kritikalitätsanalyse als kritisch identifiziert.

Schutzziele definieren Schutzgüter und Schadensparameter. Schutzgüter sind dabei Güter, die vor Schaden zu bewahren sind, wie z.B. Gesundheit, Eigentum oder Menschen. Damit die Auswirkung bzw. das Schadensausmaß mess- und vergleichbar ist, müssen für die Schutzgüter sogenannte Schadensparameter definiert werden (BBK 2010, S. 29). Schadensparameter können z.B. Tote, Verletzte, Dauer der Unterbrechung, Menge des Ausfalls etc. sein.

Bei einem Trinkwasserausfall ist der Schadensparameter die Unterbrechung der Trinkwasserversorgung mit dem dazugehörigen Trinkwasserbedarf des Krankenhauses (analog: Abwasserentsorgung) und der daraus resultierenden Auswirkungen (z.B. Einbußen der Leistungsfähigkeit). Das Schutzgut ist je nach definiertem Schutzziel zu wählen. Bei der Betrachtung von Krankenhäusern stellen die Unversehrtheit von Personen und die Aufrechterhaltung der Betriebsfähigkeit zentrale Schutzgüter dar.

Durch die Definition der Schutzziele können prozessspezifische Mindestanforderungen abgeändert bzw. aktualisiert werden. Dies ist zu evaluieren und die entsprechenden Anforderungen zu aktualisieren. Falls sich weitere Komponenten und Dienstleistungen identifizieren lassen, die eigenständig oder durch Abhängigkeiten wichtig zur Erreichung des Schutzzieles sind, so sind diese ebenfalls zusätzlich einzupflegen.

**Hinweis**

Im Projekt NOWATER wurden folgende drei zentrale Schutzziele definiert und können für die eigenen Analysen herangezogen werden:

**Schutzziel 1**

Verhinderung einer Gesundheitsbeeinträchtigung von zu behandelnden Personen, Mitarbeitenden und Besuchenden durch die angenommene Gefahr oder Unterlassen von Behandlungsmaßnahmen. Erhaltung der Funktionsfähigkeit lebensnotwendiger Bereiche, Verhinderung einer Gefährdung von Menschen.

**Schutzgut:** Mensch

**Schadensparameter:** Unterbrechung der Trinkwasserversorgung mit zugehörigem Wasserbedarf und Anzahl hilfsbedürftiger Personen. Erfassung der Anzahl an Betroffenen und Versorgungskapazität.

**Gewünschte Betriebsfähigkeit:** Notbetrieb

**Schutzziel 2**

Aufrechterhaltung medizinischer Bereiche zur Verhinderung/Verzögerung einer notwendigen Evakuierung/Räumung (über 8 h) von stationär zu behandelnden Personen (in Abhängigkeit von Schadensausmaß und eigener Resilienz) sowie Aufrechterhaltung der Notfallversorgung.

**Schutzgut:** Funktionsfähigkeit/Versorgungsleistung

**Schadensparameter:** Auswirkung auf medizinischen Betrieb bzw. Beeinträchtigung des medizinischen Betriebs und der Notfallversorgung inklusive des zugehörigen Wasserbedarfs. Erfassung der betroffenen Bereiche und der benötigten Wasserversorgungskapazität.

**Gewünschte Betriebsfähigkeit:** Eingeschränkter Betrieb

**Schutzziel 3**

Aufrechterhaltung des Regelbetriebes. Keine Beeinträchtigung medizinischer, organisatorischer und versorgungsspezifischer Prozesse.

**Schutzgut:** Funktionsfähigkeit/Versorgungsleistung

**Schadensparameter:** Auswirkung auf Regelbetrieb bzw. Beeinträchtigung des Regelbetriebes inklusive des zugehörigen Wasserbedarfs. Erfassung der betroffenen Bereiche und der Versorgungskapazität

**Gewünschte Betriebsfähigkeit:** Regelbetrieb

**Hinweis**

Das Schutzgut „Funktionsfähigkeit bzw. Versorgungsleistung“ der Schutzziele 2 und 3 zielt direkt auf die Funktion bzw. Versorgungsleistung des Krankenhauses ab. Durch die Versorgungsleistung besteht jedoch eine indirekte Verknüpfung mit dem Schutzgut „Mensch“.

Prinzipiell ist auch eine Betrachtung mit abgestuften Schutzzielen möglich, die gemeinsam in eine Analyse einfließen. Hier ergeben sich kritische Funktionseinheiten gemäß dem jeweiligen Schutzziel. Bei abgestuften Schutzzielen ist eine Kategorisierung gemäß den Schutzzielstufen möglich.

**3.2.2. Standortanalyse**

Die Standortanalyse dient der zentralen Zusammenführung der Daten, die die Grundlage für die Durchführung der Risikoanalyse und einen gemeinsamen Wissensstand bilden.

Das Vorgehen und die zu erhebenden Daten erfolgen gemäß Abbildung 4.

**Bedienungsanleitung**  
4.1-4.3 / 6.1-6.3

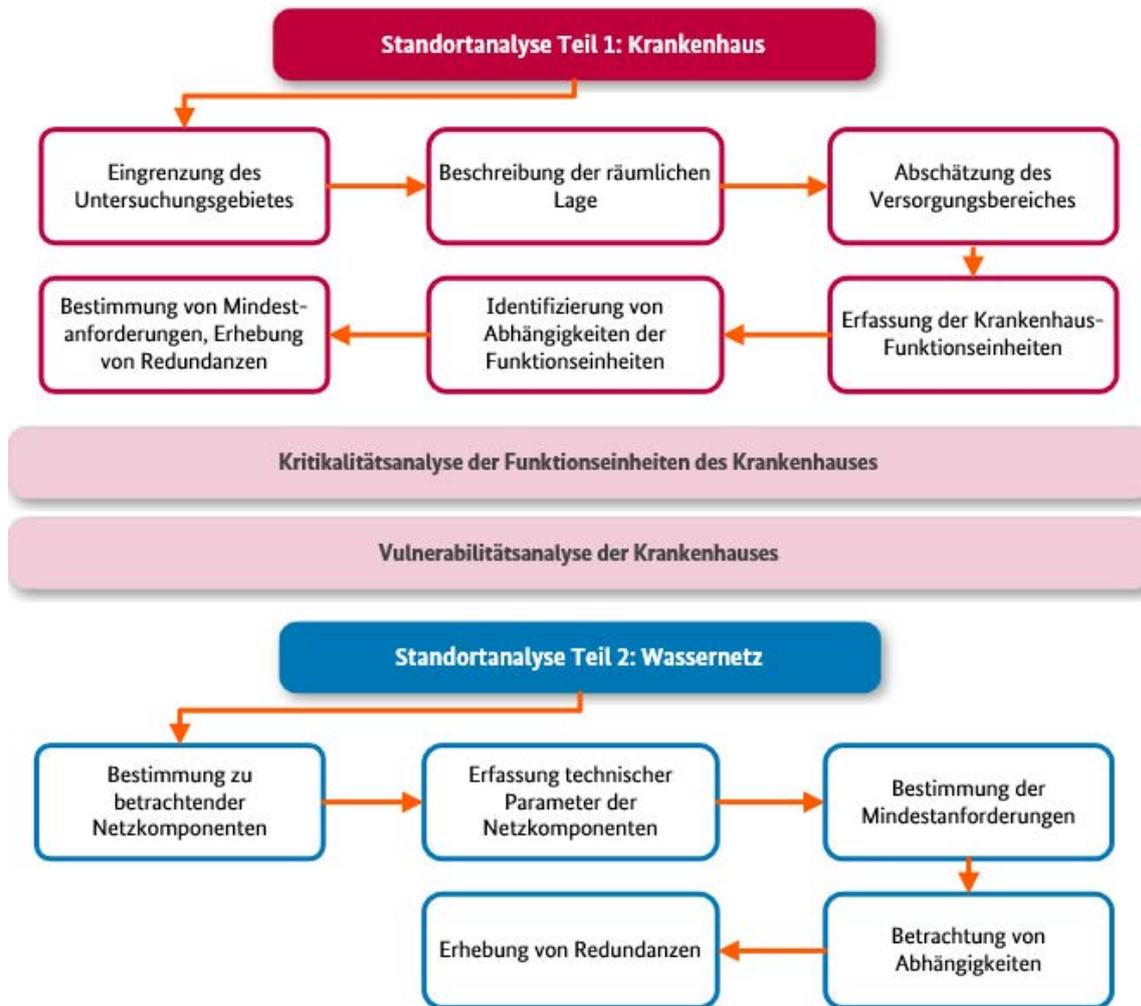


Abbildung 4: Vorgehen und zu erhebende Daten der Standortanalyse

### Standortanalyse Teil 1

Die Standortanalyse Teil 1 bezieht sich auf die Krankenhausprozesse mitsamt den spezifischen Anforderungen bezüglich der Krankenhausfunktionen. Dies beinhaltet auch die Darstellung von Funktionseinheiten und deren Abhängigkeiten. Die Ergebnisse fließen in die Mindestanforderungen ein und dienen als Grundlage für die weiteren Analyseschritte.

Alle relevanten Daten für die hier dargestellte Methodik werden im Folgenden erläutert.

#### Hinweis

Nicht alle Daten der vorgesehenen Standortanalyse sind unmittelbar für die Risikoanalyse notwendig. Jedoch liefern diese Daten zusätzlich wichtige Informationen für die Notfallvorsorgemaßnahmen und sind somit als hilfreiche Mindestanforderungen anzusehen. Zudem können die Daten für weitere relevante Krankenhausprozesse genutzt werden, so dass ein Doppelnutzen durch die Analyse entsteht.

Alle für die NOWATER-Risikoanalyse unmittelbar notwendigen Daten wurden mit \* markiert.

#### Hinweis

Zur Erfassung der für die NOWATER-Risikoanalyse erforderlichen Daten kann die Liste „Daten\_NOWATER\_Toolset“ genutzt werden.

### **Schritt 1: Eingrenzung des Untersuchungsgebietes**

Zunächst ist das Untersuchungsgebiet einzugrenzen, z.B. auf ein Gebäude auf einem Klinikgelände, um ggf. eine bessere Bearbeitung der Risikoanalyse zu ermöglichen (BBK 2008, S. 26). Um jedoch eine umfassende Risikobetrachtung zu gewährleisten, sollten idealerweise alle Bereiche des Krankenhauses berücksichtigt werden.

### **Schritt 2: Räumliche Lage des Untersuchungsgebietes**

Im Folgenden werden räumliche Faktoren des Untersuchungsgebietes erhoben und erfasst. Hierzu zählen die Topographie, naturräumliche und demographische Bedingungen. (BBK 2008, S. 27). Eine Darstellung der baulichen Krankenhausstruktur ist ebenfalls sinnvoll.

Mit Hilfe von Geographischen Informationssystemen können die räumlichen Eigenschaften des Untersuchungsgebietes erfasst und analysiert werden. Die notwendigen Geobasisdaten können von den örtlich zuständigen Behörden (Vermessungs- oder Katasterämter) bezogen werden. (BKG).

Mögliche weitere Datenquellen:

- Hochwasserkarten, Erdbebenkarten/geologische Verwerfungen
- Sondierungskarten für Sprengkörper bzw. Munitionsbelastung
- Gefahrstoffkataster
- Baupläne
- Krankenhauseinsatzpläne
- Brandschutzpläne
- ...

### **Schritt 3: Versorgungsbereich des Krankenhauses**

Der Versorgungsbereich umfasst insgesamt drei Kennzahlen: Den Gebietsradius, welcher durch das Krankenhaus medizinisch versorgt wird, die Anzahl an behandelten Personen pro Zeit und die Anzahl an Betten des Krankenhauses.

Die benötigten Kennzahlen können auf Grundlage von Gesprächen mit fachkundigen bzw. verantwortlichen Personen sowie Berichten des Qualitätsmanagements oder Controllings erhoben werden.

Mögliche Ansprechpersonen sind:

- Ärztliche Leitung
- Qualitätsmanagementbeauftragte
- Kaufmännische Leitung
- Controllingabteilung

### **Schritt 4 und 5: Erhebung von Funktionseinheiten und Darstellung der der Abhängigkeiten\***

Unter Funktionseinheiten werden alle Abteilungen, Komponenten, Geräte usw. eines Krankenhauses verstanden. Diese Funktionseinheiten – oder auch Prozessbausteine – sind mitsamt ihren Aufgaben und Abhängigkeiten zu beschreiben. Zu erheben sind alle FE im betrachteten Bereich sowie die FE außerhalb des Untersuchungsbereichs, sofern eine wesentliche Abhängigkeit zum betrachteten Bereich vorliegt. Das Trink- und Abwassersystem gilt in der ersten Standortanalyse als eigenständige, in der Gesamtstruktur eingebundene, FE.

Der Detaillierungsgrad der Erhebung der FE hängt von der eigenen Zielsetzung und der eigenen Möglichkeiten zur Analyse ab. Je detailreicher die Erhebung wird, umso umfangreicher gestaltet sich die Analyse. Bei detailärmeren Erhebungen können im Rahmen der Analyse wichtige Informationen zur Notfallvorsorgeplanung verloren gehen.

Die Bewertung der Abhängigkeit einer FE von einer anderen FE geschieht durch eine prozentuale Bewertung. Anzugeben ist, bis zu welchem Grad eine FE funktionsfähig erhalten bleiben muss, damit die abhängigen FE weiterhin funktionstüchtig bleiben. Für eine bessere Einschätzung der Abhängigkeiten

kann die nachfolgende Skalierung verwendet werden. Innerhalb der Skala kann die Prozentangabe variiert werden.

**Hinweis**

Zur Einschätzung der Abhängigkeit können folgenden Kriterien herangezogen werden:

Auswirkung auf die abhängige FE bei Ausfall der betrachteten FE	Abhängigkeit
Der Ausfall der jeweiligen FE hat keine Auswirkung auf die Funktion der abhängigen FE	0 %
Funktionen der abhängigen FE können bei Ausfall der betrachteten FE ohne größere Beeinträchtigungen aufrechterhalten werden. Unterstützende Prozesse, die Maßnahmen/Verfahren erleichtern oder beschleunigen fallen aus	20 %
Kernprozesse/Maßnahmen der abhängigen FE können bei Ausfall der betrachteten FE aufrechterhalten werden, sind aber in ihrem Umfang und Leistungsfähigkeit eingeschränkt	40 %
Kernprozesse/Maßnahmen der abhängigen FE können bei Ausfall der betrachteten FE nicht mehr mit den Standardverfahren durchgeführt werden. Entsprechende Alternativen, die jedoch auch erprobt und zugänglich sind, müssen herangezogen werden. Die Leistungsfähigkeit ist entsprechend eingeschränkt, da diese Verfahren weniger Anwendung finden und die Alternativen weniger leistungsstark sind	60 %
Kernprozesse/Maßnahmen der abhängigen FE können bei Ausfall der betrachteten FE nur noch unter großen Anstrengungen und mit großen Einschränkungen aufrechterhalten werden. Aufrechterhalten werden nur noch die absolut notwendigen Prozesse/Maßnahmen auf einem minimalen Level zur Abwendung größerer Schäden	80 %
Kernprozesse/Maßnahmen der abhängigen FE können bei Ausfall der betrachteten FE nicht mehr aufrechterhalten werden	100 %

**Beispiel für die Festlegung von Abhängigkeiten**

Die Akutdialyse eines Beispielkrankenhauses ist zu 100 % abhängig von der IT, der Hygiene, dem Hämodialysegerät etc. Weiterhin ist die Notaufnahme der betrachteten Einrichtung zu 80 % von der vorhandenen Anästhesiologie abhängig. Die Eintragung im Arbeitsblatt „Funktionseinheiten-Erfassung“ sieht dafür folgendermaßen aus:

Abhängige FE	Abhängig von	Abhängigkeit
Akutdialyse	IT	100 %
Akutdialyse	Hygiene	100 %
Akutdialyse	Hämodialysegerät	100 %
Notaufnahme	Anästhesiologie	80 %

Ist eine Einschätzung der prozentualen Abhängigkeiten nicht möglich, ist als Abhängigkeit 100 % zu wählen, wodurch jedoch ein gewisser Detailgrad in den späteren Berechnungen verloren geht.

**Hinweis**

Bei der Darstellung der Abhängigkeiten ist große Sorgfalt geboten, da eine falsche Darstellung zu inkorrekten Ergebnissen führen kann. Sind beispielsweise Geräte einer bestimmten Funktionseinheit zugeordnet (bspw. Computertomograph zu bildgebender Diagnostik), so sind diese Geräte nicht bei anderen Abhängigkeiten aufzuführen (z.B. Intensivstation ist von bildgebender Diagnostik abhängig, aber nicht separat vom Computertomographen).

Mögliche Ansprechpersonen für die Definition von Funktionseinheiten und Festlegung der Abhängigkeiten sind:

- Qualitätsmanagementbeauftragte
- Technische Leitung des Krankenhauses
- Katastrophenschutzbeauftragte des Krankenhauses
- Ärztliche Leitung
- Pflegerische Leitung

#### **Schritt 6: Bestimmung der FE- spezifischen Mindestanforderungen bei medizinischen und technischen FE**

In diesem Schritt sollen die prozessspezifischen Mindestanforderungen, die für die Funktion der FE notwendig sind, ermittelt werden. Dies beinhaltet:

##### **Durchschnittliche Fallzahl pro Jahr\***

Anzugeben ist die durchschnittliche Zahl an zu behandelnden Personen für die jeweilige Funktionseinheit.

##### **Durchschnittliche Verweildauer\***

Als Verweildauer ist die durchschnittliche Dauer anzugeben, die zu behandelnde Personen in der FE verweilen. Die Angabe erfolgt (gerundet) in Tagen. Bei FE, die keine spezifischen Fallzahlen aufweisen, entfällt die Angabe.

##### **Bettenanzahl**

Anzugeben ist, falls möglich, die Planbettenanzahl der jeweiligen Funktionseinheit. Bei Funktionseinheiten, wie z.B. Geräten, die keine Bettenanzahl aufweisen, entfällt diese Angabe.

##### **Notwendiges Personal**

Diese Größe beschreibt die Anzahl an Personen, die zum Betrieb der Funktionseinheit zwingend erforderlich sind.

##### **Abhängigkeit von Wasser/Abwasser\***

Es ist zu klären, ob die entsprechende Funktionseinheit von der Wasserversorgung bzw. Abwasserentsorgung abhängig ist. Dabei sind Bedarfe an aufbereitetem Wasser ebenso wie der Bedarf von Geräten/Prozessen, die innerhalb einer Funktionseinheit eingesetzt werden (sekundäre Abhängigkeiten), zu beachten. Dies können auch Bedarfe an z.B. aufbereitetem Wasser (z.B. mittels Umkehrosmose) sein.

##### **Von der Funktionseinheit benötigte Wassermenge im Regelbetrieb\***

Für die Abschätzung des Versorgungsbedarfs ist die benötigte Wassermenge in m<sup>3</sup>/h pro Funktionseinheit anzugeben. Diese Größe kann durch vorhandene Verbrauchsdaten oder eigene Messungen ermittelt werden.

Die Erhebung der Wasser-/Abwasserdaten erfolgt durch Gespräche mit verantwortlichen Personen und anhand von Kartenmaterial mit Angaben zum Wasserversorgungsnetz (Rohre, Anschlüsse etc., Volumenangaben in m<sup>3</sup>/h, Art der Anschlüsse, Drücke etc).

Mögliche Ansprechpersonen sind:

- Örtliche Wasserversorgungsunternehmen
- Technischer Leitung des Krankenhauses
- Katastrophenschutzbeauftragte des Krankenhauses

Damit im Ereignisfall eine Ersatzversorgung stattfinden kann, bedarf es einer entsprechenden Anschlussmöglichkeit an das Krankenhausnetz. Ist eine solche Anschluss-/Einspeisemöglichkeit nicht vorhanden, ist diese für die weitere Planung, idealerweise bereits im Normalbetrieb, zu errichten.

### **Hinweis**

Der Trinkwasserbedarf ist so kleinteilig wie möglich zu erheben, idealerweise für einzelne Abteilungen oder Prozesse, um Einsparpotentiale im Notfall und den realen Deckungsbedarf einer Ersatzversorgung ermitteln zu können. Die Beschreibung der Wasserversorgung/Abwasserentsorgung ist zudem wichtig, um im späteren Verlauf einen Soll-Ist-Vergleich, die Vulnerabilitätsanalyse und die Notfallvorsorgeplanung durchzuführen.

An dieser Stelle wird auf die Arbeiten der Universität der Bundeswehr München und AGAPLESION verwiesen, über die im Rahmen des Projektes NOWATER entsprechende Abschätzungsverfahren und Messkampagnen durchgeführt wurden.

### **Hinweis**

Dopplungen der Informationen sind zu vermeiden. Wurden bspw. ein medizinischer Bereich und ein medizinisches Gerät innerhalb dieses Bereiches als FE erhoben, so ist der Wasserbedarf des Gerätes nicht in den Wasserbedarf des Bereiches einzurechnen.

### **Von der Funktionseinheit benötigter Wasserdruck**

Ist für die Funktionseinheit ein bestimmter Wasserdruck bei der Abgabe- bzw. Übergabestelle notwendig, so ist dieser in der Einheit bar anzugeben.

### **Hinweis**

Ist es nicht möglich, Quantitäten oder Drücke zu erheben, sind Schätzungen z.B. anhand der Nennweite der Rohrleitungen durchzuführen, um eine Annäherung für die Mengenverhältnisse zu erhalten.

### **Wasserlose Alternativen/Wassersparmaßnahmen/Prozessunterlassungen\***

Sofern für bestimmte Funktionseinheiten oder Prozesse innerhalb der Funktionseinheiten wasserlose Alternativen oder Maßnahmenkataloge zur Wassereinsparung, bereits existieren, sind diese unter Angabe des Einsparpotentials aufzuführen. Eine solche Maßnahme kann auch das Unterlassen bestimmter Prozesse sein. Die zu stellende Frage lautet: Ist dieser Prozess für die Funktion der Funktionseinheit zwingend erforderlich?

Diese Erhebung ist notwendig, um den Mindestbedarf an Wasser zu erheben und die Datengrundlage für Notfallmaßnahmen zu erweitern. Zudem fließen diese Ergebnisse in die Vulnerabilitätsanalyse ein.

### **Qualitative Anforderungen an das Wasser/Abwasserbehandlung\***

Bestimmte FE oder zu behandelnde Personen bedürfen spezifischer Qualitäten hinsichtlich des bereitgestellten Wassers, bspw. für die Dialyse. Darüber hinaus existieren Vorschriften hinsichtlich der Einleitung von Abwasser, die spezifische Grenzwerte vorgeben und aus denen ggf. eine entsprechend notwendige Aufbereitung der Abwässer resultiert.

Wurden die qualitativen Anforderungen identifiziert, sind die Anforderungen nach Wichtigkeit und Aufwand einzustufen.

**Hinweis**

Für die qualitativen Anforderungen an Wasser gilt folgende Einschätzung:

Anforderung	Einschätzung
keine besonderen Anforderungen	vernachlässigbar
Anforderungen, deren potentielle Überschreitung in keinem Konflikt zu Vorschriften steht, keine Geräte schädigt und die Gesundheit von Menschen nicht negativ beeinträchtigt. <i>oder/und</i> geringer Aufwand zur Erfüllung der Anforderungen	gering
Anforderungen, deren potentielle Überschreitung in einem Konflikt zu mindestens einer Vorschrift steht und die Gesundheit von Menschen nicht schädigt. Geräte könnten Schaden nehmen. <i>oder/und</i> mittlerer Aufwand zur Erfüllung der Anforderungen	mittel
Anforderungen, deren potentielle Überschreitung in einem Konflikt zu mindestens einer Vorschrift steht und die Gesundheit von Menschen schädigen könnte. <i>oder/und</i> hoher Aufwand zur Erfüllung der Anforderungen	hoch
Gefährdung von Menschenleben bei potentieller Überschreitung von Anforderungen/Grenzwerten <i>oder/und</i> sehr hoher Aufwand zur Erfüllung der Anforderungen	sehr hoch

**Notwendige Wassertemperatur**

Ist für die Funktionseinheit eine bestimmte Temperatur an der Abgabestelle oder für die betrachtete Funktionseinheit notwendig, so ist diese in der Einheit Grad Celsius anzugeben.

**Mindestbedarf an Wasser im Notfall**

Es ist die benötigte Wassermenge in m<sup>3</sup>/h unter Berücksichtigung der potentiellen Einsparungen durch die zuvor erhobenen Maßnahmen anzugeben. Zudem ist zu evaluieren, ob der Wasserbedarf unter normalen Bedingungen den zwingenden Bedarf der Funktionseinheit widerspiegelt oder weitere Reduzierungen in der Wasserversorgung vorgenommen werden können. Diese betreffen alle Arten des Wasserverbrauchs.

**Anfallende Abwassermenge im Regelbetrieb\***

Angabe der benötigten abzuführenden Wassermenge in m<sup>3</sup>/h. Ermittelt werden kann diese Größe durch vorhandene Abwasserdaten oder eigene Messungen.

**Abwassersparmaßnahmen/Prozessunterlassungen\***

Sofern für bestimmte Funktionseinheiten oder Prozesse innerhalb der Funktionseinheiten abwasserfreie Alternativen oder Maßnahmenkataloge zur Abwassereinsparung bereits existieren, sind diese unter Angabe des Einsparpotentials aufzuführen. Eine solche Maßnahme kann auch die Unterlassung bestimmter Prozesse darstellen. Die zu stellende Frage lautet: Ist dieser Prozess für die Funktion der Funktionseinheit zwingend erforderlich? Diese Erhebung ist notwendig, um die abzuführende Mindestmenge an Abwasser zu erheben und die Datengrundlage für Notfallmaßnahmen zu erweitern.

**Hinweis**

Viele Maßnahmen zur Einsparung von Wasser führen ebenfalls zu Einsparungen des anfallenden Abwassers.

### **Notwendigkeit einer Abwasserpumpe und Leistungsdaten**

Kann das anfallende Abwasser nicht durch die Schwerkraft oder andere physikalische Effekte abgeführt werden und sind dadurch Abwasserpumpen zur Abführung notwendig, ist diese Notwendigkeit mit den Leistungsanforderungen an die Pumpe in  $\text{m}^3/\text{h}$  anzugeben.

### **Mindestabwasserabfluss im Notfall**

Die voraussichtlich mindestens abzuführende Abwassermenge ist unter Berücksichtigung der potentiellen Einsparungen durch die zuvor erhobenen Maßnahmen in  $\text{m}^3/\text{h}$  anzugeben. Zudem ist zu evaluieren, ob die Abwassermenge unter normalen Bedingungen den zwingenden Bedarf der Funktionseinheit widerspiegelt oder weitere Reduzierungen in der bereitgestellten Abwasserableitung vorgenommen werden können.

### **Strombedarf**

Für jede Funktionseinheit ist der individuelle Strombedarf in der Einheit kWh zu ermitteln und anzugeben.

### **Notstromversorgung**

Bedarf die Funktionseinheit einer Anbindung an die Notstromversorgung, ist dies unter Angabe der geforderten minimalen Versorgungsdauer (Angabe in Stunden) zu benennen.

Damit im Ereignisfall eine Ersatzversorgung stattfinden kann, bedarf es einer entsprechenden Anschlussmöglichkeit an das Krankenhausnetz. Ist eine solche Anschluss-/Einspeisemöglichkeit nicht vorhanden, ist diese für die weitere Planung, idealerweise bereits im Normalbetrieb, zu errichten.

### **Bestimmung von Redundanzen innerhalb von Untersuchungsgebieten\***

Die Redundanz wird in der NOWATER-Risikoanalysemethode im Sinne der tatsächlichen bzw. aktiven Betriebsredundanz (N-1) oder der „warmen“ Redundanz (N+1) mit sehr kurzer Aktivierungszeit, verstanden. Diese Redundanz, umfassen Komponenten oder Bereiche, die generell vorhanden sind, andere Komponenten oder Bereiche ersetzen bzw. deren Funktion (teilweise) übernehmen können ohne separat in Betrieb genommen werden zu müssen.

Im Rahmen der NOWATER-Risikoanalyse sind zwei Arten von Redundanzen zu erheben:

- a) Redundanz bezüglich der Funktionseinheit (erforderlich für die Kritikalitätsanalyse)

#### **Beispiel**

*Ein vorhandener medizinischer Bereich kann sofort die Aufgaben eines ausgefallenen Bereichs übernehmen.*

- b) Technische Redundanz bezüglich der direkten Wasserversorgung bzw. Abwasserentsorgung der betrachteten Funktionseinheit (erforderlich für die Verwundbarkeitsanalyse)

#### **Beispiel**

*Zwei unabhängig voneinander vorhandene Wassereinspeisungen in die Funktionseinheit, die stets gleichzeitig im Betrieb sind, können sich gegenseitig ersetzen.*

## Exkurs Redundanz

### N-1-Redundanz:

Eine N-1-Auslegung beschreibt, wenn bei einem Ausfall einer Komponente dennoch die benötigte Leistung verfügbar bleibt (TransnetBW GmbH et al. 2012; TransnetBW GmbH et al. o.J.) ohne die verbleibenden Komponenten zu überlasten. Dazu werden Komponenten in der Regel während des Normalbetriebs nur anteilig der maximal zulässigen Leistung betrieben.

*Beispiel: Für eine Aufgabe sind mehrere Pumpen erforderlich. Bei Ausfall einer Pumpe wird, auch bei maximaler Auslastung, die Aufgabe vollumfänglich weiter ausgeführt, ohne dass die noch verfügbaren Pumpen überlastet werden.*

### N+1-Redundanz/Betriebsredundanz:

Einem System wird zusätzlich ein zweites System mit 100 % Leistungsvermögen zur Seite gestellt (BSI 2018). Dadurch können sich die Systeme gegenseitig in vollem Umfang ersetzen.

*Beispiel: Zwei parallel vorhandene Pumpen, von denen eine für den Pumpvorgang zuständig ist. Fällt eine der Pumpen aus, steht die notwendige Leistung vollumfänglich durch die zweite Pumpe zur Verfügung.*

### Unterschied N-1 und N+1:

Bei N+1 kann die Auslastung der einzelnen Systeme oder Komponenten im Regelbetrieb 100 % betragen ohne eine Belastung der Redundanzkomponente.

Bei N-1 werden alle Komponenten oder Systeme so verteilt ausgelastet, dass ein Ausfall einer Komponente zu keiner Überlastung oder einer Mangleistung führt.

### „Passive/kalte“ Redundanz

Eine Redundanz, die im Regelbetrieb funktionslos ist und erst bei Bedarf aktiviert wird. (BSI 2018)

### „Warme“ Redundanz

Eine Redundanz, die sich in Bereitschaft befindet und für die vollumfängliche Betriebsübernahme eine Aktivierungszeit benötigt (BSI 2018).

### „Aktive/heiße“ Redundanz

Ein Redundanz-System kann bei Ausfall eines Systems, unterbrechungsfrei den Betrieb übernehmen (BSI 2018).

## Standortanalyse Teil 2

Die Standortanalyse Teil 2 zielt auf die Erfassung und exakte Beschreibung der Wassernetzinfrastruktur des Krankenhauses ab, die zur Versorgung und Entsorgung der essentiellen (kritischen) und verwundbaren FE des Krankenhauses mit bzw. von Wasser erforderlich sind. Um Zusammenhänge und Hauptverbindungen zu erkennen, ist dabei mindestens eine Übersicht des vorhandenen Gesamtwassernetzes erforderlich, z.B. in Form eines vereinfachten Wassernetzplans inklusive Angaben zur Ver- und Entsorgungssituation (Durchflussmengen und Verbrauch). Die Ergebnisse fließen in die Mindestanforderungen ein und dienen als Grundlage für die Kritikalitätsanalyse der Wassernetze.

### Hinweis

Diese Standortanalyse Teil 2 ist nach der Kritikalitätsanalyse der FE und zeitgleich mit der Vulnerabilitätsanalyse der FE durchzuführen, da sich diese Analysen gegenseitig Ergebnisse liefern. So zeigt die Vulnerabilitätsanalyse, welche Funktionseinheiten von Wasser abhängig bzw. gegenüber Beeinträchtigungen der Wasserversorgung funktionsanfällig sind. Ist beides nicht der Fall, bedarf es keiner Analyse der zugehörigen Wassernetze. Ist die Abhängigkeit oder die Funktionsanfälligkeit unklar, liefert die zweite Standortanalyse die Daten für die Vulnerabilitätsanalyse.

Analog Standortanalyse Teil 1 werden Funktionseinheiten der Wassernetze (FEW), gebildet. Diese können ebenfalls Bereiche, Komponenten und Prozesse umfassen. Nachdem die kritischen Funktionseinheiten des Krankenhauses identifiziert wurden, sind die jeweiligen Funktionseinheiten des Wasser-

und Abwassernetzes zu erheben, die mit der Versorgung der kritischen FE in Zusammenhang stehen. Dies bedeutet, dass prinzipiell nur diejenigen Komponenten detailliert erhoben werden, die direkt oder indirekt mit einer der als kritisch identifizierten FE verbunden sind. Ist eine physische Trennung vorhanden, so endet der Zusammenhang.

#### **Hinweis**

Es sind lediglich Teilnetze, die zur Versorgung kritischer Funktionseinheiten des Krankenhauses dienen, zu erheben.

Eine Übersicht über das vorhandene Gesamt-Wassernetz ist jedoch essentiell, um Zusammenhänge und Hauptverbindungen zu erkennen. Diese kann z.B. in Form eines vereinfachten Wassernetzplans visualisiert werden.

Eine solche Übersicht ist zudem für die Ableitung von Maßnahmen, wie z.B. Möglichkeiten der Nutzung von Redundanzen, Speichern, Abschiebermaßnahmen, unabdingbar.

Der prozentuale Grad der Abhängigkeit ist für die Wassernetze zu beschreiben. Die Erfassung der Abhängigkeiten ist lediglich für die Darstellung des vereinfachten Wassernetzplans aus dem NOWATER-Toolset heraus erforderlich (Bedienungsanleitung).

Die Auflistung der FEW ist von der Quelle zum Verbraucher bzw. zur Kanalisation hin und nach Teilgebiet vorzunehmen.

Neben der reinen Auflistung der FEW des Trink- und Abwassernetzes, ist die Versorgungssituation detailliert zu beschreiben (BBK 2016, S. 34). Dies beinhaltet pro FEW der Netze und der Abgabestelle an die FE des Krankenhauses unter anderem:

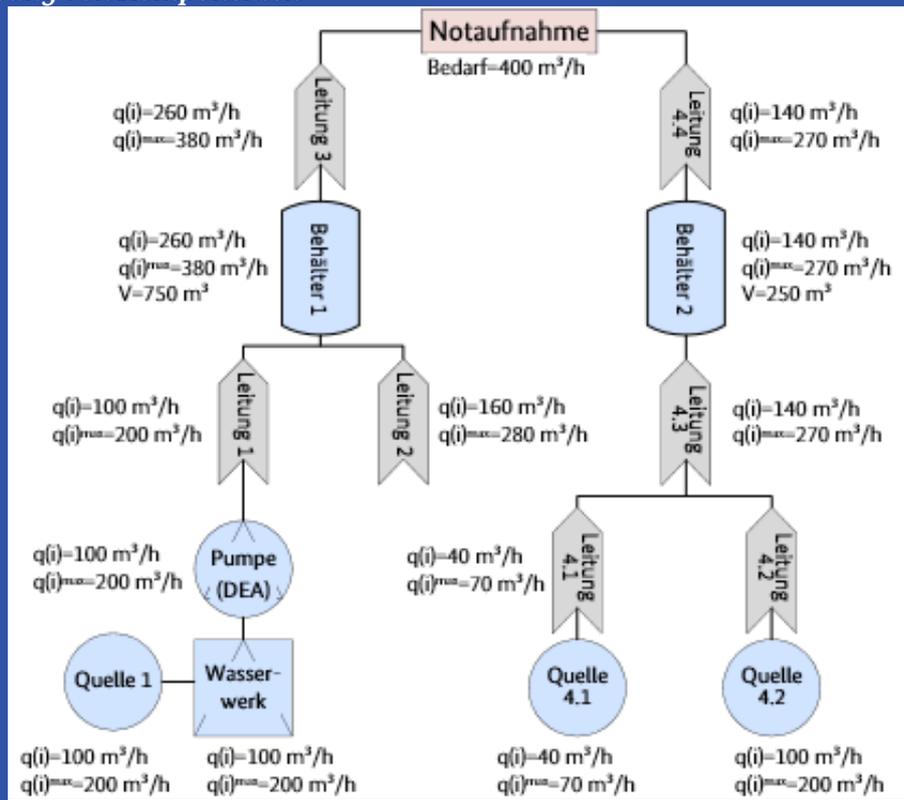
- Druck
- Temperatur
- Quantität
- Speichervolumen
- notwendige Qualität des Wassers

(BBK 2016, S. 67)

Die Daten sind teilweise identisch mit denen der Mindestanforderungen FE (siehe Standortanalyse Teil 1, Schritt 6). Zu beachten ist, dass sich alle Angaben auf die FEW und nicht auf die angebundenen FE beziehen (z.B. Temperatur oder Druck).

Können Quantitäten oder Drücke nicht erhoben werden sind Schätzungen vorzunehmen, z.B. anhand der Nennweiten der Rohre, sodass eine Annäherung für die Mengenverhältnisse gefunden werden kann, die für die Durchführung der Kritikalitätsanalyse notwendig ist.

### Beispielserfassung von Komponenten



Komponente Wasser- netz	FEW Ast 1	FEW Ast 2
Quelle 1	Quelle 1	Quelle 4.1
Wasserwerk 1	Wasserwerk 1	Leitung 4.1
DEA 1	DEA 1	Quelle 4.2
Leitung 1	Leitung 1	Leitung 4.2
Leitung 2	Leitung 2	Leitung 4.3
Behälter 1	Behälter 1	Behälter 2
Leitung 3	Leitung 3	Leitung 4.4
Quelle 4.1		
Leitung 4.1		
Quelle 4.2		
Leitung 4.2		
Leitung 4.3		
Behälter 2		
Leitung 4.4		

Es handelt sich um 1 Netz aus 2 Ästen zur Versorgung der Notaufnahme. Da es sich hier um ein Trinkwassernetz handelt, läuft die Fließrichtung zur Funktionseinheit „Notaufnahme“. Damit ergibt sich obige Reihenfolge der zu erfassenden FEW.

Nur so ist im NOWATER Toolset eine korrekte Berechnung gewährleistet.

### 3.2.3. Kritikalitätsanalyse

Durch eine szenariounabhängige Kritikalitätsanalyse (siehe Abbildung 5) ist es möglich, Bereiche eines Krankenhauses zu identifizieren, die für die Funktionsfähigkeit des Krankenhauses bzw. zur Erfüllung der definierten

Bedienungsanleitung  
4. ATEK Krankenhaus

Schutzziele unverzichtbar sind. Gleichzeitig wird eine Vorfilterung für die anschließenden Analyse-schritte erreicht.

Sind die betrachteten Prozesse/Abteilungen hinsichtlich der Erfüllung des Schutzzieles irrelevant, so wird diesen ein niedriges Kritikalitätsniveau zugeordnet. Bei hoher Relevanz für die Erfüllung des Schutzzieles ergibt sich dementsprechend eine hohe Kritikalitätsstufe. Nur Funktionseinheiten mit hoher Kritikalität werden in die nachkommenden Schritte einbezogen.



Abbildung 5: Vorgehen und zu erhebende Daten der Kritikalitätsanalyse

### Hinweis

Die Kritikalitätsanalyse ist für jedes definierte Schutzziel separat durchzuführen.

In die Kritikalitätsanalyse fließen sowohl die Bedeutung der FE (qualitatives Kriterium) als auch die Größenordnung einer potentiellen Beeinträchtigung bei Betroffenheit der FE (quantitatives Kriterium) ein.

### Kriterium „Qualität“

Die Qualität beschreibt in diesem Zusammenhang die Bedeutung der FE für die Schutzzielerrreichung und dient als Maß für die Bedeutung der Funktionseinheit für z.B. die Funktionsfähigkeit des Krankenhauses oder die Art r des zu erwartenden Schadens, wenn die betrachtete FE in ihrer Funktion beeinträchtigt wird. Eine solche Einschätzung ist innerhalb von Gesprächen mit den jeweils zuständigen Personen, wie z.B. Technikverantwortlichen oder medizinischem Personal durchzuführen. Weiterhin ist die Qualität von der vorhandenen Redundanz abhängig, deren Wirkung mit einzubeziehen ist.

Bedienungsanleitung  
4.4 Teilschritt 2)

Jede Funktionseinheit wird anhand der Rolle bewertet, inwieweit deren Beeinträchtigung oder Ausfall Einfluss auf die Nichterfüllung des gewählten Schutzzieles hat. Unterschieden wird zwischen zwei Stufen:

- Ja: Eine Beeinträchtigung oder ein Ausfall der Funktionseinheit kann das Schutzziel gefährden
- Nein: Eine Beeinträchtigung oder ein Ausfall der Funktionseinheit, gefährdet die Erreichung des Schutzzieles nicht.

Bei Auswahl von „Nein“, wird die Quantität (siehe nächster Absatz) mit 0 % beziffert.

#### Hinweis

Diese Größe ist unabhängig von der Zeit bzw. ab der potentiellen Beeinträchtigung zu wählen. Eine zeitliche Einschätzung erfolgt unter dem Punkt „Maximal tolerierbare Ausfallzeit“.

Eine Kritikalitätsberechnung erfolgt auch ohne „Ja“ Angabe, um einer Kritikalität durch starke Abhängigkeiten gerecht zu werden.

#### Beispiel

Schutzziel ist das Verhindern von Todesfällen durch einen Ausfall der Funktionseinheit. Der Ausfall einer Intensivstation kann das Leben von dort behandelten Personen gefährden. Daraus ergibt sich auf die Frage zur Beeinträchtigung des Schutzziels bei Ausfall der Funktionseinheit „Ja“.

#### Kriterium „Quantität“

Die Quantität beschreibt, wie groß der Umfang der Beeinträchtigung oder die Anzahl der Betroffenen bei Funktionsbeeinträchtigung der FE ist. Diese wird mit einem Bezugswert, hier „Kappungswert“ benannt, verglichen.

Die Angabe erfolgt in Prozent. Angegeben wird, wie weit der definierte Kappungswert erreicht oder überschritten wird.

Bedienungsanleitung  
4.4 Teilschritt 1) und 3)

#### Hinweis

Die Quantität ist nicht in Abhängigkeit von der Zeit zu beurteilen, da diese Analyse szenariounabhängig durchgeführt wird.

#### Definition Kappungswert

Der Kappungswert stellt einen Schwellenwert dar, der das Ausmaß der potentiellen Beeinträchtigung bzw. des Ausfalls beschreibt. Dadurch wird eine Abstufung der Kritikalitäten der Funktionseinheiten ermöglicht. Wird der definierte Kappungswert erreicht, ist das potentielle Ausmaß als katastrophal für die Einrichtung einzustufen (BBK 2017, S. 43). Der Kappungswert ist dabei von dem gewählten Schutzziel abhängig und numerisch zu definieren (z.B. prozentuale Leistungsfähigkeit oder Anzahl an Betroffenen).

#### Allgemeines Beispiel

Schutzziel ist das Verhindern von Todesfällen durch einen Ausfall der Funktionseinheit. Der unmittelbare Ausfall einer Intensivstation kann das Leben von dort behandelten Personen gefährden. Eine Beispieleinrichtung definiert eine durchschnittliche Betroffenheit von 40 Personen als katastrophal, d.h. der Kappungswert dieser Einrichtung beträgt 40 betroffene Personen.

a) Die betrachtete Intensivstation weist 20 Betten auf. Die Quantität bei Beeinflussung der Intensivstation beträgt für diese Einrichtung daher 50 %.

b) Die betrachtete Intensivstation weist 60 Betten auf. In diesem Fall beträgt die Quantität 100 %, da das Ausmaß des Ereignisses mit 60 potentiell betroffenen Personen den definierten Kappungswert von 40 Personen übersteigt.

Tabelle 1: Kategorisierung der Quantität

Quantität	Kategorie
0 bis < 20 %	vernachlässigbar
20 bis < 40 %	niedrig
40 bis < 60 %	moderat
60 bis < 80 %	hoch
80 bis 100 %	katastrophal

### Festlegung des Kappungswertes im Rahmen des NOWATER Projektes

Für Schutzziel 1 und Schutzziel 2 (siehe 3.2.1):

Der Kappungswert ergibt sich aus den **durchschnittlichen Fallzahlen und Verweildauern pro Tag aller definierten Funktionseinheiten**.

$$\text{Kappungswert} = \Delta \sum \left( \Delta \text{Fallzahl aller FE} \left[ \frac{\text{Patienten}}{\text{Tage}} \right] \cdot \Delta \text{Verweildauer aller FE} \left[ \frac{\text{Tage}}{\text{Patienten}} \right] \right)$$

**ACHTUNG: Die jeweiligen Mittelwerte sind nur aus vorhandenen Daten zu bilden. FE ohne vorliegende Daten sind nicht einzubinden.**

Für die Quantität wird für jede FE das Produkt aus der durchschnittlichen Fallzahl und der durchschnittlichen Verweildauer der jeweiligen FE gebildet, mit dem Kappungswert abgeglichen und prozentual dargestellt.

$$\text{Quantität [\%]} = \frac{\Delta \text{Fallzahl der FE} \left[ \frac{\text{Patienten}}{\text{Tage}} \right] \cdot \Delta \text{Verweildauer der FE} \left[ \frac{\text{Tage}}{\text{Patienten}} \right]}{\text{Kappungswert}} * 100\%$$

Bei Schutzziel 2 ist für die FE, die direkt für die Notversorgung von zu behandelnden Personen relevant sind, eine Anpassung des Kappungswertes vorzunehmen. Die Quantität ist für die Notaufnahme daher direkt auf 100 % zu setzen.

Für Schutzziel 3 (siehe 3.2.1):

Der Kappungswert beträgt 0%, sofern durch Ausfall der FE keine Beeinträchtigung des Regelbetriebs vorliegt und 100 % bei Beeinträchtigung des Regelbetriebs.

### Hinweis

Für die in NOWATER entwickelten Schutzziele werden Kappungswert und Quantität im Tool „ATEK Krankenhaus“ automatisch ermittelt. Sofern eigene Schutzziele gewählt werden, sind Kappungswert und Quantität individuell zu ermitteln.

### Weitere Parameter

#### a) Redundanz

Es ist zu überprüfen, ob geeignete Redundanzen bezüglich der Funktionsfähigkeit der FE existieren, die im Ereignisfall die Qualität und Quantität positiv beeinflussen. Damit sind keine technischen oder organisatorischen Ersetzbarkeiten und Kompensationen gemeint, sondern Redundanzen der N-1 Auslegung, da diese nicht im Ereignisfall initiiert oder angefordert werden müssen. Diese Redundanzen sind im Rahmen der ersten Standortanalyse (siehe 3.2.2) zu erheben.

Des Weiteren können schnell durchzuführende Abschaltungen von ganzen Funktionseinheiten oder schnell durchzuführende alternative Betriebsmodi der Funktionseinheiten geprüft werden, die keine

Konsequenzen für den regulären Betrieb bzw. das Schutzziel haben dürfen (Beispiel: Abmeldung von der Notfallversorgung bei Notaufnahmen).

Die Redundanzen werden erhoben und die damit einhergehenden Ergebnisse abgeschätzt, inwieweit diese Redundanz die zuvor ermittelte Quantität kompensiert (beispielsweise anhand der potentiellen Reduzierung der Fallzahlen oder des Wasserbedarfs). Die Angabe erfolgt in Prozent

#### **Hinweis**

Es ist zu prüfen, ob es sich bei den betrachteten Redundanzen um eine Ersetzbarkeit handelt. So ist beispielsweise die Möglichkeit, Personen zu verlegen, keine tatsächliche Redundanz. Dabei würde es sich um eine organisatorische Maßnahme handeln, die mit in die Vulnerabilitätsanalyse einfließt. Bei alternativen Betriebsmodi sind stets die örtlichen Rahmenbedingungen zu beachten und ob diese unter den gegebenen Umständen angebracht bzw. durchführbar sind.

#### **Beispiel**

*Die Quantität einer Notaufnahme wurde mit 60 % ermittelt. Es besteht die Möglichkeit der Abmeldung der Notaufnahme von der Notfallversorgung. Dies kann ohne Konsequenzen für die anwesenden zu behandelnden Personen und Mitarbeitenden geschehen. Da jedoch die Erstversorgung von anwesenden Personen gegeben sein muss, wird die Kompensation der Quantität, aufgrund einer entsprechend geringeren Fallzahl durch den Wechsel des Betriebsmodus, auf 20 % geschätzt.*

#### Berechnung:

$\text{Kompensierte Quantität} = \text{Quantität} \times (1 - \text{Kompensation}) = 60 \% \times (1 - 20 \%) = 48 \%$

*Damit beläuft sich die neue Quantität auf 48 % (Kompensierte Quantität = Quantität • (1-Kompensation).*

#### **Hinweis**

Beim Ziel der Aufrechterhaltung der medizinischen Versorgung bzw. dem Regelbetrieb (Schutzziel 2 und 3) ist eine Angabe der Reduzierung durch Alternativbetrieb nicht sinnvoll bzw. nicht angebracht. Dies betrifft auch die Abmeldung der Notaufnahme. Daher sollten hier Quantitätsreduzierung von 0 angegeben werden. Eine Ausnahme stellt, wie oben beschrieben das Vorliegen von Redundanzen dar. Bei Redundanzen im Sinne der N-1 Auslegung ist eine Reduzierung auf 0 % anzusetzen.

#### **Hinweis zur „Abmeldung der Notaufnahme“**

Die Thematik der Abmeldung bei der Leitstelle des Rettungsdienstes von der Notfallversorgung ist ein umfänglich diskutiertes Thema. Wenngleich die Abmeldung alltäglich Anwendung in Deutschland findet, handelt es sich um eine rechtlich schwierige Praxis, da u.a. die Aspekte Versorgungsauftrag, Leistungsfähigkeit, Berufspflichten und Haftungen gegenüber zu behandelnden Personen aufeinandertreffen. Zugelassene Krankenhäuser haben hinsichtlich ihres jeweiligen Versorgungsauftrages die Pflicht, eine entsprechende Behandlung durchzuführen (SGB V). Des Weiteren wird durch die Landeskrankenhausgesetze (bspw. Baden-Württemberg u.a.) festgelegt, dass jede Person, die einer stationären Versorgung bedarf, Anspruch auf eine Behandlung in einem geeigneten Krankenhaus hat und die Krankenhäuser im Rahmen ihrer Leistungsfähigkeit und Aufgabenstellung verpflichtet sind, die Aufnahme und Versorgung durchzuführen (LKHG).

Dabei ist in diesem Fall besonders der Aspekt der Leistungsfähigkeit hervorzuheben. Denn bei einer größeren Beeinträchtigung der Trinkwasserversorgung ist auch die Leistungsfähigkeit des Krankenhauses beeinträchtigt und eine adäquate medizinische Betreuung u. U. gefährdet. Liegt eine derartige Leistungseinschränkung vor, besteht ausnahmsweise keine Aufnahmespflicht. Dies entbindet jedoch nicht von der Erstversorgung und Untersuchung eintreffender schwerverletzter Personen vor einer Weiterverlegung (Oberlandesgericht Köln, Urteil vom 19.07.1957). Handelt es sich bei der Notaufnahme zudem um den einzigen Anlaufpunkt für beispielsweise Personen mit Polytrauma, muss die eingeschränkte Funktionsfähigkeit dennoch erhalten bleiben.

### b) Maximal tolerierbare Ausfallzeit (MTA)

Ermittelt wird die Zeit, ab wann die Beeinträchtigung bzw. der Ausfall einer Funktionseinheit zu weiterführenden und nicht zu tolerierenden Schäden kommen kann (Fekete 2011, S. 18; BSI 2009, S. 41).

Erhoben wird hier nicht, wann eine Funktionseinheit bei einem bestimmten Schadenseintritt ausfällt und wie lange. Denn diese Betrachtung würde eine Abhängigkeit von einem bestimmten Szenario bedingen, was möglichst vermieden werden sollte. Dasselbe gilt für die Wiederherstellungszeit, die von Szenario zu Szenario stark abweichen kann.

Die MTA sind je nach Schutzziel zu bewerten. Die Kategorisierung der MTA ist in Tabelle 2 dargestellt. Aus Tabelle 3 geht auch hervor, dass kürzeren MTA einer höheren Kategorie zugewiesen wird, da kurze MTA wenig Vorlaufzeit für die Einleitung von Maßnahmen lassen.

Tabelle 2: Kategorisierung Maximal Tolerierbare Ausfallzeit

Zeit in Stunden	Kategorie
< 0,5	extrem niedrig
0,5 bis < 2	sehr niedrig
2 bis < 4	niedrig
4 bis < 8	eher niedrig
8 bis < 24	mittel
24 bis 48	eher hoch
> 48	hoch
> 96	sehr hoch
> 168	extrem hoch

Bedienungsanleitung  
4.4 Teilschritt 4)

### c) Grad der Abhängigkeit (Nähezentralität, Vernetzungsgrad)

Je höher der Grad der Abhängigkeit anderer FE von der betrachteten FE, desto relevanter ist die betrachtete FE für den Funktionserhalt des Krankenhauses. Damit hat der Grad der Abhängigkeit direkten Einfluss auf die Kritikalität der Funktionseinheiten. Um diesen Grad der Abhängigkeit für die jeweils betrachtete FE zu ermitteln werden zwei Größen herangezogen: Der gewichtete Vernetzungsgrad und die normalisierte harmonische Nähezentralität. Diese münden dann in einer so genannten Gesamtvernetzung.

Diese Größen werden durch das Tool „ATEK-Krankenhaus“ automatisch berechnet. Hierfür sind die Angaben zu den gegenseitigen Abhängigkeiten im Rahmen der ersten Standortanalyse zwingend erforderlich.

Bedienungsanleitung  
4.2

### d) Unsicherheit

Bei Kritikalitätsanalysen sind immer Unsicherheiten zu berücksichtigen. Dazu wird die „Stärke des Wissens“ () bzw. das Wissen allgemein evaluiert und zur Kritikalität hinzugerechnet.

Die Stärke des Wissens ist abhängig von dem Hintergrundwissen des oder der Analysten. Die SoK wird durch die Bewertung der nachfolgenden Aspekte ermittelt (angelehnt an Flage et al. (2014, S. 1203) und Aven (2017, S. 42). Für die Berechnung der Stärke des Wissens wird dazu das geometrische Mittel genutzt.

Bedienungsanleitung  
4.5

#### Hinweis

Die Ermittlung der Unsicherheit erfolgt über ein Pop-Up-Fenster im Tool „ATEK-Krankenhaus“.

**Einschätzung der getroffenen Annahmen bzw. Vereinfachungen**

Tabelle 3: Einschätzung der getroffenen Annahmen und Vereinfachungen

Beschreibung	Einschätzung
Verwendung starker Vereinfachungen	schwach
Verwendung von Vereinfachungen, die den Sachverhalt jedoch hinreichend darstellen	moderat
Verwendung von sehr realistischen Annahmen	stark

**Anzahl und Relevanz/Zuverlässigkeit der verfügbaren Daten und Informationen**

Tabelle 4: Anzahl und Relevanz/Zuverlässigkeit der verfügbaren Daten und Informationen

Beschreibung	Einschätzung
Daten sind nicht verfügbar oder unzuverlässig	schwach
Daten sind verfügbar und bedingt zuverlässig bzw. nur wenige zuverlässige Daten verfügbar	moderat
Zuverlässigen Daten sind vielfach verfügbar	stark

**Grad des Einvernehmens in der Arbeitsgruppe und/oder unter Experten**

Tabelle 5: Grad des Einvernehmens in der Arbeitsgruppe und/oder unter Experten

Beschreibung	Einschätzung
kein Konsens über die betrachtete Thematik	schwach
Kein Konsens, jedoch ein Trend zu bestimmten Meinungen oder Aussagen	moderat
Konsens über die betrachtete Thematik	stark

**Einschätzung, des Verständnisses und dem Vorliegen von Modellen**

Tabelle 6: Einschätzung des Verständnisses des Ereignisses und Vorliegen von Modellen

Beschreibung	Einschätzung
kaum Verständnis / keine oder unzuverlässige Modelle des Ereignisses	schwach
Grundlegendes Verständnis / wenige oder nur bedingt zuverlässige Modelle des Ereignisses	moderat
Gutes Verständnis / Modelle mit ausreichender Präzision des Ereignisses vorhanden	stark

Je niedriger die Stärke des Wissens, desto höher die Auswirkung auf die Kritikalität. Nach Normalisierung der Werte, ergibt sich damit folgende Kategorisierung:

Tabelle 7: Kategorisierung der Stärke des Wissens bzw. Unsicherheit

SoK [0-1]	Kategorie
≤ 0,2	sehr schwach
≤ 0,4	schwach
≤ 0,6	moderat
≤ 0,8	stark
≤ 1	sehr stark

## Ermittlung der Kritikalität

Die Kritikalität umfasst folgenden Wertebereich:

Bedienungsanleitung  
4.6 Teilschritt 6)

Tabelle 8: Wertebereich der Kritikalität

Wertebereich	Kritikalität
$0 \leq Kr \leq 0,4$	wenig Kritisch
$0,4 < Kr \leq 0,6$	leicht Kritisch
$0,6 < Kr \leq 0,7$	moderat Kritisch
$0,7 < Kr \leq 0,8$	kritisch
$0,8 < Kr \leq 1$	sehr kritisch

### Abhängigkeit kritischer FE von der betrachteten FE

Nach der ersten Erhebung der Kritikalität der Funktionseinheiten ist zu prüfen, ob nicht-kritische Funktionseinheiten durch Abhängigkeiten mit kritischen Funktionseinheiten eine hohe Kritikalität erreichen. Denn ist eine als kritisch identifizierte Funktionseinheit A von einer Funktionseinheit B abhängig, so ist B ebenfalls kritischer einzustufen, da die Funktion von A in einem gewissen Maße von B abhängig ist. Diese iterative Anpassung geschieht bei den geltenden Bedingungen automatisch durch das Tool.

#### Beispiel

Die Sterilgutversorgung eines Krankenhauses ist kritisch. Notaufnahme und OP sind zu 100 % von der Sterilgutversorgung abhängig. Dadurch sind Notaufnahme und OP als ebenso kritisch einzusehen, wie die Sterilgutversorgung.

#### Hinweis

Falls keine adäquaten Unterscheidungen hinsichtlich des Grades der Abhängigkeit zwischen den FE erfolgen kann, resultiert daraus ein sehr hoher Anteil kritischer FE (siehe Beispiel oben). Der Bewertung der Abhängigkeit im Rahmen der Standortanalyse (siehe Schritt 4 und 5: Erhebung von Funktionseinheiten und Darstellung der der Abhängigkeiten\*) ist daher von besonderer Relevanz.

#### Hinweis

Ein Vergleich der Kritikalitäten zwischen den Schutzziele ist nicht direkt möglich. Eine z.B. höhere Kritikalität bei Schutzziel 3 sagt nicht aus, dass dieses Schutzziel gewichtiger ist. Vielmehr spiegeln höhere Kritikalitäten unter den Schutzziele höhere Anforderungen an die Funktionsfähigkeit der Funktionseinheiten wider. Ein Vergleich der Kritikalitäten ist jedoch nur innerhalb eines Szenarios möglich.

In die weitere Betrachtung, z.B. die Vulnerabilitätsanalyse der Krankenhausstruktur werden die Funktionseinheiten mit der Kritikalitätskategorie „Kritisch“ oder „Sehr kritisch“ einbezogen. Bezugsgröße sind dabei die Kritikalitätswerte der 10. Ordnung.

#### Hinweis

Die in diesem Leitfaden dargestellten Ergebnisse der im Rahmen des Projektes NOWATER durchgeführten Analyse des AGAPLESION MARKUS KRANKENHAUSES sind als nicht uneingeschränkt repräsentativ anzusehen, da sie u.a. von den Angaben des Krankenhauses, den örtlichen Begebenheiten, der Schutzzieldefinition und dem betrachteten Szenario abhängen. Dementsprechend können für andere Einrichtungen individuell unterschiedliche Ergebnisse aus der Analyse resultieren. Unter Berücksichtigung dieser Einschränkung können die Ergebnisse als Orientierung für andere Einrichtungen herangezogen werden.

Für folgende FE wurden in NOWATER hohe Kritikalitätswerte für Schutzziel 1 (siehe 3.2.1) ermittelt. Diese können auch für andere Einrichtungen als Orientierung herangezogen werden.

Krankenhausfunktionseinheit
Abfallentsorgung
Abwasserentsorgung, Toilettenspülungen
Akutdialyse, Hämodialysegerät
Allgemeine Innere Medizin
Anästhesiologie
Angiographiegerät
Apheresegerät
Aufbereitung von Endoskopen und Bereichsschuhen
Beatmungsgeräte (Langzeit-, Narkose-)
Bildgebende Diagnostik, Radiologie, Röntgen, Sonographie, MRT, CT
Chest-Pain-Unit, Kardiologie, Herzkatheterlabor
Chirurgie, Operation, OP-Roboter, Orthopädie
Endoskopie (gastroenterologisch und urologisch)
Intensivtherapie, Intensivüberwachung
IT
Medikamentenversorgung
Medizinisches Labor
Psychiatrie
Raumlufttechnik, Wärmeversorgung
RDGs, Reinigung, Hygiene, Körperhygiene
Sterilgutversorgung, Dampfsterilisator
Trinkwasserversorgung
Umkehrosmose

Bei der vorliegenden Bewertung wurde der Abhängigkeitsgrad der Funktionseinheiten untereinander durch das Krankenhaus nicht differenziert, sondern eine Abhängigkeit von 100 % angesetzt. Dadurch sind ausschließlich Kompensation, Quantität, MTA, Vernetzung und Unsicherheit in die Kritikalitätsberechnung eingeflossen.

### 3.2.4. Szenarioentwicklung

Ziel ist es, möglichst realistische Szenarien zu entwickeln, die sich gleichzeitig hinsichtlich ihres Beeinträchtigungsgrads der Wasserinfrastruktur unterscheiden. Die Szenarien sollen eine Risikoabschätzung ermöglichen und möglichst präzise Einordnungen in den darauf aufbauenden Analysebestandteilen, wie Vulnerabilitätsanalyse, Plausibilität oder Schadensausmaß zulassen.

Bedienungsanleitung  
5.1. Teilschritt 1)

#### Betrachtete Szenarien im Projekt NOWATER

Im Rahmen des Projektes NOWATER wurden 5 Szenarien definiert, die ein möglichst großes Spektrum unterschiedlicher Einwirkungen auf die Funktionsfähigkeit bzw. Verfügbarkeit der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung in Krankenhäusern abdecken sollen.

Die betrachteten Szenarien werden nachfolgend tabellarisch nach Folgen, Auswirkung, zeitlicher und ggf. räumlicher Ausdehnung, Vorwarnzeit sowie Intensität und Exposition, charakterisiert.

Tabelle 9: Definition des Szenarios „Verunreinigung mit E.Coli-Bakterien“

Szenario 1	Verunreinigung mit E.coli-Bakterien
Folgen	Verwendungseinschränkung
Auswirkung	gesamter Komplex
Zeitl. Ausdehnung	ca. 5 Tage bis zur Freigabe durch das Gesundheitsamt
Auslöser	Einleitung von Fäkalien ins Trinkwassernetz durch ein Fäkalreinigungsfahrzeug der Stadtentwässerung aufgrund eines technischen Fehlers
Vorwarnzeit	keine
Intensität	Kontamination des Trinkwassernetzes durch pathogene coliforme Bakterien in zunächst unbekannter Konzentration. Aufgrund der Nähe zum betrachteten Krankenhaus und der von pathogenen Erregern wie E. coli-Bakterien ausgehenden Gefährdung, wird für das Krankenhaus eine Verwendungseinschränkung für Wasser ausgesprochen. Lediglich die Nutzung der Toiletenspülungen bleibt zulässig. Die Einschränkungen beziehen sich auf die gesamte Einrichtung.
Exposition	Die geltende Verwendungseinschränkung bezieht sich auf alle Funktionseinheiten des Krankenhauses, in denen Wasser medizinische, hygienische oder Ernährungszwecke erfüllt bzw. eine entsprechende Belastung zu einer gesundheitlichen Gefährdung von Menschen führen kann. Das Wasserentsorgungssystem bleibt von den Ereignissen unberührt. Neben den medizinischen Einrichtungen ist eine Betroffenheit der umliegenden, an die Eindringstelle angeschlossenen Wohngebäude zu erwarten. Dies wurde im Rahmen des Projektes jedoch nicht betrachtet.

Tabelle 10: Definition des Szenarios "Kontamination mit unbekannter Chemikalie"

Szenario 2	Kontamination mit unbekannter Chemikalie
Folgen	Verwendungseinschränkung
Auswirkung	gesamter Komplex
Räuml. und zeitl. Ausdehnung	Meldungen lassen eine weitläufige Kontamination, mindestens in 2 Stadtteilen vermuten. Betroffen sind das Krankenhaus und mindestens 100 Haushalte. Die Dauer der Beeinträchtigung kann aufgrund der Unkenntnis hinsichtlich der Art des eingetragenen Stoffes nicht exakt abgeschätzt werden. Als Richtwert wird in Anlehnung an ein Referenzereignis von <b>7 Tagen</b> ausgegangen.
Auslöser	Starke Schaum- und Geruchsbildung des Trinkwassers bei Entnahme aus den Wasserarmaturen. Die Ursache ist vorerst unklar. Vermutet wird der Eintrag eines unbekanntem chemischen Stoffes in das öffentliche Trinkwassernetz.
Vorwarnzeit	keine
Intensität	Das Trinkwasser weist eine so hohe Kontamination mit noch unbekanntem Stoff auf, dass Veränderungen durch das bloße Auge erkennbar sind (Schaum- und Geruchsbildung). Das Gesundheitsamt ordnet eine Verwendungseinschränkung des Trinkwassers im Rahmen der Ernährung und für die Körperhygiene an. Das Krankenhaus kann darüber hinaus die Auswirkungen auf die medizinischen und technischen Anlagen nicht einschätzen, weshalb die Verwendung des kontaminierten Wassers ausgeschlossen wird. Es muss von einer Kontamination des Krankenhaustrinkwassernetzes ausgegangen werden, da auch dort Schaum- und Geruchsbildung nachgewiesen werden kann. Es erfolgt eine Prüfung, ob das kontaminierte Wasser bereits konsumiert oder eingesetzt wurde und ob sich dadurch gesundheitliche Folgen ergeben.
Exposition	Innerhalb des Krankenhauses sind alle wasserversorgten Bereiche betroffen

Tabelle 11: Definition des Szenarios "Wasserrohrbruch"

Szenario 3	Wasserrohrbruch
Folgen	Stilllegung betroffener Leitungen
Auswirkung	Einzelne Gebäude
Räuml. und zeitl. Ausdehnung	Um 8:30 Uhr reißt der eingesetzte Kompaktbagger eine Wasserleitung hinter der Übergabestelle aus dem öffentlichen Trinkwassernetz aus der Erde. Bis zur Behebung des Schadens und der Freigabe zur Wiederinbetriebnahme vergehen <b>mind. 72 Stunden</b> .
Auslöser	Im Zuge von Erweiterungsarbeiten an der Zufahrt des Krankenhauses wird mangels exakter Kenntnisse über den Verlauf der unterirdischen Wasserleitungen ein wasserführendes Rohr angehoben und schwer beschädigt.
Vorwarnzeit	keine
Intensität	Der Leitungsumfang und damit die maximal austretende Wassermenge sind zu Beginn nicht bekannt. Die betroffene Ringleitung muss zur Reparatur drucklos geschaltet werden, da keine Möglichkeit zum partiellen Abschiebern der Schadstelle besteht. Die Wasserversorgung in diesem Abschnitt kommt dadurch zum Erliegen. Die Abwasserentsorgung bleibt vom Ereignis weitgehend unberührt.
Exposition	Da sich die schadhafte Stelle im Ringleitungsnetz des Krankenhauses befindet, sind vom Versorgungsausfall die daran angeschlossenen Gebäude betroffen. Aufgrund fehlender Verbindungselemente ist über das zweite Leitungssystem des Krankenhauses, welches unabhängig von der Ringleitung ist, keine Ersatzversorgung möglich. Alle Funktionseinheiten in den Gebäuden am Ringleitungsnetz sind auf Alternativversorgung angewiesen.

Tabelle 12: Definition des Szenarios "Lokaler Starkregen mit Abwasserentsorgungsausfall"

Szenario 4	Lokaler Starkregen mit Abwasserentsorgungsausfall
Folgen	Abwasserrückstau
Auswirkung	gesamter Komplex
Räuml. und zeitl. Ausdehnung	Beginn der Regenfälle ca. 18:00 Uhr mit einer Periode definierten Niederschlags über 4 Stunden. Nach einer Abklingzeit von 1 Stunde kann mit der Behebung des Defekts begonnen werden (weitere 72 h). Ingesamte Beeinträchtigung also <b>ca. 77 Stunden</b> .
Auslöser	Lokales Starkregenereignis, welches mechanische Schäden an der Übergabestelle vom Krankenhaus zum städtischen Abwassernetz verursacht.
Vorwarnzeit	Der DWD räumt ein, dass Detailprognosen meist max. 1 Stunde zuvor bekannt sind (Herold 2017, 2020). Daher wird davon ausgegangen, dass lediglich eine „Markante Wetter“-Warnung (mit erwarteten 20 l/m <sup>2</sup> innerhalb von sechs Stunden) 3 Stunden vor Beginn des Ereignisses erlassen wurde.
Intensität	Es wird von einer Regenmenge von ca. 60 l/m <sup>2</sup> und Stunde ausgegangen. Dabei wird zunächst das städtische Abwassersystem geflutet, woraufhin sich nicht mehr abführbare Wassermassen auf versiegelten Flächen sammeln. Die Wassermassen üben Druck auf die unterirdische Abwasserinfrastruktur aus. Dies führt zu einer Ansammlung des in der Einrichtung selbst anfallenden Abwassers, wodurch ca. 2 Stunden nach Einsetzen des Starkregens ein Rohrleitungsabschnitt am Abwasserknotenpunkt versagt. Ausgehend vom entstandenen Defekt ist ein Abfluss des Krankenhausabwassers und Regenwassergemisches nicht mehr möglich. Zum anderen werden die Rückstausicherungen stark beschädigt. Das Entsorgungssystem fällt bis zur Wiederinstandsetzung des Kanalknotenpunkts und der Rückstausicherung aus. Aufgrund des kollabierten, aber befüllten Abwasserrohres und der beschädigten Rückflussverhinderer, kann jedes weitere Abführen von Abwasser zu einem Eindringen von Abwasser in das Klinikgelände führen.
Exposition	Der Ausfall der Entsorgung betrifft das gesamte Klinikum. Die Trinkwasserversorgung bleibt erhalten.

Tabelle 13: Definition des Szenarios "Großflächiger Stromausfall"

Szenario 5	Großflächiger Stromausfall
Folgen	Ausfall öffentlicher Hebewerke und nicht notstromversorgte Technik der hauseigenen Wasserver- und Entsorgung
Auswirkung	gesamter Komplex
Räuml. und zeitl. Ausdehnung	Um 7 Uhr fällt die Stromversorgung in 2 Stadtteilen aus. Die Behebung nimmt <b>mindestens 24 Stunden</b> in Anspruch.
Auslöser	Während Bauarbeiten wird durch eine falsch gesetzte Bohrung ein Stromkabel beschädigt.
Vorwarnzeit	keine
Intensität	Die Stromversorgung fällt im Bereich des Krankenhauses aus. Durch die Lage an einem tiefergelegenen Punkt der Stadt wird davon ausgegangen, dass die Wasserversorgung über den Gefälledruck aufrechterhalten wird. Falls jedoch hauseigene Druckerhöhungsanlagen oder andere wasser- bzw. abwasserrelevante Bereiche nicht an die Notstromversorgung des Krankenhauses angeschlossen sind, fallen diese aus.
Exposition	Abhängig von der Leistungsfähigkeit der hauseigenen Wassertechnik sind Stockwerke aller Krankenhausgebäude ab einer festzustellenden Höhe von Ausfällen der Wasserversorgung betroffen. Der Ausfall der öffentlichen Hebewerke ist für die gesamte Klinik zu berücksichtigen. Während des Ausfalls kann in beiden Stadtteilen zudem nicht auf die reguläre Stromversorgung zugegriffen werden.

**Hinweis**

Das Szenario eines terroristisch motivierten Anschlages wurde bewusst nicht im Rahmen des Projektes NOWATER betrachtet. Für die Bewertung von gezielten Angriffen auf die Wasserversorgung (z.B. Sabotage, Terrorismus) ist die vorliegende Methodik nur begrenzt geeignet, da Kritikalitäten von Funktionseinheiten oder Netzkomponenten in einem anderen Kontext zu bewerten sind, bspw. vor dem Hintergrund der Attraktivität als Ziel. Analog verhält es sich mit der Vulnerabilität, deren Bewertungsparameter um die Betrachtung weiterer Maßnahmen, bspw. Schutzsysteme gegen Eindringen oder Überwachungstechnologien, zu erweitern wären.

**Entwicklung weiterer Szenarien**

Sind für einen Standort weitere oder andere Szenarien relevant, werden diese nach dem folgendem Ablauf gemäß Abbildung 6 erarbeitet:

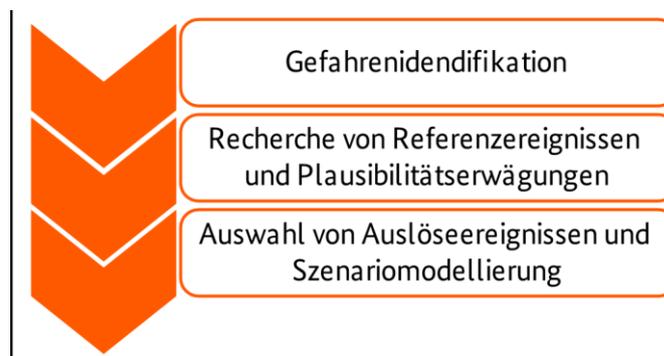


Abbildung 6: Methodischer Ansatz bei der Entwicklung von Szenarien angelehnt an BBK (2008, S. 41–48)

**Schritt 1: Gefahrenidentifikation**

Für den vorliegenden Anwendungsfall sind die zu betrachtenden Gefahren vordefiniert (vgl. 3.2.1). Eine grundsätzliche Herangehensweise zur Analyse relevanter Gefahren im medizinischen Bereich kann dem Leitfaden zum „Schutz Kritischer Infrastruktur: Risikomanagement im Krankenhaus“ (BBK 2008, S. 43f.) entnommen werden.

### Schritt 2: Referenzereignisse

Nach der Gefahrenidentifikation sind für die Entwicklung weiterer Szenarien entsprechende Referenzereignisse heranzuziehen, bspw. durch Analyse von realen Ereignissen. Die Ergebnisaufstellung muss keinen Anspruch auf Vollständigkeit besitzen. Vielmehr sollen Darstellung und Analyse von exemplarischen Einzelfällen einen Eindruck von realistischen Vorfällen geben. Durch die gewonnenen Erkenntnisse wird die Plausibilität der ausgewählten und damit der Risikoanalyse zugrundeliegenden Modellierungen erhöht bzw. gestärkt wird.

### Schritt 3: Auswahl von Auslöseereignissen und Szenariomodellierung

Durch die aus dem vorangegangenen Prozess gewonnenen Erkenntnisse wird die Auswahl möglichst plausibler Szenarien sowie eine realitätsnahe Beschreibung von deren Verläufen angestrebt. Bei der Modellierung wird vorausgesetzt, dass die angenommenen Bedingungen den Erhalt der zuvor formulierten Schutzziele gefährden. Um dies zu erreichen, wird sich an der Grenze des denkbaren, auf Grundlage der recherchierten Referenzereignisse orientiert. Es kann sogar sinnvoll sein, über diese Ereignisse hinauszugehen. Die folgende Tabelle enthält Aspekte sowie Leitfragen, an denen sich die Beschreibung der Szenarien orientieren sollte.

Tabelle 14: Parameter zur Szenarienmodellierung

Parameter	Leitfragen
<b>Gefahr und Auslöser</b>	Welche Ereignisart wird betrachtet? Wodurch wird das Ereignis ausgelöst?
<b>Räumliche und zeitliche Ausdehnung, Zeitpunkt</b>	Wo passiert das Ereignis und was ist allgemein betroffen? Wann tritt das Ereignis ein? Wie lange dauern das Ereignis und die Auswirkungen an?
<b>Vorwarnzeit</b>	Ist das Ereignis erwartbar/vorhersagbar? Wenn ja, welche Vorwarnzeit besteht?
<b>Intensität</b>	Welche Intensität besitzt das Ereignis bzw. wie stark sind die Auswirkungen?
<b>Exposition und Betroffenheit</b>	Welche Bereiche sind exponiert? Wie stark sind die Bereiche betroffen?

#### 3.2.5. Plausibilität der Szenarien

Die Plausibilitätsprüfung der Szenarien ist für die Risikoermittlung sowie Einschätzung und damit für die Priorisierung der Notfallvorsorgeplanung relevant. Das Konzept der Plausibilität wird gewählt, da Eintrittswahr-

Bedienungsanleitung  
5.3

scheinlichkeiten. Die Plausibilitätsprüfung der Szenarien ist für die Risikoermittlung sowie Einschätzung und damit für die Priorisierung der Notfallvorsorgeplanung relevant. Das Konzept der Plausibilität wird gewählt, da Eintrittswahrscheinlichkeiten oftmals das Problem der statistischen und epistemischen Unsicherheit aufweisen. Die dafür herangezogenen Daten sind oft unpräzise und unvollständig. Die Sammlung zuverlässiger Daten ist jedoch eines der Hauptprobleme im Bereich der zuverlässigen Analysen. Neben der Unsicherheit, besteht bei Ereignissen mit niedriger Eintrittswahrscheinlichkeit und hohem potentiellen Schadensausmaß das Problem in der Entscheidungsfindung. Diese Ereignisse werden oft als „Black Swan“ oder „Fat-Tail-Events“ bezeichnet und ungerechtfertigt nicht in Risikoanalysen einbezogen, das heißt ggf. bestehende Risiken werden ausgeblendet.

#### Parameter der Plausibilität

Die Plausibilitätsprüfung berücksichtigt folgende Parameter:

### a) Begründbarkeit durch Argumentation

Eine Argumentation liegt vor, wenn [...] aus einem Argument oder mehreren Argumenten unter Anwendung einer Schlussregel eine Schlussfolgerung oder These gezogen wird bzw. wenn eine Hypothese mit Bezug auf ein Argument oder mehrere Argumente unter Anwendung einer Schlussregel gestützt wird.“ (Winko 2015, S. 490). Dabei ist wichtig, dass gezeigt wird, dass ein entsprechendes Szenario schon einmal stattgefunden hat und die analysierende Person Kenntnis darüber besitzt. Die Bewertung und Klassifizierung der Begründung durch Argumentation, erfolgt Tabelle 15.

Tabelle 15: Klassifizierung der Argumentation

Beschreibung	Klassifizierung
Kein Fall eines ähnlichen Szenarios benannt. Keine Nennung von Ereignissen zur Ableitung von Parallelen. Begründung für die Annahme des Szenarios ist nicht oder nur unzureichend vorhanden. Somit keine strukturierte, logische und aufeinander aufbauende Begründung. Viele Lücken in der Argumentation. Ableitung des Szenarios hauptsächlich auf Basis unbegründeter Annahmen. Detailtiefe des hergeleiteten Szenarios unzureichend und nur auf den unbegründeten Annahmen basierend.	mangelhafte Argumentation
Bekannte Fälle eines ähnlichen Szenarios international und/oder Nennung von Ereignissen zur Ableitung von Parallelen. Begründung baut aufeinander auf, ist weitestgehend logisch und zumeist gut strukturiert. Es gibt einige wenige Lücken in der Begründung. Ableitung des Szenarios auf Basis der zuvor erfolgten Begründung. Einige Annahmen. Ausreichende Detailtiefe des Szenarios basierend auf Annahmen und den hergeleiteten Szenario Komponenten.	befriedigende Argumentation
Das betrachtete Szenario ist bereits in einem vergleichbaren Bezugsgebiet eingetreten. Gut strukturierte, logische und aufeinander aufbauende Begründung. Klare Ableitung des Szenarios auf Basis der zuvor erfolgten Begründungen. Nur sehr wenige unbegründete Annahmen. Hohe Detailtiefe des Szenarios basierend auf hergeleiteten Szenario Komponenten.	gute Argumentation

### b) Überzeugtheit durch Wissenshintergrund

Die Überzeugtheit ergibt sich aus der Argumentation und dem Hintergrundwissen der analysierenden Person (Winko 2015, S. 495). Die Bewertung erfolgt anhand eines Vergleiches der Argumente/Schlussfolgerungen der Szenarienherleitung mit den eigenen Hintergrundinformationen (siehe Tabelle 16).

Tabelle 16: Klassifizierung der Überzeugtheit

Beschreibung	Klassifizierung
Hintergrundinformationen decken sich nicht mit der Szenarioherleitung. Durch Fachpersonen liegt keine Einschätzung der Plausibilität vor oder es wird keine Gefährdung durch das Szenario angenommen.	mangelhafte Überzeugtheit
Hintergrundinformationen decken sich teilweise mit der Szenarioherleitung. Teilweise besteht Konsens zur Plausibilität der Szenarien unter Fachpersonen. Dabei wird weitestgehend eine Gefährdung durch das Szenario angenommen.	befriedigende Überzeugtheit
Die Hintergrundinformationen decken sich mit der Szenarioherleitung. Es besteht weitestgehend Konsens zur Plausibilität der Szenarien unter Fachpersonen. Zudem wird eine hohe Gefährdung erwartet.	gute Überzeugtheit

### c) Eintrittswahrscheinlichkeit (statistisch nicht signifikant)

Im vorliegenden Kontext beschreibt die Eintrittswahrscheinlichkeit keine statistisch signifikante Aussage, wie oft ein Ereignis in einem bestimmten Zeitraum aufgetreten ist, sondern, ob bereits entsprechende Einzel- bzw. Regelereignisse eingetreten sind. Es wird davon ausgegangen, dass die Plausibilität

durch das belegbare Eintreten von ähnlichen Ereignissen in der Vergangenheit steigt. In die Betrachtung sind Szenarien einzubeziehen, die in den **letzten 10 Jahren** national auf Krankenhäuser gewirkt haben. Die Klassifizierung erfolgt nach Tabelle 17.

Tabelle 17: Klassifizierung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Beschreibung	Klassifizierung
Weniger als 1 mal in 10 Jahren	sehr geringe Wahrscheinlichkeit
1 mal in >5 bis 10 Jahren	geringe Wahrscheinlichkeit
1 mal in > 1 bis 5 Jahren	mittlere Wahrscheinlichkeit
1 mal in > 6 Monaten bis 1 Jahr	hohe Wahrscheinlichkeit
Mehr als 1 mal in 6 Monaten	sehr hohe Wahrscheinlichkeit

### Ermittlung der Plausibilität

Zur Ermittlung der Plausibilität und um Unsicherheiten beispielsweise durch Annahmen oder Schätzungen gerecht zu werden, wurde im Rahmen des NOWATER Projektes die sogenannte Fuzzy-Logik angewendet. In Anhang I sind die Zugehörigkeitsfunktionen für eine Durchführung der Fuzzy-Logik dargestellt. Eine Abschätzung der Plausibilitätsstufe ohne Durchführung der Fuzzy-Analyse kann über Anhang II erfolgen.

#### Hinweis

Die im Projekt NOWATER definierten Szenarien wurden bereits einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Die Plausibilitätswerte sind im NOWATER-Toolset implementiert und können entsprechend übernommen werden.

Für die in NOWATER betrachteten Szenarien ergeben sich folgende Plausibilitäten (siehe Tabelle 18).

Tabelle 18: Plausibilitäten der in NOWATER definierten Szenarien

Szenario	Eintrittswahrscheinlichkeit	Argumentation	Überzeugtheit	Plausibilität
1. Verunreinigung mit E.coli-Bakterien	mittel	gut	gut	plausibel (0,835)
2. Kontamination mit unbekannter Chemikalie	mittel	gut	gut	plausibel (0,82)
3. Wasserrohrbruch	mittel	befriedigend	gut	moderat plausibel (0,596)
4. Lokaler Starkregen mit Abwasserentsorgungsausfall	mittel	gut	befriedigend	plausibel (0,751)
5. Großflächiger Stromausfall	gering	gut	gut	plausibel (0,646)

### 3.2.6. Vulnerabilitätsanalyse

Die Vulnerabilität bzw. Verwundbarkeit beschreibt die anzunehmende Schadensanfälligkeit einer FE gegenüber einem Ereignis (BBK 2010, S. 60) und dient als einer der wichtigsten Priorisierungsparameter des Maßnah-

Bedienungsanleitung  
5.1

menbedarfs im Rahmen der Notfallvorsorgeplanung. Es werden alle FE, die im Rahmen der Kritikalitätsanalyse als mindestens „kritisch“ identifiziert wurden, in der Vulnerabilitätsanalyse betrachtet und

evaluiert. Eine Vulnerabilitätsanalyse ist, aufgrund ihres szenarioabhängigen Charakters für jedes definierte Szenario separat durchzuführen.

### Durchführung der Vulnerabilitätsanalyse

Das Vorgehen der Vulnerabilitätsanalyse besteht aus 6 Schritten (siehe Abbildung 7). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Maßnahmen der Gefahrenabwehr oder der Notfallplanungen nicht berücksichtigt werden (z.B. Maßnahmen, die im Rahmen der Krankenhausalarm- und Einsatzplanung festgelegt sind oder Einsatz von Wassertransportfahrzeugen etc.).

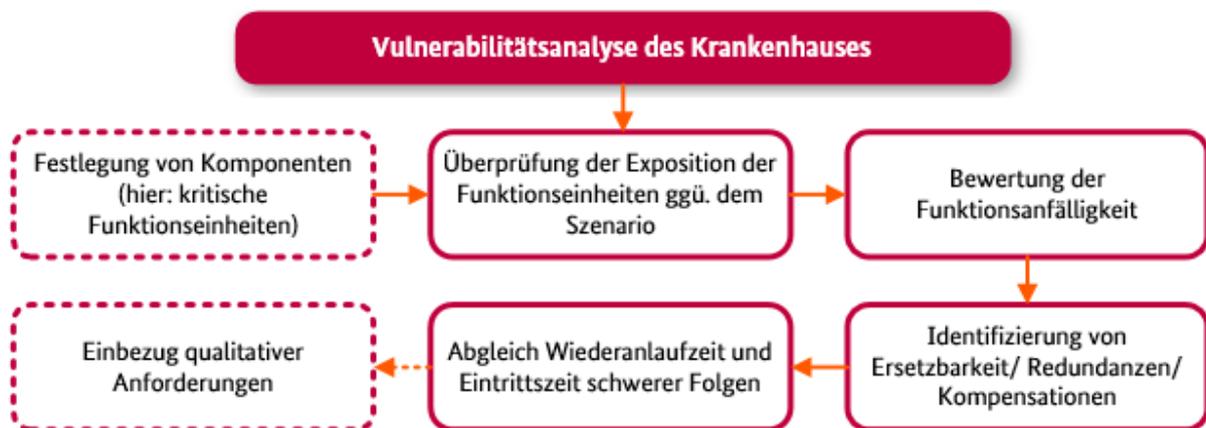


Abbildung 7: Vorgehen Vulnerabilitätsanalyse

#### Schritt 1: Festlegung der zu analysierenden Komponenten

Dieser Schritt wird durch die Durchführung der Kritikalitätsanalyse erfüllt. Dadurch werden nur die relevanten Funktionseinheiten in der Vulnerabilitätsanalyse betrachtet.

Bedienungsanleitung  
5.1 Teilschritt 2)

#### Hinweis

Im NOWATER-Toolset kann nach Abschluss der Kritikalitätsanalyse die Importfunktion genutzt werden, um die kritischen Funktionseinheiten der Vulnerabilitätsanalyse zu unterziehen, so dass keine erneute Erfassung der FE und manuelle Eingabe der Kritikalitäten erforderlich ist.

#### Schritt 2: Überprüfung der Exposition

Die Exposition beschreibt, ob ein Schutzgut Umgebungseinflüssen, z.B. einer Gefahr, ausgesetzt ist (BBK 2019, S. 20). Durch das betrachtete Szenario wird festgelegt bzw. ableitbar, welche Funktionseinheiten von dem Ereignis direkt oder indirekt betroffen sind. Liegt keine Exposition vor, liegt auch keine Verwundbarkeit vor und die Verwundbarkeitsanalyse ist abgeschlossen. Bei vorliegender Exposition wird mit dem folgenden Schritt fortgefahren.

Bedienungsanleitung  
5.1 Teilschritt 3)

#### Schritt 3: Untersuchung der Funktionsanfälligkeit

Es wird überprüft, ob das Ereignis die jeweils betrachtete Funktionseinheit beeinträchtigt. In diesem Fall ist eine Abhängigkeit der Funktionseinheiten von der Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung zu prüfen.

Bedienungsanleitung  
5.1 Teilschritt 4)

Es kann des Weiteren untersucht werden, inwieweit die Dienstleistung/Wassernutzungsart, von der eine Abhängigkeit besteht, für den Betrieb wesentlich ist, indem die zuvor angegebenen, prozentualen Abhängigkeiten (siehe Standortanalyse Teil 1) überprüft werden. Ist die Abhängigkeit unwesentlich, so kann ggf. ein Wasserbedarf verneint werden. Abschließend ist zu betrachten, ob bei Wegfall der Wassernutzung über die Szenariodauer hinweg eine Funktionsanfälligkeit resultiert. Hierfür können die maximal tolerierbaren Ausfallzeiten (siehe 3.2.3 b)) herangezogen werden.

**Hinweis**

Extern zugeliefertes, abgepacktes Wasser, das für Prozesse innerhalb einer Funktionseinheit notwendig ist, sollte ebenfalls berücksichtigt werden..

Wurde eine Abhängigkeit von einer intakten Wasserver- und Abwasserentsorgung identifiziert, gilt diese Funktionseinheit als funktionsanfällig (Sonderfälle unten beachten).

**Beispieleinschätzung der Funktionsanfälligkeit**

*a) Die Abhängigkeit von Funktionseinheiten ist gering*

Die Tafelwasseranlage eines Beispielkrankenhauses ist an das Trinkwassernetz angeschlossen und hinsichtlich Einschränkungen der Trinkwasserversorgung unmittelbar funktionsanfällig. In einer FE wird die Tafelwasseranlage genutzt, jedoch ist die Abhängigkeit nur gering und ein Ausfall hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Funktion der FE. Für die FE kann daher „Nein“ bzgl. der Funktionsanfälligkeit angegeben werden.

*b) Die Abhängigkeit von Funktionseinheiten ist signifikant*

Angenommen eine FE ist stark von der Tafelwasseranlage abhängig, so ist zu prüfen, ob ein kurzfristiger Ausfall unterhalb der MTA einen relevanten Einfluss der Funktionsfähigkeit der FE hat. Wird z.B. festgestellt, dass innerhalb einer Szenariodauer von 24 Stunden wesentliche negative Effekte durch den Ausfall der Tafelwasseranlage entstehen (MTA der Tafelwasseranlage = 8-12 Stunden), so ist eine Funktionsanfälligkeit der FE gegeben.

Abbildung 8 zeigt den Gesamtablauf zur Einschätzung der Funktionsanfälligkeit.

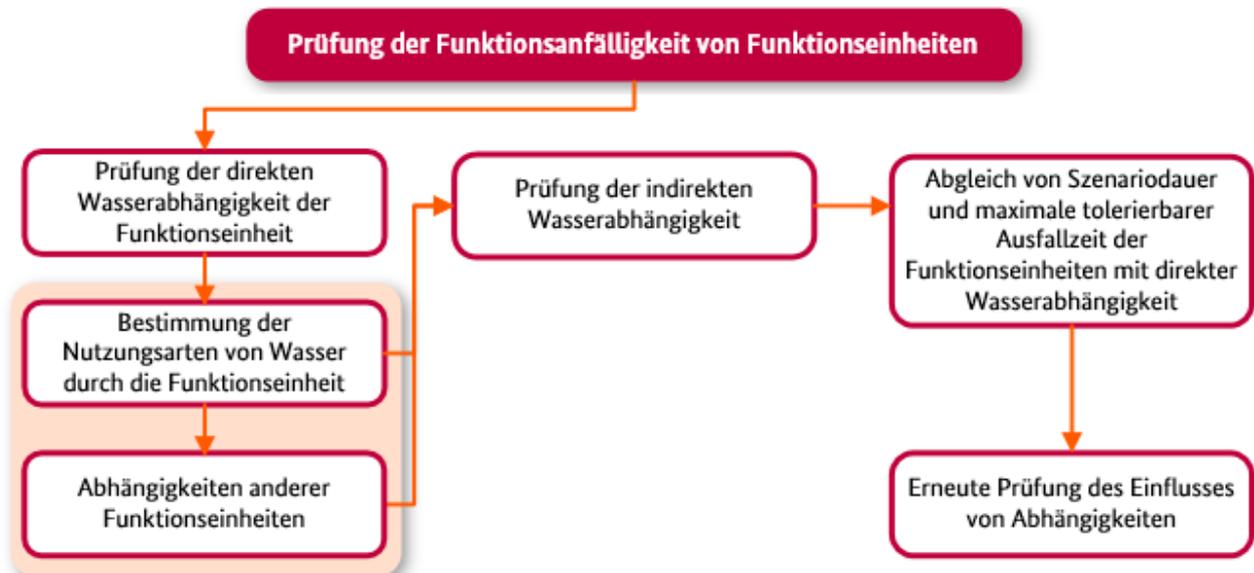


Abbildung 8: Schritte zur Prüfung der Funktionsanfälligkeit

**Sonderfall: Einfluss der Wasserqualität**

Bei einer Verunreinigung reicht eine Prüfung der Wasserabhängigkeit nicht aus. Es ist zu untersuchen, ob die Funktionseinheiten tatsächlich durch die dann vorliegende Wasserqualität negativ beeinflusst werden. Hier sind Einzelprüfungen abseits der hier vordefinierten Analyseregeln notwendig.

**Beispiel: Einfluss der Wasserqualität**

Für eine FE besteht eine hohe Abhängigkeit von der Versorgung mit vollentsalztem Wasser. Die Anlage zur Herstellung von vollentsalztem Wasser kann durch eine Verunreinigung nicht die benötigte Qualität liefern. Dadurch ist dieses Wasser in der FE nicht mehr nutzbar, d.h. es liegt eine Funktionsanfälligkeit der FE gegenüber dem betrachteten Szenario vor.

Dieses Beispiel zeigt die Notwendigkeit der simultanen Bearbeitung der hier dargestellten Verwundbarkeitsanalyse und der Verwundbarkeitsanalyse im Bereich der Wassernetze.

**Sonderfall: Einfluss der Stromversorgung**

Bei dem Szenario „Stromausfall“ sind die Ergebnisse der zweiten Standortanalyse und der Verwundbarkeitsanalyse der Komponenten der Wassernetze (FEW) einzubeziehen. Anschließend ist zu prüfen, inwieweit ein Stromausfall die Wasserver- und Abwasserentsorgung beeinflusst und ob dies zu einer Beeinträchtigung der Funktionseinheiten führen kann.

**Beispiel: Einfluss der Stromversorgung**

In einem Gebäude sind für die Wasserversorgung des obersten Stockwerks, in dem die Chirurgie untergebracht ist, Druckerhöhungsanlagen notwendig. Die Druckerhöhungsanlagen sind abhängig von einer funktionierenden Stromversorgung, was bei einem Stromausfall zu einer potentiellen Beeinträchtigung der Wasserversorgung führen kann. Eine Notstromversorgung wird in diesem Schritt nicht betrachtet. Damit liegt für die Funktionseinheit „Chirurgie“ eine Funktionsanfälligkeit vor.

Liegt für die betrachtete FE keine Funktionsanfälligkeit vor, ergibt sich eine geringe Vulnerabilität. Bei vorliegender Funktionsanfälligkeit wird mit dem nächsten Schritt fortgefahren.

**Schritt 4: Bestimmung der Ersetzbarkeit, Redundanzen und Kompensation**

Betrachtet werden Ersetzbarkeit und Redundanzen im Bereich der Trinkwasserver- und Abwasserentsorgung und zur Kompensation des Wasserbedarfs der jeweiligen FE, die eine Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit im Alltagsgeschäft, ermöglichen. Das heißt, dass diese Maßnahmen und Redundanzen **nicht Bestandteile der Notfall(vorsorge)planung sind**. Maßnahmen zur notfallmäßigen Ersetzbarkeit bzw. Kompensation werden zu einem späteren Zeitpunkt betrachtet.

Bedienungsanleitung  
5.1 Teilschritt 5) und 8)

**Hinweis**

Einbezogen werden können ausschließlich Redundanzen und Ressourcen zur Kompensation, die nicht durch das betrachtete Szenario betroffen sind. Es sind nur Maßnahmen einzubeziehen, die im Kontext des jeweiligen Szenarios technisch und organisatorisch umsetzbar sind und sich auf die Trinkwasserver- bzw. Abwasserentsorgung der Funktionseinheiten beziehen (siehe Standortanalyse Teil 2). Nicht betrachtet werden Redundanzen der Funktionseinheiten selbst, z.B. mehrere gleichzeitig nutzbare CTs.

Einbezogen werden können auch alternative Betriebsmodi der Funktionseinheiten.

Je nach Schutzziel können Maßnahmen u.U. nicht einbezogen werden. Zum Beispiel kann bei Aufrechterhaltung der medizinischen Versorgung eine Verschiebung elektiver Eingriffe keine Ersetzbarkeit darstellen. Es ist dann „Nein“ zu wählen. Außerdem sind nur solche Maßnahmen aufnehmbar, die einen realen Effekt erzielen, z.B. kann die Verhinderung von Neuaufnahmen bei Belegung der Stationen nur eine marginale Wirkung entfalten.

**Beispiel mit Analysehinweis**

Ist ein Gebäude neben der Anbindung an die öffentliche Trinkwasserversorgung mit einem autarken, ausreichend leistungsstarken und qualitativ einwandfreiem Brunnen ausgestattet, so weisen alle Funktionseinheiten in dem Gebäude eine Redundanz auf.

### Schritt 5: Abgleich der Wiederanlaufzeit mit der MTA

Da Ersetzbarkeiten/Kompensationen keine Redundanzen im Sinne der N-1 oder aktiven N+1 Auslegung darstellen, benötigen diese ggf. Zeit, bis sie ihre Wirkung entfalten. Diese hier als „Wiederanlaufzeit“ bezeichnete Zeit, bis sie ihre Wirkung entfalten. Diese als „Wiederanlaufzeit“ bezeichnete Zeit ist zu erheben und mit der erho-benen maximal tolerierbaren Ausfallzeit (Zeit bis zum Eintritt schweren Folgen) zu vergleichen.

Bedienungsanleitung  
5.1 Teilschritt 6)

#### Hinweis

Eine Zeitüberschreitung ist zu deuten als: Die Ersetzbarkeit/Kompensation ist nicht vorhanden.

#### Beispiel

##### a) Wiederanlaufzeit < MTA

Zeit bis zum Eintritt schwerer Folgen (MTA) einer FE: 20 min

Wiederanlaufzeit : 5 min

##### b) Wiederanlaufzeit > MTA

Zeit bis zum Eintritt schwerer Folgen (MTA) einer FE: 20 min

Wiederanlaufzeit : 25 min

### Schritt 6: Einbezug der Wasserqualität

Szenarien, die eine Änderung der Wasserqualität zur Folge haben, bedürfen dem Einbezug der Anforderungen an die Wasserqualität der FE. Berücksichtigt werden lediglich „sehr hohe“ qualitative Anforderungen.

Bedienungsanleitung  
5.1 Teilschritt 7)

#### Hinweis

Beeinträchtigt ein Szenario die Wasserqualität und bestehen für die FE sehr hohe Anforderungen an die Wasserqualität, erhöht sich die Vulnerabilität eine Klasse bis maximal Klasse 5. Die Betrachtung entfällt, sofern zuvor bereits eine sehr hohe Vulnerabilitätsklasse ermittelt wurde.i

### Ermittlung der Vulnerabilität

Die Vulnerabilität ergibt sich über das in Abbildung 9 dargestellte Ablaufschema. Die Klassifizierung erfolgt von keine (Klasse 1) bis sehr hohe Vulnerabilität (Klasse 5).



Abbildung 9: Bestimmung der Vulnerabilität der Funktionseinheiten

Gemäß diesem Vorgehen ergeben sich Regelsets für die jeweiligen Vulnerabilitätsklassen (Tabelle 19).

Tabelle 19: Vulnerabilitätsklassen und zugehörige Regelsets

Regelsets	Farbe	Klasse	Vulnerabilität
Exposition=Nein		1	keine
Exposition=Ja Funktionsanfälligkeit= Nein		2	gering
Exposition=Ja Funktionsanfälligkeit= Ja Wiederherstellungszeit = Ja Vollständige Ersetzbarkeit/Kompensation Wiederanlaufzeit: Ja		3	moderate
Exposition=Ja Funktionsanfälligkeit= Ja Teilweise Ersetzbarkeit/Kompensation Wiederanlaufzeit: Nein		4	hoch
Exposition=Ja Funktionsanfälligkeit= Ja Vollständige Ersetzbarkeit/Kompensation Wiederanlaufzeit: Ja <b>oder</b> Exposition=Ja Funktionsanfälligkeit= Ja Teilweise Ersetzbarkeit/Kompensation Wiederanlaufzeit: Ja <b>oder</b> Exposition=Ja Funktionsanfälligkeit= Ja Keine Ersetzbarkeit/Kompensation		5	sehr hoch
Ab sehr hoher qualitativer Wasseranforderung erhöht sich die Vulnerabilitätsklasse bis maximal Klasse 5		+1	Sonderregel Qualität

Für folgende FE wurden mindestens bei einem Szenario hohe bis sehr hohe Verwundbarkeiten für das NOWATER Schutzziel 1 ermittelt. Diese können auch für andere Einrichtungen als Orientierung herangezogen werden.

Krankenhausfunktionseinheit	Szenario E.coli	Szenario Chemikalie	Szenario Rohrbruch	Szenario Starkregen	Szenario Stromausfall
Akutdialyse, Hämodialysegerät	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
Allgemeine Innere Medizin	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
Anästhesiologie	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
Apheresegerät	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
Aufbereitung Endoskope, Bereichsschuhe	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
Bildgebende Diagnostik Radiologie	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
Chest-Pain-Unit, Kardiologie	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
Endoskopie (gastroenterol., urol.)	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
Intensivtherapie, -überwachung	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
Körperhygiene	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
Medikamentenversorgung	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
Medizinisches Labor	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
Operation	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
Reinigung	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
Sterilgutversorgung	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
Trinkwasserversorgung	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Hoch	Sehr hoch
Herzkatheterlabor	Sehr hoch	Sehr hoch	Hoch	Hoch	Hoch
RDGs	Mittel	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
Toilettenspülungen	Mittel	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
Umkehrosmose	Mittel	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
Chirurgie, Orthopädie	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch
Hygiene	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch
OP-Roboter	Hoch	Hoch	Mittel	Mittel	Mittel
Beatmungsgerät (Langzeit-, Narkose)	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Mittel	Sehr hoch
Dampfsterilisator	Mittel	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Hoch
Psychiatrie	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch
Abwasserentsorgung	Mittel	Mittel	Mittel	Sehr hoch	Sehr hoch
MRT	Mittel	Sehr hoch	Mittel	Mittel	Mittel

Legende:

Farbe	Vulnerabilität
Grün	Keine
Lichtgrün	Gering
Gelb	Mittel

Farbe	Vulnerabilität
Orange	Hoch
Rot	Sehr hoch

Die hohe Vulnerabilität einiger FE, z.B. Apheresegerät, Radiologie etc. entsteht durch die Abhängigkeit von anderen wasseraufwendigen Prozessen (z.B. Reinigung der Geräte). Des Weiteren zeigen FE mit hoher Wasserabhängigkeit häufig auch hohe Verwundbarkeit gegenüber der Beeinträchtigung der Abwasserentsorgung. Die Aufstellung in obiger Tabelle berücksichtigt, dass einige Prozesse im Ereignisfall entbehrlich sind, bspw. können einige minimalinvasive Eingriffe mit OP-Roboter auch maximalinvasiv durchgeführt oder Reinigungsprozesse im Bereich IT unterlassen werden.

### 3.2.7. Ermittlung des Schadensausmaßes

Prinzipiell ist eine Form des Schadensausmaßes bezüglich der Funktionsfähigkeit des Krankenhauses schon mit der Quantität und Qualität im Rahmen der Kritikalitätsanalyse erhoben worden (Folgen des Ausfalls einer FE für die Schutzzieleerreichung). Um im Anschluss an die Risikoanalyse eine adäquate Beurteilung und Planung der Notfallvorsorgemaßnahmen durchführen zu können, wird hier der Trinkwasserbedarf bzw. der notwendige Abwasserabfluss inkl. erforderlicher Wasserqualität der kritischen Funktionseinheiten als Schadensparameter definiert.

Bedienungsanleitung  
5.4

**Hinweis**

Schadensparameter sind Kenngrößen für Schäden an unterschiedlichen Schutzgütern, mit denen bei Eintritt einer Gefahr in einem Bezugsgebiet zu rechnen ist (BBK 2010, S. 60).

Der so ermittelte Trinkwasserbedarf bzw. Bedarf der Abwasserabführung stellt die erforderliche Bewältigungskapazität (=Schadensausmaß) während einer Beeinträchtigung der Wasserver- bzw. Entsorgung dar und geht mit der jeweils erforderlichen Wasserqualität als Soll-Größe in einen Soll-Ist-Vergleich im Rahmen der Risikobewertung (siehe 3.2.10) ein.

Diese Daten sind sowohl für den Regelbetrieb als auch für den Notfall zu ermitteln bzw. abzuschätzen. Idealerweise wird der Bedarf für jede FE bereits in der ersten Standortanalyse erhoben. Dem Mindestbedarf werden anschließend bereits geplante Maßnahmen (sowohl im Regelbetrieb als auch im Rahmen der Notfallvorsorgeplanung/des Krisenmanagements) und die dadurch erzielte Kompensation als Ist-Größe im Rahmen des Soll-Ist-Vergleichs gegenübergestellt (siehe auch 3.2.9). Als minimaler Wasserbedarf dient die Mindestmenge, mit der das Schutzziel noch erreicht werden kann. So können im Rahmen der Risikobewertung Bedarfe für zusätzliche Maßnahmen (z.B. Erarbeitung eines Wasserrestriktionsplans) und damit zur Steigerung der Resilienz sowie Zeitgewinn im Ereignisfall abgeleitet werden.

**Hinweis**

Liegen nur wenige Daten über die Wasserbedarfe von FE vor, ist die Erhebung mittels neuer Installationen, mobilen Durchflussmessgeräten oder Abschätzungen anhand aktueller Netzdaten erforderlich. Die Angaben erfolgen in  $\text{m}^3/\text{h}$ . Ein Heranziehen von Daten aus Untersuchungen anderer Krankenhäuser ist aufgrund der Vielzahl an Einflussfaktoren auf den Wasserbedarf nicht anzuraten.

Wird aufgrund geringer Datenlage zur Wasserverteilung unter den FE von gleichmäßiger Wasserverteilung ausgegangen, stellt die Kompensationskapazität lediglich einen groben Schätzwert dar.

**Hinweis**

Für die Erstellung eines Wasserrestriktionsplans sind folgende Fragen zu beantworten (angelehnt an CDC und AWWA (2019, S. 58–59)):

- Welche Trinkwasseranbindung kann im Notfall unterbrochen werden?
- Was ist der durchschnittliche Trinkwasserverbrauch/-bedarf pro kritischem Prozessbaustein und pro Prozess, von dem diese abhängig sind?
- Gibt es Daten für den Trinkwasserverbrauch pro Aktivität, wie z.B. für die Dialyse, Sterilisation oder Toilettenbesuch? Wenn ja, wie hoch ist der Verbrauch pro Aktivität und wie häufig pro Tag wird diese durchgeführt?
- Welche Aktivitäten der kritischen Prozesse können unterlassen werden oder gibt es wasserlose Alternativen? Dieser Verbrauch kann von dem Bedarf abgezogen werden.
- Wie lange könnten welche Aktivitäten ohne Wasserzufuhr von außen funktionieren? Je nach Szenario können diese Verbräuche vom Bedarf abgezogen werden.
- Welche weiteren Maßnahmen zur Reduzierung des Bedarfes an Trinkwasser gibt es vor Ort? Abzug der Einsparungen vom Bedarf.
- Kann im Notfall eine Temperaturerhöhung in Kauf genommen werden? Ggf. kann der Bedarf der Klimaanlage abgezogen werden, falls diese von Trinkwasser abhängig ist.

### 3.2.8. Risikoermittlung und -darstellung

Die Ermittlung des Risikos basiert auf der Kritikalität und der Vulnerabilität der FE sowie der Plausibilität der Szenarien. Hierdurch sind auch die Konsequenzen, die ein Ausfall einer Funktionseinheit durch ein entsprechendes Szenario auf das Krankenhaus hat und Unsicherheiten bei der Erhebung berücksichtigt. Die Ermittlung des Risikos erfolgt im Tool automatisch.

Bedienungsanleitung  
5.5 bis 5.6

Das Risiko wird für alle Kombinationen der Szenarien und Funktionseinheiten ermittelt und die Risikowerte pro Funktionseinheit in 5 Stufen klassifiziert (siehe Tabelle 20).

Tabelle 20: Risikoklassifikation

Numerischer Risikowert	Farbe	Risikoklassifikation
0 bis 4,03	Grün	niedriges Risiko
> 4,03 bis 6,042	Hellgrün	eher niedriges Risiko
> 6,042 bis 8,16	Gelb	mittleres Risiko
> 8,16 bis 11,12	Orange	hohes Risiko
> 11,12	Rot	sehr hohes Risiko

Für jedes Szenario wird im NOWATER-Toolset zudem ein arithmetischer Mittelwert des Risikos der FE gegenüber Beeinträchtigung der Wasserver- und -entsorgung gebildet. Auf diese Weise ist der Vergleich der Szenarien untereinander möglich.

#### Hinweis

Weder eine Risiko- noch eine Vulnerabilitätsermittlung führt ohne Berücksichtigung der Hintergrundinformationen zu einer eindeutigen Priorisierung. Zudem besitzen diese Größen nicht zwingend Aussagekraft über die besten Maßnahmen bzw. die ideale Verteilung bestimmter Maßnahmen. Das bedeutet, dass noch nicht abschließend geklärt ist, welche Maßnahme an welchem Einsatzort den größten Nutzen bringt. Der optimale Einsatz von Maßnahmen ist daher für jede Einrichtung im Rahmen der Notfallvorsorgeplanung individuell zu planen.

Im Projekt NOWATER ergaben sich für folgende FE bei mindestens einem Szenario mittlere bis sehr hohe Risikowerte für Schutzziel 1. Diese können auch für andere Einrichtungen als Orientierung herangezogen werden.

Krankenhausfunktionseinheit	Szenario E.Coli	Szenario Chemikalie	Szenario Rohrbruch	Szenario Starkregen	Szenario Stromausfall
Allg. Innere Medizin	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Anästhesiologie	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Apheresegerät	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Aufbereitung Endoskope, Bereichsschuhe	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Bildgebende Diagnostik Radiologie	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Dialyse (Akut-, Hämo-)	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Endoskopie (gastroenterol., urol.)	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Intensivtherapie, Intensivüberwachung	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Kardiologie, Chest-Pain-Unit	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Körperhygiene	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Medikamentenversorgung	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Medizinisches Labor	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Operation	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Reinigung	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Sterilgutversorgung	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Herzkatheterlabor	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow
Hygiene	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow
Beatmungsgerät (Langzeit-, Narkose-)	Orange	Orange	Orange	Green	Orange
Chirurgie, Orthopädie	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Dampfsterilisator	Green	Orange	Orange	Orange	Orange
RDGs	Green	Orange	Orange	Orange	Orange
Toilettenspülungen	Green	Orange	Orange	Orange	Orange
Trinkwasserversorgung	Orange	Orange	Orange	Green	Orange
Umkehrosmose	Green	Orange	Orange	Orange	Orange
Psychiatrie	Orange	Orange	Green	Yellow	Yellow
OP-Roboter	Yellow	Yellow	Light Green	Light Green	Light Green
Abwasserentsorgung	Green	Green	Green	Orange	Orange
MRT	Green	Orange	Green	Green	Green

Legende:

Farbe	Vulnerabilität
Green	Keine
Light Green	Gering
Yellow	Mittel

Farbe	Vulnerabilität
Orange	Hoch
Red	Sehr hoch

### 3.2.9. Erhebung geplanter, organisatorischer und technischer Notfallvorsorgemaßnahmen

Bis zu diesem Punkt der Risikoanalyse wurden keine Maßnahmen im Rahmen einer Notfallvorsorgeplanung bzw. des Krisenmanagements betrachtet oder einbezogen. Es sind alle bislang geplanten Maßnahmen und Kapazitäten zur Ersatztrinkwasserversorgung bzw. zur Bewältigung eines Trinkwasserausfalls/einer Kompensation zu ermitteln. Dabei sind, die von dem betrachteten Krankenhaus, der Gefahrenabwehr, des Gesundheitsamtes und ggf. von den Wasserversorgungsunternehmen schon zum Zeitpunkt der Analyse vorgehaltenen und eindeutig zur Notfallbewältigung (z.B. im Rahmen der Krankenhausalarmplanung) eingeplanten Ressourcen, einzubeziehen. Diese sind zudem auf ihren Wirkungsgrad und die Geeignetheit zu beurteilen.

#### Hinweis

Für die Einschätzung und Planung der Ersatzwasserversorgung steht der NOWATER-Leitfaden „Eignungsprüfung Ersatzwasserversorgung“ zur Verfügung. Die Vorfilterung der Komponenten und Prüfung der Geeignetheit kann über das NOWATER-Tool „ATEG-Ersatzwasserversorgung“ er-

Betrachtet werden hier konkret:

#### a) Organisatorische vorbereitende reaktive Maßnahmen bzgl. der Wasserver- /Abwasserentsorgung

Diese Maßnahmen zielen darauf ab, den Wasserbedarf der Funktionseinheiten und damit der Krankenhausprozesse zu senken oder Wasser weiterhin nutzbar zu machen („Emergency Water Restriction Plan“ (CDC und AWWA 2019, S. 14)).

##### Hinweis

Diese Maßnahmen sind Maßnahmen zur externen Ersatzversorgung vorzuziehen.

##### Beispiele

- Nutzung wasserloser Hygieneprodukte oder/und steriler Einmalprodukte
- Nutzung von mobilen Toilettenspülungen
- Nutzung von endständigen Sterilfiltern
- Begrenzung von Filmentwicklungen
- Nutzung von abgepacktem Fertigdialysat oder/und Einweg-Dialysatoren
- Essensversorgung durch Fertigprodukte
- Nutzung von Flaschenwasser für den Anwendungszweck „Trinken“
- Auslagerung von Wäschereiservice und Essensversorgung
- Umstellung auf interne Ersatzwasserversorgung
- ...

#### b) Organisatorische vorbereitende reaktiven Maßnahmen bzgl. der Prozesse der FE

Diese Maßnahmen zielen darauf ab, Prozesse der Funktionseinheiten so zu verlagern oder anzupassen, dass eine medizinische Ersatzversorgung stattfinden kann oder der medizinische/pflegerische Versorgungsaufwand verringert wird. Durch die Verringerung des medizinischen/pflegerischen Versorgungsaufwandes, durch z.B. weniger Behandlungen, wird auch die benötigte Menge an Wasser bzw. Abwasser verringert. Diese Maßnahmen bedürfen jedoch teilweise der Prüfung durch andere Kriterien, als die Maßnahmen zur Kompensation des Wasserbedarfes.

##### Beispiele

- Transport nicht-kritischer zu behandelnder Personen in nicht betroffene Bereiche oder andere Krankenhäuser
- Absage von elektiven Eingriffen
- Temporäre Abmeldung von der Notfallversorgung
- Absagen von Physio- oder Hydrotherapien
- ...

#### c) Organisatorische reaktive technische Maßnahmen bezüglich der Ersatzwasserversorgung und Abwasserentsorgung

Diese Maßnahmen werden derzeit hauptsächlich durch die Behörden und Organisationen der Gefahrenabwehr oder Wasserversorgungsunternehmen realisiert. Zielführend ist jedoch auch die Installation technischer Systeme zur eigenen Ersatzwasserversorgung durch die Krankenhäuser selbst, insbesondere für Klinikverbünde.

##### Beispiele

- Wasserbereitstellung mit Tankwagen
- Wassereinspeisung aus mobilen Leitungen
- Abgabe von Wasser auf Gruppenzapfstellen
- Einspeisung aus autarken Brunnen
- Entnahme und Nutzung von Oberflächengewässern
- Wasserspeicherung in Wasserblasen oder Behältern
- ...

Wirksame Maßnahmen ergeben sich dabei teilweise erst aus der Kombination verschiedener Komponenten (siehe NOWATER-Leitfaden „Eignungsprüfung Ersatzwasserversorgung“), bspw. bei Wasserentnahme aus einem Notbrunnen, anschließender Aufbereitung, Transport mittels Tankwagen, Zwischenspeicherung und Einspeisung durch Druckerhöhungsanlagen.

#### Hinweis

Maßnahmen der öffentlichen Gefahrenabwehr, z.B. Feuerwehr, THW, sind prinzipiell nur als unterstützend anzusehen. Maßnahmen des Krankenhauses haben Priorität, insbesondere bei Ereignissen im Verantwortungsbereich des Krankenhauses, z.B. bei Betroffenheit des eigenen Netzes.

Einige der Informationen wurden bereits im Rahmen der Standortanalyse und der Kritikalitätsanalyse erhoben und finden hier Einzug. Beispiele für Quellen geplanter Maßnahmen sind:

- Krankenhausalarm- und Einsatzplanungen
- Notfallpläne des Wasserversorgungsunternehmens
- Planungen der zuständigen Gesundheitsbehörde
- Planungen der Gefahrenabwehr (z.B. Feuerwehr, THW, Katastrophenschutz des Landes)

Für alle konkret geplanten Maßnahmen sind die Wasserversorgungs- bzw. Kompensationskapazitäten zu benennen, um den Soll-Ist-Vergleich zu ermöglichen. Die Einheit beträgt  $m^3$  oder  $m^3$  pro Zeit.

Die erhobenen Maßnahmen und die Maßnahmen aus der Vulnerabilitätsanalyse sind mit ihrer Ersatzversorgungs- bzw. Kompensationskapazität dem Wasserbedarf (=Schadensausmaß) gegenüberzustellen (Soll-Ist-Vergleich) (siehe 3.2.10). Ziel ist die Erreichung einer vollständigen Kompensation, sodass im Ereignisfall keine weitreichenderen Maßnahmen, wie bspw. eine Evakuierung, notwendig werden. Wurden Maßnahmen zuvor als nicht geeignet identifiziert, sind diese nicht in den Soll-Ist-Vergleich einzubeziehen.

#### Hinweis

Für die Prüfung der Eignung von organisatorischen, internen Maßnahmen des Krankenhauses wird auf die Arbeit der TH Köln und für bauliche/technische, präventive Maßnahmen auf die Arbeit der Universität der Bundeswehr im Rahmen des NOWATER-Projektes verwiesen.

### 3.2.10. Bewertung des Risikos der Krankenhausfunktionseinheiten

#### Soll-Ist-Vergleich der organisatorischen und technischen Maßnahmen und des Schadensausmaßes

Alle im vorherigen Schritt ermittelten Maßnahmen und die Maßnahmen aus der Vulnerabilitätsanalyse weisen - sofern geeignet - die Möglichkeit auf, das Schadensausmaß, also den Bedarf an Wasser bzw. die Abführung von Abwasser zu kompensieren oder zu ersetzen. Dadurch sind diese Ersatz- oder Kompensationsgrade **inklusive der Kompensationen, die in der Verwundbarkeitsanalyse angegeben wurden**, dem potentiellen Schadensausmaß (siehe Abschnitt 3.2.7) gegenüberzustellen. Durch diese Gegenüberstellung können folgende Aussagen getroffen werden:

- Notwendigkeit von weiteren Notfallvorsorgeplanungen, sofern das Schadensausmaß größer als die Kompensation ist
- Identifizierung der Bereiche im Krankenhaus, die weiterer Notfallvorsorgeplanungen bedürfen
- Höhe des zu ersetzenden oder zu kompensierenden Wasserbedarfs bzw. des Bedarfs zur Abwasserabfuhr

Der Soll-Ist-Vergleich liefert ein Ergebnis in Form der Erfüllung in Prozent. Das bedeutet, dass eine hundertprozentige Abdeckung erreicht wird, wenn die Maßnahmen dazu in der Lage sind, den Wasserbedarf vollständig zu decken oder zu kompensieren.

#### Hinweis

Ein Soll-Ist-Vergleich ermöglicht die Identifizierung von Defiziten und entsprechenden Handlungsbedarfen (BBK 2015, S. 65)

Der Vergleich findet als Gesamt- und Einzelbetrachtung statt. In der Gesamtbetrachtung wird das Gesamtschadensausmaß in Form des Gesamtwasserbedarfs mit den Gesamt-Bewältigungskapazitäten der Maßnahmen verglichen. In der Einzelbetrachtung wird, - wenn möglich - das Schadensausmaß bei einer Funktionseinheit mit den Kapazitäten der Maßnahmen verglichen, die bei der Funktionseinheit auch Anwendung finden. Bei Maßnahmen, die alle Funktionseinheiten betreffen, ist entweder eine Verteilung auf die Funktionseinheiten in Betracht zu ziehen oder eine gleichmäßige Verteilung vorzunehmen.

### **Beispiel**

*Bezogen auf Schutzziel 1 weisen für das Szenario „E-Coli“ von 29 exponierten und funktionsanfälligen Funktionseinheiten in einem Krankenhaus 5 FE eine Ersetzbarkeit aus der Vulnerabilitätsanalyse auf, welche nicht im Rahmen von Notfallmaßnahmen eingeplant und vor der MTA wirksam sind. Diese Kompensationskapazität beläuft sich in der Gesamtbetrachtung aller exponierten und funktionsanfälligen FE auf ca. 9 %.*

### **Risikovergleich und Risikobewertung**

Die gewonnenen Risikowerte sind abschließend einem Risikovergleich und einer Bewertung zu unterziehen. Ziel des Risikovergleiches ist es, die Funktionseinheiten innerhalb eines Szenarios zu identifizieren, für die das jeweils höchste Risiko besteht (BMI 2011, S. 20). Zudem können Aussagen darüber getroffen werden, welche Szenarien die höchsten Risiken für die Funktionseinheiten hervorbringen (BBK 2016, S. 56). Anschließend sind die Risikoprofile nach dem größten Handlungsbedarf zu bewerten (BBK 2008, S. 58). Dazu werden die konkreten Ergebnisse der Vulnerabilitäts- und Kritikalitätsanalyse sowie des Soll-IST-Vergleiches einbezogen, sodass Handlungsmaßnahmen abgeleitet werden können. Es ist also zu prüfen, ob die Risikoprofile im eigenen akzeptablen Bereich liegen.

### **Hinweis**

Die Risikoakzeptanz sagt aus, inwieweit das Risiko individuell von verantwortlichen Personen als zu akzeptieren beurteilt wird (Society for Risk Analysis 2018, S. 9). Oftmals kommt eine solche Akzeptanz bei unvermeidbaren Restrisiken zum Tragen (BMI 2011, S. 21; BBK 2008, S. 61). Möglich ist aber auch eine Risikoakzeptanz im Sinne einer Risikotoleranz, was bedeutet, dass Risiken bewusst in Kauf genommen werden, um bestimmte Vorteile zu sichern und im Vertrauen darauf, dass die Risiken angemessen kontrolliert werden (Geiger 2005, S. 226). Eine Akzeptanz von Risiken führt, bspw. aufgrund Kosten-Nutzen-Abwägungen zu der Entscheidung, keine oder nicht vollumfänglich Maßnahmen zu ergreifen, die die Risiken reduzieren können (Homeland Security 2011, S. 23).

Wird festgestellt, dass ein akzeptables Risiko bzw. Risikoprofil vorliegt, sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich. Werden die Risiken nicht als akzeptabel bewertet, sind weitere Maßnahmen zu ergreifen. Um dies möglichst effizient zu gestalten, sind potentielle Maßnahmenressourcen zu identifizieren und auf ihre Geeignetheit hin zu evaluieren. Anschließend folgt eine Priorisierung der Maßnahmen. Dies stellt einen durchgehenden Prozess unter Einbezug von Maßnahmenkombinationen dar, weshalb nicht auf eine Art der Maßnahmen zu beschränken ist. Entsprechend der Art neuer Maßnahmen, sind Teile oder die gesamte Risikoanalyse neu zu durchlaufen (Beispiel: Maßnahmen zur Verringerung der Verwundbarkeit).

### **Hinweis**

Die Akzeptanz des Risikos führt nicht zur Minderung des Risikos.

Hohe Risikowerte sind zudem mit Hinblick auf die ermittelten Abhängigkeiten zu bewerten. Ist beispielsweise das Risiko für eine FE sehr hoch, die für andere sehr kritische Krankenhausbereiche essentiell ist, so ist diese Tatsache in die Bewertung einzubeziehen. Auch wenn die Methode diesen Sachverhalt automatisch berücksichtigt, ist eine kritische Prüfung der Ergebnisse vorzunehmen.

### 3.3. Teil 2: Risikoanalyse Wasser- und Abwassernetz

Bislang wurde das Risiko einer Beeinträchtigung der Wasserver- bzw. Abwasserentsorgung für die Funktionsfähigkeit des Krankenhauses bzw. Erreichung des formulierten Schutzzieles ermittelt. Zudem wurden essentielle Wassernetzbereiche zur Versorgung der kritischen FE identifiziert (siehe Standortanalyse Teil 2). Da jedoch nicht alle Wassernetzkomponenten für die Funktion der Netzbereiche bzw. die Versorgung kritischer FE die gleiche Relevanz aufweisen, erfolgt im Weiteren eine Detailanalyse, mit der das Risiko einer Beeinträchtigung der jeweiligen Netzkomponenten (FEW) ermittelt wird. Sie dient einer indirekten Einschätzung der potentiellen Auswirkungen auf die Krankenhausfunktionalität und bildet die Grundlage für die Ableitung von Maßnahmenansätzen der Netzinfrastruktur zur Erhöhung der Resilienz und zur Notfallplanung. Dabei fließen die Erkenntnisse der Analyse der Krankenhausprozesse in die Detailanalyse der Wassernetze ein. Mit der Detailanalyse der Netze werden folgende Zielstellungen (siehe Abbildung 10) verfolgt:



Abbildung 10: Zielstellungen der Detailanalyse der Netzkomponenten

Weitere potentielle Erkenntnisse der Methodik sind:

- Identifizierung von Bereichen, in denen im Ereignisfall Abschiebermaßnahmen notwendig sein können
- Identifizierung von Bereichen, in denen Ersatz einspeisungen vorgenommen werden können
- Identifizierung von negativen Szenarioeinflüssen, die erheblichen Einfluss auf Maßnahmen und die Rückführung in den Normalzustand haben

#### **Beispiel**

*Kritische Bereiche des Wassernetzes weisen ein hohes Risiko der Beschädigung durch Unterdruck auf. Bei Eintritt kann eine ggf. geplante Ersatzversorgungsmaßnahme keine Wirkung entfalten.*

Die hier dargestellte Methodik wird als „konsequenzbasierte Risikoanalyse“ bezeichnet, da diese sich auf die zuvor definierten Szenarien (siehe Risikoanalyse der Funktionseinheiten des Krankenhauses) bezieht. Die bedeutet, es werden Risiken identifiziert, die für die Netzbestandteile und dadurch für das konkrete Netz durch die Szenarien entstehen.

#### **Beispiel**

*Beschädigung von Leitungen oder Anlagen durch physische Einflüsse, wie Unterdruck, durch Verunreinigungen oder Verstopfung, z.B. bei zu geringer Abwassermenge.*

#### **Hinweis**

Für die Bewertung von gezielten Angriffen auf die Wasserversorgung (z.B. Sabotage, Terrorismus) ist die vorliegende Methodik nur begrenzt geeignet, da Kritikalitäten von Funktionseinheiten oder Netzkomponenten in einem anderen Kontext zu betrachten sind, bspw. vor dem Hintergrund der Attraktivität als Ziel. Analog verhält es sich mit der Vulnerabilität, deren Bewertungsparameter um die Betrachtung weiterer Maßnahmen, bspw. Schutzsysteme gegen Eindringen oder Überwachungstechnologien, zu erweitern wären.

Die für die nachfolgend dargelegte Methodik erforderlichen Daten stammen aus der Standortanalyse Teil 2

Der Ablauf der Analyse erfolgt gemäß Abbildung 11.

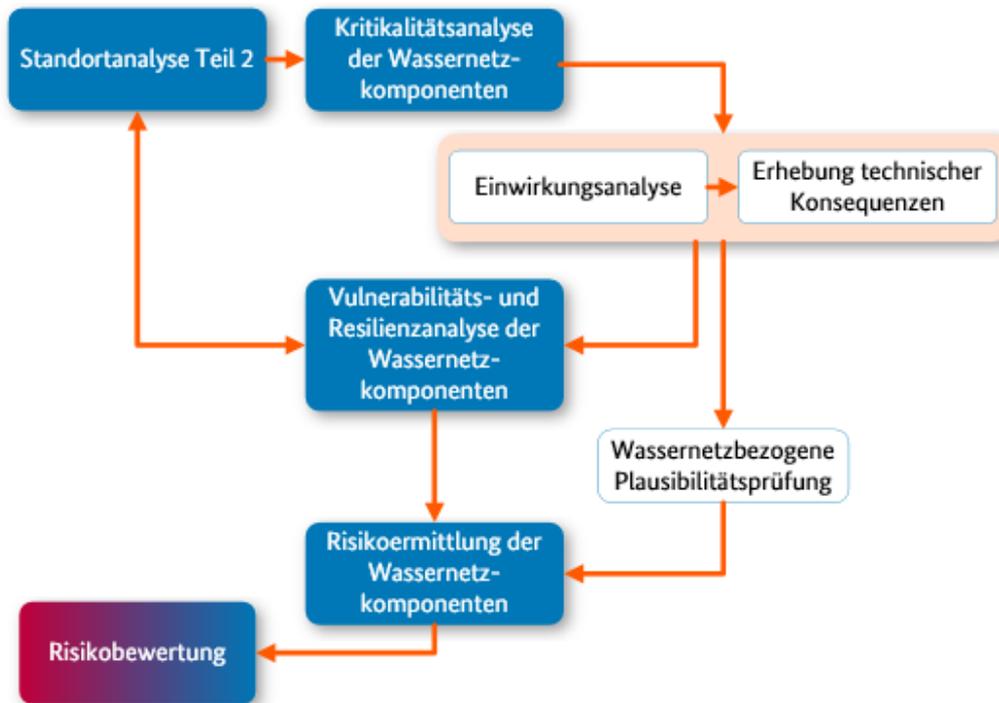


Abbildung 11: Ablauf der Detailanalyse der Wasser- und Abwassernetze mit den erforderlichen Teilanalyseschritten

**Hinweis**

Die Wassernetze sind nur bei Abhängigkeit und Funktionsanfälligkeit der angeschlossenen kritischen Krankenhausfunktionseinheiten zu analysieren. Damit sind die zugehörigen Netzbestandteile zunächst generell kritisch zu bewerten. Da jedoch nicht alle erhobenen Netzkomponenten für die Netzfunktion gleichbedeutend sind, ermöglicht die vorliegende Methodik eine Feinevaluation.

**3.3.1. Kritikalitätsanalyse**

Mit der Kritikalitätsanalyse der FEW werden die Netzkomponenten ermittelt, die für die Aufrechterhaltung der Funktion der zu betrachtenden Netzbereiche und somit der Wasserversorgung der kritischen FE des Krankenhauses essentiell sind. Die Durchführung erfolgt gemäß Abbildung 12.

Bedienungsanleitung  
6. ATEK Wasser

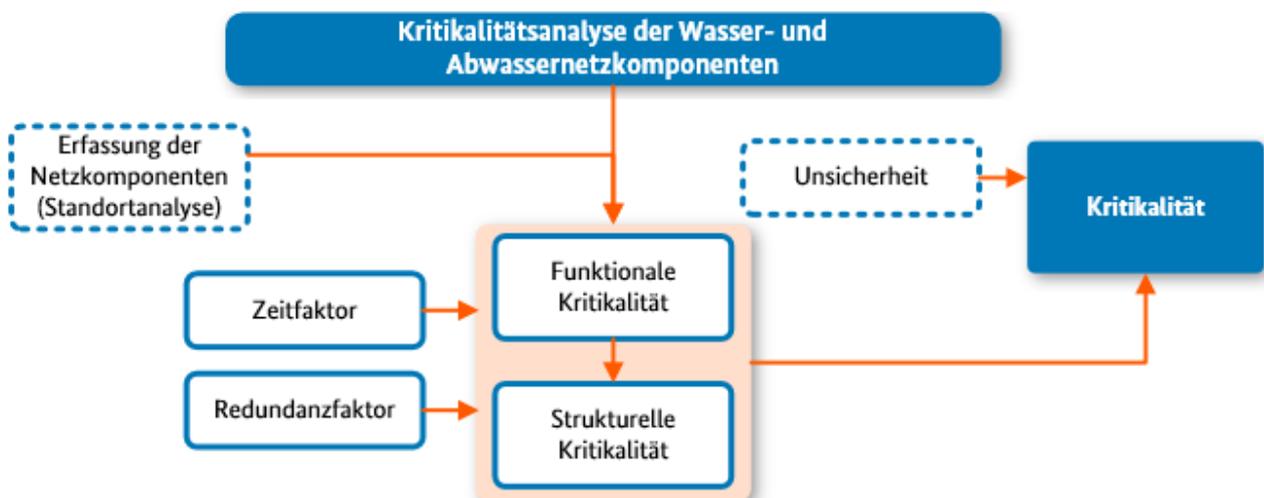


Abbildung 12: Ablauf Kritikalitätsanalyse der Wasser- und Abwassernetze

## Durchführung der Kritikalitätsanalyse

Die Kritikalität setzt sich hier aus der funktionalen und der strukturellen Kritikalität zusammen. Basis der Analyse bilden die Durchflüsse ( $q(k)$ ) durch die Komponenten der Wasser- und Abwassernetze (FEW) und der damit in Zusammenhang stehende Gesamtdurchfluss ( $Q$ ) der voneinander unabhängigen Netze (Water Distribution Networks (WDN)).

### Hinweis

Diese Methodik sollte bei Ringleitungen vorrangig für Netze ab einer Abzweigung aus der Ringleitung angewendet werden. Für die differenziertere Betrachtung von Ringleitungsnetzen kann bzw. eine qualitative Abschätzung (siehe 3.4) herangezogen werden.

### Schritt 1: Erfassung der Funktionseinheiten und Abhängigkeiten der Wassernetze

Die Komponenten der FEW, die kritische Krankenhausfunktionseinheiten versorgen, sind dem betrachteten Ast folgend und in Fließrichtung des Wassers zu erfassen. Dies erfolgt gemäß der zweiten Standortanalyse (siehe 3.2.2).

Bedienungsanleitung  
6.1 Teilschritt 1) bis 3)

Die nachfolgenden Angaben sind für die Wasser- und Abwassernetzkomponenten vorzunehmen.

### Sonderfall Abwasser:

Bei der Betrachtung von Abwassernetzen gilt prinzipiell die gleiche Vorgehensweise. Allerdings erfolgt die Betrachtung so, dass der Entstehungsort des Abwassers als Quelle und die Kanalisation als „Verbraucher“ angesehen wird. Dies ist wichtig, damit die Angabe der FEW als Quelle bzw. Fremdbezug korrekt getätigt wird.

#### a) Funktionale Kritikalität

Die funktionale Kritikalität bildet sich als Division von dem Durchfluss einer FEW und der Summe der Durchflüsse des zugehörigen WDN. Die funktionale Kritikalität weist einen Wertebereich von 0 bis 1 auf, wenn eine FEW nicht das einzige Element in einem Netz ist.

### Hinweis

Ein WDN versorgt stets nur ein Gebiet bzw. eine Funktionseinheit (physische Trennung). Größere Netze mit Vermaschungen zur Versorgung mehrerer Funktionseinheiten sind logisch zu trennen, bspw. durch Definition des Verbindungspunktes als Quelle oder Zusammenfassung von FEW (siehe Beispiel unter c)). Dadurch ergibt sich die Notwendigkeit zur Vorhaltung einer Netzübersicht.

#### b) Ermittlung der prozentualen Redundanz (strukturelle Kritikalität)

Die Redundanz sagt aus, zu wieviel Prozent ein WDN den Ausfall der betrachteten Komponenten ersetzen kann. Über die prozentuale Redundanz wird ein Redundanzfaktor abgeleitet.

Bei der Ermittlung der prozentualen Redundanz ist nach den folgenden Schritten vorzugehen:

1. Feststellung, welche der FEW zu Teilgebieten des jeweiligen WDN gehören.

Bedienungsanleitung  
6.4/6.5 Teilschritt 1) bis 2)

### Hinweis

Zu einem Teilgebiet gehören alle FEW, die in Reihe geschaltet sind. Sobald ein Zusammenfluss mehrerer Reihen geschieht, beginnt ein neues Teilgebiet. Es ist darauf zu achten, dass bei einem Wechsel des WDN weiter aufsteigende Teilgebiete genutzt werden.

2. Angabe des maximalen Durchflusses des Knotens

Bedienungsanleitung  
6.4/6.5 Teilschritt 3)

**Hinweis**

Die maximalen Durchflüsse hängen von den Zuflüssen der vorherigen Komponenten ab. So besteht der maximale Durchfluss einer Komponente aus der Summe der maximalen Zuflüsse vorheriger Komponenten oder weniger und ist somit ein limitierender Faktor. Ein höherer maximaler Durchfluss als die Summe der maximalen Zuflüsse ist nicht möglich. Heranzuziehen ist daher nicht der technisch mögliche, sondern der logische maximale Durchfluss.

**Beispiel**

Quelle A und B liefern jeweils maximal  $5 \text{ m}^3/\text{h}$ . An jeder Quelle ist eine Pumpe mit der maximalen Förderleistung von  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  angeschlossen. Die maximalen Durchflüsse der Pumpen betragen somit jeweils  $5 \text{ m}^3/\text{h}$ . Beide Ströme münden in eine gemeinsame Rohrleitung. Der maximal mögliche Durchfluss dieser Rohrleitung beträgt dann entsprechend  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ .

3. Festlegung, ob die FEW eine Quelle oder eine Verbindung zu einem Fremdbezug darstellt.

Bedienungsanleitung  
6.4/6.5 Teilschritt 4)

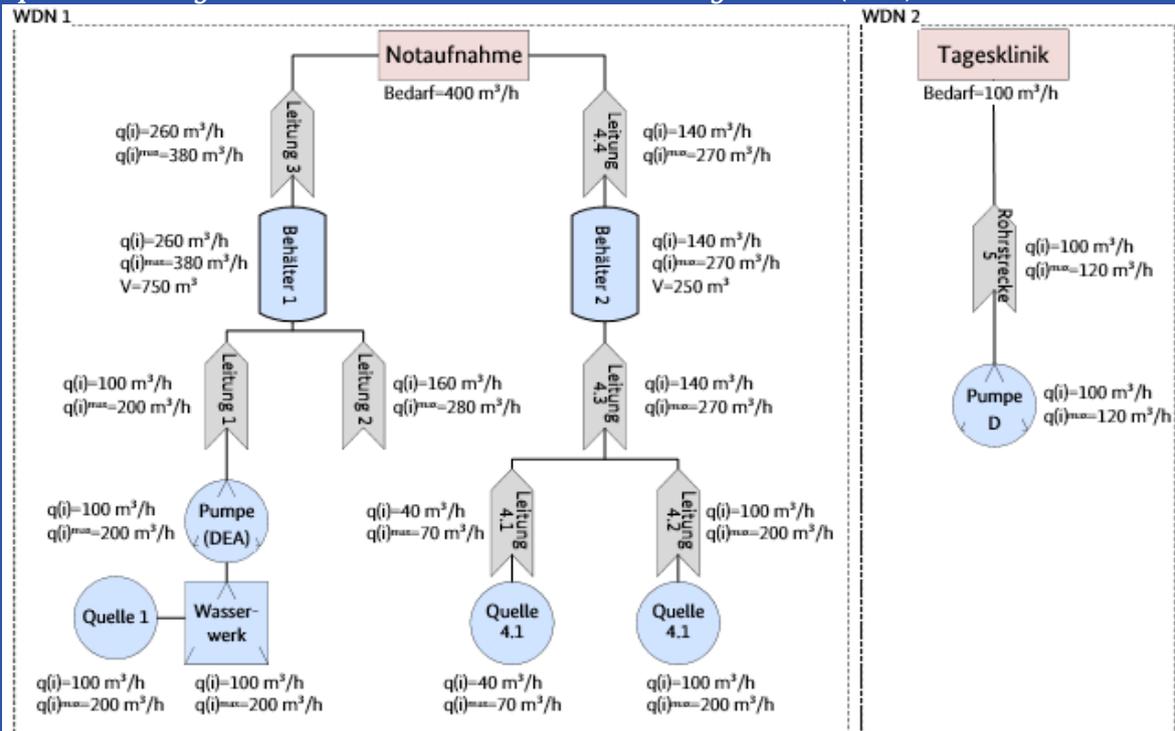
**Hinweis**

Ein Fremdbezug liegt vor, wenn es sich z.B. um eine Rohrverbindung zu einem anderen Versorgungsnetz handelt.

Für die Festlegung von Teilgebieten und Fremdbezügen kann die nachfolgende Beispielzuordnung herangezogen werden.

Die Berechnung der prozentualen Redundanz erfolgt über das NOWATER-Tool „ATEK Wasser“ automatisch.

**Beispielzuordnung 1 eines Trinkwassernetzes in Anlehnung an TZW (2021)**



Es handelt sich um 2 getrennte Netze zur Versorgung der Notaufnahme (WDN 1) und der Tagesklinik (WDN 2). Diese Netze sind daher unabhängig zu betrachten. Es ergeben sich daher folgende Angaben im NOWATER-Tool „ATEK Wasser“ für WDN 1:

ID	FEW	Zugehörigkeit zu WDN 1	Zugehörigkeit zu Teilgebiet	FEW-Quelle oder Fremdbezug	Durchfluss (m³/h)	Max. Durchfluss (m³/h)
1	Quelle 1	Ja	TG1	Ja	100	200
2	Wasserwerk 1	Ja	TG1	Nein	100	200
3	DEA 1	Ja	TG1	Nein	100	200
4	Leitung 1	Ja	TG1	Nein	100	200
5	Leitung 2	Ja	TG2	Ja	160	200
6	Behälter 1	Ja	TG3	Nein	260	380
7	Leitung 3	Ja	TG3	Nein	260	380
8	Quelle 4.1	Ja	TG4	Ja	40	70
9	Leitung 4.1	Ja	TG4	Nein	40	70
10	Quelle 4.2	Ja	TG5	Ja	100	200
11	Leitung 4.2	Ja	TG5	Nein	100	200
12	Leitung 4.3	Ja	TG6	Nein	140	270
13	Behälter 2	Ja	TG6	Nein	140	270
14	Leitung 4.4	Ja	TG6	Nein	140	270
ID	FEW	Zugehörigkeit zu WDN 2	Zugehörigkeit zu Teilgebiet	FEW-Quelle oder Fremdbezug	Durchfluss (m³/h)	Max. Durchfluss (m³/h)
15	Pumpe D	Ja	TG7	Ja	100	120
15	Rohrstrecke 5	Ja	TG7	Nein	100	120

**c) Ermittlung des Zeitfaktors (strukturelle und funktionale Kritikalität)**

Ebenfalls zu berücksichtigen ist der Faktor „Zeit“. Dabei wird betrachtet, ab wann es durch den Ausfall der Komponente zu einem Ausfall der Versorgung durch das Teilgebiet kommt. Ein zeitlicher Puffer kann durch den

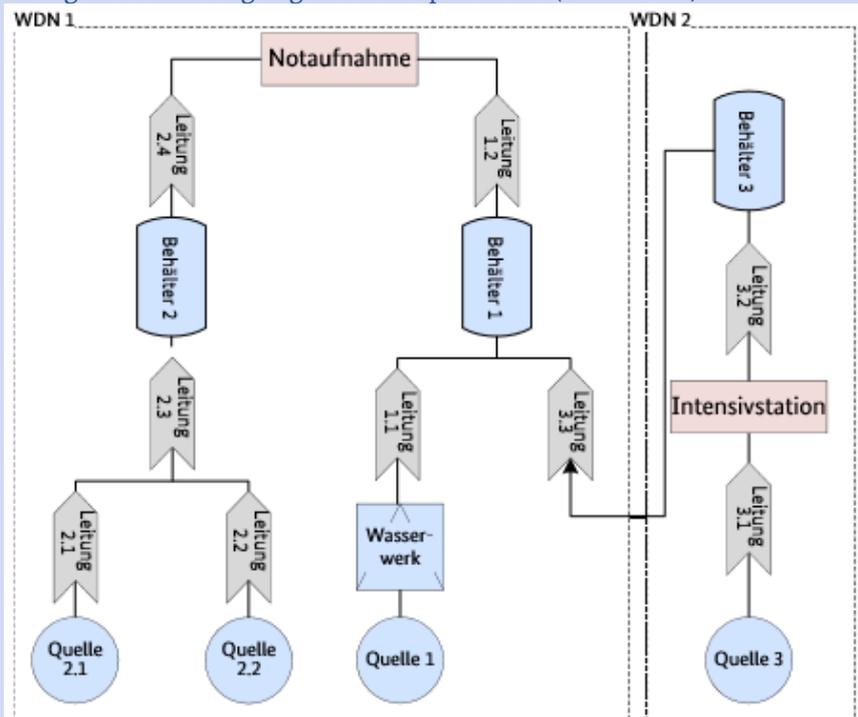
Bedienungsanleitung  
6.4/6.5 Teilschritt 5)

Einsatz von Speicherbehältern mit entsprechendem Volumen erreicht werden. Somit sind für Speicher nicht nur die Durchsätze (analog zur Standortanalyse und der Betrachtung beim Faktor „Redundanz“), sondern auch das maximale Speichervolumen anzugeben. Für die Berechnung wird angenommen, dass die Behälter einen Wert von 75 % des maximalen Volumens vorhalten (TZW 2021, S. 18) und dieses Volumen zur Verfügung steht.

Im NOWATER-Tool „ATEK Wasser“ ist zudem anzugeben, ob die Funktionseinheit dem Speicher im Teilgebiet nachgeordnet ist oder selbst einen Speicher darstellt.

**Sonderfall: logische Trennung von zusammenhängenden WDN**

Gegeben sei nachfolgendes Versorgungsnetz entsprechend (TZW 2021).



Das Netz wird zwischen Behälter 3 und Leitung 3.3 logisch getrennt. Dementsprechend die folgenden Angaben vorzunehmen.

Quantität Wassernetz 1 (WDN 1)						Zurück	Weiter
ID	FEW	Zugehörigkeit zu Netz 1?	Zugehörigkeit Teilgebiet	Mittlerer Durchfluss des Knotens [m³/h]	Maximaler Durchfluss des Knotens [m³/h]	FEW Quelle oder Fremdbezug?	Dem Speicher im TG nachgeordnet oder selber Speicher?
1	Quelle 1	Ja	TG1	30,00	480,00	Ja	Nein
2	Wasserwerk	Ja	TG1	30,00	480,00	Nein	Nein
3	Leitung 1.1	Ja	TG1	30,00	480,00	Nein	Nein
4	Leitung 3.3	Ja	TG2	230,00	230,00	Ja	Nein
5	HB1	Ja	TG3	260,00	810,00	Nein	Ja
6	Leitung 1.2	Ja	TG3	260,00	810,00	Nein	Nein
7	Quelle 2.1	Ja	TG4	35,00	70,00	Ja	Nein
8	Leitung 2.1	Ja	TG4	35,00	70,00	Nein	Nein
9	Quelle 2.2	Ja	TG5	105,00	200,00	Ja	Nein
10	Leitung 2.2	Ja	TG5	105,00	200,00	Nein	Nein
11	Leitung 2.3	Ja	TG6	140,00	270,00	Nein	Nein
12	HB 2	Ja	TG6	140,00	270,00	Nein	Ja
13	Leitung 2.4	Ja	TG6	140,00	270,00	Nein	Ja
14	Quelle 3	Nein		70,00	400,00	Nein	Nein
15	Leitung 3.1	Nein		70,00	400,00	Nein	Nein
16	Leitung 3.2	Nein		35,00	330,00	Nein	Nein
17	HB 3	Nein		35,00	330,00	Nein	Nein

Fortsetzung Sonderfall: logische Trennung von zusammenhängenden WDN

Quantität Wassernetz 2 (WDN 2)								Zurück	Weiter
ID	FEW	Zugehörigkeit zu Netz 2?	Zugehörigkeit Teilgebiet	Mittlerer Durchfluss des Knotens [m³/h]	Maximaler Durchfluss des Knotens [m³/h]	FEW Quelle oder Fremdbezug?	Dem Speicher im TG nachgeordnet oder selber Speicher?		
1	Quelle 1	Nein		30,00	480,00	Nein	Nein		
2	Wasserwerk	Nein		30,00	480,00	Nein	Nein		
3	Leitung 1.1	Nein		30,00	480,00	Nein	Nein		
4	Leitung 3.3	Nein		230,00	230,00	Nein	Nein		
5	HB1	Nein		260,00	810,00	Nein	Nein		
6	Leitung 1.2	Nein		260,00	810,00	Nein	Nein		
7	Quelle 2.1	Nein		35,00	70,00	Nein	Nein		
8	Leitung 2.1	Nein		35,00	70,00	Nein	Nein		
9	Quelle 2.2	Nein		105,00	200,00	Nein	Nein		
10	Leitung 2.2	Nein		105,00	200,00	Nein	Nein		
11	Leitung 2.3	Nein		140,00	270,00	Nein	Nein		
12	HB 2	Nein		140,00	270,00	Nein	Nein		
13	Leitung 2.4	Nein		140,00	270,00	Nein	Nein		
14	Quelle 3	Ja	TG7	70,00	400,00	Ja	Nein		
15	Leitung 3.1	Ja	TG7	70,00	400,00	Nein	Nein		
16	Leitung 3.2	Ja	TG7	35,00	330,00	Nein	Nein		
17	HB 3	Ja	TG7	35,00	330,00	Nein	Ja		

Ergebnisse Kritikalität Wassernetz WDN 1								Zurück
FEW	Vernetzungsgrad	Unsicherheit	Kritikalität ohne Redundanz und Zeit	Redundanzfaktor	Kritikalität mit Redundanz	Zeifaktor	Kritikalität	
Quelle 1	0,083333333	0,8	0,197916667	0,5	0,09895833	0,7	0,06927083	
Wasserwerk	0,166666667		0,302083333	0,5	0,15104167	0,7	0,10572917	
Leitung 1.1	0,166666667		0,302083333	0,5	0,15104167	0,7	0,10572917	
Leitung 3.3	0,166666667		0,927083333	0,5	0,46354167	1,2	0,55625	
HB1	0,166666667		1,020833333	1	1,02083333	1,2	1,225	
Leitung 1.2	0,083333333		0,916666667	1	0,91666667	1,2	1,1	
Quelle 2.1	0,083333333		0,213541667	0,5	0,10677083	0,7	0,07473958	
Leitung 2.1	0,166666667		0,317708333	0,5	0,15885417	0,7	0,11119792	
Quelle 2.2	0,083333333		0,432291667	0,5	0,21614583	0,69285714	0,14975818	
Leitung 2.2	0,166666667		0,536458333	0,5	0,26822917	0,69285714	0,18584449	
Leitung 2.3	0,25		0,75	0,5	0,375	0,78214286	0,29330357	
HB 2	0,166666667		0,645833333	0,5	0,32291667	0,84910714	0,27419085	
Leitung 2.4	0,083333333		0,541666667	0,5	0,27083333	0,84910714	0,22996652	
Quelle 3	0,333333333		-	-	-	-	-	
Leitung 3.1	0,666666667		-	-	-	-	-	
Leitung 3.2	0,666666667		-	-	-	-	-	
HB 3	0,666666667		-	-	-	-	-	

FEW	Einer Verbindungsstelle vorgelagert?	Zu welchem WDN?	Verbindungsstelle?	Einer weiteren Verbindungsstelle vorgelagert?	Zu welchem WDN?	Verbindungsstelle ?	Kritikalität Final
Quelle 1	Nein			Nein	-		0,06927083
Wasserwerk	Nein			Nein			0,10572917
Leitung 1.1	Nein			Nein			0,10572917
Leitung 3.3	Nein			Nein			0,55625
HB1	Nein			Nein			1,225
Leitung 1.2	Nein			Nein			1,1
Quelle 2.1	Nein			Nein			0,07473958
Leitung 2.1	Nein			Nein			0,11119792
Quelle 2.2	Nein			Nein			0,14975818
Leitung 2.2	Nein			Nein			0,18584449
Leitung 2.3	Nein			Nein			0,29330357
HB 2	Nein			Nein			0,27419085
Leitung 2.4	Nein			Nein			0,22996652
Quelle 3	Nein			Nein			-
Leitung 3.1	Nein			Nein			-
Leitung 3.2	Nein			Nein			-
HB 3	Nein			Nein			-

Fortsetzung Sonderfall: logische Trennung von zusammenhängenden WDN

Ergebnisse Kritikalität Wassernetz WDN 2 <span style="float: right;">Zurück</span>							
FEW	Vernetzungsgrad	Unsicherheit	Kritikalität ohne Redundanz und Zeit	Redundanzfaktor	Kritikalität mit Redundanz	Zeifaktor	Kritikalität
Quelle 1	0,083333333	0,8	-	-	-	-	-
Wasserwerk	0,166666667		-	-	-	-	-
Leitung 1.1	0,166666667		-	-	-	-	-
Leitung 3.3	0,166666667		-	-	-	-	-
HB1	0,166666667		-	-	-	-	-
Leitung 1.2	0,083333333		-	-	-	-	-
Quelle 2.1	0,083333333		-	-	-	-	-
Leitung 2.1	0,166666667		-	-	-	-	-
Quelle 2.2	0,083333333		-	-	-	-	-
Leitung 2.2	0,166666667		-	-	-	-	-
Leitung 2.3	0,25		-	-	-	-	-
HB 2	0,166666667		-	-	-	-	-
Leitung 2.4	0,083333333		-	-	-	-	-
Quelle 3	0,333333333		1,666666667	1	1,6666667	1,2	2
Leitung 3.1	0,666666667		2	1	2	1,2	2
Leitung 3.2	0,666666667		1,458333333	0,5	0,7291667	0,7821429	0,5703125
HB 3	0,666666667		1,458333333	0,5	0,7291667	1,2	0,875

FEW	Einer Verbindungsstelle vorgelagert?	Zu welchem WDN?	Verbindungsstelle?	Einer weiteren Verbindungsstelle vorgelagert?	Zu welchem WDN?	Verbindungsstelle?	Kritikalität Final
Quelle 1	Nein			Nein			-
Wasserwerk	Nein			Nein			-
Leitung 1.1	Nein			Nein			-
Leitung 3.3	Nein			Nein			-
HB1	Nein			Nein			-
Leitung 1.2	Nein			Nein			-
Quelle 2.1	Nein			Nein			-
Leitung 2.1	Nein			Nein			-
Quelle 2.2	Nein			Nein			-
Leitung 2.2	Nein			Nein			-
Leitung 2.3	Nein			Nein			-
HB 2	Nein			Nein			-
Leitung 2.4	Nein			Nein			-
Quelle 3	Ja	WDN 1	Leitung 3.3	Nein			2
Leitung 3.1	Ja	WDN 1	Leitung 3.3	Nein			2
Leitung 3.2	Ja	WDN 1	Leitung 3.3	Nein			0,8010007
HB 3	Ja	WDN 1	Leitung 3.3	Nein			1,2289326

**d) Unsicherheit**

Die Unsicherheit spiegelt den Einfluss aus Vereinfachungen und der (Un)Genauigkeit der Datengrundlagen wider. Bei der Betrachtung der Wassernetze fließen die Einschätzung der getroffenen Vereinfachungen und Annahmen sowie die Anzahl und Relevanz bzw. Zuverlässigkeit der verfügbaren Daten ein. Je niedriger die Stärke des Wissens, desto pessimistischer sind die Ergebnisse zu betrachten, was zu einer Erhöhung der Kritikalität führt. Die Ermittlung erfolgt gemäß folgender Bewertungen. Die Berechnung wird im Tool automatisch vorgenommen.

Bedienungsanleitung  
6.6

Tabelle 21: Einschätzung der getroffenen Vereinfachungen der Netzdarstellung

Beschreibung	Einschätzung
Stark vereinfachte Darstellung der Netze	schwach
Vereinfachte Abbildung der Netze, der Sachverhalt kann ausreichend gut dargestellt werden	moderat
Die Darstellung der Netze stellt eine 1:1 Abbildung dar	stark

Tabelle 22: Anzahl und Relevanz/Zuverlässigkeit der verfügbaren Daten und Informationen

Beschreibung	Einschätzung
Daten sind nicht verfügbar oder unzuverlässig	Schwach
Daten sind verfügbar und bedingt zuverlässig bzw. nur wenige zuverlässige Daten verfügbar	Moderat
Zuverlässigen Daten sind vielfach verfügbar	Stark

### Ermittlung der Kritikalität der Wassernetze

Die Kritikalität wird durch das Tool automatisch auf Grundlage der oben benannten Größen ermittelt. Je höher die angegebene Kritikalitätsstufe, desto relevanter ist die betrachtete FEW für die Funktionsfähigkeit des Netzes und damit der Krankenhausfunktionseinheiten. Im Bereich der verschiedenen Netze ist ggf. eine separate Betrachtung der Kritikalitäten vorzunehmen. Versorgt jedes der Netze eine gleichwertig kritische FE, so ist ein Vergleich möglich.

Bedienungsanleitung  
6.7-6.10

Da ein Vergleich der Kritikalitätswerte zwischen Trink- und Abwassernetz nur in begrenztem Maße möglich ist, sind diese prinzipiell getrennt zu betrachten.

Die Kritikalität wird im NOWATER-Tool „ATEK Wasser“ ohne Einbezug der Redundanz, mit Einbezug der Redundanz, jedoch ohne Zeitfaktor sowie mit Redundanz und Zeitfaktor angegeben. Wurden logische Trennungen zusammenhängender Netze vorgenommen, so ist eine Angabe der Verbindungsstelle gemäß der Bedienungsanleitung vorzunehmen. Der endgültige Kritikalitätswert kann unter „Kritikalität final“ eingesehen werden. Die Kritikalität umfasst folgenden Wertebereich:

Tabelle 23: Wertebereich der Kritikalität der Wassernetzkomponenten

Wertebereich	Kritikalität
0	unkritisch
$0 < Kr \leq 0,5$	leicht kritisch
$0,5 < Kr \leq 1,0$	kritisch
$1,0 < Kr \leq 1,5$	sehr kritisch
$Kr > 1,5$	extrem kritisch

#### Hinweis

Da alle Komponenten des jeweiligen Netzes aufgrund der Abhängigkeit einer kritischen FE zunächst kritisch zu betrachten sind, gilt allgemein, dass alle Komponenten des Netzes in die nachfolgende Vulnerabilitätsanalyse miteinzubeziehen sind. Ausnahmen bilden FEW mit einer Kritikalität von null. Um jedoch jeweils eine Filterung vornehmen zu können, sind alle FEW ab einer Kritikalitätsklasse „Kritisch“ **zwingend** in die weiteren Analysen einzubeziehen.

### 3.3.2. Analyse der Einwirkungen und technischen Konsequenzen

Um die Folgen der unter 3.2.4 definierten Szenarien für die kritischen Netzkomponenten abzuschätzen, werden diese einer szenariospezifischen Einwirkungsanalyse unterzogen und die technischen Konsequenzen erhoben. Diese Abschätzung basiert auf der Event-Tree-Analyse, über die der schwerwiegendste anzunehmende Schaden auf die betrachteten Netzkomponenten identifiziert wird.

#### Hinweis

Im Projekt NOWATER wurden für die betrachteten Szenarien die Einwirkungen bis zur III. Ordnung differenziert und um erforderliche Maßnahmen und deren Einwirkung auf die Wassernetze ergänzt, sodass sich erweiterte Event-Tree-Analyse (siehe Abbildung 13) ergibt.

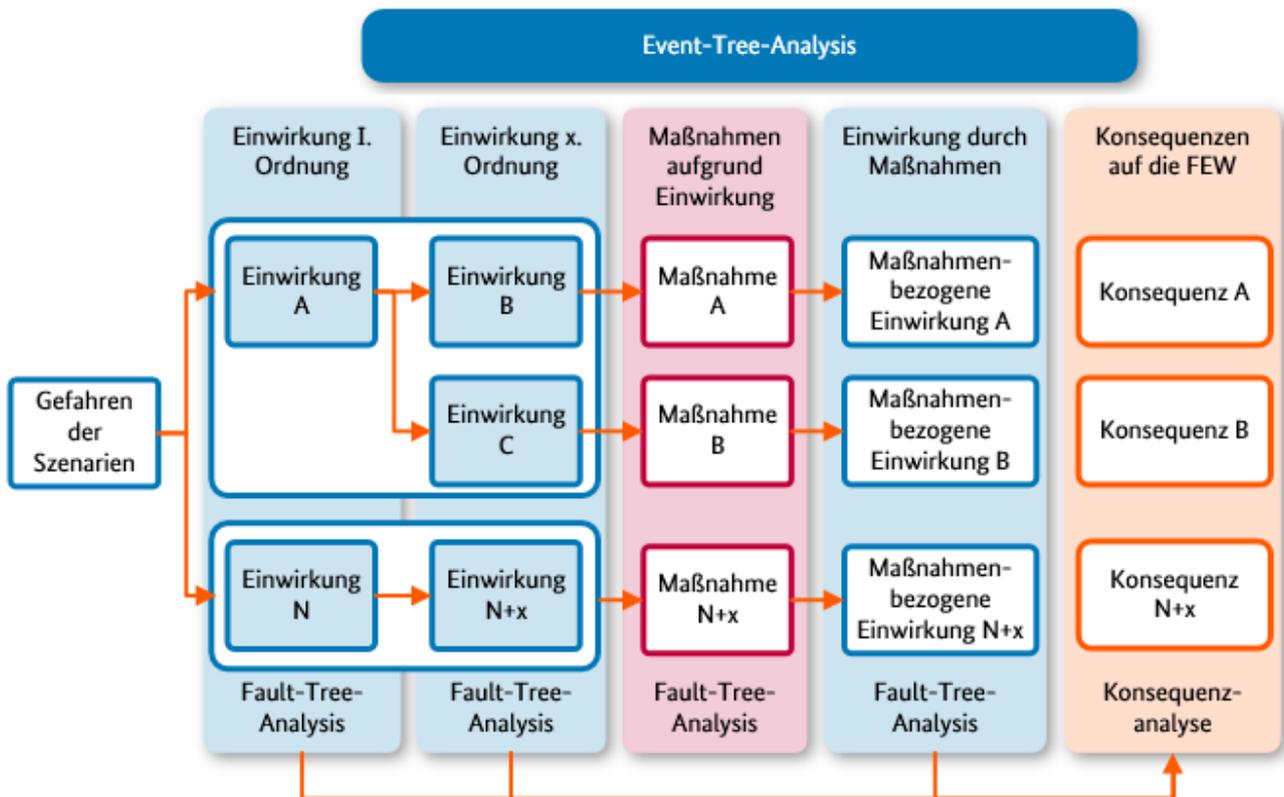


Abbildung 13: Erweiterte Event-Tree-Analyse

#### Bestimmung der Einwirkungen

Zu erfassen sind die offensichtlichen Einwirkungen auf die Wasserkomponenten sowie die weiterführenden potentiellen Einflüsse. Grundlage bilden die zuvor definierten Szenarien.

Bedienungsanleitung  
7.1

#### Beispiel

Bei einem Szenario „Kein Wasser“ stellt die erste Einwirkung das Leerlaufen des Netzes dar. Aufgrund des leeren Netzes kann ein Unterdruck entstehen, sich eine Ablagerung bilden und/oder Rohre rosten.

Folgende Einwirkungen auf die Wassernetzkomponenten wurden im Projekt NOWATER erfasst:

**Hinweis zum Szenario „Verunreinigung mit E.Coli-Bakterien“**

Da E.Coli-Bakterien organisches Material verstoffwechseln, findet keine Biofilmbildung in Trinkwassernetzen durch E.Coli-Bakterien statt. Eine Einwirkung auf die Wassernetzkomponenten durch das Szenario „E.Coli“ direkt ist daher nicht identifiziert worden. Einwirkungen aufgrund von Maßnahmen zur Trinkwasserbehandlung wurden separat erfasst.

Tabelle 24: Einwirkungen I. bis III. Ordnung für das Szenario „Kontamination mit unbekannter Chemikalie“

Einwirkung I. Ordnung	Einwirkung II. Ordnung	Einwirkung III. Ordnung
Chemikalieneinwirkung	Leitungsschäden Schäden Aufbereitungsanlage	

Tabelle 25: Einwirkungen I. bis III. Ordnung für das Szenario „Wasserrohrbruch“

Einwirkung I. Ordnung	Einwirkung II. Ordnung	Einwirkung III. Ordnung
Verkeimung/ Kontamination des Trinkwassers	Biofilmbildung	Verschlechterung Wirkungsgrad Wärmetauscher und Klimaanlage Verschlechterung Leistung, Verstopfung, Biofouling in Filtrationsanlagen Biokorrosion
	Chemikalieneinwirkung	Leitungsschäden Schäden Aufbereitungsanlage
Luft in Leitungen	Verringerung Pumpenleistung	
	Verringerung Mess- und Regelgenauigkeit von Instrumenten	
	Korrosion durch Sauerstoffeinwirkung	
Unterdruck	Pumpenleistung durch Druckabfall	

Tabelle 26: Einwirkungen I. bis III. Ordnung für das Szenario „Lokaler Starkregen mit Abwasserentsorgungsausfall“

Einwirkung I. Ordnung	Einwirkung II. Ordnung	Einwirkung III. Ordnung
Rückstau Abwasser	Austritt des Abwassers Nichtabfließen des Abwassers	

Tabelle 27: Einwirkungen I. bis III. Ordnung für das Szenario „Großflächiger Stromausfall“

Einwirkung I. Ordnung	Einwirkung II. Ordnung	Einwirkung III. Ordnung
Druckschläge durch plötzlichen Pumpenausfall, Schließen von Ventilen	Leitungsschäden durch Druckschläge	
Biofilmbildung	Verschlechterung Wirkungsgrad Wärmetauscher und Klimaanlage Verschlechterung Leistung, Verstopfung, Biofouling in Filtrationsanlagen Biokorrosion	
	Leitungsschäden durch Druckschläge, Korrosion	Kontamination/Biofilm durch Stagnation
Ausfall von Mess-/Regel-/Steuereinheiten	Leitungsschäden durch Korrosion/	Kontamination/Biofilm durch Stagnation
Ausfall der Wasseraufbereitung	Leitungsschäden durch Korrosion	Kontamination/Biofilm durch Stagnation
Ausfall von Pumpen	Luft in Leitungen	Verringerung Mess- und Regelgenauigkeit von Instrumenten Korrosion durch Sauerstoffeinwirkung
	Unterdruck	
	Leitungsschäden durch Korrosion	
Ausfall von Hebewerken	Absterben Mikroorganismen in Abwasseraufbereitungs-	

Für die einwirkungsbezogenen Maßnahmen wurden zudem folgende weitere potentielle Einwirkungen im Projekt NOWATER zusammengetragen:

Tabelle 28: Einwirkungen durch Maßnahmen für das Szenario „Verunreinigung mit E.Coli-Bakterien“

Einwirkung	Maßnahmen aufgrund Einwirkung	Einwirkung durch Maßnahmen
Trinkwasserverunreinigung	Spülung	Leitungsschäden durch Druckschläge
	Desinfektion	Leitungsschäden durch Chemikalien

Tabelle 29: Einwirkungen durch Maßnahmen für das Szenario „Kontamination mit unbekannter Chemikalie“

Einwirkung	Maßnahmen aufgrund Einwirkung	Einwirkung durch Maßnahmen
Chemikalieneinwirkung	Spülung	Rohrbruch im Abwassernetz durch Verstopfung
	Spülung	Leitungsschäden durch Druckschläge
	Desinfektion	Leitungsschäden durch Chemikalien
	Einwirkung von Chemikalien zur Neutralisation	Leitungsschäden

Tabelle 30: Einwirkungen durch Maßnahmen für das Szenario „Wasserrohrbruch“

Einwirkung	Maßnahmen aufgrund Einwirkung	Einwirkung durch Maßnahmen
Biofilmbildung	Spülung	Leitungsschäden durch Druckschläge
	Desinfektion	Leitungsschäden durch Chemikalien
Chemikalieneinwirkung	Spülung	Leitungsschäden durch Druckschläge
	Desinfektion	Leitungsschäden durch Chemikalien
	Einwirkung von Chemikalien zur Neutralisation	Leitungsschäden
Luft in Leitungen	Spülung	Leitungsschäden durch Druckschläge
	Desinfektion	Leitungsschäden durch Chemikalien
Unterdruck	Spülung	Leitungsschäden durch Druckschläge
	Drosselung Pumpenleistung	Heißlaufen bis Schädigung Pumpen

Tabelle 31: Einwirkungen durch Maßnahmen für das Szenario „Lokaler Starkregen mit Abwasserentsorgungsausfall“

Einwirkung	Maßnahmen aufgrund Einwirkung	Einwirkung durch Maßnahmen
Rückstau Abwasser	Abpumpen	
	Reduktion Abwasseranfall	

Tabelle 32: Einwirkungen durch Maßnahmen für das Szenario „Stromausfall“

Einwirkung	Maßnahmen aufgrund Einwirkung	Einwirkung durch Maßnahmen
Biofilmbildung	Spülung	Leitungsschäden durch Druckschläge
	Desinfektion	Leitungsschäden durch Chemikalien
Ausfall von Mess-/Regel-/Steuereinheiten	Spülung	Leitungsschäden durch Druckschläge
	Desinfektion	Leitungsschäden durch Chemikalien
Ausfall der Wasseraufbereitung	Spülung	Leitungsschäden durch Druckschläge
	Desinfektion	Leitungsschäden durch Chemikalien
Ausfall von Pumpen	Spülung	Leitungsschäden durch Druckschläge
	Desinfektion	Leitungsschäden durch Chemikalien

Zur Verringerung der Komplexität ist im Toolset die Analyse nur für die Einwirkungen I. Ordnung vorzunehmen. Weiterführende Ordnungen sind im Rahmen der anschließenden Konsequenzanalyse mitzudenken.

## Bestimmung der Konsequenzen

Dieser Schritt dient zur Identifizierung des schwerwiegendsten anzunehmenden Schadens der FEW durch das angenommene Szenario und die damit einhergehende Einwirkung. Die Bewertung der Konsequenzen pro FEW und Einwirkungen erfolgt anhand der Bewertungsgrundlage in Tabelle 33 und ist durch geeignetes Fachpersonal durchzuführen.

Bedienungsanleitung  
7.2

Tabelle 33: Schadenskategorien und Wertezuweisung (Adaption nach U.S. Army Public Health Center (2020, S. 13).

Bewertungsgrundlage	Schadens-kategorie
Szenario bzw. Einwirkungen haben keinen oder nur marginalen Einfluss auf die Funktionsfähigkeit der Komponente. Ein Weiterbetrieb ist uneingeschränkt möglich.	vernachlässigbar
Szenario bzw. Einwirkungen haben nur geringen Einfluss auf die Funktionsfähigkeit der Komponente. Ein Weiterbetrieb ist möglich. Weiterführende Beschädigungen/Beeinträchtigungen sind nicht wahrscheinlich	gering
Szenario bzw. Einwirkungen haben Einfluss auf die Funktionsfähigkeit der Komponente. Ein Ausfall ist wahrscheinlich. Weiterführende Beschädigungen/Beeinträchtigungen sind nicht wahrscheinlich	moderat
Szenario bzw. Einwirkungen haben Einfluss auf die Funktionsfähigkeit der Komponente. Ein Ausfall ist wahrscheinlich. Weiterführende Beschädigungen/Beeinträchtigungen können ggf. nicht verhindert werden/sind eher wahrscheinlich.	signifikant
Szenario bzw. Einwirkungen haben die direkte, unmittelbare starke Einschränkung der Funktion oder gar Funktionsunfähigkeit und/oder Zerstörung der Komponente zur Folge. Ein Ausfall ist unumgänglich. Weiterführende Beschädigungen/Beeinträchtigungen können nicht verhindert werden/sind sehr wahrscheinlich.	katastrophal

### Hinweis

Die Bewertung erfolgt pro Szenario, Einwirkung und FEW. Nur so kann im finalen Schritt der Risikoermittlung herausgestellt werden, wo die größten Risiken vorliegen.

**WICHTIG: Die Bewertung bezieht sich ausschließlich auf das Schadensausmaß, dass eine Einwirkung auf die Wassernetzkomponenten hervorruft. Die Betrachtung von weiterführenden Folgen bspw. auf Krankenhausprozesse ist an dieser Stelle nicht Teil der Betrachtung.**

Die im Projekt NOWATER durchgeführte Analyse der Trinkwassernetze eines Krankenhauses ergab für den Großteil der Leitungsabschnitte folgende potentielle Konsequenzen.

Szenario	Einwirkung I. Ordnung	Konsequenz
Verunreinigung mit E.Coli Bakterien	Biofilmbildung	signifikant
Kontamination mit unbekannter Chemikalie	Chemikalieneinwirkung	katastrophal
Wasserrohrbruch	Verkeimung/ Kontamination des Trinkwassers	signifikant
	Luft in Leitungen	gering
	Unterdruck	gering
Großflächiger Stromausfall	Druckschläge durch plötzlichen Pumpenausfall,	gering
	Schließen von Ventilen	vereinzelt signifikant
	Biofilmbildung	gering
	Ausfall von Mess-/Regel-/Steuereinheiten	moderat
	Ausfall der Wasseraufbereitung	gering
	Ausfall von Pumpen	vernachlässigbar
		vereinzelt signifikant

#### Hinweis

Das Szenario „Starkregen“ wirkt primär auf das Abwassernetz und ist daher in dieser Darstellung nicht enthalten. Diese betreffen auch die Einwirkungen auf Hebewerke und Kläranlagen durch das Szenario „Großflächiger Stromausfall“.

#### Hinweis

Die dargestellte Bewertung erfolgte unter Einbezug der Ergebnisse des Auftragsforschungsprojektes „Anforderungen an Nottrinkwasser und Maßnahmen zur Verwendung für sensible Abnehmer und sensible technische Systeme in Einrichtungen des Gesundheitswesens (Krankenhäuser) – NOWA III“ der Universität der Bundeswehr München und Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe GmbH (FoBiG) 2022.

### 3.3.3. Vulnerabilitäts- und Resilienzanalyse des Wasser- und Abwassernetzes

Analog zur Betrachtung der Krankenhausprozesse erfolgt auch bei der Detailanalyse der Wassernetze eine Ermittlung der Verwundbarkeit der Netzkomponenten gegenüber den Einwirkungen der betrachteten Szenarien.

Bedienungsanleitung  
7.3-7.4

Es sind zwei Arten von Faktoren relevant: Vulnerabilitäts- und Resilienzfaktoren. Die Vulnerabilität stellt hier einen Indikator für den Grad negativer Konsequenzen auf Komponenten dar, unter der Bedingung, dass ein Ereignis eintritt (Thekdi und Aven 2021, S. 1291). Die Resilienz stellt die „Fähigkeit eines Systems, Ereignissen zu widerstehen bzw. sich daran anzupassen und dabei seine Funktionsfähigkeit zu erhalten oder möglichst schnell wieder zu erlangen.“ dar (BBK 2019).

Die Durchführung der Vulnerabilitäts- und Resilienzanalyse der Wassernetze verläuft idealerweise parallel zur Vulnerabilitätsanalyse der Krankenhausbereiche. Beide Analysen liefern sich, je nach vorliegender Datenlage, gegenseitig Ergebnisse. So zeigt ggf. erst die Vulnerabilitätsanalyse der Wassernetze, welche Funktionseinheiten der Krankenhausprozesse funktionsanfällig sind.

#### Durchführung der Vulnerabilitätsanalyse

Die Ermittlung der Vulnerabilität erfolgt analog der Vulnerabilitätsanalyse der Krankenhausprozesse ebenfalls in 6 Schritten (siehe Abbildung 14). Einbezogen werden neben den Vulnerabilitätsfaktoren Exposition und Funktionsanfälligkeit, die Resilienzfaktoren Wiederherstellungsdauer, Robustheit und Unsicherheit.

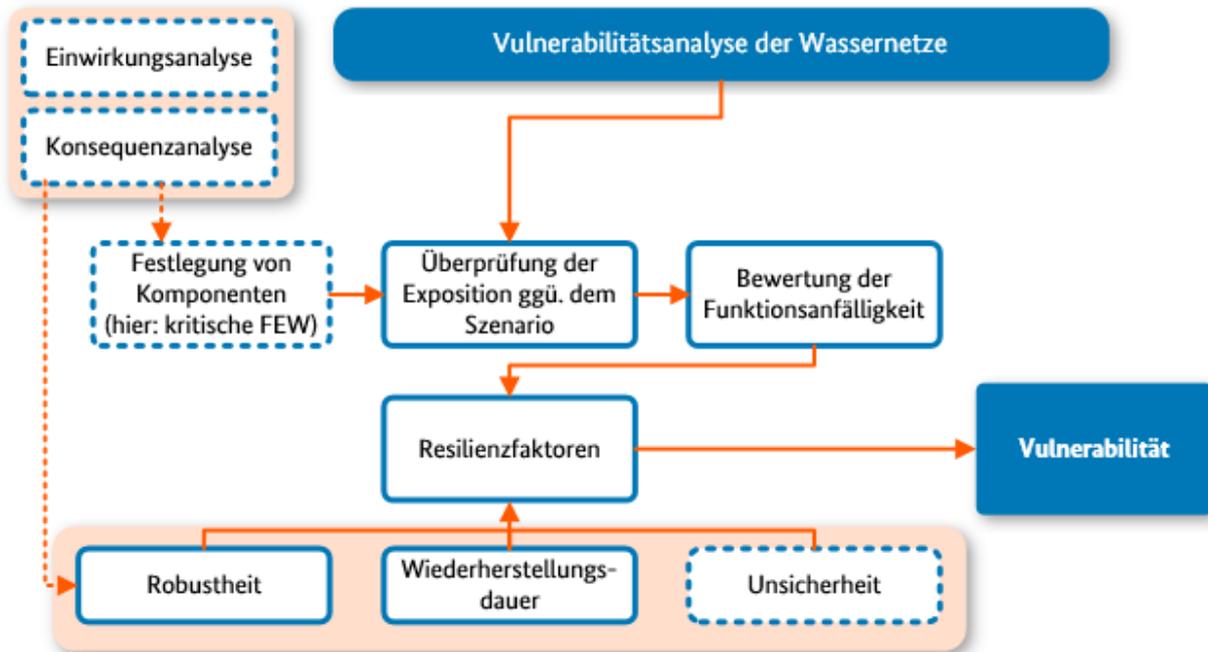


Abbildung 14: Ablauf der Vulnerabilitätsanalyse des Wasser- und Abwassernetzes

### Schritt 1: Festlegung von Komponenten

Dieser Schritt wird durch die Durchführung der Kritikalitätsanalyse erfüllt. Dadurch werden nur die relevanten FEW in der Vulnerabilitätsanalyse betrachtet.

#### Hinweis

Im NOWATER-Toolset kann nach Abschluss der Kritikalitätsanalyse auch für die Wassernetzkomponenten die Importfunktion genutzt werden, um die kritischen Funktionseinheiten der Vulnerabilitätsanalyse zu unterziehen, sodass keine erneute Erfassung der FE und manuelle Eingabe der Kritikalitäten erforderlich ist.

### Schritt 2: Überprüfung der Exposition

Die Exposition ist ein Vulnerabilitätsfaktor und beschreibt, welche Funktionseinheiten von dem Ereignis direkt oder indirekt betroffen sind.

Bedienungsanleitung  
7.3 Teilschritt 1)

### Schritt 3: Untersuchung der Funktionsanfälligkeit

Mit der Funktionsanfälligkeit wird eingeschätzt, ob die von dem Ereignis bzw. den Einwirkungen betroffenen FEW oder das Netz bei Eintritt der Einwirkung in ihrer Funktion beeinträchtigt werden können. Diese Größe ist mit der Robustheit gekoppelt. Dabei sind die Mindestanforderungen an die Komponente - sofern vorliegend - zu berücksichtigen, da durch deren Einhaltung sichergestellt wird, dass die Komponente nicht in seiner Funktion beeinträchtigt wird. Mindestanforderungen können bspw. hinsichtlich Wasserqualität, Wasserdruck, Durchfluss, Wassertemperatur etc. bestehen.

Bedienungsanleitung  
7.3 Teilschritt 1)

### Schritt 4: Bestimmung der Robustheit

Die Robustheit wird aus den ermittelten Konsequenzen (siehe 3.3.2) bestimmt. Dabei gilt, je geringer die Konsequenzkategorie, desto höher die Robustheit. Die Robustheit wird gemäß Tabelle 34 kategorisiert.

Tabelle 34: Kategorisierung der Robustheit

Kategorie Robustheit	Konsequenzkategorie
sehr hoch	vernachlässigbar
hoch	gering
moderat	moderat
niedrig	signifikant
sehr niedrig	katastrophal

**Hinweis**

In den NOWATER-Tools „ATEVuR Wasser“ und „ATEVuR Abwasser“ wird die Robustheit automatisch ermittelt.

**Schritt 5: Einschätzung der Wiederherstellungsdauer**

Die Wiederherstellungsdauer umfasst die Zeit bis zur Funktionswiederherstellung (durch z.B. Reparatur) der Komponente bzw. des Netzes und ist von folgenden Einflussgrößen abhängig:

- technische Ressourcen zur Bewältigung und Wiederherstellung
- Personalverfügbarkeit zur Bewältigung und Wiederherstellung
- Monitoring- und Kontrollmöglichkeiten (z.B. Sensoren, detaillierte Rohrleitungsnetze etc.)
- Managementsystem, das bspw. über Festlegungen zu Zuständigkeiten und Priorisierungsmethoden verfügt
- Robustheit (siehe 3.3.3 Schritt 4)

Bedienungsanleitung  
7.3 Teilschritt 2)

Die Bewertung erfolgt in dem bestehenden Arbeitskreis. Die Einschätzung erfolgt nach der folgenden Kategorisierung:

Tabelle 35: Kategorisierung der Wiederherstellungsdauer

Zeit in Stunden	Kategorie
< 8	niedrig
8 bis < 24	mittel
≥ 24	hoch

**Schritt 6: Berücksichtigung der Unsicherheit**

Es ist einzuschätzen, ob die getätigten Angaben auf einer soliden Datengrundlage oder Annahmen beruhen. Einbezogen wird auch die Unsicherheit bei der Ermittlung der Konsequenzen. Dabei wird das Vorgehen aus der Kritikalitätsanalyse der Krankenhausfunktionseinheiten angewendet (vgl. 3.2.3 d)).

Bedienungsanleitung  
7.3 Teilschritt 3)

Folgende Kategorien der Unsicherheit werden zugrunde gelegt:

Tabelle 36: Kategorisierung der Unsicherheit

Stärke des Wissens	Unsicherheit
sehr schwach	sehr hoch
schwach	hoch
moderat	moderat
stark	gering
sehr stark	sehr gering

### Ermittlung der Vulnerabilität

Die Resilienz- und Verwundbarkeitsfaktoren ergeben Regelsets, über die die Ermittlung der Vulnerabilitätsklasse und Kategorisierung ermöglicht wird (siehe folgende Abbildung). Eine vollständige Auflistung der Regelsets befindet sich im Anhang II.

Bedienungsanleitung  
7.4

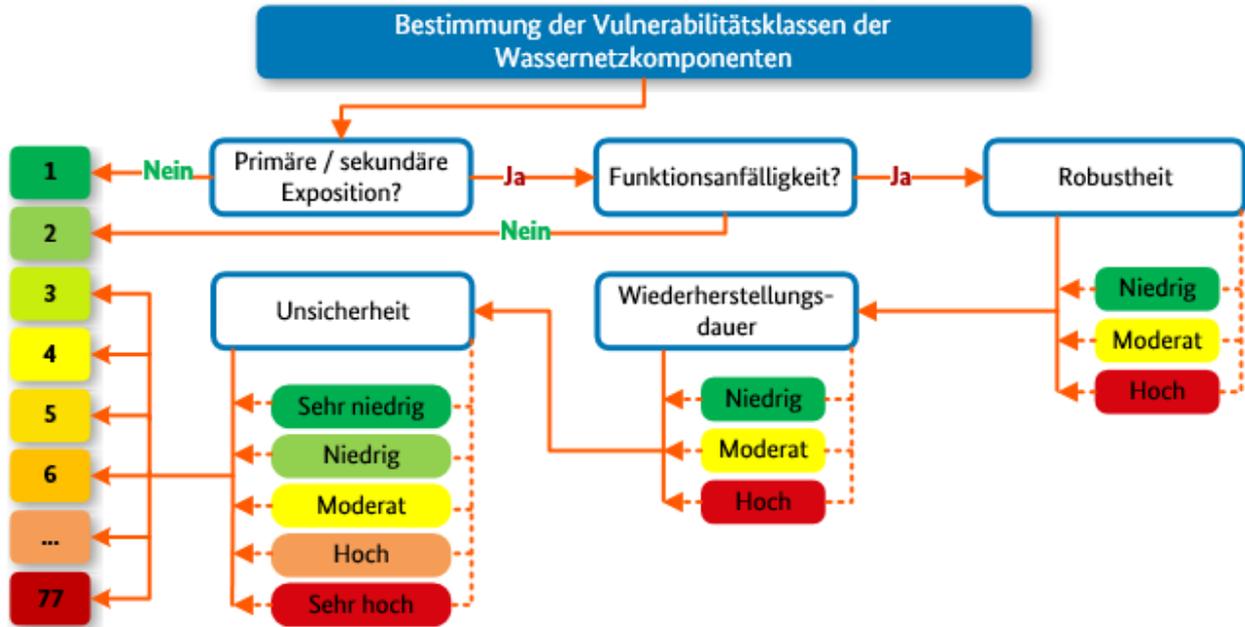


Abbildung 15. Ermittlung der Vulnerabilitätsklasse

Die im Projekt NOWATER durchgeführte Analyse des Trinkwassernetzes eines Krankenhauses ergab für den Großteil der Leitungsabschnitte folgende Vulnerabilitätswerte. Diese können auch für andere Einrichtungen als Orientierung herangezogen werden.

Szenario	Einwirkung I. Ordnung	Vulnerabilität der FEW
Verunreinigung mit E. Coli Bakterien	Biofilmbildung	Hoch
	Kontamination mit unbekannter Chemikalie	Sehr hoch
Wasserrohrbruch	Verkeimung/ Kontamination des Trinkwassers	Hoch
	Luft in Leitungen	Gering
	Unterdruck	Gering
Großflächiger Stromausfall	Druckschläge durch plötzlichen Pumpenausfall, Schließen von Ventilen	Gering
	Biofilmbildung	Hoch
	Ausfall von Mess-/Regel-/Steuereinheiten	Gering
	Ausfall der Wasseraufbereitung	Gering
	Ausfall von Pumpen	Gering

Legende:

Farbe	Vulnerabilität
Grün	Keine
Gelbgrün	Gering
Gelb	Mittel

Farbe	Vulnerabilität
Orange	Hoch
Rot	Sehr hoch

### 3.3.4. Plausibilitätsprüfung des Einwirkungseintritts

Die Plausibilität bezieht sich hier auf den Eintritt der Einwirkungen. Dabei fließt die Plausibilität der zuvor erarbeiteten Szenarien ein. Es werden an dieser Stelle nur Einwirkungen aufgrund der Szenarien betrachtet und nicht, dass Einwirkungen auch außerhalb der Szenarien eintreten können.

Bedienungsanleitung  
7.3

#### Parameter der Plausibilität des Einwirkungseintritts

##### a) Subjektive Wahrscheinlichkeit unter Voraussetzung des Eintritts des Szenarios

Die „subjektive Wahrscheinlichkeit, drückt den subjektiven Überzeugungsgrad über das Eintreffen o-der Nicht-Eintreffen eines Ereignisses aus und entsteht durch Überlegungen und Vorwissen.“ (Spektrum Akademischer Verlag 2000). Damit entsprechen die Wahrscheinlichkeiten hier ausdrücklich nicht dem Ansatz der statistischen Methodik und weisen Unsicherheiten auf. Diese Unsicherheit wird nachfolgend durch die Begründung der Argumentation und die Überzeugtheit einbezogen.

Tabelle 37 zeigt die beschreibende Bewertungsskala für die Ermittlung und Klassifizierung der subjektiven Wahrscheinlichkeit.

Tabelle 37: Klassifizierung der subjektiven Wahrscheinlichkeit der Einwirkung

Beschreibung	Klassifizierung
Ausreichend geringe angenommene Wahrscheinlichkeit des Eintritts der Einwirkung, so dass diese vernachlässigbar ist bzw. die Einwirkung kann nur unter ganz speziellen Umständen eintreten, die nicht allgemein oder durch das Szenario vorliegen	vernachlässigbar
Einwirkungseintritt nur in manchen Fällen möglich	niedrig
Wahrscheinlicher Eintritt der Einwirkung, d.h. in den meisten Fällen des Vorliegens der gegebenen Umstände ist das Eintreten der Einwirkung der Fall	moderat
Überaus wahrscheinlicher Einwirkungseintritt, d.h. unter den betrachteten Umständen immer gegeben	hoch

##### b) Begründbarkeit der gewählten Einschätzung durch Argumentation

Die Bewertung erfolgt anhand der Begründung zur subjektiven Wahrscheinlichkeit des Eintritts der jeweiligen Einwirkung.

Tabelle 38: Klassifizierung der Argumentation

Beschreibung	Klassifizierung
Kein ähnlicher Fall dieser Einwirkung unter den benannten Umständen bekannt, keine Nennung von Referenzen/Beispielen möglich, Begründung nicht oder nur unzureichend vorhanden, keine strukturierte, logische und aufeinander aufbauende Begründung vorhanden oder aufgrund unbegründeter Annahmen, viele Lücken in der Argumentation	mangelhafte Argumentation
Referenzen/Beispiele für ähnliche Einwirkungen unter Ähnlichkeit zu den benannten Umständen vorliegend, begründete Parallelen können gezogen werden, Begründung aufeinander aufbauen, zumeist logisch nachvollziehbar und gut strukturiert, wenige Lücken in der Begründung, nur einige wenige Annahmen zugrunde liegend	befriedigende Argumentation
Referenzen/Beispiele mit nahezu identischen Bedingungen vorliegend, deutlich erkennbare Parallelen deutlich, gut strukturierte, logische und aufeinander aufbauende Begründung, nur vereinzelt oder gar keine unbegründeten Annahmen	gute Argumentation

##### c) Überzeugtheit durch Wissenshintergrund

Die Bewertung erfolgt anhand der Begründung zur subjektiven Wahrscheinlichkeit des Eintritts der jeweiligen Einwirkung und des Hintergrundwissens der Analysierenden.

Tabelle 39: Klassifizierung der Überzeugtheit

Beschreibung	Klassifizierung
Die Hintergrundinformationen decken sich nicht mit der Begründung zur Wahrscheinlichkeit. Es gibt keinen Konsens bzw. kaum Zustimmung zur Begründung unter Fachpersonen.	mangelhafte Überzeugtheit
Die Hintergrundinformationen decken sich teilweise mit der Begründung zur Wahrscheinlichkeit. Teilweise besteht Konsens bzw. Zustimmung zur Begründung unter Fachpersonen.	befriedigende Überzeugtheit
Die Hintergrundinformationen decken sich mit der Begründung zur Wahrscheinlichkeit. Es besteht weitestgehend Konsens unter Fachkräften bzw. Zustimmung zur Begründung.	gute Überzeugtheit

### Ermittlung der Plausibilität

Die Plausibilität wird als sogenannte „bedingte Plausibilität“ unter Einbezug der vorgenannten Parameter und der Plausibilität des Eintritts des betrachteten Szenarios ermittelt. Es ergibt sich folgende Abstufung (Tabelle 40).

Tabelle 40: Plausibilitätsstufen

Wertebereich	Plausibilitätsstufe
$0 < x < 0,25$	wenig plausibel
$0,25 \leq x < 0,5$	moderat plausibel
$0,50 \leq x < 0,75$	plausibel
$x > 0,75$	sehr plausibel

### 3.3.5. Risikoermittlung und -darstellung

Das Risiko ergibt sich aus der Kritikalität, der Vulnerabilität und Resilienz der Wassernetzkomponenten und der Plausibilität für den Eintritt der betrachteten Einwirkungen.

Bedienungsanleitung  
7.5

#### Hinweis

Das potentielle Schadensausmaß wurde in der Betrachtung der Robustheit integriert, weshalb kein gesonderter Einbezug in das Risiko erfolgt.

Die Ermittlung des Risikos der Wasser- und Abwassernetzkomponenten erfolgt pro Szenario, Einwirkung und Komponente (FEW) in 5-stufiger Klassifizierung (siehe Tabelle 41).

Tabelle 41: Risikoklassifikation der Wasser- und Abwassernetzkomponenten

Risikoklassifikation	Farbe	Numerischer Risikowert
Niedriges Risiko	Grün	0 bis 0,4
Eher niedriges Risiko	Hellgrün	>0,4 bis 0,8
Mittleres Risiko	Gelb	>0,8 bis 1,2
Hohes Risiko	Orange	>1,2 bis 1,6
Sehr hohes Risiko	Rot	>1,6 bis 2

### 3.3.6. Risikovergleich und -bewertung der Wassernetzkomponenten

Die gewonnenen Risikowerte sind abschließend ebenfalls einem Risikovergleich und einer Bewertung zu unterziehen. Ziel des Risikovergleiches und der Risikobewertung ist es, die Netzkomponenten zu identifizieren,

Bedienungsanleitung  
7.6

für die das jeweils höchste Risiko besteht und die Risikoprofile nach dem größten Handlungsbedarf unter Einbezug der Kritikalität der FE zu bewerten (Abbildung 16). Dabei ist eine Einschätzung vorzunehmen, ob das ermittelte Risiko bzw. Risikoprofil akzeptiert werden kann.



Abbildung 16: Priorisierung des Handlungsbedarfs

Wird das Risiko bzw. das Risikoprofil als akzeptabel bewertet, sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich. Sind die Risiken bzw. die Risikoprofile nicht akzeptabel, so sind weitere Maßnahmen zur Erhöhung der Risikoakzeptanz, z.B. durch Risikoübertrag, oder/und der Risikominderung zu ergreifen.

#### Hinweis

Insbesondere durchgängig hohe Risikowerte sind auch mit Hinblick auf die Kritikalitätswerte der Krankenhausfunktionseinheiten bewertbar. Dies Kritikalitätswerte der FE können hier also zusätzlich Hinweise zur Priorisierung liefern.

### 3.4. Qualitative Abschätzung der Kritikalität bei Ringleitungen und geringer Datenlage

Die Methodik nach Abschnitt 3.3 ist für Ringleitungen nur bedingt geeignet. Insbesondere bei Ringleitungen mit nur einer Quelle und weniger als einer Verzweigung nach der Ringleitung oder geringer Datenlage zu den Wassernetzen empfiehlt sich eine qualitative Abschätzung der Kritikalität, da in diesen Fällen nur wenige oder nur sehr homogene Kritikalitätswerte resultieren.

Um eine solche qualitative Abschätzung zu ermöglichen, ist ein vereinfachter Wassernetzplan mit Darstellung der kritischen FE zu erarbeiten.

#### Hinweis

Die hier beschriebene qualitative Abschätzung stellt nur eine von vielen möglichen Vorschlägen zur Auswertung der Ergebnisse bei Ringleitungen oder geringer Datenlage zu Wassernetzkomponenten dar und ist nur für eine oberflächliche Betrachtung einer Ringleitung mit den Gebäudeanschlüssen geeignet.

**Bei Vorhandensein von mehr als einer Verzweigung nach der Ringleitung ist daher eine Detailanalyse der Wassernetze gemäß der vorangegangenen Beschreibung (siehe 3.3) durchzuführen.**

Die übergeordnete Zielsetzung der qualitativen Abschätzung ist eine vergleichende Darstellung der Bedeutung der jeweiligen FEW für das Wassernetz und die Versorgung der kritischen FE bei vergleichsweise geringem Aufwand. Andere Formen der Auswertung oder Ergebnisdarstellung sind ebenfalls anwendbar, sofern über die Ergebnisse Maßnahmen zielführend abgeleitet werden können.

Trotz der nur oberflächlichen Betrachtung der Komponenten, ist die Erhebung von Daten zu Durchflüssen erforderlich, d.h. die Anpassung der Durchflüsse der Ringleitung bzw. die Summe der Durchflüsse in die Gebäude.

Der Ablauf zur qualitativen Abschätzung umfasst die folgenden 3 Schritte:

### Schritt 1: Erstellung eines vereinfachten Wassernetzplans des Wassernetzes

Zu erstellen ist eine vereinfachte Skizze des Wassernetzes der betrachteten Einrichtung (vereinfachter Wassernetzplan), in der die relevanten Leitungen, Verbindungen und Gebäude erkennbar sind.

### Schritt 2: Erfassung und Filterung der kritischen Funktionseinheiten (FE)

Zur weiteren Verarbeitung sind die Funktionseinheiten des Krankenhauses mit Zuordnung der jeweiligen Gebäudezugehörigkeit und den Kritikalitätswerten zu erfassen. Einzubeziehen sind dabei die Kritikalitätswerte 10. Ordnung für das jeweils betrachtete Schutzziel.

Anschließend sind die so erfassten Funktionseinheiten, nach den folgenden Kriterien zu filtern:

- Funktionsanfälligkeit bei Ausfall der Wasserinfrastruktur: Ja
- Kritikalität: mindestens kritisch (Kritikalität > 0,6999)

#### Hinweis

Für die Auswertung kann die Tabelle "Auswertung\_qualitativ.xlsx" genutzt werden. In dieser Tabelle sind sowohl die relevanten Spalten, als auch Auswahlfelder und Filterfunktionen vorangelegt.

#### Auszug einer Beispieltabelle als Grundlage für die qualitative Abschätzung (ungefiltert):

FE	Haus	Funktionsanfälligkeit	Kritikalitätswert 10. Ordnung Schutzziel 1	Farbe
Angiographiegerät	A	Nein	0,75	
Apheresegerät	A	Nein	0,75	
Aufbereitung Endoskopie	A	Ja	0,75	
Bildgebende Diagnostik Radiologie	A	Ja	0,75	
Chest-Pain-Unit	A	Ja	0,75	
Chronische Dialyse	A	Ja	0,45	
CT 1	A	Nein	0,75	
CT 2	A	Nein	0,75	
Gastroenterologische Endoskopie	A	Ja	0,75	
Gynäkologie	A	Ja	0,46	
Herzkatheterlabor	A	Ja	0,75	
Kardiologie	A	Ja	0,75	
Mammographiegerät	A	Nein	0,33	
MRT 1	A	Ja	0,75	
MRT 2	A	Ja	0,75	
Nephrologie	A	Ja	0,6	
Orthopädie/Unfallchirurgie	A	Ja	0,75	
Prosektur	A	Ja	0,11	
RDG Endo	A	Ja	0,75	
Röntgendiagnostik	A	Nein	0,75	
Sonographie	A	Nein	0,75	
Strahlentherapie	A	Ja	0,28	
Urologie	A	Ja	0,56	
Urologische Endoskopie	A	Ja	0,75	

**Auszug einer Beispieltabelle als Grundlage für qualitative Abschätzung (gefiltert):**

FE	Haus	Kritikalitätswert	Farbe
Aufbereitung Endoskopie	A	0,75	
Bildgebende Diagnostik Radiologie	A	0,75	
Chest-Pain-Unit	A	0,75	
Gastroenterologische Endoskopie	A	0,75	
Herzkatheterlabor	A	0,75	
Kardiologie	A	0,75	
MRT 1	A	0,75	
MRT 2	A	0,75	
Orthopädie und Unfallchirurgie	A	0,75	
RDG Endo	A	0,75	
Urologische Endoskopie	A	0,75	

Die gefilterten Funktionseinheiten des Klinikums sind in dem vereinfachten Wassernetzplan entsprechend der Gebäudezuordnung zu ergänzen. Optional kann auch eine zweite Skizze für den Gesamtüberblick mit allen Funktionseinheiten in Färbung entsprechend ihrer Kritikalität erstellt werden.

Ein Beispiel für einen vereinfachten Wassernetzplan mit entsprechender Zuordnung ist in Anhang IV einsehbar.

**Schritt 3: Abschätzung der Kritikalität der Wassernetzkomponenten**

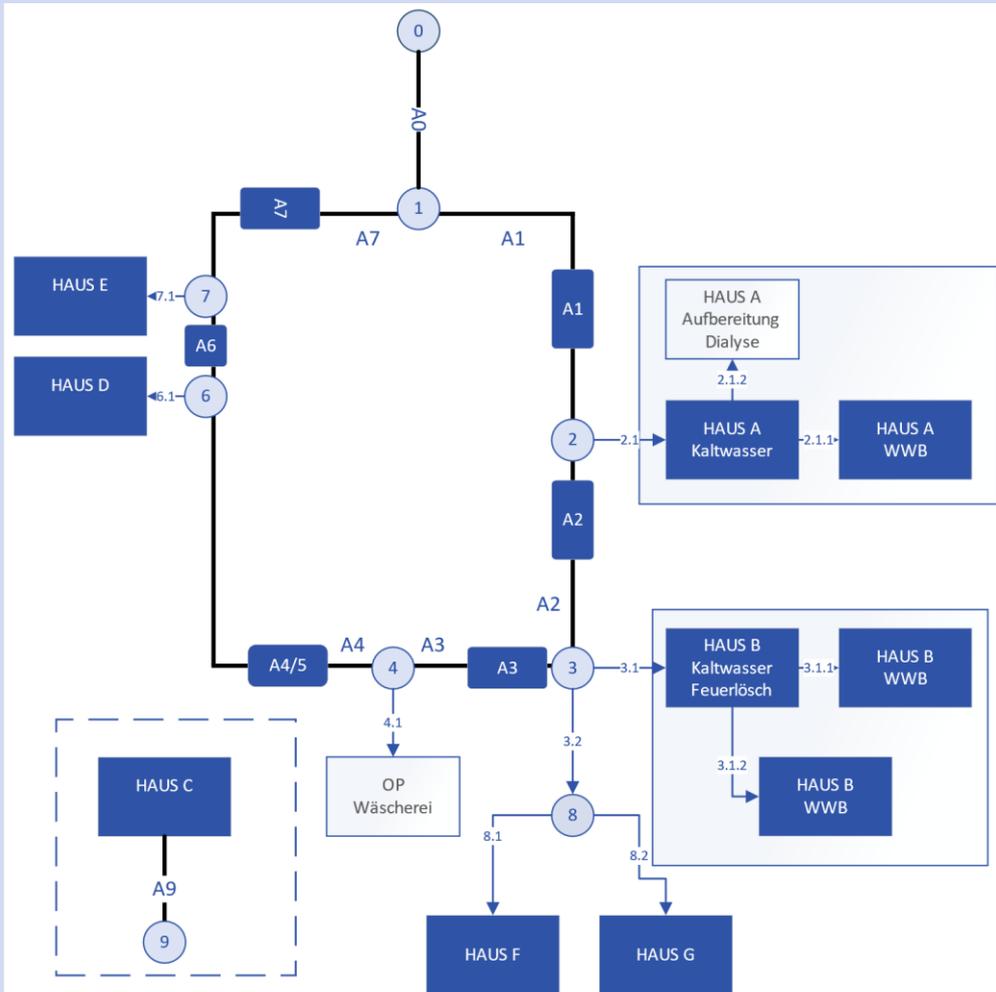
Auf Grundlage der Topologie und Eigenschaften des Netzes sowie unter Berücksichtigung der zu versorgenden kritischen Funktionseinheiten, sind die Kritikalitäten der FEW abzuschätzen.

**Hinweis**

Die Abschätzung der Kritikalität der Wassernetzkomponenten stellt lediglich Verhältnismäßigkeiten dar. Es handelt sich dabei nicht um exakt ermittelte Werte.

Das nachfolgende Beispiel soll den Vorgang einer solchen Abschätzung verdeutlichen.

Für die im Projekt NOWATER durchgeführte qualitative Abschätzung der Ringleitung eines Krankenhauses lag folgende Leitungssituation vor:



Den Gebäuden wurden entsprechend der Abbildung in Anhang IV die Funktionseinheiten zugeordnet. Anhand dieser Darstellung konnten folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

Aufgrund der beidseitigen Durchflussmöglichkeit der Ringleitung sind für die Ringleitungsbereiche (A1 bis A7) zunächst gleichwertige Kritikalitätswerte anzunehmen. So ist ein Bereich der Ringleitung nicht nur für ein oder zwei Gebäude relevant, sondern auch für die anderen Gebäude, welche an die Ringleitung angeschlossen sind. Abschiebermaßnahmen sind lediglich bei A3 und A6 möglich, was dazu führt, dass A1, A2 und A7 als hochkritisch einzustufen sind, da ein Schaden an diesen Stellen zu einem Ausfall der Ringleitung führen würde. Gleiches gilt für die Einspeisung durch A0.

Die weiteren Ringleitungsabschnitte weisen demnach zwar auch eine relativ hohe Kritikalität auf, aber in einem etwas geringeren Maße, da bei einer Beeinträchtigung dieser Abschnitte die Knoten 1,2,3,7 und 8 weiterhin funktionieren würden.

### Fortführung Erläuterung zur qualitativen Abschätzung der Ringleitung eines Krankenhauses

Es folgen hinsichtlich der Kritikalität die Stichleitungen zu den Gebäuden (z.B. 2.1 oder 3.1), da deren Beeinträchtigung zwar zu einem Ausfall der Versorgung von kritischen Funktionseinheiten innerhalb des entsprechenden Gebäudes führen würde, jedoch können alle weiteren Gebäude weiter versorgt werden.

Eine Ausnahme bildet die Leitung 3.2 und die davon abgehenden Leitungen 8.1 sowie 8.2. Da durch Leitung 3.2 zwei Gebäude versorgt werden, ist diese mit einer höheren Kritikalität als die anderen von der Ringleitung abgehenden Stichleitungen zu bewerten. 8.1. und 8.2 weisen die gleiche Kritikalität auf, wie z.B. Leitung 3.1.

Leitung A9 ist keine Ringleitung und versorgt ein Gebäude. Daher ist hier ebenfalls die gleiche Kritikalität wie z.B. für Leitung 3.1 anzusetzen.

Gemäß den vorangegangenen Schlussfolgerungen und der Herstellung von Verhältnismäßigkeiten der Bedeutung der FEW, können diesen Kritikalitätskategorien und Werte gemäß Abschnitt 3.3.1 zugeordnet werden. Da die Gebäude im betrachteten Beispiel mehrere kritische FE beinhalten, ist ein Vergleich der FE-Kritikalitätswerte nicht weiter relevant.

FEW	Kritikalitätskategorie	Farbe	Wert
A0	Extrem kritisch		2
A1	Extrem kritisch		2
A2	Extrem kritisch		2
A7	Extrem kritisch		2
A3	Sehr kritisch		1,5
A4/5	Sehr kritisch		1,5
A6	Sehr kritisch		1,5
3.2	Sehr kritisch		1,1
A9	Kritisch		0,75
2.1	Kritisch		0,75
3.1	Kritisch		0,75
4.1	Kritisch		0,75
6.1	Kritisch		0,75
7.1	Kritisch		0,75
8.1	Kritisch		0,75
8.2	Kritisch		0,75

## 4. Literaturverzeichnis

- Albers, Sönke; Klapper, Daniel; Konradt, Udo; Walter, Achim; Wolf, Joachim (2009): Methodik der empirischen Forschung. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Aven, Terje (2017): Improving risk characterisations in practical situations by highlighting knowledge aspects, with applications to risk matrices. In: *Reliability Engineering & System Safety* 167, S. 42–48. DOI: 10.1016/j.res.2017.05.006.
- Bäumer, Jan (2018): Bedarfsermittlung und Konzeption eines Krisenmanagementplanes für die Ersatztrinkwasserversorgung des Krankenhauses Merheim (Köln). Masterarbeit. TH Köln, Köln. Online verfügbar unter [https://epb.bibl.th-koeln.de/frontdoor/deliver/index/docId/1283/file/V%c3%96+B%c3%a4umer+2018+Bedarfsermittlung+und+Konzeption+eines+Krisenmanagementplanes+f%c3%bc+die+Ersatztrinkwasserversorgung+des+Krankenhauses+Merheim+\(K%c3%b6ln\).pdf](https://epb.bibl.th-koeln.de/frontdoor/deliver/index/docId/1283/file/V%c3%96+B%c3%a4umer+2018+Bedarfsermittlung+und+Konzeption+eines+Krisenmanagementplanes+f%c3%bc+die+Ersatztrinkwasserversorgung+des+Krankenhauses+Merheim+(K%c3%b6ln).pdf), zuletzt geprüft am 15.05.2020.
- Baur, Nina; Blasius, Jörg (2014): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- BBK (2008): Schutz Kritischer Infrastruktur: Risikomanagement im Krankenhaus. Leitfaden zur Identifikation und Reduzierung von Ausfallrisiken in Kritischen Infrastrukturen des Gesundheitswesens. Hg. v. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK). Bonn.
- BBK (2010): Methode für die Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz. Hg. v. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (Wissenschaftsforum, 8).
- BBK (2016): Sicherheit der Trinkwasserversorgung. Teil 1: Risikoanalyse. Unter Mitarbeit von Ina Wienand, Hasch und Markus. Hg. v. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK). Bonn (Praxis im Bevölkerungsschutz, 15).
- BBK (Hg.) (2017): Schutz Kritischer Infrastrukturen - Identifizierung in sieben Schritten. Arbeitshilfe für die Anwendung im Bevölkerungsschutz : Fachinformation. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK). Stand: Oktober 2017. Bonn: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Praxis im Bevölkerungsschutz, Band 20).
- BBK (2019): BBK-Glossar. Ausgewählte zentrale Begriffe des Bevölkerungsschutzes. 2. Aufl. Hg. v. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK). Online verfügbar unter [https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Praxis\\_Bevoelkerungsschutz/Glossar\\_2018.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Praxis_Bevoelkerungsschutz/Glossar_2018.pdf?__blob=publicationFile), zuletzt geprüft am 03.08.2020.
- BMI (2005): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Basisschutzkonzept. Empfehlungen für Unternehmen. Hg. v. Bundesministerium des Inneren (BMI).
- BMI (2009): Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie). Hg. v. Bundesministerium des Inneren (BMI). Berlin.
- BMI (2011): Schutz Kritischer Infrastrukturen - Risiko- und Krisenmanagement. Leitfaden für Unternehmen und Behörden. Hg. v. Bundesministerium des Inneren (BMI). Berlin.
- Bross, Lisa; Krause, Steffen (2017): Preventing Secondary Disasters through Providing Emergency Water Supply. In: Christopher N. Dunn und Brian van Weele (Hg.): World Environmental and Water Resources Congress 2017. Sacramento, California, 21–25.5.2017, S. 431–439.
- BSI (Hg.) (2009): Notfallmanagement. BSI-Standard 100-4 zur Business Continuity. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnologie (BSI). [Version 1.0, Stand: November 2008]. Köln: Bundesanzeiger (Unternehmen und Wirtschaft). Online verfügbar unter [http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3099909&prov=M&dok\\_var=1&dok\\_ext=htm](http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3099909&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm).

- CDC; AWWA (2019): Emergency Water Supply Planning Guide for Hospitals and Healthcare Facilities. 2. Aufl. Hg. v. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) und American Water Works Association (AWWA).
- Chang, Stephanie E.; McDaniels, Timothy L.; Mikawoz, Joey; Peterson, Krista (2007): Infrastructure failure interdependencies in extreme events. Power outage consequences in the 1998 Ice Storm. In: *Nat Hazards* 41 (2), S. 337–358. DOI: 10.1007/s11069-006-9039-4.
- Department of Health (2016): Health Technical Memorandum 04-01: Safe water in healthcare premises. Part A: Design, installation and commissioning.
- European Commission (2017): Overview of natural and man-made disaster risks the European Union may face. Luxemburg.
- European Commission (Hg.) (2020): Overview of natural and man-made disaster risks the European Union may face. Brüssel.
- Fekete, Alexander (2011): Common criteria for the assessment of critical infrastructures. In: *Int J Disaster Risk Sci* 2 (1), S. 15–24. DOI: 10.1007/s13753-011-0002-y.
- Flage, Roger; Aven, Terje; Zio, Enrico; Baraldi, Piero (2014): Concerns, challenges, and directions of development for the issue of representing uncertainty in risk assessment. In: *Risk analysis : an official publication of the Society for Risk Analysis* 34 (7), S. 1196–1207. DOI: 10.1111/risa.12247.
- Geiger, Manuel T. (2019): Die Aufrechterhaltung von kritischen Versorgungsdienstleistungen bei Ausfall der kritischen Infrastruktur Trinkwasserversorgung am Beispiel der medizinischen Versorgung in Krankenhäusern. Bergische Universität Wuppertal, Wuppertal.
- Giovinazzi, Sonia; Brown, Charlotte; Seville, Erica; Stevenson, Joanne R.; Hatton, Tracy; Vargo, John J. (2016): Criticality of infrastructures for organisations. In: *IJCIS* 12 (4), S. 331–336. DOI: 10.1504/IJCIS.2016.081303.
- Herold, Christian (2017): Die Grenzen der Vorhersagbarkeit. Hg. v. Deutscher Wetterdienst (DWD). Online verfügbar unter [https://www.dwd.de/DE/wetter/thema\\_des\\_tages/2017/7/24.html](https://www.dwd.de/DE/wetter/thema_des_tages/2017/7/24.html), zuletzt aktualisiert am 24.07.2017, zuletzt geprüft am 01.02.2021.
- Herold, Christian (2020): Chaostheorie -Teil 2: Ensemblevorhersagen und die Grenzen der Vorhersagbarkeit. Hg. v. Deutscher Wetterdienst (DWD). Online verfügbar unter [https://www.dwd.de/DE/wetter/thema\\_des\\_tages/2020/6/9.html](https://www.dwd.de/DE/wetter/thema_des_tages/2020/6/9.html), zuletzt aktualisiert am 09.06.2020, zuletzt geprüft am 01.02.2021.
- Kaiser, Robert (2014): Qualitative Experteninterviews. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Lauwe, Peter; Mayer, Julia (2017): Risikoanalyseverfahren und Schutzzieldefinition. In: Harald Karutz, Wolfram Geier und Thomas Mitschke (Hg.): Bevölkerungsschutz. Notfallvorsorge und Krisenmanagement in Theorie und Praxis. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg, S. 132–138.
- Nukavarapu, Nivedita; Durbha, Surya (2016): Coloured Petrinet Based Healthcare Infrastructure Interdependency Model INTERDEPENDENCY MODEL. In: *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* XLI-B8, S. 223–229. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLI-B8-223-2016.
- OECD (2019): Good Governance for Critical Infrastructure Resilience. Hg. v. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (OECD Reviews of Risk Management Policies).
- Society of Actuaries (Hg.) (2015): Risk Assessment Applications of Fuzzy Logic.
- Spektrum Akademischer Verlag (Hg.) (2000): Lexikon der Psychologie. subjektive Wahrscheinlichkeit. Online verfügbar unter <https://www.spektrum.de/lexikon/psychologie/subjektive-wahrscheinlichkeit/15037>, zuletzt geprüft am 16.07.2022.

Spence, Shannon; Roberson, J. Alan; Tebrand, Dave Hil (2010): Emergency Water Supply Planning, Part 1. Hospitals and Health Care Facilities. In: *Journal - American Water Works Association* 102 (5), S. 36–40. DOI: 10.1002/j.1551-8833.2010.tb10110.x.

Tchórzewska-Cieślak, Barbara (2011): Fuzzy failure risk analysis in drinking water technical system. In: *Reliability: Theory and Applications* 2 (1), S. 138–148.

Thekdi, Shital A.; Aven, Terje (2021): A Risk-Science Approach to Vulnerability Classification. In: *Risk analysis: an official publication of the Society for Risk Analysis* 41 (8), S. 1289–1303. DOI: 10.1111/risa.13637.

Tomek, Miroslav; Piwowarski, Juliusz (2017): Risk minimizing of Emergency Supplies during natural and technologic disasters. In: *SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference EXPO Proceedings. SGEM2017 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, 20.06.2017 (17)*.

TZW (2021): Identifizierung Kritischer Infrastrukturen und Entwicklung einer Methodik zur räumlichen Kritikalitätsanalyse für die leitungsggebundene Trinkwasserversorgung. Abschlussbericht Projekt KritisGIS-T. Hg. v. DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW).

U.S. Army Public Health Center (Hg.) (2020): Technical Guide No. 374. Water System Vulnerability Assessments. Online verfügbar unter [https://phc.amedd.army.mil/PHC%20Resource%20Library/TG374\\_WaterSystemVulnerAssessment.pdf](https://phc.amedd.army.mil/PHC%20Resource%20Library/TG374_WaterSystemVulnerAssessment.pdf), zuletzt geprüft am 31.08.2021.

UNDP (2008): Guidelines for Hospital Emergency Preparedness Planning. Hg. v. United Nations Development Programme (UNDP).

UNISDR (2017): Terminology on Disaster Risk Reduction. Unter Mitarbeit von United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). United Nations. Genf.

Winko, Simone (2015): Zur Plausibilität als Beurteilungskriterium literaturwissenschaftlicher Interpretationen. In: Andrea Albrecht, Lutz Danneberg, Olav Krämer und Carlos Spoerhase (Hg.): *Theorien, Methoden und Praktiken des Interpretierens*. Berlin, München, Boston: DE GRUYTER, S. 483–511.

Anhang  
I. Zugehörigkeitsfunktionen

**Zugehörigkeitsfunktion  
Eintrittswahrscheinlichkeit**

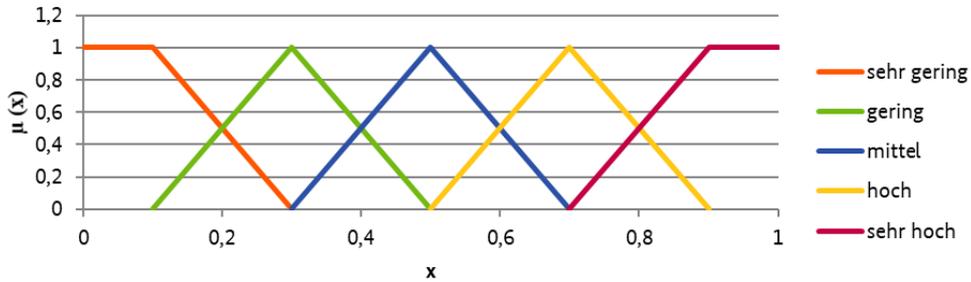


Abbildung 17: Zugehörigkeitsfunktion Eintrittswahrscheinlichkeit (Quelle: angelehnt an Society of Actuaries (2015, S. 24))

**Zugehörigkeitsfunktion Argumentation**

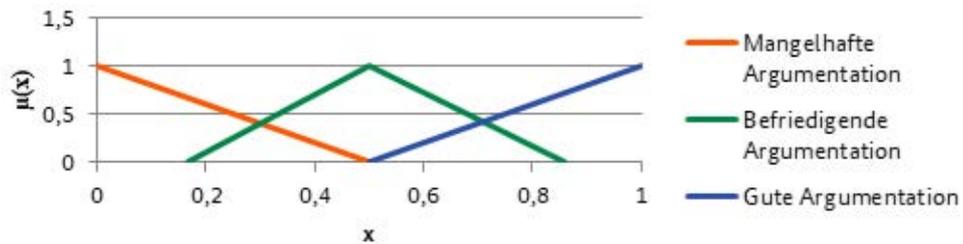


Abbildung 18: Zugehörigkeitsfunktion Argumentation (angelehnt an Tchórzewska-Cieślak (2011, S. 143))

**Zugehörigkeitsfunktion Überzeugtheit**

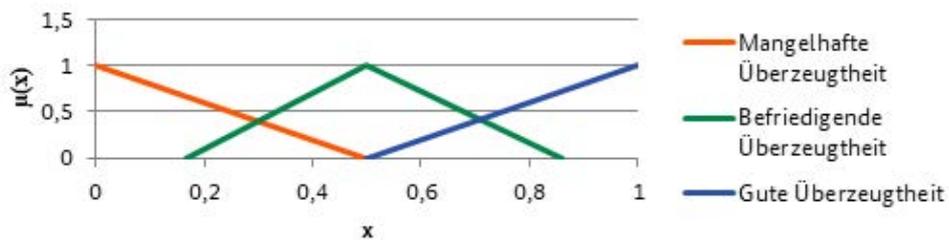


Abbildung 19: Zugehörigkeitsfunktion Argumentation (angelehnt an Tchórzewska-Cieślak (2011, S. 143))

**Zugehörigkeitsfunktion Plausibilität**

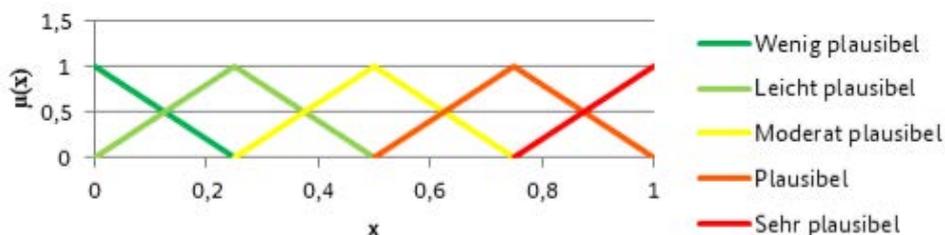


Abbildung 20: Zugehörigkeitsfunktion Plausibilität

## II. Zuordnung der Plausibilitätsstufen

Eintrittswahrscheinlichkeit	Argumentation	Überzeugtheit	Plausibilitätsstufe
gering	mangelhaft	befriedigend	wenig plausibel
gering	mangelhaft	mangelhaft	
sehr gering	mangelhaft	mangelhaft	
sehr gering	mangelhaft	befriedigend	
gering	befriedigend	mangelhaft	
sehr gering	befriedigend	mangelhaft	
sehr gering	gut	mangelhaft	leicht plausibel
gering	gut	mangelhaft	
sehr gering	befriedigend	befriedigend	
mittel	mangelhaft	mangelhaft	
gering	mangelhaft	gut	
sehr gering	mangelhaft	gut	
mittel	gut	mangelhaft	moderat plausibel
gering	gut	befriedigend	
sehr gering	gut	befriedigend	
hoch	befriedigend	mangelhaft	
mittel	befriedigend	mangelhaft	
mittel	befriedigend	befriedigend	
gering	befriedigend	befriedigend	plausibel
gering	befriedigend	gut	
sehr gering	befriedigend	gut	
sehr hoch	mangelhaft	mangelhaft	
hoch	mangelhaft	mangelhaft	
mittel	mangelhaft	befriedigend	
mittel	mangelhaft	gut	
sehr hoch	gut	mangelhaft	
hoch	gut	mangelhaft	
mittel	gut	befriedigend	
gering	gut	gut	
sehr gering	gut	gut	
sehr hoch	befriedigend	mangelhaft	
hoch	befriedigend	befriedigend	
mittel	befriedigend	gut	
sehr hoch	mangelhaft	gut	
hoch	mangelhaft	gut	
sehr hoch	mangelhaft	befriedigend	
hoch	mangelhaft	befriedigend	
sehr hoch	gut	gut	sehr plausibel
sehr hoch	gut	befriedigend	
hoch	gut	gut	
hoch	gut	befriedigend	
mittel	gut	gut	
sehr hoch	befriedigend	gut	
sehr hoch	befriedigend	befriedigend	
hoch	befriedigend	gut	
hoch	befriedigend	gut	

### III. Regelsets der Vulnerabilität der Wassernetzkomponenten

Tabelle 42: Regelsets der Vulnerabilitäts- und Resilienzanalyse der Wassernetzkomponenten

Regelsets	Vulnerabilitätsklasse	Farbe	Werte	Kategorie
Exposition = Nein	1		0,00	keine
Exposition = Ja	2		0,00	keine
Funktionsanfälligkeit = Nein				
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr hoch Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: Sehr gering	3		0,03	sehr gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr hoch Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: gering	4		0,05	sehr gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr hoch Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: Moderat	5		0,08	sehr gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr hoch Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: Hoch	6		0,11	sehr gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr hoch Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: Sehr hoch	7		0,13	sehr gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr hoch Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: Sehr gering	8		0,16	sehr gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr hoch Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: gering	9		0,19	sehr gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr hoch Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: Moderat	10		0,21	sehr gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr hoch Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: Hoch	11		0,24	sehr gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr hoch Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: Sehr hoch	12		0,27	gering

Regelsets	Vulnerabilitätsklasse	Farbe	Werte	Kategorie
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr hoch Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: Sehr gering	13		0,29	gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr hoch Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: gering	14		0,32	gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr hoch Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: Moderat	15		0,35	gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr hoch Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: Hoch	16		0,37	gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr hoch Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: Sehr hoch	17		0,40	gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: hoch Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: Sehr gering	18		0,43	gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: hoch Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: gering	19		0,45	gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: hoch Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: Moderat	20		0,48	gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: hoch Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: Hoch	21		0,51	gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: hoch Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: Sehr hoch	22		0,53	gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: hoch Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: Sehr gering	23		0,56	gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: hoch Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: gering	24		0,59	gering

Regelsets	Vulnerabilitätsklasse	Farbe	Werte	Kategorie
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: hoch Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: Moderat	25		0,61	gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: hoch Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: hoch	26		0,64	gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: hoch Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: Sehr hoch	27		0,67	gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: hoch Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: Sehr gering	28		0,69	gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: hoch Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: gering	29		0,72	gering
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: hoch Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: Moderat	30		0,75	moderat
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: hoch Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: Hoch	31		0,77	moderat
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: hoch Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: Sehr hoch	32		0,80	moderat
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Moderat Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: Sehr gering	33		0,83	moderat
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Moderat Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: gering	34		0,85	moderat
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Moderat Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: Moderat	35		0,88	moderat
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Moderat Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: Hoch	36		0,91	moderat

Regelsets	Vulnerabilitätsklasse	Farbe	Werte	Kategorie
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Moderat Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: Sehr hoch	37		0,93	moderat
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Moderat Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: Sehr gering	38		0,96	moderat
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Moderat Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: gering	39		0,99	moderat
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Moderat Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: Moderat	40		1,01	moderat
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Moderat Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: Hoch	41		1,04	moderat
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Moderat Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: Sehr hoch	42		1,07	moderat
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Moderat Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: Sehr gering	43		1,09	moderat
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Moderat Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: gering	44		1,12	moderat
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Moderat Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: Moderat	45		1,15	moderat
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Moderat Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: Hoch	46		1,17	moderat
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Moderat Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: Sehr hoch	47		1,20	moderat
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Niedrig Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: Sehr gering	48		1,23	moderat

Regelsets	Vulnerabilitätsklasse	Farbe	Werte	Kategorie
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Niedrig Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: gering	49		1,25	hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Niedrig Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: Moderat	50		1,28	hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Niedrig Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: Hoch	51		1,31	hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Niedrig Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: Sehr hoch	52		1,33	hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Niedrig Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: Sehr gering	53		1,36	hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Niedrig Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: gering	54		1,39	hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Niedrig Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: Moderat	55		1,41	hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Niedrig Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: Hoch	56		1,44	hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Niedrig Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: Sehr hoch	57		1,47	hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Niedrig Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: Sehr gering	58		1,49	hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Niedrig Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: gering	59		1,52	hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Niedrig Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: Moderat	60		1,55	hoch

Regelsets	Vulnerabilitätsklasse	Farbe	Werte	Kategorie
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Niedrig Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: Hoch	61		1,57	hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Niedrig Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: Sehr hoch	62		1,60	hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr Niedrig Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: Sehr gering	63		1,63	hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr Niedrig Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: gering	64		1,65	hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr Niedrig Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: Moderat	65		1,68	hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr Niedrig Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: Hoch	66		1,71	hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr Niedrig Wiederherstellungsdauer: Niedrig Unsicherheit: Sehr hoch	67		1,73	sehr hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr Niedrig Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: Sehr niedrig	68		1,76	sehr hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr Niedrig Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: gering	69		1,79	sehr hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr Niedrig Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: Moderat	70		1,81	sehr hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr Niedrig Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: Hoch	71		1,84	sehr hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr Niedrig Wiederherstellungsdauer: Moderat Unsicherheit: Sehr hoch	72		1,87	sehr hoch

Regelsets	Vulnerabilitätsklasse	Farbe	Werte	Kategorie
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr Niedrig Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: Sehr niedrig	73		1,89	sehr hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr Niedrig Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: gering	74		1,92	sehr hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr Niedrig Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: Moderat	75		1,95	sehr hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr Niedrig Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: Hoch	76		1,97	sehr hoch
Exposition = Ja Funktionsanfälligkeit = Ja Robustheit: Sehr Niedrig Wiederherstellungsdauer: Hoch Unsicherheit: Sehr hoch	77		2,00	sehr hoch

## IV. Darstellung eines vereinfachten Wassernetzplans als Grundlage für die qualitative Abschätzung

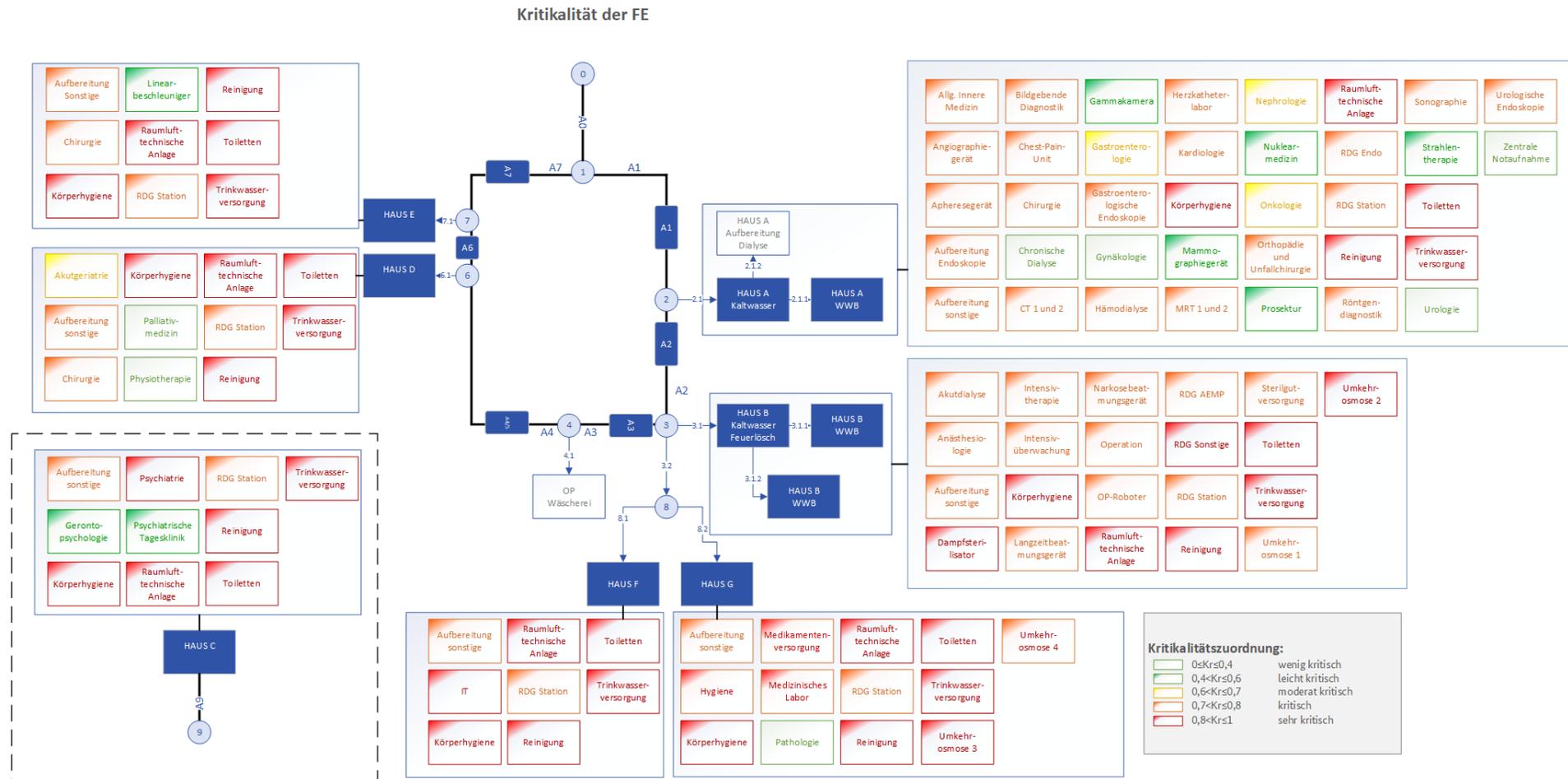


Abbildung 21: Qualitative Abschätzung-Gesamtüberblick des vereinfachten Wassernetzplans über alle Funktionseinheiten der Einrichtung entsprechend Kritikalität

Angepasste Kritikalität der FE

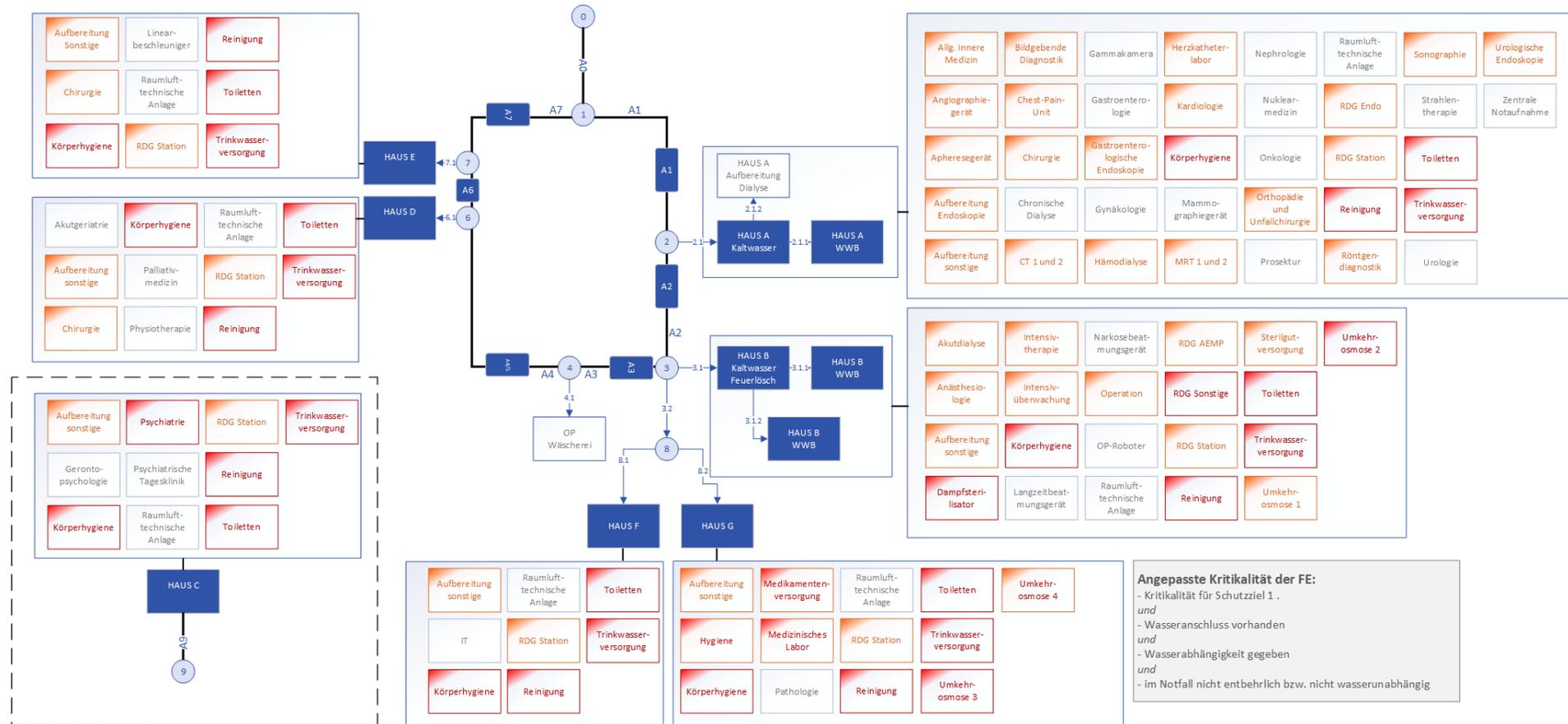


Abbildung 22: Qualitative Auswertung-Überblick über die kritischen, wasserabhängigen, nicht entbehrlichen Funktionseinheiten der Einrichtung

Angepasste Kritikalität der FE

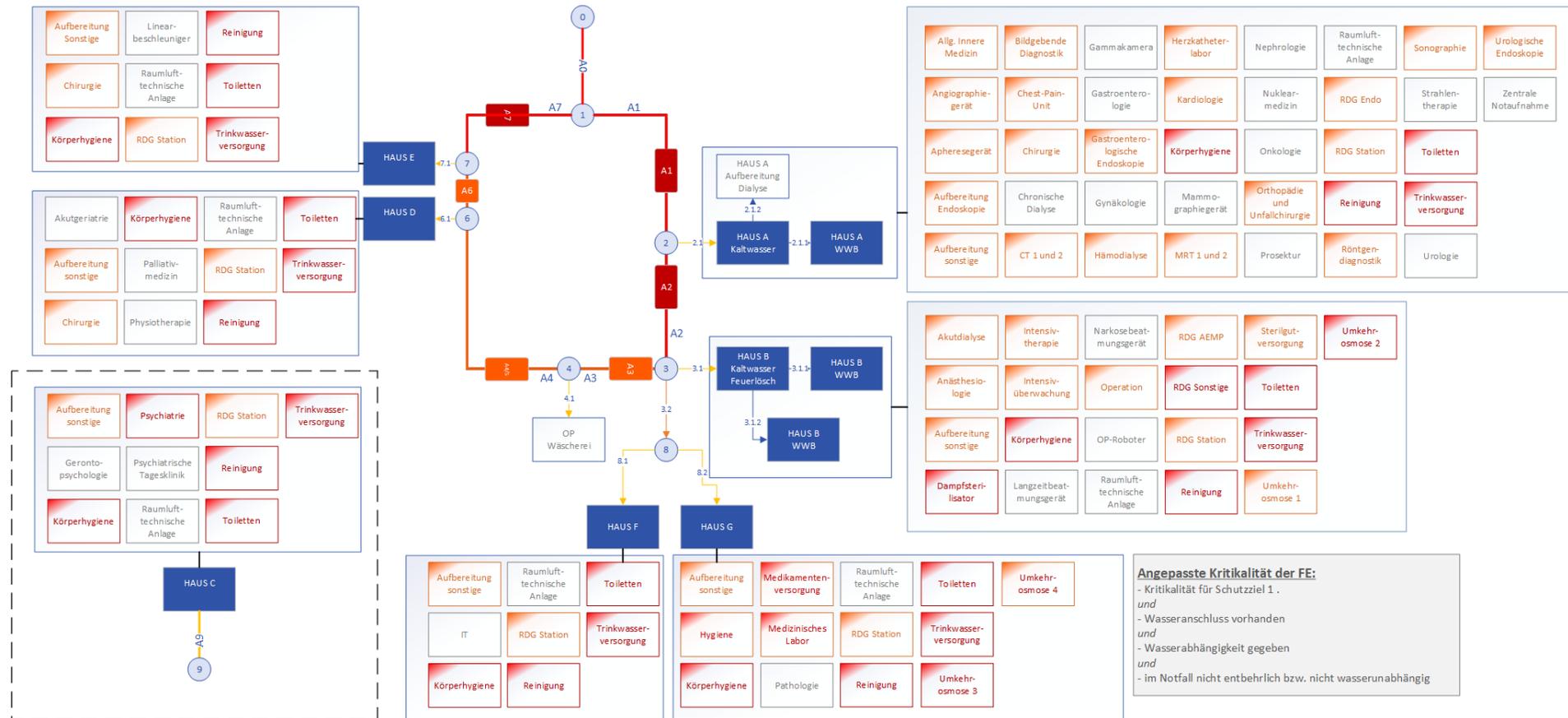


Abbildung 23: Qualitative Auswertung-Übersicht über die kritischen Funktionseinheiten des Wassernetzes und die gefilterten (kritischen, wasserabhängigen, nicht entbehrlichen) Funktionseinheiten des Krankenhauses



